



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA
Tanggal 18 Mei 2013, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978 - 979 -96880 - 7 - 1

Bidang:

- Matematika dan Pendidikan Matematika
- Fisika dan Pendidikan Fisika
- Kimia dan Pendidikan Kimia
- Biologi dan Pendidikan Biologi
- Ilmu Pengetahuan Alam

Tema:

MIPA dan Pendidikan MIPA Untuk Kemandirian Bangsa

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2013**



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA

Tanggal 18 Mei 2013, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978 - 979 -96880 - 7 - 1

Tim Editor:

1. Nur Hadi Waryanto, M.Eng (Matematika)
2. Denny Darmawan, M.Sc (Fisika)
3. Erfan Priyambodo, M.Si (Kimia)
4. Yuni Wibowo, M.Pd (Biologi)
5. Sabar Nurohman, M.Pd (IPA)

Tim Reviewer:

1. Dr. Agus Maman Abadi (Matematika)
2. Wipar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc.,Ph.D (Fisika)
3. Prof. Dr. Endang Wijayanti (Kimia)
4. Dr. Heru Nurcahyo (Biologi)

Tema:

MIPA dan Pendidikan MIPA Untuk Kemandirian Bangsa

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2013**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Prosiding Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) 2013 ini dapat selesai disusun sesuai dengan tenggat waktu yang telah ditentukan oleh panitia. Seluruh makalah yang ada dalam prosiding ini merupakan kumpulan makalah yang telah lolos proses seleksi yang dilakukan tim *reviewer* dan telah disampaikan dalam kegiatan seminar nasional yang diselenggarakan pada tanggal 18 Mei 2013 di Fakultas MIPA UNY.

Seminar Nasional MIPA UNY 2013 mengangkat tema “*MIPA dan Pendidikan MIPA untuk Kemandirian Bangsa*”. Makalah utama yang ditampilkan dalam kegiatan ini adalah “*Kebijakan Pemerintah tentang KKNi dan Implementasinya*” yang disampaikan oleh **Endrotomo, M.Ars** dari Jurusan Teknik Arsitek ITS, “*Kimia untuk Kemandirian Bangsa*” yang disampaikan oleh **Prof. Dr. Mudasir** dari Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada, dan “*Meningkatkan Kompetensi Pendidik dalam Mengembangkan Profesionalisme*” yang disampaikan oleh **Edi Prajitno, M.Pd** dari Jurusan Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta. Selain makalah utama, dalam seminar ini juga disampaikan hasil kajian dan penelitian dalam bidang MIPA dan Pendidikan MIPA yang dilakukan oleh para peneliti di universitas dan lembaga penelitian yang ada di Indonesia. Makalah-makalah yang disampaikan terbagi atas lima bidang utama, yaitu: bidang matematika dan pendidikan matematika, bidang fisika dan pendidikan fisika, bidang kimia dan pendidikan kimia, bidang biologi dan pendidikan biologi, serta pendidikan IPA.

Semoga prosiding ini dapat ikut berperan dalam penyebaran hasil kajian dan penelitian di bidang MIPA dan pendidikan MIPA sehingga dapat diakses oleh khalayak yang lebih luas dan bermanfaat bagi pembangunan bangsa.

Yogyakarta, Juni 2013

Tim Editor

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalamualaikum wr. wb.

1. Yth. Rektor UNY,
2. Yth. Dekan dan para Wakil Dekan dari Berbagai Fakultas UNY,
3. Yth. Dekan dan para Wakil Dekan FMIPA UNY,
4. Yth. Para Pembicara Utama,
5. Yth. Bapak/Ibu Tamu Undangan,
6. Yth. Para pemakalah dan peserta seminar sekalian,

Salam sejahtera,

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala karunia dan rahmat-Nya yang telah dilimpahkan kepada kita semua. Atas ijin-Nya pula, kita pada hari ini dapat berkumpul di sini, dalam keadaan sehat jasmani dan rohani, untuk mengikuti Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan FMIPA sebagai rangkaian kegiatan memperingati Dies Natalis ke-49 Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2013.

Perkembangan IPTEK yang sangat pesat di dunia memerlukan peningkatan kesadaran dan upaya pengembangan ilmu dasar seperti MIPA. Di sisi lain, globalisasi dan kemudahan komunikasi memberikan implikasi penyerapan dan ketergantungan terhadap budaya luar yang lebih banyak ditemui pada generasi muda. Peran nyata dunia pendidikan dan penelitian dalam membangun jatidiri bangsa yang mandiri tanpa menghilangkan karakter budaya bangsa perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, sesuai dengan tema seminar yang kami susun, seminar ini bertujuan untuk memantapkan profesionalisme peneliti, pendidik, dan praktisi MIPA untuk kemandirian bangsa.

Pada seminar ini, kami mengundang tiga pembicara utama yang akan menyampaikan makalah utama pada sidang pleno, yaitu **Endrotomo, M.Ars** (Dosen Jurusan Teknik Arsitek ITS), **Prof. Dr. Mudasir** (Dosen Kimia Universitas Gadjah Mada), serta **Edi Prajitno, M.Pd** (Dosen Jurusan Pendidikan Matematika UNY). Atas nama panitia, kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan beliau bertiga untuk hadir dalam acara ini. Ketiga pembicara akan menyampaikan makalah terkait dengan pengembangan MIPA dan pendidikan MIPA dengan sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu dari segi kebijakan pemerintah tentang KKNI, peningkatan kompetensi guru, dan kimia untuk kemandirian bangsa.

Selain itu, panitia juga telah menerima lebih dari dua ratus (200) makalah pendamping dari berbagai instansi di Indonesia, seperti UM Malang, UGM, Unpad, Univ. Terbuka, UNY, Unlam, Univ. Tanjungpura, ITS, UKSW, Sanata Dharma, Politeknik Semarang, UAD, UIN Suka, Unsri, Binus, Untirta, LAPAN, P4TK BMTI, Univ. Mataram, UPI, SMA 5 Metro Lampung, Dinas Pendidikan Kulon Progo, TK Masjid Syuhada, Univ. Negeri Manado, STKIP Siliwangi, IKIP PGRI Madiun, STIS, serta karya PKMP mahasiswa FMIPA UNY.

Kegiatan Seminar Nasional MIPA tahun 2013 ini tidak dapat diselenggarakan dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami mengucapkan terimakasih yang tak terkira kepada rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.Pd, M.A atas dukungannya serta Dekan FMIPA UNY, Dr. Hartono atas dorongan, dukungan, dan fasilitas yang telah disediakan. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada teman-teman panitia yang telah bekerja keras demi suksesnya penyelenggaraan seminar ini. Akhirnya kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak, Ibu, dan Saudara peserta yang telah berkenan mengikuti seminar ini hingga selesai. Atas nama panitia, kami mohon maaf yang sebesar-

besarnya jika dalam kegiatan ini terdapat kesalahan, kekurangan maupun hal-hal yang tidak/kurang berkenan di hati Bapak, Ibu, dan Saudara sekalian. Akhir kata, semoga seminar ini dapat memberikan sumbangan yang signifikan bagi kemajuan bangsa Indonesia terutama dalam memajukan bidang MIPA dan Pendidikan MIPA. Terimakasih.

SELAMAT BERSEMINAR!!

Wassalamuallaikum wr. wb ,

Yogyakarta, Mei 2013
Ketua Panitia

Dr. Hari Sutrisno

SAMBUTAN DEKAN FMIPA UNY

Assalamu'alaikum wr. wb.

Para peserta seminar yang berbahagia, selamat datang di FMIPA UNY.

Dalam rangka memperingati dan memeriahkan Dies Natalis UNY yang ke 49 FMIPA UNY mengadakan Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan tema “ MIPA dan Pendidikan MIPA untuk Kemandirian Bangsa”. Tema ini selaras dengan tema dies UNY yang ke 49 yakni “ Pendidikan untuk Pencerahan dan Kemandirian Bangsa”.

Seminar ini merupakan agenda rutin tahunan FMIPA UNY. Selain untuk memeriahkan acara dies, seminar ini juga diperuntukan sebagai tempat pemberian penghargaan akademis bagi para akademisi FMIPA UNY yang purna tugas pada tahun berjalan. Pada tahun ini akademisi yang purna tugas adalah Bapak Drs. Edi Prajitno, M.Pd dari Jurusan Pendidikan Matematika. Beliau purna tugas pada tanggal 1 Maret 2013. Terimakasih atas segala pengabdianya selama ini dan semoga pengalaman dan ilmu yang disharingkan pada seminar ini bermanfaat bagi kita semua yang hadir di sini dan akan menjadikan amal jariah bagi beliau.

Para hadirin yang berbahagia, kemandirian suatu bangsa mustahil akan tercapai apabila pendidikan di negara tersebut tidak berjalan dengan baik dan tidak pula ditopang oleh perkembangan dan kemajuan teknologi. Kita semua tahu bahwa kemajuan teknologi akan terwujud apabila didukung oleh perkembangan ilmu-ilmu dasar yang kuat dan kokoh. Untuk mencapai hal itu tidak bisa lepas dari bagaimana proses pembelajaran ilmu-ilmu dasar dilaksanakan di sekolah-sekolah ataupun di perguruan tinggi dan juga bagaimana penelitian-penelitian yang berkaitan dengan ilmu-ilmu dasar dan teknologi dikembangkan. Berkaitan dengan hal tersebut maka FMIPA menyelenggarakan seminar ini dengan salah satu tujuannya adalah untuk mempertemukan para peneliti, pendidik dan juga praktisi serta para pemerhati pendidikan untuk saling sharing hasil penelitian yang sudah dilaksanakan. Dengan demikian kita bisa mengetahui sejauh mana perkembangan ilmu-ilmu dasar dan juga teknologi yang sedang berkembang di negara kita tercinta ini, sehingga dengan mengetahui kondisi yang ada maka kita dapat mengambil sikap bagaimana untuk menyelenggarakan pendidikan yang mencerahkan dan yang menopang menuju tercapainya kemandirian bangsa.

Saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada para nara sumber dan juga para peserta seminar ini atas partisipasinya. Kami mohon maaf apabila dalam penyelenggaraan seminar ini ada banyak kekurangan dan akhir kata semoga kemandirian bangsa yang kita idam-idamkan bersama dapat segera terwujud . Amin.

Selamat berseminar dan wassalamu'alaikum wr. wb.

Dekan FMIPA UNY

Dr. Hartono, M.Si

DAFTAR ISI

		Halaman
HALAMAN SAMPUL		i
HALAMAN EDITOR DAN REVIEWER		iii
KATA PENGANTAR		v
SAMBUTAN KETUA PANITIA		vi
SAMBUTAN DEKAN FMIPA UNY		viii
DAFTAR ISI		ix
DAFTAR PEMAKALAH KIMIA		
01	PENGARUH PERBANDINGAN KACANG KORO PEDANG (<i>Canavalia ensiformis</i> L. DC) DAN KEDELAI (<i>Glycine max</i> (L.) Merr) PADA TEMPE DITINJAU DARI KADAR PROTEIN TERLARUT DAN UJI ORGANOLEPTIK <i>Agustina Intan Pramitasari W., Lusiawati Dewi, dan Santoso Sastrodihardjo</i>	K-1
02	PEMANFAATAN SAPONIN DAUN AKASIA (<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn) SEBAGAI PEMBUSA ALAMI DAN AGENSIA ANTIBAKTERI DALAM SABUN CAIR <i>Anidya Ariani, Hartati Soetjipto, dan Yohanes Martono</i>	K-7
03	NILAI GIZI MODISCO DENGAN DUA SUBSTITUSI BAHAN DASAR <i>Annisa Fillaeli, Susila Kristianingrum, dan Dyah Purwaningsih</i>	K-13
04	PENGEMBANGAN DAN APLIKASI 4-BENZOIL-1-FENIL-3-METIL-2-PIRAZOLIN-5-ON PADA EKSTRAKSI ION PERAK(I) DAN KROM(III) DARI LIMBAH PELAPISAN LOGAM MENGGUNAKAN EMULSI MEMBRAN CAIR <i>Baharuddin Hamzah, Ririen Hardani, dan Irwan Said</i>	K-19
05	ANALISIS DATA KONSENTRASI OZON TAHUN 2012 DARI HASIL OBSERVASI DI LAPAN WATUKOSEK <i>Bambang Chrismantoro, dan Dian Yudha Risdianto</i>	K-25
06	STUDI PENGARUH JUMLAH FILLER SERTA KONSENTRASI GLUTARALDEHIDA PADA SINTESIS KOMPOSIT PVA-ZEOLIT-CLAY <i>Bayu Wiyantoko, Yateman Arryanto, dan Eko Sri Kunarti</i>	K-35
07	PENGARUH NETRALISASI, KONSENTRASI KATALIS DAN METODA ESTERIFIKASI TERHADAP HASIL BIODISEL BERBAHAN BAKU LIMBAH KRIMER <i>Dennis Fernaldes Suhendar, A. Ign. Kristijanto, dan Sri Hartini</i>	K-41
08	ANALISIS HUBUNGAN ANTARA OZON DENGAN TEMPERATUR (STUDI KASUS DATA LAPAN WATUKOSEK TAHUN 2000-2010) <i>Dian Yudha Risdianto</i>	K-47
09	GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIK SELULOSA DARI LIMBAH SINGKONG DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL DAN KITOSAN <i>Eli Rohaeti, Endang WLFX, dan Anna Rachmawati</i>	K-55
10	IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER FRAKSI AKTIF DAUN JARAK PAGAR (<i>Jatropha curcas</i> L.) DAN UJI AKTIVITAS LARVASIDA TERHADAP LARVA NYAMUK <i>Aedes aegypti</i> <i>Ika Pratiwi K. A., Khairul Anam, Dewi Kusriani</i>	K-63
11	PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN WARU LENGIS (<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.) SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN ALTERNATIF PEMBUSA ALAMI DALAM SAMPO <i>Kesi Lusiana, Hartati Soetjipto, dan Dewi K.A.K.Hastuti</i>	K-71

12	IDENTIFIKASI ASAM LEMAK DAN PENENTUAN MASA SIMPAN BEKATUL DITINJAU DARI PENGARUH GELOMBANG MIKRO <i>Liem Oktaviani Putri Purnomo, A. Ign Kristijanto, dan Yohanes Martono</i>	K-77
13	PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG BELUT (<i>MONOPTERUS ALBUS Z.</i>) TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN DAN ASAM LEMAK TAK JENUH DARI TEMPE KEDELAI IMPOR <i>Lusiawati Dewi, Susanti Pudji Hastuti, dan Thio Sutejo</i>	K-83
14	PERBANDINGAN KADAR PROTEIN DAN AIR PADA KUE KERING YANG DISUBSTITUSI DENGAN TEPUNG TEMPE <i>Micky Kharisma, Lusiawati Dewi, Yohanes Martono</i>	K-89
15	PENGARUH PERENDAMAN KEDELAI DENGAN EKSTRAK DAUN BELUNTAS (<i>PLUCHEA INDICA L.</i>) PADA FERMENTASI TEMPE DITINJAU DARI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, KADAR FENOLIK TOTAL DAN ORGANOLEPTIK <i>Panawidha Magatra, Lusiawati Dewi, dan Lydia Ninan Lestario</i>	K-93
16	PEMANFAATAN LIMBAH JERUK TERSAPONIFIKASI BENTUK Na UNTUK ADSORPSI LOGAM Zn(II) <i>Puji Kurniawati, Sri Juara Santosa, Sri Sudiono dan Iwing Vinisyanti</i>	K-99
17	PENGOLAHAN LIMBAH ZAT WARNA INDUSTRI BATIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA KOMPOSIT KARBON (C-PVC) <i>Riyanto</i>	K-107
18	PENGARUH AGEN PEREDUKSI DALAM PROSES ELEKTRODEPOSISI TERHADAP KUALITAS DEPOSIT Cu DAN Ag <i>Siti Marwati</i>	K-115
19	BUNGA DARI SPESIES <i>Hibiscus</i> POTENSIAL SEBAGAI PENGIKAT LOGAM Pb <i>Siti Nuryanti</i>	K-121
20	PENGARUH PENAMBAHAN JUMLAH INISIATOR AMONIUM PERSULFAT (APS) TERHADAP KARAKTERISTIK POLIMER SUPERABSORBEN ASAM AKRILAT DAN SELULOSA BATANG ALANG-ALANG (<i>Imperata cylindrica</i>) <i>Sunardi, Azidi Irwan, Nurjannah, Wiwin Tyas Istikowati</i>	K-127
21	VALIDASI METODE PENENTUAN KANDUNGAN NITRAT DALAM AIR LIMBAH <i>Thorikul Huda, Ida Ayu Sulistyia</i>	K-133
22	ANALISIS KAPASITAS ALUMINOSILKAT MESOPORI SEBAGAI PENDUKUNG PADA IMPREGNASI $AlCl_3$ DENGAN METODE BASAH <i>Tri Esti Purbaningtiyas, Didik Prasetyoko</i>	K-141
23	PERBANDINGAN METODE DESTRUKSI BASAH DAN KERING PADA PENENTUAN BESI TOTAL DALAM ENDAPAN <i>FILTER LAYER</i> CANDI BOROBUDUR DENGAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM <i>Y. Rohyami, Y. Safitri, I.M. Siregar</i>	K-149
24	ANALISIS PROFIL VERTIKAL KONSENTRASI OZON DALAM UPAYA MENINGKATKAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP DI JAWA TIMUR <i>Dian Yudha Risdianto</i>	K-155
25	HIDROGENASI KATALITIK TERHADAP SENYAWA METIL ESTER <i>Dewi Yuanita Lestari</i>	K-165
26	AKTIVITAS ANTIBAKTERI LIGNAN ARIL NAFTALENOLID DARI DAUN TUMBUHAN <i>Phyllanthus Myrtifolius</i> Moon. <i>Neneng Windayani, Yana M. Syah, Euis H. Hakim</i>	K-171

DAFTAR PEMAKALAH PENDIDIKAN KIMIA		
1	ANALISIS KEMAMPUAN BERARGUMEN MAHASISWA MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN ADI (<i>ARGUMENT DRIVENT INQUIRY</i>) PADA KONSEP HIDROLISIS GARAM <i>Risa Rahmawati S</i>	K-177
2	PROFIL NILAI IPA (KIMIA) PADA PEMBINAAN INTERNASIONAL YUNIOR SCIENCE OLYMPIAD (IJSO) DI TINGKAT NASIONAL <i>Yunita</i>	K-183
3	METODE <i>SCIENCE TECHNOLOGY AND SOCIETY (STS)</i> DENGAN EKSPERIMEN DAN PROYEK PADA MATERI ELEKTROKIMIA DITINJAU DARI <i>EMOTIONAL QUOTIENT (EQ)</i> SISWA <i>Panji Hidayat</i>	K-189
4	PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA BERBASIS REPRESENTASI KIMIA SISWA SMA KELAS XI IPA <i>Noor Fadiawati</i>	K-197
5	MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA PADA MATERI LAJU REAKSI <i>Ila Rosilawati</i>	K-205
6	ANALISIS KEMAMPUAN MAHASISWA MENGHUBUNGKAN TIGA LEVEL REPRESENTASI KONSEP HIDROLISIS GARAM PADA PEMBELAJARAN BERBASIS WEB <i>Ida Farida, dan Liliyasi</i>	K-211
7	INTEGRASI MATEMATIKA DAN KIMIA DASAR UNTUK MENINGKATKAN TRANSFER BELAJAR ALJABAR <i>Fahyuddin, Liliyasi, Jozua Sabandar</i>	K-219
8	PEMBELAJARAN ELEKTROLISIS BERBANTUAN MULTIMEDIA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN REPRESENTASI SUBMIKROSKOPIK MAHASISWA CALON GURU KIMIA <i>Euis Nursa'adah dan Liliyasi</i>	K-225
9	PENTINGNYA PENERAPAN <i>JOYFUL LEARNING</i> DALAM PENCIPTAAN SUASANA BELAJAR YANG MENYENANGKAN <i>Das Salirawati</i>	K-233
10	PENERAPAN METODE <i>POGIL (PROCCES ORIENTED GUIDED INQUIRY LEARNING)</i> PADA PEMBELAJARAN TITRASI ASAM-BASA <i>Cucu Zenab Subarkah; Neneng Windayani; Bakhrudin Latief</i>	K-239
11	PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI KIMIA PADA KONSEP ASAM-BASA UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA <i>Chansyanah Diawati</i>	K-245
12	KEMAMPUAN SISWA SMA DALAM MEMAHAMI MATERI TERMOKIMIA BERDASARKAN SUDUT Pandang ISLAM <i>Ayi Darmana, Anna Permanasari, Sofyan Sauri, Yayan Sunarya</i>	K-251
13	PENGUNAAN BAHAN DARI LINGKUNGAN SEKITAR UNTUK PRAKTIKUM KIMIA PADA PEMBELAJARAN KIMIA SMA/MA <i>Aditya Dwicahyo Wibowo, Arum Setianingtiyas & A.K. Prodjosantoso</i>	K-257
14	NILAI-NILAI KARAKTER DALAM PEMBELAJARAN KIMIA DI SMA NEGERI 1 WURYANTORO TAHUN PELAJARAN 2012/2013 <i>Aisyiah Restutiningsih Putri Utami & A. K. Prodjosantoso</i>	K-263

**PENGARUH PERBANDINGAN KACANG KORO PEDANG (*Canavalia ensiformis* L. DC)
DAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr) PADA TEMPE DITINJAU DARI KADAR PROTEIN
TERLARUT DAN UJI ORGANOLEPTIK**

Agustina Intan Pramitasari W.* , Lusiawati Dewi, dan Santoso Sastrodihardjo
Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

* email: agustinaintan.pramitasari@gmail.com

Abstrak

Kacang koro pedang putih (*Canavalia ensiformis* L. DC) yang memiliki harga yang lebih ekonomis dapat menggantikan kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) sebagai bahan baku tempe. Kacang koro pedang memiliki kadar protein yang cukup tinggi dan mudah dikembangbiakkan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kadar air dan kadar protein terlarut tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 100:0, 0:100, 70:30, 30:70, 90:10, 10:90 dan 50:50, serta menentukan konsentrasi perbandingan kedelai dan koro pedang yang paling disukai oleh konsumen dari segi tekstur, aroma, rasa dan kenampakan dari tempe melalui uji organoleptik. Kadar air diukur dengan metode gravimetri, kadar protein terlarut diukur dengan metode Biuret, dan uji organoleptik dengan uji hedonik. Dari hasil penelitian, data tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai sebagai berikut: kadar air berkisar antara 58,56% - 59,64%, kadar protein terlarut berkisar antara 2,37% - 10,32%. Hasil kadar air dan protein tertinggi terdapat pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 0:100. Hasil uji organoleptik tempe dengan uji kesukaan tekstur, aroma, rasa, dan warna menunjukkan panelis menyukai tempe dengan komposisi perbandingan koro pedang dan kedelai 10:90.

Kata kunci: *Kacang koro pedang, kedelai, tempe, kadar air, kadar protein terlarut, uji organoleptik.*

PENDAHULUAN

Produk olahan kacang-kacangan yang sangat populer di masyarakat yaitu tempe. Tempe adalah sumber protein yang penting dalam menu makanan Indonesia yang merupakan bahan makanan lauk pauk nabati atau sebagai sumber protein nabati. Tempe umumnya dibuat dari bahan kedelai karena kedelai mengandung protein 35%, bahkan pada varietas unggul kadar proteinnnya mencapai 40%-43% (Suciati, 2012). Selama ini bahan baku yang digunakan untuk pembuatan tempe berasal dari kacang kedelai. Namun, beberapa tahun terakhir produksi kedelai Indonesia merosot sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan.

Badan Pengawas Perdagangan Berjangka Komoditi (Bappebti), (15/10/2012) menyebutkan, total kebutuhan kedelai nasional 2,2 juta ton. Jumlah tersebut akan diserap untuk pangan atau perajin tempe dan tahu 83,7 %, industri kecap, tauco, dan lainnya 14,7 %, benih 1,2 %, dan untuk pakan 0,4 %. Sementara, berdasarkan data Badan Pusat Statistik, tahun 2011, produksi kedelai lokal hanya 851.286 ton atau 29 % dari total kebutuhan. Karena itu, Indonesia harus mengimpor kedelai 2.087.986 ton untuk memenuhi 71 % kebutuhan kedelai dalam negeri (Malau, 2012).

Koro pedang (*Canavalia ensiformis* L. DC) merupakan tanaman famili Leguminoceae. Koro pedang harganya yang lebih murah dari kedelai dan budidayanya yang mulai dilakukan di banyak wilayah di Indonesia membuat koro pedang berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif pembuat tempe. Hasil biji berkisar 1 – 4,5 ton biji kering/ha, tergantung populasi dan teknik produksi dan lingkungan produksinya (Balai penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian).

Kandungan protein biji koro pedang dan biji kacang-kacangan lain berturut-turut adalah: koro pedang biji putih (27,4 %), koro pedang biji merah (32 %), kedelai (35 %) dan kacang tanah (23,1 %) (Balai penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk: 1) menentukan kadar air dan kadar protein terlarut tempe yang dibuat dari perbandingan kedelai dan koro pedang, 2) menentukan

konsentrasi perbandingan kedelai dan koro pedang yang paling disukai oleh konsumen dari segi tekstur, aroma, rasa, dan kenampakan dari tempe melalui uji organoleptik.

METODE

Bahan

Kedelai lokal Grobogan dan koro pedang yang diperoleh dari Salatiga sementara ragi yang digunakan adalah Ragi Ra-prima yang diperoleh dari Pasar Raya Salatiga. Sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah NaOH, BSA (Bovine Serum Albumin), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + natrium kalium tartrat, dan aquades.

Piranti

Piranti yang digunakan adalah cawan petri, oven *WTC Binder*, *Sentrifuge Tomy*, Spektrofotometer Optizen UV 2120, neraca Mettler H-80, Neraca Acis AD-300, desikator, dan piranti gelas.

Pembuatan Tempe Kedelai dan Tempe Koro Pedang (Santoso, 1993 termodifikasi)

Kedelai lokal varietas Grobogan dan koro pedang disortir, dicuci dengan air bersih kemudian direbus selama 30 menit. Setelah direbus, kedelai atau koro rebusan dibiarkan terendam untuk kedelai semalam dan untuk koro pedang 3 hari 2 malam. Selanjutnya, dilakukan pengupasan kulit ari dan sekali lagi kedelai dan koro pedang dicuci. Untuk koro pedang dilakukan pemotongan sehingga ukuran koro pedang menjadi kira-kira seukuran dengan kedelai. Setelah itu dilakukan perebusan yang kedua selama 30 menit kemudian kedelai dan koro pedang ditiriskan dan didinginkan. Kedelai dan koro pedang ditimbang sebanyak masing-masing 100 gram dengan perbandingan kedelai dan koro pedang 100:0, 0:100, 70:30, 30:70, 90:10, 10:90 dan 50:50. Campuran kedelai dan koro pedang tersebut dicampur dengan 2 gram ragi tempe. Kemudian kedelai dan koro pedang yang sudah diinokulasi dibungkus dengan plastik yang dilubangi dan diinkubasi pada suhu ruang selama 2 hari.

Preparasi Sampel

Tempe kedelai dan tempe koro pedang yang sudah jadi dihaluskan dengan mortar, selanjutnya tempe yang telah halus tersebut menjadi sampel yang akan diuji kadar air dan kadar protein terlarutnya.

Penentuan Kadar Air (Sudarmadji dkk., 1997)

Masing-masing sampel ditimbang sebanyak 1 gram dalam cawan petri yang sudah diketahui bobotnya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100 - 105°C selama 3 – 5 jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dipanaskan lagi dalam oven selama 30 menit, didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai bobot konstan ($\pm 0,2$ mg).

Penentuan Kadar Protein dengan Metode Biuret (AOAC, 1995)

Pembuatan Reagen Biuret

Reagen Biuret dibuat dengan melarutkan 0,15 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 0,6 NaKTartrat dalam labu ukur 50 ml. Kemudian larutan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya ditambah 30 mL NaOH 10% dan dikenakan aquades.

Kurva standar dibuat dengan, disiapkan larutan protein (BSA) dengan konsentrasi 10 mg/ml. Larutan protein tersebut disiapkan dengan cara meningkatkan konsentrasinya yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mg/ml dalam 0,5 mL. Kemudian diaduk hingga semua larutan tercampur, lalu ditambahkan ke dalam tabung reaksi 2 mL reagen biuret dan dihomogenisasi lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu kamar. Diukur absorbansi masing-masing larutan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

Pengukuran Sampel

Pengukuran sampel dilakukan dengan cara menimbang 1 g tempe, kemudian ditambah 1 mL NaOH 1 M dan 9 ml aquades. Kemudian dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 90°C selama 10 menit. Setelah itu larutan didinginkan dan disentrifuse selama 10 menit. Kemudian diambil 1 ml supernatan dan ditambah 4 ml reagen biuret. Setelah itu campuran dihomogenisasi dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu kamar. Kemudian absorbansi sampel diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

Uji Organoleptik (Soekarto, 1985)

Uji organoleptik dilakukan terhadap parameter tekstur, aroma, rasa, dan kenampakan dari tempe dengan 30 panelis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skor 5 = sangat suka, 4 = suka, 3 = agak suka, 2 = tidak suka, dan 1 = sangat tidak suka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Kadar Air Tempe

Purata kadar air ($\% \pm SE$) tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai berkisar antara $57 \pm 2,52$ sampai dengan $59,64 \pm 2,57$. Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5% menunjukkan bahwa kadar air tempe tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna. Hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Kadar Air Tempe ($\% \pm SE$) dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Kadar Air						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm SE$	58,56 \pm 2,55	58,66 \pm 2,55	58,56 \pm 2,55	57,10 \pm 2,52	58,41 \pm 2,55	58,08 \pm 2,54	59,64 \pm 2,57
W=5,67	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)

Keterangan : *Huruf yang sama menandakan tidak ada perbedaan yang nyata

Data kadar air di atas menunjukkan peningkatan kadar air seiring dengan penambahan jumlah kedelai pada tempe. Namun perbedaan kadar air tersebut tidak bermakna. Hal ini menunjukkan kedelai yang mengalami proses hidrasi lebih baik daripada kacang koro pedang. Proses hidrasi terjadi selama perendaman dan perebusan biji. Makin tinggi suhu yang dipergunakan makin cepat proses hidrasinya, tetapi bila perendaman dilakukan pada suhu tinggi menyebabkan penghambatan pertumbuhan bakteri sehingga tidak terbentuk asam (Dwinianingsih, 2010).

Secara keseluruhan kadar air tempe masih sesuai standar SNI 3144:2009 yaitu maksimal 65%. Tempe dengan kadar air terlalu tinggi dapat menyebabkan cepatnya kerusakan dan pembusukan tempe tersebut. Hal ini disebabkan mikroba lebih cepat tumbuh pada kadar air yang tinggi. Selain itu kadar air yang tinggi memicu terjadinya reaksi hidrolisa yang dapat menyebabkan kerusakan lemak pada tempe dan menyebabkan perubahan flavor (Ketaren, 2005).

Perbandingan Kadar Protein Terlarut Tempe

Purata kadar protein terlarut ($\% \pm SE$) tempe dengan perbandingan kacang koro dan kedelai berkisar antara $2,37 \pm 0,46$ sampai dengan $10,32 \pm 1,28$. Hasil Uji BNJ 5% menunjukkan bahwa kadar protein terlarut pada berbagai konsentrasi koro pedang dan kedelai tidak menunjukkan perbedaan secara bermakna. Meskipun tidak terdapat perbedaan yang bermakna terlihat peningkatan kadar protein terlarut tempe. Dapat dilihat pada **Tabel 2** bahwa peningkatan jumlah kedelai disertai dengan peningkatan kadar protein terlarut. Nilai kadar protein terlarut terbesar terdapat pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 0:100 yaitu $10,32\% \pm 1,28$.

Tabel 2. Data Kadar Protein Terlarut Tempe ($\% \pm SE$) dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Protein						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm SE$	2,37 \pm 0,46	4,74 \pm 0,65	5,53 \pm 0,70	5,82 \pm 0,72	10,14 \pm 0,94	9,85 \pm 0,99	10,32 \pm 1,28
W=10,03	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)

Keterangan : *Huruf yang sama menandakan tidak ada perbedaan yang nyata

Berdasarkan penelitian yang membandingkan kandungan protein pada tempe dengan perlakuan perbedaan jenis bahan tempe, tempe koro pedang memiliki 27,4% kandungan protein dan

tempe kedelai memiliki 34,9% protein (Gustiningsih dan Andrayani, 2011). Sementara menurut penelitian lain yang melakukan perlakuan serupa, tempe kacang kedelai memiliki kadar protein 35,98%, sedangkan tempe kacang koro memiliki kadar protein 26,83% (Triasiwi, 2011).

Jadi secara umum memang tempe koro pedang memiliki kadar protein yang lebih rendah daripada tempe dari kedelai. Sehingga ketika kacang koro pedang dicampur dengan kacang kedelai, peningkatan jumlah kedelai berbanding lurus dengan peningkatan kadar protein terlarut tempe tersebut. Hal ini disebabkan kadar protein yang terdapat pada kacang koro pedang yang lebih rendah daripada kacang kedelai.

Organoleptik Tempe dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

Hasil uji organoleptik dari segi tekstur, aroma, rasa, dan kenampakan tempe dengan berbagai perbandingan kacang koro pedang dan kedelai terhadap 30 panelis disajikan dalam **Tabel 3**, **Tabel 4**, **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 3. Analisa Tekstur Tempe dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Tekstur						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm$ SE	2,47± 0,17	2,5± 0,19	1,97± 0,17	2,8 ± 0,15	3,13±0,14	3,13±0,20	3,57±0,15
W=0,69	(a)	(a)	(a)	(ab)	(ab)	(ab)	(ab)

Keterangan nilai: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka

Dari data di atas dapat dilihat bahwa adanya kacang koro pedang pada tempe memberi tekstur yang tidak disukai oleh panelis. Hal ini disebabkan tekstur koro pedang yang memang lebih kasar daripada tekstur kedelai. Secara umum terdapat perbedaan nyata pada tekstur tempe dengan 70 – 100% koro pedang dibanding tempe dengan 50 – 0% koro pedang. Tingkat tekstur tertinggi yang disukai panelis yaitu pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 0:100.

Tabel 3. Analisa Aroma Tempe dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Aroma						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm$ SE	2,67± 0,19	2,4± 0,18	2,6 ± 0,23	3,03 ± 0,19	3,6 ± 0,18	3,87 ± 0,19	3,6 ± 0,17
W=0,65	(a)	(a)	(a)	(a)	(ab)	(ab)	(ab)

Keterangan nilai: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka

Hasil analisa aroma tempe juga menunjukkan aroma koro pedang yang tidak disukai oleh panelis. Penyebabnya adalah tempe dengan koro pedang yang memiliki aroma tengik yang menyengat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Feng dkk. (2006), bahwa aroma yang muncul tergantung oleh jenis komponen yang dihasilkan selama proses fermentasi. Selain itu, juga sangat dipengaruhi oleh jenis kultur starter dan jenis bahan baku yang digunakan (Suciati, 2012). Secara umum aroma tempe yang paling disukai adalah tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 10:90.

Tabel 3. Analisa Rasa Tempe dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Rasa						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm$	1,9 ± 0,19	2,06 ± 0,13	1,93 ± 0,14	2,37 ± 0,15	3,23 ± 0,18	3,43 ± 0,22	3,37 ± 0,18
SE							
W=0,71	(a)	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)

Keterangan nilai: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka

Dari data analisa rasa di atas, dapat dilihat bahwa panelis tidak begitu menyukai rasa koro pedang pada tempe. Dari hasil BNJ 5% terlihat terdapat perbedaan yang nyata, tempe yang agak disukai yaitu tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 30:70, 10:90 dan 0:100. Hal ini diduga karena rasa koro pedang yang tidak segruh kedelai sehingga mempengaruhi rasa tempe yang dihasilkan. Skala kesukaan rasa tertinggi terdapat pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 10:90.

Tabel 3. Analisa Warna Tempe dengan Perbandingan Koro Pedang dan Kedelai

	Warna						
	100 : 0	90 : 10	70 : 30	50 : 50	30 : 70	10 : 90	0 : 100
$\bar{X} \pm$	2,03 ± 0,14	2,23 ± 0,13	2,5 ± 0,16	2,83 ± 0,15	3,83 ± 0,10	3,97 ± 0,13	3,67 ± 0,15
SE							
W=0,56	(a)	(a)	(a)	(ab)	(cd)	(cd)	(c)

Keterangan nilai: 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka

Dapat dilihat dari data analisa warna tempe bahwa dari hasil BNJ 5% terdapat beda nyata pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai. Warna koro pedang tidak disukai oleh panelis karena warnanya yang lebih kuning dan tidak umum untuk tempe yang umumnya kecoklatan. Tempe yang paling disukai oleh panelis adalah tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 10:90.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan: 1) Kadar air tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai antara 58,56% - 59,64%, kadar protein terlarut berkisar antara 2,37% - 10,32%. Hasil kadar air dan protein tertinggi terdapat pada tempe dengan perbandingan koro pedang dan kedelai 0:100, dan 2) Hasil uji organoleptik tempe dengan uji kesukaan tekstur, aroma, rasa, dan warna menunjukkan panelis menyukai tempe dengan komposisi perbandingan koro pedang dan kedelai 10:90.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*. Washington DC : AOAC.
- Anonim. (2012). KELAYAKAN DAN TEKNOLOGI BUDIDAYA KORO PEDANG (*Canavalia Sp.*). Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Diunduh pada 5 November 2012 dari <http://www.puslittan.bogor.net/downloads/Budidayakacangkoro.pdf>.
- Dwinianingsih, E.A. (2010). Karakteristik Kimia dan Sensori Tempe dengan Variasi Bahan Baku Kedelai / Beras dan Penambahan Angkak serta Varisai Lama Fermentasi. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.

-
- Gustiningsih, D. dan Andrayani, D. (2011). *Potensi Koro Pedang (Canavalia ensiformis) dan Saga Pohon (Adhnanthera povonina) sebagai Alternatif Substitusi Bahan Baku Tempe*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Ketaren, S. (2005). *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : UI-Press.
- Malau, S. (2012). Kebutuhan Kedelai Nasional 2013 Tembus 2,2 Juta Ton. Diakses pada 5 November 2012 dari <http://www.tribunnews.com/2012/10/15/kebutuhan-kedelai-nasional-2013-tembus-22-juta-ton>.
- Santoso, H.B. (1993). *Pembuatan Tempe dan Tahu Kedelai : Bahan Makanan Bergizi Tinggi*. Yogyakarta : Kanisius.
- Soekarto, Soewarno T. (1985). *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Yogyakarta : Liberty.
- Suciati, A. (2012). Pengaruh Lama Perendaman dan Fermentasi terhadap Kandungan HCN pada Tempe Koro (*Canavalia ensiformis L*). *Skripsi*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. (1997). *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty.
- Triasiwi, I. (2011). Perbandingan Kadar Protein Berbagai Macam Tempe dengan Konsentrasi Ragi yang Sama. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

PEMANFAATAN SAPONIN DAUN AKASIA (*Acacia auriculiformis* A.Cunn) SEBAGAI PEMBUSA ALAMI DAN AGENSIA ANTIBAKTERI DALAM SABUN CAIR

Anidya Ariani, Hartati Soetjipto, dan Yohanes Martono

Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

Abstrak

Saponin daun Akasia (*Acacia auriculiformis* A.Cunn) selain memiliki efek menimbulkkan busa juga memiliki aktivitas antibakteri sehingga dapat digunakan dalam pembuatan sabun cair. Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi saponin dari daun akasia, menentukan aktivitas antibakteri ekstrak saponin daun akasia pada konsentrasi: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, serta membuat sabun dengan tambahan saponin akasia berbagai konsentrasi dan mengukur kestabilan busa pada sabun setelah ditambahkan saponin. Metode ekstraksi yang digunakan adalah maserasi menggunakan pelarut etanol, kemudian identifikasi saponin menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan uji Liberman-Burchard. Isolasi saponin dengan ekstraksi bertingkat menggunakan pelarut heksana dan n-butanol. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode cakram kertas menggunakan bakteri uji *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. Sedangkan uji kestabilan busa dilakukan menggunakan larutan sabun 1%. Data Aktivitas antibakteri dan kestabilan busa dianalisa dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan rata-rata diameter daya hambat dan kestabilan busa akan dibandingkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%. Purata hasil isolasi akasia memiliki rendemen sebesar 3,42%, hasil identifikasi saponin menunjukkan saponin jenis triterpenoid. Uji aktivitas antibakteri menunjukkan rata-rata diameter daya hambat (mm) pada *B. subtilis* paling rendah adalah 12 mm yaitu pada konsentrasi 5% dan tertinggi adalah 15,5 mm pada konsentrasi 30%. Sedangkan diameter daya hambat pada bakteri *E. coli* berkisar antara 7,55 mm pada konsentrasi 5% hingga 12,22 mm pada konsentrasi 30% Hasil analisa kestabilan busa sabun yang mengandung saponin antara 80,83% hingga 88,92%. Dari hasil uji aktivitas antibakteri diperoleh diameter daya hambat terbesar terdapat pada konsentrasi 30%. Sedangkan Kestabilan busa optimal pada konsentrasi 15%.

Kata kunci: *Acacia auriculiformis*, Aktivitas antibakteri, Kestabilan busa, Sabun cair, Saponin

Pendahuluan

Keringat, kotoran, debu, dan polusi udara merupakan bagian dari kehidupan kita sehari-hari, maka dari itu penggunaan sabun mandi adalah suatu keniscayaan yang dirasa perlu dilakukan untuk memperoleh hidup bersih dan sehat. Sabun adalah surfaktan yang digunakan dengan air untuk membersihkan minyak dan kotoran yang berada dilapisan kulit. Busa pada sabun disebabkan oleh reaksi saponifikasi dan diperkuat dengan tambahan pembusa. Komponen lain dalam sabun adalah surfaktan. *Sodium lauryl sulfate* (SLS) dan *amonium lauryl sulfate* (ALS) adalah surfaktan yang sering digunakan pada pembuatan sabun. Surfaktan tersebut berbahan dasar kimia yang sebenarnya tidak ramah lingkungan dan dalam dosis yang berlebih dapat mengiritasi kulit, karena masuk ke jaringan kulit. (Aisyah, 2011).

Indonesia memiliki beraneka ragam Sumber Daya Alam Hayati (SDAH) yang diantaranya banyak mengandung bahan bermanfaat, salah satunya adalah akasia (*Acacia auriculiformis* A. Cunn). Akasia merupakan salah satu tanaman yang banyak digunakan sebagai tanaman pelindung. Tanaman ini dilaporkan memiliki kandungan alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid (Santoso.B dan Hariadi. 2005). Saponin dikenal memiliki sifat berbusa jika dilarutkan dalam air, bahkan kestabilan busanya tidak kalah dengan surfaktan sintetis Chen *et al*, (2010). Selain itu saponin juga bersifat antibakteri (Mandal, P. 2005). Maka dari itu untuk meningkatkan kualitas sabun, penggunaan saponin dapat diaplikasikan sebagai pembusa alami dan agensia antibakteri.

Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi saponin dari daun akasia, menentukan aktivitas antibakteri ekstrak saponin daun akasia pada konsentrasi: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, serta membuat sabun dengan tambahan saponin akasia pada berbagai konsentrasi tersebut selanjutnya mengukur kestabilan busa sabun cair yang dibuat dengan menambahkan ekstrak saponin pada konsentrasi diatas.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *rotary evaporator* (Buchi R1 14), plat silica gel G/UV 254 nm (10x10cm), pH meter (Hanna H19812, Romania), grinder (Akira), *mixer*, oven, *shaker*(*Kika Labortechnik KS501 digital*), *Autoclave* (*Tomy Seiko,SS-240*),*Spektrofotometer* Shimadzu UV mini 1240.

Bahan-bahan yang digunakan: Akuades, KOH (derajat teknis), etanol (derajat teknis), heksana (derajat teknis), n-butanol (derajat PA, Merck), kloroform (derajat teknis) ,asam asetat (derajat PA), Indikator PP, Asam Klorida, Asam Sulfat (derajat teknis), NaCl(derajat PA), KCl (derajat PA), asam stearat(derajat PA), minyak kelapa, minyak sayur, minyak zaitun, *paper disc*. *Plate Count Agar*.

Preparasi Sampel

Sampel dikeringkan angin-angin, lalu dipotong-potong dan dihaluskan menggunakan grinder

Persiapan Ekstraksi Sampel (Jaya, 2010)

Sebanyak 50 g daun akasia dimaserasi menggunakan 150 ml etanol dan di goyang dengan *shaker* selama 24 jam. Maserat disaring dan residu dimaserasi kembali dengan 50 ml etanol selama 24 jam kemudian disaring. Filtrat dicampur dan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* sampai volume 20 ml. Tahap berikutnya dilakukan pemisahan fase minyak dari filtrat dengan pelarut heksana menggunakan corong pisah (20ml akuades dan 40ml Heksana). Untuk mengambil saponin, ekstraksi dilanjutkan dengan menggunakan pelarut n-butanol (1:1). Hasil ekstrak n-butanol yang mengandung saponin ditimbang massanya.

Identifikasi Saponin Dengan Kromatografi Lapis Tipis (Suripto. 2009)

Identifikasi saponin dilakukan dengan Kromatografi Lapis Tipis. Fase gerak yang digunakan adalah heksana : etanol (1 : 1), fase diam adalah plat silica gel G/UV 254 nm, sebagai reagen penampak bercak digunakan kloroform. Sampel yang memperlihatkan bercak warna kuning dan coklat pada Rf 0,06 menunjukkan senyawa saponin

Uji Liberman-Burchard (LB) (Jaya, 2010)

Ditimbang 0,5 mg sampel saponin hasil ekstraksi dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi I, ditambah 5 ml CHCl_3 kemudian dipanaskan 5 menit di atas pemangas air sambil dikocok-kocok lalu didinginkan. Diambil 1 ml campuran dari tabung reaksi I dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi II. Ke dalam tabung reaksi II ditetaskan peraksi (LB) (1 ml asam asetat anhidrat dan 1 tetes asam sulfat pekat), kemudian diamati perubahan warna yang timbul sampai kira-kira 30 menit. Bila muncul warna coklat atau violet pada perbatasan 2 pelarut maka saponin yang terkandung didalamnya dari jenis triterpenoid, sedangkan bila muncul warna hijau kebiruan maka saponin yang terkandung termasuk jenis saponin steroid.

Pembuatan Media (Mpila, dkk. Yang telah dimodifikasi 2012.)

Media dasar dibuat dengan cara menimbang *Plate Count Agar* (PCA) sebanyak 2,25 gram,lalu dilarutkan dalam 100 ml aquades (22,5g/1000 ml). Setelah itu, media dihomogenkan diatas penangas air sampai mendidih. Media yang sudah homogen dituang kedalam tabung reaksi masing-masing 9ml, kemudian disterilkan dalam outoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, dan didinginkan sampai suhu \pm 45-50°C.

Inokulasi Bakteri pada Media Agar Miring (Mpila, dkk. Yang telah dimodifikasi 2012.)

Bakteri uji di inokulasikan kedalam media agar miring dengan cara goresan menggunakan jarum ose steril. Selanjutnya di inkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Perlakuan yang sama dilakukan pada setiap jenis bakteri uji

Pembuatan Suspensi Bakteri Uji (Mpila, dkk. Yang telah dimodifikasi 2012.)

Inokulum bakteri uji diambil dengan jarum ose steril lalu disuspensikan kedalam tabung yang berisi 9 ml media cair *Nutrient Broth* (NB) kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah itu diukur *Optical Density* dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm dan

hasil dibandingkan dengan dengan standar kekeruhan larutan Mc.Farland. Perlakuan yang sama dilakukan pada setiap jenis bakteri uji.

Uji Aktivitas Antibakteri (Mpila, dkk. Yang telah dimodifikasi 2012.)

Larutan uji saponin daun akasia dengan berbagai konsentrasi (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%); larutan etanol 50% sebagai kontrol negatif; larutan tetrasiklin 30 μ g/ml sebagai kontrol positif. 10 ml media PCA dimasukkan dalam cawan petri dan masing-masing dicampur dengan 1,0 mL larutan bakteri, kemudian dihomogenkan. Dimasukkan 20 μ l ekstrak saponin kedalam *paper disc* dan 20 μ l tetracyclin dengan konsentrasi 30 μ g/ml kedalam *paper disc* lain sebagai kontrol positif. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37⁰C selama 24 jam. Pengukuran zona hambatan dilakukan dengan mengukur Diameter Daya Hambat (DDH) menggunakan jangka sorong dengan satuan millimeter (mm).

Pembuatan Sabun (Pramudyawardani, dkk. 2011)

Larutan minyak yang terdiri dari 50 ml minyak sawit, 75 ml minyak kelapa, 25 ml minyak zaitun dan 2,5 g asam stearat dipanaskan sampai larut (\pm 70⁰C). Larutan KOH 40% yang telah dingin dituang perlahan-lahan ke dalam larutan minyak dan diaduk menggunakan mixer sampai terbentuk trace (mengental). Selanjutnya ditambahkan 100 ml akuades dan 25 ml larutan garam jenuh kedalam *trace*. Tahap berikutnya sabun dibagi menjadi 7 bagian dan ditambahkan larutan ekstrak saponin, dengan konsentrasi 0%, 5,0%, 10%, 15%, 20%,25% dan 30%. Emulsi diaduk hingga homogen.

Pengujian Tinggi busa (Ratnawulan , 2009 yang telah dimodifikasi)

Dibuat larutan sabun 1%, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi dikocok selama 20 detik dengan cara membalikkan gelas ukur secara beraturan. Diukur tinggi busa yang terbentuk, 5 menit kemudian diamati kembali stabilitasnya.

Analisa Data (Steel, R.G.D dan J.H.Torrie. 1980)

Data nilai antibakteri dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok 7 perlakuan, dengan 4 kali ulangan. Sebagai perlakuan adalah konsentrasi saponin yaitu: 0% (kontrol);5,0%; 10%; 15%; 20%; 25%; dan 30%. Sebagai kelompok adalah waktu uji. Untuk membandingkan purata antibakteri dan kestabilan busa antar berbagai konsentrasi saponin digunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%

Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi

Dari 400 g daun akasia yang di ekstrak menghasilkan isolat saponin sebanyak 13,6903 g atau rendemen sebesar 3,42%. Isolat yang diperoleh berupa pasta berwarna coklat kehitaman. Hasil uji KLT sampel pasta saponin menunjukkan bercak pada Rf 0,0608. Sesuai dengan Harborne 1987, yang menyatakan bahwa bercak saponin pada KLT dengan fase gerak dan fase diam seperti diatas memiliki Rf 0,06. Selanjutnya uji Liberman-Burchard menunjukkan warna kecoklatan sehingga termasuk jenis saponin triterpenoid. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Girijashankar, 2011 yang menyebutkan bahwa saponin dari *A. auriculiformis* termasuk saponin jenis saponin triterpenoid.

Aktivitas Antibakteri

Hasil uji *Optical Density* (OD) bakteri *B. subtilis* (ATCC 6051) dan *E. coli* (ATCC 00911FO) setara dengan standar Mc Farland 3 yaitu dengan kerapatan bakteri 9.10⁸ CFU/ml. Hasil uji antibakteri ekstrak saponin daun akasia terhadap bakteri *B. subtilis* sebagai gram positif dan bakteri *E.coli* sebagai gram negatif menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dibuktikan dengan adanya zona terang pada daerah sekitar *paper disc* berisi ekstrak saponin. Aktivitas antibakteri tersebut menunjukkan hasil yang beragam tergantung jenis bakteri dan konsentrasi saponin. Aktivitas antibakteri isolat saponin daun akasia terhadap kedua bakteri uji disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Purata Diameter Daya Hambat (cm ± SE) antar berbagai konsentrasi ekstrak saponin terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E.coli*

Bakteri		Rata-rata Diameter Daya Hambat bakteri (mm)						
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
<i>B.subtilis</i>	Purata±S	0±0	12±0,83	12,5±0,83	14,25±0,5	14,63±0,2	15,25±0,3	15,5±0
	E				9	9	4	
	W=1,073 3	a	b	b	c	cd	cd	d
<i>E. coli</i>	Purata±S	0±0	7,55±0,15	8,32±0,15	9,57±0,20	10,57±0,2	11,5±0,17	12,22±0,0
	E					0		6
	W=0,288 9	a	b	bc	bcd	cd	d	d

Keterangan: * W = BNJ 5 %

* Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna sebaliknya bila diikuti huruf berbeda menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna. Berlaku juga untuk tabel 2.

* DDH < 10mm=sedang ; DDH > 10mm= kuat

Diameter Daya Hambat (DDH) ekstrak daun akasia terhadap bakteri gram positif *B. subtilis* pada dosis 5% hingga 30% berkisar antara 12mm sampai 15,5 mm. Sedangkan terhadap bakteri gram negatif pada dosis yang sama berkisar antara 7,55 mm hingga 12,22 mm. Menurut Davis and Stout (1971) kekuatan antibakteri dikategorikan lemah jika DDH ≤ 5 mm, kategori sedang jika DDH 5 -10 mm, kuat jika DDH diatas 10-20 mm, dan sangat kuat jika DDH >20 mm. Berdasarkan kriteria tersebut ekstrak saponin daun akasia terhadap *B. subtilis* pada konsentrasi 5% sudah menunjukkan efek antibakteri kuat. Sedangkan terhadap bakteri gram negatif *E. coli* pada konsentrasi 5% menunjukkan kategori sedang. Seiring dengan meningkatnya dosis saponin efek antibakterinya juga cenderung meningkat. Baru pada dosis 20% ekstrak saponin menunjukkan efek antibakteri kuat.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak saponin daun akasia lebih efektif terhadap bakteri gram positif dibandingkan bakteri gram negatif. Hal ini diduga disebabkan karena struktur dinding sel bakteri gram negatif yang relatif lebih tebal karena tersusun dari 3 lapisan yaitu lipoprotein, adalah membran terluar yang disebut porin, lipopolisakarida dan lipid serta memiliki peptidoglikan yang tipis. Selain itu pada membran luar bakteri gram negatif mengandung lipid yang berfungsi mencegah masuknya bahan kimia dari luar, hal ini menyebabkan senyawa kimia lain sulit masuk ke dalam dinding sel bakteri. (Purwani, dkk. 2009)

Mekanisme penghambatan saponin terhadap bakteri terjadi melalui gangguan terhadap permeabilitas membran sel bakteri sehingga menyebabkan sel bakteri lisis. Proses lisis membran sel bakteri akan menyebabkan keluarnya berbagai komponen penting dari dalam sel mikroba yaitu protein, asam nukleat, nukleotida dan lain-lain sehingga mengakibatkan kematian bakteri (Ganiswarna, S.G, 1995 dalam Jaya 2010). Selain itu saponin juga memiliki sifat hidrofilik dan lipofilik yang dapat mengikat komponen lemak pada sel bakteri yang dapat menyebabkan pecahnya sel bakteri

Kestabilan Busa Sabun

Hasil rata-rata pengujian kestabilan busa sabun yang ditambah isolat saponin dengan berbagai konsentrasi disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Purata Pengaruh konsentrasi ekstrak saponin terhadap kestabilan busa sabun

	Kestabilan busa (%)						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Purata±S	79,64±3,3	87,52±1,5	80,83±2,06	88,13±5,8	88,92±1,8	85,24±5,15	87,14±6,0
E		7		6	6		2
W=0,288	a	ab	ab	b	b	ab	ab

Keterangan: * W = BNJ 5 %

*Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna sebaliknya bila diikuti huruf berbeda menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna.

Dengan penambahan ekstraksi saponin terlihat peningkatan kestabilan busa sabun. Semakin tinggi dosis saponin yang digunakan semakin meningkat juga kestabilan busanya sampai pada dosis 15% sedangkan dosis 20% menunjukkan kestabilan busa yang tidak berbeda dengan dosis 15%. Selanjutnya pada dosis 25% dan 30% terlihat penurunan kestabilan busa dengan kata lain penggunaan ekstrak saponin akasia untuk pembuatan sabun cair optimum pada dosis 15% dengan kestabilan busa 88,13%. Hasil ini sesuai dengan penelitian Chen, *et al* mengenai saponin dari *Camellia oleifera* sebagai surfaktan yang memiliki kestabilan busa 86%. Busa yang ditimbulkan saponin disebabkan karena adanya kombinasi struktur senyawa penyusunnya yaitu rantai saponin nonpolar dan rantai samping polar yang larut dalam air sehingga saponin dapat menurunkan tegangan permukaan.

Sabun cair ekstrak saponin yang telah dibuat juga diuji sifat fisikokimia sesuai standar SNI 06-4085-1996 mengenai sabun cair kriteria uji yang diujikan adalah uji organoleptik visual antara lain; warna, bau, bentuk ; uji kimia ; pH, Berat Jenis(BJ), dan Angka Lempeng Total (ALT). Hasil uji disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Mutu Sabun Cair Saponin Dengan SNI 06-4085-1996 Sabun Cair

Kriteria Uji	Warna	Bau	Bentuk	pH	BJ (g/ml)	ALT(cfu/ml)
SNI	-	-	Homogen	8-11	1,01-1,1	1x10 ⁵
0%	Putih	-	Homogen	9,95 ± 0,07	1,06±2.10 ⁻³	0
5%	Cokelat	Khas	Homogen	9,50 ± 0,15	1,07±8.10 ⁻⁴	0
10%	Cokelat +	Khas	Homogen	9,37 ± 0,18	1,08 ±2.10 ⁻³	0
15%	Cokelat ++	Khas	Homogen	9,27 ± 0,13	1,08±4.10 ⁻⁴	0
20%	Cokelat +++	Khas	Homogen	9,15 ± 0,10	1,08 ±5.10 ⁻³	0
25%	Hitam	Khas	Homogen	9,10 ± 0,10	1,09±8.10 ⁻⁵	0
30%	Hitam +	Khas	Homogen	9,05 ± 0,08	1,11± 7.10 ⁻³	0

Bila dibandingkan hasil sabun cair ekstrak saponin dengan SNI 06-4085-1996 semua hasil kriteria uji telah sesuai dengan SNI sabun cair.

Kesimpulan:

1. Hasil Isolasi saponin yang diperoleh sebesar 13,6903 g atau persen rendemen sebesar 3,42%.
2. Aktivitas antibakteri dari ekstrak saponin yang efektif untuk bakteri *Bacillus subtilis* pada konsentrasi 5% sudah menunjukkan kategori kuat. Sedangkan pada bakteri *Esherichia coli* mulai konsentrasi 5% dengan kategori sedang.
3. Saponin memiliki sifat sebagai pembusa dan pada ekstrak saponin akasia kestabilan busa yang tertinggi pada konsentrasi 15%.

Saran : Setelah dihasilkan sabun cair diuji juga aktivitas antibakteri pada sabun cair tersebut.

Daftar Pustaka

Chen. Y.F, Chao-Hsun Yang, Ming-Shiang Chuang, Yong-Ping Ciou, Yu-Chun Huang., 2010. *Foam Properties and Detergent Abilities of the Saponins from Camellia oleifera*. Int. J. Mol. Sci. 2010, 11, 4417-4425; doi:10.3390/ijms11114417

-
- Davis, W.W and Stout, T.R. 1971. *Disc Plate Methods of Microbiological Antibiotic Assay. Microbiology*.22(4):659-665.
- Girijashankar, V. 2011. *Micropropagation of multipurpose medicinal tree Acacia auriculiformis. Journal of Medicinal Plants Research*, (5), 462-466
- Jaya, Miko Ara. 2010. *Isolasi Dan Uji Efektivitas Antibakteri Senyawa Saponin Dari Akar Putri Malu (Mimosa Pudica)*. Universitas Islam Negeri, Malang.
- Mandal, P. 2005. *Antimicrobial activity of saponins from Acacia auriculiformis*. *Fitoterapia*, (76),462-465.
- Mpila. Deby A, Fatimawali, Wiyono Weny I. 2012. *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mayana (Coleus Atropurpureus [L] Benth) Terhadap Staphylococcus Aureus, Escherichia Coli Dan Pseudomonas Aeruginosa Secara In-Vitro*. Program Studi Farmasi FMIPA UNSRAT Manado
- Pramudyawardani. M.G.R.D, Irtanti Sulis, Badilo, A.I. 2011. *Produk Sabun Cair Alami Dengan Memanfaatkan Mnya Biji Adas Manis (Foeniculum vulgare Mill.) Sebagai Pewangi Alternatif*. Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan.
- Purwani. Eni, Hapsari S.W.N, Rauf Rusdin.2009 *Respon Hambatan Bakteri Gram Positif Dan Negatif Pada Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Yang Diawetkan Dengan Ekstrak Jahe (Zingiber Officinale)*. *Jurnal Kesehatan* ISSN 1979-7621, VOL. 2, NO. 1, JUNI 2009 Hal 61-70
- Santoso.B dan Hariadi. B.Tj. 2005. *Pengaruh Suplementasi Acacia mangium Willd pada Pennisetum purpureum terhadap Karakteristik Fermentasi dan Produksi Gas Metana in Vitro*. Universitas Negeri Papua, Irian Jaya
- Steel, R.G.D dan J.H.Torrie. 1980. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Gramedia, Jakarta
- Suripto. 2009. *Selektivitas Anti Molusca dari tanaman Jayanti (Sesbania sesban(L) Merr)*. *J. Biol. Trop* Vol. 10 No. 1 Januari 2009: 24-32 ISSN 1411-9587.
- Ratnawulan, Soraya.2009.*Pengembangan Ekstrak Etanol Kubis (Brassica oleracea var. Capitata l.)Asal Kabupaten Bandung Barat dalam Bentuk Sampo Antiketombe terhadap Jamur Malassezia furfur*. Universitas Padjajaran, Jawa Barat.

NILAI GIZI MODISCO DENGAN DUA SUBSTITUSI BAHAN DASAR

Annisa Fillaeli, Susila Kristianingrum, dan Dyah Purwaningsih
Juridik Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Modisco merupakan makanan cair bernutrisi tinggi yang dapat digunakan untuk membantu balita dengan gangguan gizi. Bahan dasar Modisco adalah susu skim, gula pasir dan minyak goreng. Dua substitusi pada Modisco dilakukan dengan mengganti susu skim dengan susu kedelai dan gula pasir dengan gula kelapa, yang bertujuan untuk menyediakan makanan tambahan balita yang alergi susu sapi dan bernutrisi lebih baik. Nilai gizi Modisco yang meliputi karbohidrat, lemak dan protein dapat ditentukan dengan metode Fenol, Folch dan Biuret. Modisco dan Modisco Disubstitusi dibuat dalam 3 resep yang berbeda jumlah komposisinya menjadi Modisco I, II dan III serta Modisco Disubstitusi I, II dan III.

Hasil analisis karbohidrat, lemak dan protein pada Modisco I, II dan III, berturut-turut adalah Modisco I: 8,28 g; 3,23 g; 3,16g, Modisco II: 8,29 g; 3,77 g; 4,42 g, Modisco III: 13,54 g; 3,95 g; 5,50 g, tiap takaran saji. Nilai gizi karbohidrat, lemak dan protein pada Modisco Disubstitusi I, II dan III, berturut-turut adalah Modisco Disubstitusi I: 8,56 g; 3,20 g; 11,16g, Modisco Disubstitusi II: 9,077 g; 4,78 g; 8,26 g, Modisco Disubstitusi III: 20,97 g; 4,80 g; 9,32 g, tiap takaran saji. Untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap dua substitusi bahan dasar pada Modisco, dilakukan uji organoleptik yang meliputi rasa, warna, aroma dan tekstur. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa Modisco Disubstitusi merupakan sampel yang paling disukai dari segi rasa (73,33%), warna (60%) dan aroma (46,67%), sedangkan tekstur tidak dipermasalahkan oleh responden.

Kata kunci: Modisco, Modisco Disubstitusi, nilai gizi

PENDAHULUAN

Pemberian nutrisi yang baik dan seimbang akan mempengaruhi perkembangan karakter anak. Nutrisi yang baik dapat diperoleh dari makanan dan minuman yang bergizi tinggi. Makanan yang bergizi tinggi merupakan salah satu hal yang dapat menjadikan anak dapat berkembang dengan baik. Tergantung usia, aktivitas dan besarnya tubuh balita, mereka biasanya membutuhkan sekitar 1000–1400 kalori per hari. Balita membutuhkan protein sebanyak 5–20%, karbohidrat sebanyak 45–65%, dan lemak total sebanyak 30–40% dari total kalori per hari. Sayangnya, tidak semua balita bisa mendapatkan asupan gizi yang baik.

Berdasarkan data *Nutrition Surveillance System* (NSS) GOI-HKI tahun 1999–2000 yang dikumpulkan di beberapa kota besar di Indonesia menunjukkan bahwa proporsi balita yang berat badannya rendah masih berkisar pada angka 30% dari total balita. Balita dengan berat badan rendah berpotensi tinggi mengalami masalah gizi. Di Indonesia, salah satu masalah gizi yang penting adalah KEP (Kurang Energi Protein). KEP dapat ditolong dengan pemberian makanan tambahan bernutrisi tinggi seperti Modisco (Dian Shofiya dkk, 2007). Modisco merupakan suatu formula makanan cair berbahan dasar susu sapi (skim), minyak/margarin, dan gula pasir. Sayangnya, banyak balita kurang gizi yang juga mengalami intoleransi laktosa dalam susu sapi, sehingga perlu dilakukan substitusi susu sapi dengan bahan lain dengan nilai gizi yang setara, misalnya susu kedelai. Ditinjau dari kandungan proteinnya, susu kedelai jauh lebih tinggi dibandingkan susu sapi, yaitu 4,4% dibanding 2,2% berat (Tri, dkk, 2000). Selain susu sapi, Modisco menggunakan gula pasir yang nilai gizinya kurang menguntungkan karena kelebihan yang dimiliki gula pasir hanyalah mudah dari segi penggunaannya dan rasa manis yang tinggi. Sebenarnya tidak banyak nutrisi penting yang dimiliki gula pasir dibandingkan gula lain, misalnya gula kelapa. Garam mineral, thiamin dan riboflavin merupakan sebagian nutrisi penting yang dimiliki gula kelapa dan tidak dimiliki oleh gula pasir. Di samping itu, gula pasir sangat riskan diberikan untuk balita karena dapat memicu batuk dan demam. Oleh karena itu lebih disarankan menggunakan gula kelapa sebagai bahan pemanis untuk balita. Penggunaan susu kedelai dan gula kelapa sebagai substituen komposisi Modisco menjadi penting

untuk diaplikasikan. Selanjutnya, nilai gizi Modisco yang telah disubstitusi menjadi perlu untuk diketahui guna penanganan yang tepat untuk diberikan pada balita dengan masalah gizi tertentu.

PEMBAHASAN

Susu kedelai yang berkadar protein lebih tinggi dan tak mengandung laktosa umum digunakan sebagai pengganti susu sapi. Penggunaan susu kedelai sebagai pengganti susu sapi sebagai bahan dasar Modisco hendaknya dibarengi dengan penggunaan bahan lain, misalnya gula kelapa yang memberikan nilai nutrisi lebih. Gula pasir tidak terlalu menguntungkan digunakan untuk makanan bayi, karena hanya memberikan rasa manis saja, bahkan dapat memicu batuk bagi balita. Gula kelapa dapat digunakan sebagai substituen gula pasir karena mengandung garam mineral dan vitamin, serta yang terpenting adalah keberadaan karbohidrat kompleks. Gula pasir hanya mengandung gula sederhana, sedangkan gula kelapa memiliki struktur karbohidrat yang lebih banyak, yaitu gula sederhana dan karbohidrat kompleks yang lain (oligosakarida dan polisakarida). Keberadaan karbohidrat kompleks ini memberikan kebaikan bagi konsumen gula, khususnya bagi balita, karena pankreas tidak menjadi cepat lelah ketika mencernanya. Sedangkan penggunaan minyak goreng dimaksudkan untuk mengontrol secara mudah jumlah lemak untuk kebutuhan balita dengan kondisi tertentu dari bahan yang mudah didapat dan murah.

Perlakuan dua substitusi bahan dasar pada Modisco untuk diaplikasikan pada balita memerlukan informasi tambahan berupa tingkat penerimaan balita terhadap Modisco Disubstitusi. Untuk mengetahui tingkat penerimaan balita, uji organoleptik yang meliputi tingkat kesukaan terhadap warna, aroma, rasa dan tekstur dilakukan terhadap responden, yaitu ibu yang memiliki anak balita yang diberi makanan tambahan berdasarkan ekspresi kesukaan anak ketika diberi Modisco. Uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan metode angket. Sebelum diberikan angket uji organoleptik, dilakukan terlebih dahulu survey terhadap tingkat pengetahuan masyarakat mengenai Modisco. Di samping itu juga diberi kolom terbuka berisi saran terhadap kreasi penyajian Modisco dan Modisco Disubstitusi agar lebih diterima bagi selera anak-anak.

Hasil survey menunjukkan bahwa 73,33% responden tidak mengetahui apa itu Modisco. Sedangkan tingkat penerimaan responden terhadap Modisco dan Modisco Disubstitusi selengkapnya disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Organoleptik

Selera Responden	Warna (%)		Aroma (%)		Rasa (%)		Tekstur (%)	
	M	MD	M	MD	M	MD	M	MD
Tidak Suka	26.67	6.67	20.00	13.33	20.00	6.67	20.00	13.33
Netral	40.00	46.67	40.00	26.67	33.33	20.00	46.67	60.00
Suka	33.33	46.67	40.00	60.00	46.67	73.33	33.33	26.67
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Keterangan : M=Modisco ; MD=Modisco Disubstitusi

Tingkat penerimaan responden terhadap warna dan aroma Modisco menunjukkan bahwa sebanyak 40% responden memilih bersikap netral terhadap penampilan warna dan aroma Modisco, lebih tinggi dibandingkan yang menyukai maupun yang tidak menyukai. Demikian juga untuk tekstur, sebanyak 46,67% responden memilih netral. Namun dari segi rasa, sebanyak 46,67% responden menunjukkan respon menyukai rasa Modisco ini. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tingkat penerimaan responden terhadap rasa dapat diterima dengan baik (disukai) dan tidak begitu terpengaruh oleh warna, aroma maupun teksturnya.

Selanjutnya pada tingkat penerimaan terhadap Modisco Disubstitusi, responden menunjukkan kesamaan kesan terhadap penampilan warna Modisco Disubstitusi antara yang netral dan yang menyukai (46,67%). Sedangkan untuk teksturnya, responden yang cenderung bersikap netral sebanyak 60% jauh lebih banyak dibandingkan dengan yang menyukai maupun yang tidak menyukai. Dalam hal aroma, Modisco Disubstitusi mendapatkan 60% kesukaan responden, lebih tinggi daripada yang netral (20%) maupun yang tidak suka (6,67%). Sedangkan faktor rasa Modisco Disubstitusi memiliki tingkat kesukaan tertinggi yaitu 73,33%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk Modisco

Disubstitusi, responden menunjukkan kesukaan terhadap rasanya, didukung oleh aroma yang baik dan tidak begitu mementingkan tekstur (netral).

Perbandingan tingkat kesukaan responden terhadap Modisco dan Modisco Disubstitusi menunjukkan bahwa dalam hal rasa 46,67% : 73,33%, aroma 40% : 60% dan warna 33,33% : 46,67%, yang artinya responden lebih menyukai rasa, aroma dan warna Modisco Disubstitusi dibandingkan dengan Modisco. Sedangkan dalam hal tekstur, tingkat kesukaan responden antara Modisco ; Modisco Disubstitusi adalah 33,33% : 26,67%, yang berarti responden lebih menyukai tekstur Modisco dibandingkan dengan Modisco Disubstitusi. Namun demikian, yang menyatakan netral lebih banyak dibandingkan yang menyatakan menyukai teksturnya. Sehingga dapat diartikan bahwa responden tidak memperlakukan bagaimana tekstur Modisco maupun Modisco Disubstitusi.

Hasil uji organoleptik secara keseluruhan menunjukkan bahwa langkah modifikasi terhadap Modisco dengan melakukan dua substitusi terhadap komposisi bahan pembuatnya mendapatkan respon positif. Hal ini berarti Modisco Disubstitusi dapat diterima dengan baik, bahkan lebih disukai dibandingkan dengan Modisco. Mengenai penyajian, responden lebih menyarankan agar Modisco atau Modisco Disubstitusi lebih baik dibuat pudding (33.33%) atau es krim (26,67%).

Hasil uji organoleptik kemudian diberikan data dukungan dalam hal nilai gizi Modisco dan Modisco Disubstitusi. Nilai gizi yang diukur adalah karbohidrat, protein dan lemak. Pengukuran dilakukan terhadap Modisco dan Modisco Disubstitusi yang dibuat dalam 3 komposisi berbeda. Perbedaan komposisi tersebut terletak pada perbedaan jumlah susu, gula dan minyak. Komposisi pertama, jumlah susu, gula dan minyaknya berturut-turut adalah 10 gram, 5 gram dan 2,5 gram. Komposisi kedua jumlah susu, gula dan minyaknya berturut-turut 10 gram, 5 gram dan 5 gram. Sedangkan komposisi ketiga jumlah susu, gula dan minyak adalah 12,5 gram, 7,5 gram dan 5 gram. Maksud variasi komposisi ini ditujukan untuk memberikan pilihan kalori yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan kalori balita pengguna.

Uji karbohidrat total dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi dilakukan dengan uji fenol. Menurut Anton Apriyantono, dkk (1989), fenol dalam asam sulfat pekat akan bereaksi dengan gula membentuk warna oranye-kekuningan yang stabil. Hasil penentuan karbohidrat ini dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Karbohidrat

Sampel	Modisco			Modisco Disubstitusi		
	I	II	III	I	II	III
Tiap takaran saji (g)	8,28	8,29	13,54	8,56	9,07	20,97

Takaran jumlah susu dan gula sebagai penyedia utama karbohidrat dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi menunjukkan perbedaan yang tidak begitu besar pada komposisi I dan II, namun memberikan perbedaan yang signifikan pada komposisi III. Dengan takaran yang sama antara susu, gula dan minyak dg Modisco III, Modisco Disubstitusi komposisi ketiga memiliki kadar karbohidrat tertinggi yaitu 20,97 gram per takaran saji. Hal ini dikarenakan perbedaan yang signifikan antara gula pasir dan gula kelapa ditinjau dari komposisi karbohidratnya. Pada gula pasir, hanya terkandung gula sederhana. Sedangkan gula kelapa memiliki struktur karbohidrat yang lebih kompleks, yaitu gula sederhana dan karbohidrat kompleks yang lain (oligosakarida dan polisakarida). Dengan keberadaan karbohidrat kompleks ini memberikan kebaikan bagi konsumsi gula, khususnya bagi balita, karena pankreas tidak menjadi cepat lelah ketika mencernanya.

Selain pengaruh gula kelapa, penggunaan susu kedelai juga mempengaruhi pengukuran kadar karbohidrat ini. Jika menurut Tri, dkk (2000) karbohidrat susu sapi lebih besar dibandingkan dengan susu kedelai, namun dalam penelitian ini susu kedelai yang digunakan merupakan susu kedelai yang dibuat dengan kedelai berkualitas tinggi. Padahal kualitas kedelai yang digunakan mempengaruhi nilai gizi yang terkandung di dalamnya, didukung dengan teknik pengolahan yang baik. Kadar karbohidrat dalam susu kedelai ini mencapai 16 gram per 100 gram bahan (16%). Dengan demikian hasil uji karbohidrat dengan metode fenol ini cukup baik digunakan dalam penentuan ini karena dapat memberikan gambaran sesungguhnya kandungan gizi yang terdapat dalam bahan. Dengan menggunakan faktor konversi, kisaran jumlah kalori dari Modisco Disubstitusi adalah pada 8,56 – 20,97 kkal.

Faktor kedua nilai gizi yang diukur dalam penelitian ini adalah lemak. Lemak merupakan sumber terbesar di antara zat energi makro yang terkandung di dalam suatu bahan pangan. Dengan volume yang kecil dan energi yang besar, maka komposisi lemak ini divariasikan dalam 3 jumlah resep Modisco untuk keperluan lambung si kecil yang membutuhkan energi ekstra. Omega Mellyana (2004) membuktikan suplementasi minyak dapat meningkatkan pertumbuhan anak.

Hasil uji lemak dapat dilihat dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Lemak

Sampel	Modisco			Modisco Disubstitusi		
	I	II	III	I	II	III
Tiap takaran saji (g)	3,23	3,77	3,95	3,20	4,78	4,80

Hasil penentuan lemak dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi secara umum menunjukkan konsistensi peningkatan kadar mulai dari resep pertama hingga resep ketiga. Kondisi pengukuran ini sejalan dengan jumlah takaran minyak goreng yang ditambahkan pada resep I, II dan III tersebut berturut-turut 2,5 gram, 5 gram dan 5 gram. Pada resep ketiga, terdapat penambahan susu seberat 2,5 gram lebih banyak dibandingkan dengan resep I dan II. Penambahan ini tentu saja menambah jumlah lemak yang terkandung di dalam sampel, mengingat susu, baik susu skim maupun susu kedelai sama-sama mengandung lemak meskipun lemak dalam susu skim sangat sedikit. Dengan demikian hasil ini dapat memberikan gambaran kandungan lemak dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi dengan baik. Energi dari lemak pada Modisco I, II, dan III adalah 29,07 kkal, 33,93 kkal, dan 35,55 kkal. Sedangkan untuk Modisco Disubstitusi I, II dan III nilai energinya berturut-turut 28,8 kkal, 43,02 kkal dan 43,20 kkal.

Kebutuhan pertumbuhan balita tidak hanya diperoleh dari karbohidrat dan lemak saja. Faktor gizi yang sangat penting bagi pertumbuhan balita adalah terpenuhinya protein dalam asupan pangan harian mereka. Protein yang terkandung di dalam Modisco seluruhnya disumbang oleh susu skim, karena kandungan protein dalam gula pasir dan minyak goreng yang digunakan adalah 0%. Sedangkan kandungan protein dalam susu skim dapat mencapai 35,9%. Berbeda halnya dengan Modisco, maka pada komposisi Modisco Disubstitusi gula kelapa dimungkinkan menyumbang sedikit protein, karena gula kelapa mengandung 0,1% protein kasar tiap 100 gramnya. KSU Sukajaya (2005) dalam Burhanudin (2005) memaparkan bahwa kandungan protein nira kelapa setengah dari kandungan nira aren. Dan pada gula aren, kandungan proteinnya adalah 2,28% per 100 gram (Balitka Manado, 1999 dalam Burhanudin, 2005).

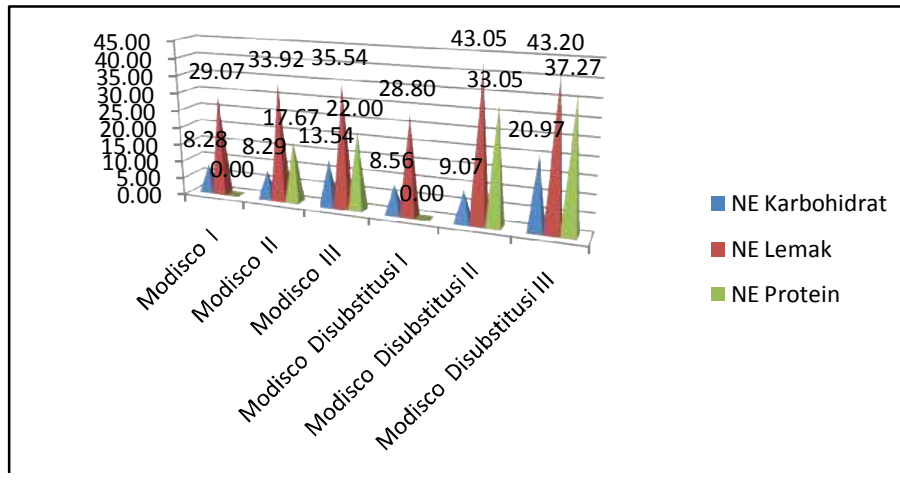
Hasil analisis protein dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi menunjukkan tren naik seiring dengan penggunaan gula kelapa dalam Modisco. Hasil selengkapnya ditunjukkan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Analisis Protein

Sampel	Modisco		Modisco Disubstitusi	
	II	III	II	III
Tiap takaran saji (g)	4,42	5,50	8,26	9,32

Hasil analisis protein ini cukup signifikan untuk memberikan gambaran mengenai angka kecukupan gizi protein yang dibutuhkan oleh bayi dan balita sebagai sasaran utama konsumen Modisco. Menurut Tri, dkk (2000), protein susu kedelai memberikan persentase kadar yang cukup tinggi sebagai pengganti protein yang bisa diperoleh dari susu sapi. Angka perbandingannya mencapai 4,4 : 2,9 (susu kedelai : susu sapi). Sedangkan tingkat kebutuhan bayi dan balita terhadap angka kecukupan gizi protein rata-rata per hari adalah 12-32 gram (Solihin Pudjiadi, 2003). Sehingga konsumsi 3 takaran saji Modisco per hari atau 2 takaran saji Modisco Disubstitusi per hari dapat memenuhi kebutuhan protein bayi dan balita. Tentu saja ini jauh lebih menguntungkan dibandingkan hanya mengonsumsi susu saja yang membutuhkan 5 hingga 6 takaran saji per hari agar kebutuhan proteinnya terpenuhi.

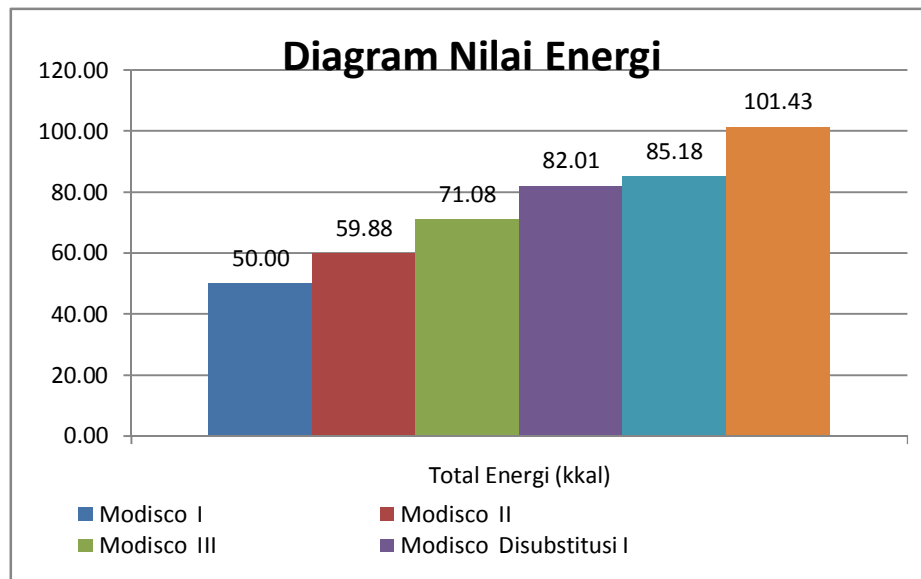
Gambaran distribusi nilai gizi keseluruhan antara karbohidrat, lemak dan protein disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Diagram Nilai Gizi antara Modisco (M) I, II, III dan Modisco Disubstitusi (MD) I, II, III

Berdasarkan gambar 1 di atas nampak jelas bahwa nilai gizi karbohidrat tertinggi ada pada Modisco Disubstitusi III, lemak tertinggi ada pada Modisco Disubstitusi III, dan protein tertinggi terdapat pada Modisco Disubstitusi III. Hasil ini belum memberikan gambaran kebutuhan jumlah kalori yang diperlukan oleh tubuh.

Hasil analisis nilai gizi Modisco dan Modisco Disubstitusi secara keseluruhan dapat menunjukkan nilai energy yang terkandung di dalamnya dengan menggunakan faktor konversi. Setiap gram karbohidrat, lemak dan protein masing-masing dapat menyumbang 1, 9, dan 4 kkal. Profil nilai energy antara Modisco dan Modisco Disubstitusi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Nilai Kalori dalam Modisco dan Modisco Disubstitusi

Berdasarkan gambar 2 di atas maka dapat disimpulkan bahwa energi terbesar diberikan oleh komposisi pada Modisco Disubstitusi III, yaitu sebesar 101,43 kkal. Sedangkan jika menggunakan Modisco, maka energi terbesar ada pada Modisco III, yaitu sebesar 71,08 kkal. Secara umum, energi terendah yang dihasilkan oleh Modisco Disubstitusi masih lebih tinggi jika dibandingkan energi yang dimiliki oleh Modisco dengan nilai kalori tertinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa

dengan takaran yang sama, Modisco Disubstitusi lebih memberikan jumlah kalori yang lebih besar dibandingkan dengan Modisco. Dengan demikian tujuan pemberian makanan tambahan dengan rasa dan aroma yang disukai, memperkecil resiko alergi (susu kedelai) dan bahan yang memberikan nilai nutrisi plus (gula kelapa) dan energi tinggi dapat dipenuhi oleh Modisco Disubstitusi III. Dengan konsumsi 2 gelas per hari cukup menyediakan kalori yang dibutuhkan oleh anak hingga usia 6 tahun. Tentu saja pemberian Modisco Disubstitusi ini sebagai makanan tambahan, bukan makanan utama.

KESIMPULAN

Dua substitusi pada Modisco meningkatkan tingkat kesukaan balita terhadap Modisco. Langkah dua substitusi ini juga menghasilkan jumlah kalori yang lebih besar dibandingkan tanpa substitusi pada jumlah takaran yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton Apriantono, dkk . (1989). *Analisis Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Dian Shofiya, Suriana, Indriati, Endang Ninik S. (2007). *Perbedaan Perubahan Berat Badan (BB), Selera Makan, Frekuensi Makan, serta Kejadian Kesakitan pada Balita KKP antara yang Diberi Modisco dan Modisco + di Kec. Mulyorejo Surabaya*. Buletin Epidemiologi Jawa Timur, Vol.23 (89-118).
- Omega Mellyana (2004). *Pengaruh Suplementasi Minyak Selama Enam Bulan Terhadap Pertumbuhan Anak Masa Penyapihan*. Thesis. Semarang : Pendidikan Dokter Spesialis Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Tri Margono, Dety Suryati, Sri Hartinah. (2000). *Buku Panduan Teknologi Pangan*. Jakarta : Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI bekerjasama dengan Swiss Development Cooperation.
- Burhanuddin. (2005). *Prospek Pengembangan Usaha Koperasi dalam Produksi Gula Aren*. Online. http://www.smecca.com/kajian/files/hslkajian/kajian_gula_aren.pdf. diakses 11 Maret 2011.

**PENGEMBANGAN DAN APLIKASI 4-BENZOIL-1-FENIL-3-METIL-2-PIRAZOLIN-5-ON
PADA EKSTRAKSI ION PERAK(I) DAN KROM(III) DARI LIMBAH PELAPISAN
LOGAM MENGGUNAKAN EMULSI MEMBRAN CAIR**

Baharuddin Hamzah, Ririen Hardani, dan Irwan Said

(Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan P.MIPA-FKIP Universitas Tadulako)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang aplikasi 4-Benzoil-1-Fenil-3-metil-2-Pirazolin-5-on (HPMBP) sebagai ekstraktan pada ekstraksi ion perak(I) dan krom(III) menggunakan emulsi membran cair. Tujuan penelitian pada tahun pertama ini adalah mensintesis senyawa HPMBP dan menentukan kondisi optimum kestabilan emulsi. Sintesis HPMBP menghasilkan kristal berwarna kuning, titik leleh 86–88°C dengan rendemen sintesis sebesar 73,54%. Dari analisis menggunakan spektrofotometer, spektrum IR dan H-NMR mendukung struktur HPMBP. Kondisi optimum kestabilan emulsi diperoleh pada penggunaan campuran surfaktan (span-80 + span-20) dan dodekan sebagai fasa membran dengan kecepatan emulsifikasi 2000 rpm selama 10 menit.

Kata kunci : HPMBP, ekstraksi, perak, krom, emulsi membran cair, dodekan

PENDAHULUAN

Ion logam perak dan krom merupakan ion logam berat beracun yang sering terdapat dalam limbah cair pelapisan logam yang perlu ditangani dengan serius. Teknik pengolahan limbah cair secara konvensional seperti pengendapan dan penyaringan selalu menghasilkan limbah padat yang membutuhkan proses pengolahan lebih lanjut, pereaksi yang digunakan secara berlebihan akan menjadi pencemar yang baru. Ekstraksi pelarut untuk “recovery” logam-logam adalah alternatif lain, namun kurang ekonomis dan kurang efisien karena menggunakan beberapa tahap ekstraksi dan ekstraksi balik. Teknik pemisahan yang masih berkembang hingga kini adalah teknik yang berdasarkan emulsi membran cair. Pada teknik emulsi membran cair, membran cair dapat dibuat dengan membentuk emulsi dari dua fasa yang tidak saling bercampur. Emulsi ini selanjutnya didispersikan ke dalam fasa eksternal dengan jalan pengadukan. Membran cair adalah fasa yang berada di antara fasa eksternal atau fasa sumber dan fasa internal atau fasa penerima. Fasa eksternal adalah fasa dimana ion logam yang akan diekstraksi terlarut sedangkan fasa internal adalah fasa dimana ion logam yang telah diekstraksi terkumpul. Pada proses ekstraksi ion logam berdifusi melewati membran cair dari fasa eksternal ke fasa internal. Dalam penelitian ini mekanisme yang digunakan adalah mekanisme reaksi kimia dalam membran cair. Mekanisme ini umumnya digunakan untuk pemisahan ion logam dan didasarkan pada reaksi yang terjadi antara ion logam misalnya M^{2+} dengan pereaksi HR (zat pembawa) yang dilarutkan dalam membran. Dengan adanya pengadukan menyebabkan terjadinya reaksi pada permukaan luar membran antara M^{2+} dengan zat pembawa ini, membentuk kompleks MR_2 yang larut baik dalam membran. Kemudian kompleks ini berdifusi di dalam membran cair menuju fasa internal. Oleh karena adanya zat pembebas di dalam fasa internal, maka M^{2+} akan dilepaskan dari senyawa kompleksnya pada permukaan dalam membran dan selanjutnya zat pembawa HR yang telah melepaskan M^{2+} tersebut akan berdifusi kembali ke permukaan luar membran untuk membentuk kompleks yang baru dengan M^{2+} lainnya.

Teknik emulsi membran cair telah digunakan untuk ekstraksi berbagai jenis logam (Manea, et.al., 2003 ; Saravanan, et.al., 2006; Gasser, et.al., 2007; Hamzah, et.al., 2010) Pada ekstraksi logam dengan teknik membran cair selalu dibutuhkan ekstraktan. Ekstraktan yang sering digunakan antara lain asam di - 2 - etilheksil - fosfat atau HDEHP (Basualto, et. al., 2006; Sabry, et.al., 2007), LIX (Sengupta, et.al., 2006), asam dinonil naftalen sulfonat (Gawronski and Religa, 2007), dll. Walaupun zat-zat pembawa tersebut telah digunakan secara luas dalam ekstraksi ion logam menggunakan teknik emulsi membran cair, namun pada umumnya konsentrasi zat pembawa yang digunakan cukup besar,

hingga 20% (Chiha,M.,2006), sehingga kurang efisien dan tidak ekonomis. Oleh karena itu dibutuhkan suatu ekstrak yang penggunaannya lebih sedikit, lebih efisien dan dapat memberikan persen ekstraksi yang lebih tinggi. Alternatif golongan senyawa yang telah terbukti efektif sebagai ekstrak ion logam dan paling banyak digunakan secara luas adalah 4-benzoil-1-fenil-3-metil-2-pirazolin-5-on,HPMBP, (Roy and Nag,1978 ; Ivanova, 1987 ; Jia,et.al.,1988; Hamzah dan Pulukadang,1999 ; Hamzah, 2001 ; Hamzah, 2007).

Berdasarkan fakta di atas, dalam rangka pengembangan metode ekstraksi maka akan diteliti kemungkinan penggunaan HPMBP sebagai ekstrak pada ekstraksi ion perak(I) dan krom(III) menggunakan emulsi membran cair, yang kemudian akan diaplikasikan pada limbah cair industri pelapisan logam. Oleh karena itu pada tahun pertama yang akan dilakukan adalah sintesis senyawa HPMBP dan penentuan kestabilan emulsi. Sedangkan pada tahun kedua yang akan dilakukan adalah penentuan kondisi optimum ekstraksi ion perak dan ion krom dalam larutan menggunakan teknik emulsi membran cair dengan ekstrak HPMBP. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan informatif maupun sumbangan aplikatif bagi pengembangan metode ekstraksi ion logam terutama ekstraksi menggunakan teknik emulsi membran cair dengan zat pembawa 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon (HPMBP) dalam bidang-bidang terkait seperti kimia koordinasi, kimia lingkungan, kimia organik sintesis, kimia analitik, kimia medisinal dll.

METODE PENELITIAN

1. Sintesis dan karakterisasi senyawa HPMBP

Sintesis dilakukan dengan jalan melarutkan 7,5 gram 1-fenil-3-metil-5-pirazolon dalam 80 mL 1,4-dioksan dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pendingin refluks, pengaduk magnetik dan corong pisah, pada temperatur 75°C. Setelah larut, secara perlahan-lahan dan sedikit demi sedikit ditambahkan 12 gram kalsium hidroksida sampai homogen. Sambil terus diaduk, melalui corong pisah ditambahkan 5 mL benzoil klorida. tetes demi tetes. Kemudian temperatur pemanasan dinaikkan sampai 110-120° C dan direfluks selama 30 menit. Setelah refluks selesai, dalam keadaan panas campuran dimasukkan ke dalam labu dasar rata yang berisi 100 mL larutan HCl 2M sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama 45 menit. Kristal kotor yang terbentuk disaring dengan penyaring Buchner dan dicuci dengan sedikit air dan 1,4-dioksan serta dikeringkan. Kristal hasil sintesis kemudian dikristalisasi. Kristal yang terbentuk disaring dengan Buchner dan dicuci dengan air suling. Keringkan kristal dan ditimbang untuk menghitung rendemennya. Penentuan kemurnian kristal dilakukan melalui uji titik lebur. Identifikasi senyawa hasil sintesis dalam penelitian ini bertujuan untuk menguji keberhasilan dalam proses sintesis, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Secara kualitatif dipelajari melalui uji struktur dengan FTIR dan H-NMR Spektrofotometer.

2. Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Kestabilan Emulsi

Lima gram surfaktan span-20 dilarutkan dalam 50 mL dodekan, tambahkan 50 mL larutan HCl 0,6 M. Kemudian diaduk dengan kecepatan emulsifikasi 1500 rpm selama 5 menit. Emulsi yang terbentuk dituang ke dalam gelas ukur 100 mL dan disimpan dalam inkubator pada suhu konstan 35 °C selama 10 jam, kemudian disimpan dalam lemari es pada suhu 5 °C selama 10 jam. Ketidak stabilan emulsi ditandai dengan adanya pemisahan fasa yang konstan. Ukur volume fasa yang terpisah yang dinyatakan dengan satuan persen terhadap volume emulsi mula-mula. Lakukan hal yang sama dengan menggunakan surfaktan yang berbeda yaitu span-80 dan campuran surfaktan span-20+span-80. Jenis surfaktan yang memberikan persen pemecahan emulsi terkecil, digunakan pada percobaan selanjutnya.

3. Pengaruh Waktu Emulsifikasi Terhadap Kestabilan Emulsi

Proses emulsifikasi dilakukan sama dengan percobaan 2, tetapi dengan melakukan variasi waktu emulsifikasi 5, 10, 15 dan 20 menit, dan kondisi optimum yang diperoleh dari percobaan 2. digunakan dalam percobaan ini. Waktu emulsifikasi yang akan digunakan untuk percobaan selanjutnya adalah waktu emulsifikasi yang memberikan persen pemecahan emulsi terkecil.

4. Pengaruh Jenis Pelarut Organik Terhadap Kestabilan Emulsi

Proses emulsifikasi dilakukan sama dengan percobaan 2., tetapi dengan melakukan variasi jenis pelarut : dodekan, n-heptan, n-heksan dan kondisi optimum yang diperoleh dari percobaan 2 dan

3 digunakan dalam percobaan ini. Pelarut organik yang akan digunakan untuk percobaan selanjutnya adalah pelarut organik yang memberikan persen pemecahan emulsi terkecil.

5. Pengaruh Laju Emulsifikasi Terhadap Kestabilan Emulsi

Proses emulsifikasi dilakukan sama dengan percobaan 2, tetapi dengan melakukan variasi laju emulsifikasi 1000, 1500, 2000 dan 2500 rpm, dan kondisi optimum yang diperoleh dari percobaan 2, 3 dan 4. digunakan dalam percobaan ini. Laju emulsifikasi yang akan digunakan untuk percobaan selanjutnya adalah laju emulsifikasi yang memberikan persen pemecahan emulsi terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sintesis dan Analisis Struktur Senyawa HPMBP

Kristal HPMBP yang dihasilkan dari hasil sintesis berwarna kuning, titik leleh 86–88 °C dengan rendemen sintesis sebesar 73,54 %. Dari spektrum hasil pengukuran serapan infra merah HPMBP diperoleh puncak-puncak serapan pada bilangan gelombang 3101 cm^{-1} , 1599–1641 cm^{-1} , 1352 cm^{-1} , 1797 cm^{-1} , 3059 cm^{-1} , 1650 – 2000 cm^{-1} dan 650 – 1000 cm^{-1} , 900 – 1300 cm^{-1} . Adanya puncak-puncak tersebut menunjang struktur HPMBP. Pada spektrum H-NMR, terlihat adanya puncak singlet pada pergeseran kimia 2,00 ppm (2,914), puncak singlet pada pergeseran kimia sekitar 13,00 ppm (0,557), puncak triplet pada pergeseran kimia 7,30 ppm (integrasi = 0,961) dan 7,58 ppm (integrasi = 0,987), puncak triplet pada pergeseran kimia 7,46 ppm (integrasi = 1,949) dan 7,64 ppm (integrasi = 1,964), puncak doublet pada pergeseran kimia sekitar 7,50 ppm (integrasi = 2,041) dan 7,89 ppm (integrasi = 2,000). Adanya puncak-puncak tersebut juga menunjang struktur HPMBP.

2. Penentuan Kestabilan Emulsi

2.1. Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Kestabilan Emulsi

Berdasarkan hasil pengamatan kestabilan emulsi pada penggunaan surfaktan span-20, span-80 dan campuran span-20+span-80 diperoleh rata-rata pemecahan emulsi seperti tercantum dalam Tabel 1. Surfaktan dikarakterisasi berdasarkan keseimbangan hidrofilik dan lipofilik dari molekulnya yang dinyatakan dengan nilai HLB. Semakin tinggi nilai HLB suatu surfaktan semakin meningkat sifat hidrofiliknya. Pada sistem HLB juga dikenal istilah HLB butuh (required-HLB), yaitu nilai HLB yang dibutuhkan suatu minyak atau lemak agar dapat diemulsikan secara efektif. Penentuan HLB butuh minyak memungkinkan kita memilih surfaktan atau campuran surfaktan yang menghasilkan HLB yang dibutuhkan. Jadi, penggunaan surfaktan dengan nilai HLB yang sesuai dengan nilai HLB butuh minyak yang digunakan akan menghasilkan emulsi yang stabil.

Tabel 1. Rerata Pemecahan Emulsi Pada Penggunaan Beberapa Surfaktan 5%

Jenis Surfaktan 5%	Rata-rata pemecahan emulsi (% v/v)
Span-20	41,6
Span-80	23,0
Span-20+Span-80	15,4

Berdasarkan Tabel 1 di atas ternyata emulsi yang dibuat dengan menggunakan surfaktan campuran Span-20 dan Span-80 mempunyai persen pemecahan emulsi yang paling kecil sehingga lebih stabil jika dibandingkan dengan emulsi yang menggunakan Span-20 atau Span-80. Hal ini disebabkan karena adanya kesesuaian nilai HLB surfaktan campuran Span-20 dan Span-80 (nilai HLB = 6) dengan nilai HLB butuh dodekan (nilai HLB butuh = 6), sedangkan nilai HLB Span-20 dan Span-80 berturut-turut adalah 8,6 dan 4,3.

2.2. Pengaruh Waktu Emulsifikasi Terhadap Kestabilan Emulsi

Berdasarkan hasil pengamatan kestabilan emulsi pada berbagai waktu emulsifikasi diperoleh rata-rata pemecahan emulsi seperti tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Pemecahan Emulsi Pada Berbagai Waktu Emulsifikasi

Waktu emulsifikasi (menit)	Rata-rata pemecahan emulsi (% v/v)
5	13,4
10	5,1
15	5,3
20	5,3

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa emulsi yang paling stabil adalah emulsi yang dibuat dengan lama waktu emulsifikasi 10 menit karena memiliki persen pemecahan emulsi terkecil. Untuk emulsi yang dibuat dengan waktu emulsifikasi yang lebih singkat, persen pemecahan emulsinya lebih besar karena ukuran tetesan fasa membran dan fasa internal yang terlibat dalam pembentukan emulsi masih besar sehingga memudahkan terbentuknya koalesensi. Sedangkan dengan waktu emulsifikasi yang lebih lama ternyata relatif tidak memberikan efek pada kestabilan emulsi, sehingga waktu emulsifikasi 10 menit sudah cukup untuk membentuk emulsi yang stabil (Sabry, et.al., 2007).

2.3. Pengaruh Jenis Pelarut Organik Terhadap Kestabilan Emulsi

Berdasarkan hasil pengamatan kestabilan emulsi pada penggunaan beberapa pelarut organik diperoleh rata-rata pemecahan emulsi seperti tercantum dalam Tabel 3. Pada tabel 3 menunjukkan bahwa dodekan merupakan pelarut terbaik dalam penelitian ini karena emulsi yang dibuat dengan dodekan lebih stabil dari pada emulsi yang dibuat dengan n-heptan dan n-heksan.

Tabel 3. Rata-rata Pemecahan Emulsi Pada Penggunaan Beberapa Pelarut Organik

Jenis Pelarut	Rata-rata pemecahan emulsi (% v/v)
Dodekan	5,5
n-Heptan	8,9
n-Heksan	10,3

Walaupun n-heksan dan n-heptan memiliki kekentalan yang lebih kecil dari pada dodekan sehingga lebih mudah untuk dibuat emulsi, namun kestabilan emulsi yang terbentuk lebih rendah dibandingkan emulsi yang terbentuk dengan dodekan. Hal ini berhubungan dengan kesesuaian nilai HLB butuh dodekan dengan nilai HLB dari surfaktan campuran (span-20+span-80) yang digunakan.

2.4. Pengaruh Laju Emulsifikasi Terhadap Kestabilan Emulsi

Berdasarkan hasil pengamatan kestabilan emulsi pada beberapa laju emulsifikasi diperoleh rata-rata pemecahan emulsi seperti tercantum dalam Tabel 4. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi laju emulsifikasi hingga 2000 rpm, rata-rata pemecahan emulsi semakin kecil yang berarti emulsi semakin stabil. Fakta ini terjadi karena semakin tinggi laju emulsifikasi tetesan fasa membran maupun fasa internal menjadi lebih kecil sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk membentuk koalesensi (Chiha,et.al., 2006). Kondisi ini menyebabkan emulsi lebih stabil. Namun apabila laju emulsifikasi ditingkatkan, ternyata relatif tidak mempengaruhi kestabilan emulsi.

Tabel 4. Rata-rata Pemecahan Emulsi Pada Variasi Laju Emulsifikasi

Laju emulsifikasi (rpm)	Rata-rata pemecahan emulsi (% v/v)
1000	21,2
1500	7,3
2000	5,3
2500	5,3

KESIMPULAN

1. Sintesis HPMBP menghasilkan kristal berwarna kuning, titik leleh 86 – 88°C dengan rendemen sintesis sebesar 73,54%. Secara umum spektrum IR, H-NMR dan C-NMR mendukung struktur HPMBP.
2. Kestabilan emulsi diperoleh dengan menggunakan campuran surfaktan span-80 & span-20 dan dodekan sebagai fasa organik serta laju emulsifikasi 2000 rpm selama 10 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Basualto, C., Poblete, M., Marchese, J., Ochoa, A., Acosta, A., Sapag, J., Valenzuela, F., **2006**, Extraction of Cadmium from aqueous Solutions by Emulsion Liquid Membranes Using a Stirred Transfer Cell Contactor, *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol.17 no.7.
- Chiha, M., Samar, M.H. and Hamdaoni, O. **2006**. Extraction of chromium (VI) from sulphuric acid aqueous solutions by a liquid surfactant membrane. *Desalination*, 194, 69-80.
- Gasser, M.S., El-Hefny, N.E., and Daoud, J.A. **2007**. Extraction of Co(II) from aqueous solution using emulsion liquid membrane. *Journal of Hazardous Materials*, 6943, 6.
- Gawronski, R. and Religa, P.. **2007**. Transport mechanism of Chromium (III) through the unmixed bulk liquid membrane containing dinonylnaphthalene sulphonic acid as a carrier. *Journal of Membrane Science*, Volume 289, Issue 1-2. 187 – 190.
- Hamzah, B. **2001**. Determination of The Extraction Constant in Cadmium Extraction with HPMBP. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Palu*, 22-25.
- Hamzah, B. dan Pulukadang, S.V. 1999. *Sintesis 1-Fenil-3-Metil-4-Benzoil-5-Pirazolon dan Aplikasinya Pada Ekstraksi Logam Berat Dalam Larutan*. Lemlit Universitas Tadulako, Palu.
- Hamzah, B. **2007**, Sintesis 4-benzoil-1-fenil-3-metil-5-pirazolon dan aplikasinya pada ekstraksi ion kobal dalam larutan, *Jurnal Marina Chimica Acta*, Edisi Khusus Seminar Nasional Kimia, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Hamzah, B., Jalaluddin, N., Wahab, A.W., Upe, A., **2010**, Copper(II) extraction from nitric acid solution with 1-phenyl-3-methyl-4-benzoyl-5-pyrazolone as a cation carrier by liquid membrane emulsion, *E-Journal of Chemistry*, Vol.7(1), 239-245.
- Ivanova, E. 1987. 1-Phenyl-3-Methyl-4-Benzoyl-5-Pyrazolone as Extraction Reagent for Cu, Zn, Ni, Co, Mn and Fe in AAS. *Anal. Chem.*, 288,62.
- Jia, Jun-Mao, Fu, L. and Yude, C. 1988. Synthesis of Pyrazolone and Extraction of Metal Ion. *J. RadioNucl. Chem.*, 131, 54-63.
- Manea, F., Dalea, V., Masu, S. and Negrea, P. **2003**. Separation of Co (II) and Ni (II) ions from wastewater by emulsion liquid membrane technique. (<http://www.prague2003.fsu.edu/content/pdf/385.pdf>), diakses pada tanggal 12 September 2007).
- Roy, A. and Nag, K. 1978. Solvent Extraction Behavior of Rare Earth Ions With 1-Phenyl-3-Methyl-4-Benzoyl-5-Pyrazolone, *J. Inorganic Nucl. Chem.*, 40, 331-334.
- Sabry, R., Hafez, A., Khedr, M. and Hassanin, A.E. **2007**. Removal of lead by an emulsion liquid membrane. *Desalination*, Volume 212, Issues 1 – 3, 165 – 175.
- Saravanan, S., Begum, K.M.M.S. and Anantharaman, N. **2006**. Removal of hexavalent chromium by emulsion liquid membrane technique. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 41, 3, 333 – 342.
- Sengupta, B., Sengupta, R. and Subrahmanyam, N., **2006**. Copper extraction into emulsion liquid membranes using LIX 984N-C, *Hydrometallurgy*, Volume 81, Issue 1, 67 – 73.

ANALISIS DATA KONSENTRASI OZON TAHUN 2012 DARI HASIL OBSERVASI DI LAPAN WATUKOSEK

Bambang Chrismantoro¹, dan Dian Yudha Risdianto²
^{1,2} Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek, LAPAN

Abstrak

Telah dilakukan analisis data ozon vertikal tahun 2012 dari hasil observasi di Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek, LAPAN. Penelitian dilakukan dengan membuat profil ozon selama tahun 2012 yang diperoleh dari sensor Radiosonde Vaisala dan sensor ECC Ozonesonde. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai total ozon terbesar diperoleh pada bulan September sebesar 284 DU, dan nilai ozon total terkecil diperoleh pada bulan November sebesar 171 DU. Nilai konsentrasi ozon dalam tekanan ozon partial terbesar diperoleh pada bulan September sebesar 16,33 mPa dan terkecil pada bulan Januari sebesar 10,02 mPa.

Kata kunci: ozon, radiosonde, ozonesonde, watukosek

PENDAHULUAN

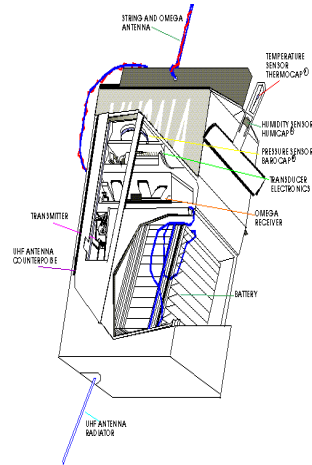
Ozon adalah molekul yang terdiri dari tiga atom oksigen yang berbentuk gas pada temperatur kamar. Ikatan atom oksigen dalam molekul ozon sangat lemah bila dibandingkan dengan molekul oksigen yang terdiri dari dua atom, sehingga salah satu dari atom oksigen pada molekul ozon mudah lepas dan bereaksi dengan molekul lain (Ogawa T, 1993). Ozon pertama kali ditemukan oleh C. F Schonbein pada tahun 1840, penamaan ozon diambil dari bahasa Yunani ozein yang berarti smell atau bau. Ozon mempunyai warna biru gelap yang terbentuk dari tiga atom oksigen (O_3), dan banyak ditemui di lapisan stratosfer, yaitu lapisan yang terletak antara 15 hingga 35 kilometer dari permukaan bumi. Di lapisan mesosfer (pada ketinggian lebih dari 60 kilometer), konsentrasi ozon lebih kecil daripada di atmosfer, tetapi mempunyai peran yang sangat penting pada proses kimia atmosfer di lapisan ini. Ozon pada troposfer juga mempunyai pengaruh termal pada lapisan atmosfer bawah. Ozon di lapisan stratosfer lebih besar dari 90% dan sisanya terdapat di troposfer (Andersen J. G and Herschbach 1985). Ozon total adalah integrasi O_3 dari permukaan bumi. Meningkatnya kadar gas-gas di atmosfer seperti NO_2 , metan (CH_4), juga CO, akan berpengaruh terhadap konsentrasi ozon di permukaan, karena CO, CH_4 , dan NO_2 dengan pengaruh radiasi matahari akan bertindak sebagai ozon precursor (pembentuk ozon) di permukaan. Secara geografis, hasil kegiatan observasi ozon vertikal yang dilaksanakan di BPD Watukosek dapat mewakili kondisi ozon vertikal di atas Jawa Timur mengingat observasi dilaksanakan rata-rata sampai dengan ketinggian 30 km. Kegiatan observasi ozon vertikal dilaksanakan setiap bulan dengan menggunakan payload Radiosonde Vaisala dan ECC Ozonesonde. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemanfaatan hasil penelitian berupa data profil ozon vertikal dari hasil observasi di BPD Watukosek dengan tahapan pengkajian pola bulanan profil ozon vertikal selama kegiatan observasi tahun 2012. Penelitian ozon akan sangat berguna selain bagi basis data juga untuk studi karakteristik atmosfer serta masukan bagi pemodelan ozon di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

1. Radiosonde Vaisala RS-80

Payload radiosonde vaisala RS-80 dilengkapi tiga buah sensor, masing-masing sensor tekanan, sensor suhu dan sensor kelembaban. Diagram skematik dari payload radiosonde vaisala RS-80 di tunjukkan pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Diagram skematik Radiosonde RS-80

Untuk karakteristik dari sensor tekanan, temperatur dan kelembaban sebagai berikut :

Spesifikasi umum :

- Dimensi antenna : 55 mm x 147 mm x 90 mm
- Berat, baterai aktif 220 gram
- Baterai : Basah
- Voltase : 19 V
- Transmitter frekuensi : 403 MHz, 1680 MHz

Sensor Temperatur :

- **Tipe :** Thermocap Capacitive bead
- Measuring range : +60 °C to - 90 °C
- Resolution : 0.1 °C
- Accuracy :
- Reproducibility (1) : 0.2 °C up to 50 hPa, 0.3 °C for 50-15 hPa, 0.4°C above 15 hPa level
- Repeatability of calibration (2) : 0.2 °C
- Lag : < 2.5 s (6 m/s flow at 1000 hPa)

Sensor Pressure :

- **Tipe :** Barocap Capacitive aneroid
- Measuring range : 1060 hPa to 3hPa (mb)
- Resolution : 0.1 hPa
- Accuracy :
- Reproducibility (1): 0.5 hPa
- Repeatability of calibration (2) : 0.5 hPa

Sensor Kelembaban :

- Tipe : HUMICAP Thin film capacitor
- Measuring range : 0 to 100 % RH
- Resolution : 1 % RH
- Lag : 1 s (6 m/s flow at 1000 hPa, +20 °C)
- Accuracy :
- Reproducibility (1) : < 3 %RH
- Repeatability of calibration (2) : 2 % RH

2. ECC Ozonesonde

Sensor ECC ozonesonde yang digunakan pada pengamatan adalah jenis sensor ECC ozonesonde 6A, spesifikasi dari sensor sebagai berikut :

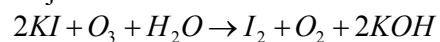
- Ukuran ozonesonde : 19.1 x 19.1 x 25.4 cm
- Berat : 600 gram
- Karakteristik pompa : minimum pressure, 670 hPa
- Minimum vacuum : 670 hPa
- Current draw less than : 115 mA
- Air flow rate : 194-223 ml min
- Range temperature operasi : 0⁰ C s/d 40⁰ C
- Operating Pressure Range : Sea level to 3 hPa
- Sensitivity : 2 to 3 parts per billion volume ozone
- Noise : Less than 1 % of full scale



Gambar 2. Sensor ozon

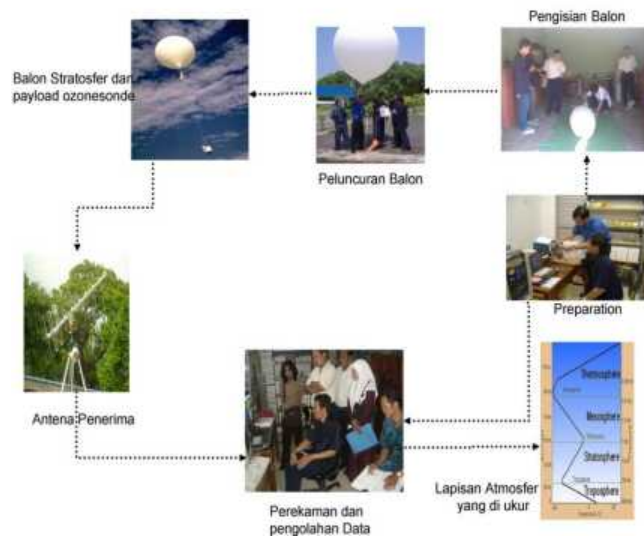
Prosedur

Pengukuran profil vertikal ozon di atmosfer dilakukan dengan meluncurkan balon yang dilengkapi dengan payload pengukur ozon. Payload yang diluncurkan dengan balon ini disebut ozonesonde yang datanya memperlihatkan perilaku struktur dinamika atmosfer. Pengukuran profil ozon vertikal menggunakan ozonesonde dengan sensor ECC (*Electrochemical Concentration Cell*) ini berdasarkan metoda yang dikembangkan oleh Kobayashi, dan Komhyr. Ozonesonde mengukur konsentrasi ozon atmosfer dengan reaksi kimia, instrumen ini dipasang pada balon meteo dan mengukur konsentrasi ozon per lapisan ketinggian. Ozonesonde tersusun atas pompa yang mengalirkan udara masuk ke tabung reaksi yang berisi larutan kalium iodida. Tabung ini terhubung ke tabung lain yang berisi larutan kalium iodida jenuh oleh jembatan ion (*ion bridge*). Pada saat ozon mengalir ke tabung tersebut, maka terjadi reaksi berikut :



Reaksi kimia ini mengubah keseimbangan dua tabung tersebut sehingga menimbulkan aliran arus listrik yang dideteksi oleh rangkaian elektronik pada ozonesonde. Makin besar konsentrasi ozon, makin besar arus listrik yang ditimbulkan. Sinyal ini dikirim ke stasiun penerima melalui sistem telemetri dan berikutnya diolah oleh komputer di stasiun tersebut. Selain menggunakan payload

ozonesonde, digunakan juga payload radiosonde tipe RS II-80, yang merupakan peralatan yang bertugas untuk membaca parameter-parameter yang diperlukan untuk pengukuran setiap lapisan udara secara vertikal dengan frekuensi 400 MHz. Radiosonde tipe RS II-80 vaisala memiliki beberapa sensor seperti tekanan, suhu dan kelembaban. Dalam observasi ozon vertikal, radiosonde digabung dengan sensor ECC ozonesonde yang memiliki sensor ozon menjadi suatu payload dan diterbangkan menggunakan balon tipe totex-1000 gram untuk menghasilkan parameter berupa data tekanan, suhu, kelembaban dan ozon secara vertikal. Proses pengambilan data pada saat observasi di tunjukkan pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Proses pengambilan data

Pada Gambar 3. Di atas, preparation merupakan rangkaian persiapan payload sebelum digunakan, mulai dari proses kalibrasi sampai dengan tes kelayakan teknis radio. Dalam melakukan persiapan awal, yaitu penanganan awal payload dengan melakukan pengukuran kelayakan sensor ECC ozonesonde yang dikondisikan dengan KTU (*Katoda Test Unit*). KTU suatu alat yang dapat memberikan ozon dalam konsentrasi tertentu, kegiatan ini dilakukan dengan harapan pada lapisan puncak ozon sensor ECC ozonesonde masih dapat bekerja dengan baik. Pengecekan signal radio juga dilakukan apakah radio pengirim dan radio penerima sudah bekerja secara baik dengan melihat hasilnya melalui layar komputer tracking, kegiatan ini untuk memastikan apakah seluruh sensor tekanan, temperatur, kelembaban dan ozon sudah bekerja.

Setelah preparation dilakukan langkah berikutnya mempersiapkan peralatan pendukung agar terpasang dan berfungsi dengan baik. Langkah berikutnya mempersiapkan balon yang akan digunakan untuk membawa payload terbang keatas, kemudian payload diintegrasikan dengan balon yang sudah diberi gas dengan tambahan unwinder dan parasut untuk menjaga kestabilan alat dan keselamatan. Setelah semua peralatan terpasang dengan baik, payload siap untuk di luncurkan. Di dalam ruangan tracking dilaksanakan perekaman dan pengolahan data oleh komputer yang terhubung dengan modem, radio penerima dan antena. Pada setiap observasi dengan menggunakan payload radiosonde vaisala dan ECC ozonesonde di peroleh profil ozon vertikal, dan profil meteo vertikal.

PEMBAHASAN

Salah satu hasil observasi pada tanggal 26 September 2012 didapatkan summary data ozon vertikal WA270 sebagai berikut :

NOAA/CMDL flight description file
produced on 27 September 2012 at
07:38:33 strato version 8.02
Telemetry and data analysis software
written by Holger Voemel, University
of Colorado.

Flight number = WA270
Flight date = 26-09-2012
Launch time = 12:23:08
Date [GMT] = 26-09-2012
Time [GMT] = 05:23:08
Location = Watukosek,
Indonesia
Longitude = 112.60
Latitude = -7.50
Time stamp in raw = GMT
data file
Launch altitude = 0.050
(km)
Surface pressure = 1008.00
(mb)
Surface = 35.50
temperature (deg)
Surface humidity = 43.00
(%)
Burst altitude (km) = 32.220
Burst pressure = 8.313
(mb)
Instrument type = Ozone Sonde
Vaisala number = 239113848
Vaisala humicap = A
sensor
Radiation = Yes
correction
A/D System = V2C
Ozone sonde = 2Z9241
number
Total ozone column = 284 (73)
(Dobson)
Solution = 2%, no Buffer
Time (sec) to pump = 29.06
100 ml
Lab temp. for = 28.9
flowrate
Lab humidity for = 50
flowrate
Response time = 23.4
(sec)
Prep background = 0.02
#1 (uA)
Ozone background = 0.035 (uA)
Background = 0.035
current (uA)
Background = Constant
treatment

Ozone pump = Pump.dat
 correction file
 Coefficients = 1ZAVG
 Actually used = Strato default
 coefficients

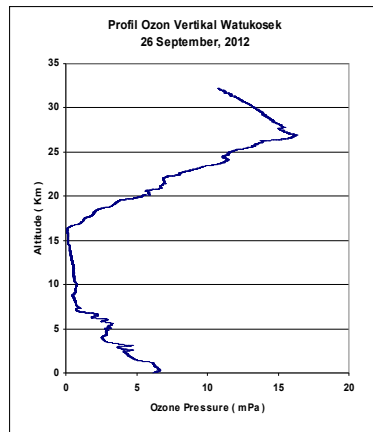
Pada data di atas berisikan informasi data mulai persiapan payload sampai dengan proses observasi berlangsung yang tersimpan dalam program strato dengan nama WA270.DE1. Nomor seri ozonesonde yang digunakan pada observasi tanggal 26 September 2012 adalah 2Z9241 dengan radiosonde nomor 239113848. Balon dengan payload diterbangkan pada ketinggian 50 m diatas permukaan laut dengan tekanan permukaan pada saat di luncurkan sebesar 1008 mb, temperatur permukaan 35.50 °C, kelembaban permukaan 43 %. Untuk data hasil observasi disimpan secara otomatis di komputer tracking dengan nama file WA270FLT.DAT yang sebagaimana datanya disajikan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data hasil observasi bulan September 2012

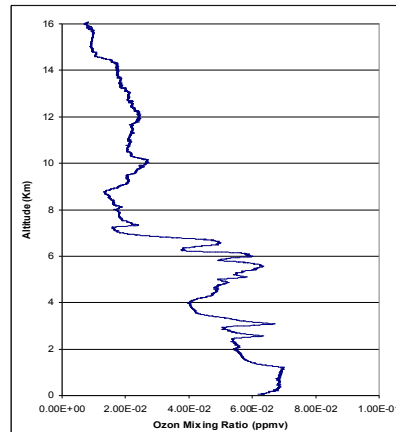
Alt [km]	Press [hpa]	Temp [deg C]	RH [%]	O3 P [mPa]	O3 Mr [ppmv]
0.051	997.92	36.54	29.2	6.162	6.17E-02
0.103	991.99	30.9	34.1	6.348	6.40E-02
0.203	980.98	29.65	40.1	6.591	6.72E-02
0.303	969.96	28.77	41.2	6.615	6.82E-02
0.403	959.11	27.91	42.3	6.588	6.87E-02
0.507	948.01	26.93	44.4	6.475	6.83E-02
0.602	937.85	26.03	46.3	6.439	6.87E-02
0.702	927.18	25.05	48.1	6.326	6.82E-02
0.804	916.51	24.07	51.7	6.252	6.82E-02
0.905	906.02	23.14	53.4	6.263	6.91E-02
1.001	896.04	22.21	54.7	6.195	6.91E-02
2.002	797.72	16.62	17.6	4.343	5.44E-02
3.004	708.05	11.61	35.7	4.188	5.92E-02
4.002	627.69	5.56	4.7	2.527	4.03E-02
5.006	554.42	0.67	-	2.721	4.91E-02
10.004	286.73	-32.02	20.9	0.756	2.64E-02
11	248.49	-39.62	19.6	0.518	2.08E-02
12.004	213.96	-48.43	12.8	0.518	2.42E-02
13	183.4	-56.73	9.2	0.385	2.10E-02
14	156.13	-65.33	15.1	0.275	1.76E-02
15.006	131.97	-72.78	13.8	0.117	8.90E-03
20.008	55.52	-66.87	-	5.363	9.66E-01
25.007	24.67	-56.63	-	11.55	4.68E+00
30.004	11.53	-43.68	-	13.34	1.16E+01

Dari data hasil observasi seperti yang tertera diatas, maka dapat dibuat grafik antara ozon pressure vs altitude dan ozon mixing ratio vs altitude untuk mengetahui pada ketinggian berapa dan seberapa besar konsentrasi ozonosfer. Untuk mengetahui letak lapisan tropopause dan kelembaban berada, maka dibuat grafik antara temperatur vs ketinggian, dan kelembaban vs ketinggian. Pada

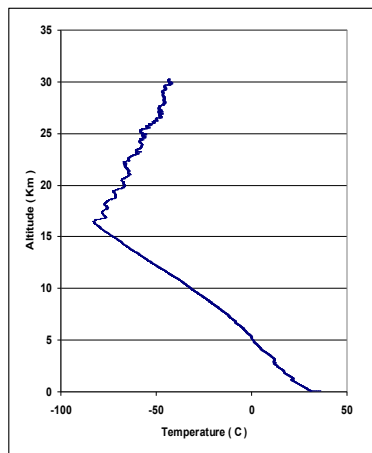
setiap observasi ozon vertikal akan didapatkan data berupa data ketinggian, data pressure, data kelembaban, data temperatur, data ozon dalam tekanan partial dan data ozon mixing ratio.



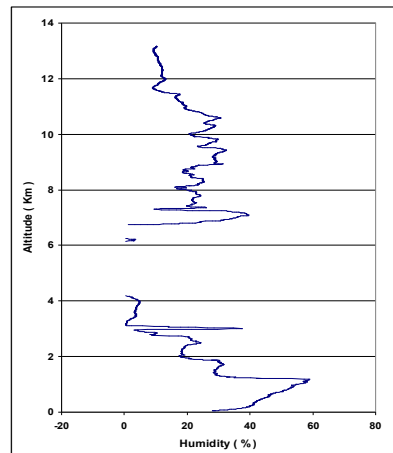
Gambar 4. Grafik ozon pressure vs altitude



Gambar 5. Grafik ozon mixing ratio vs altitude

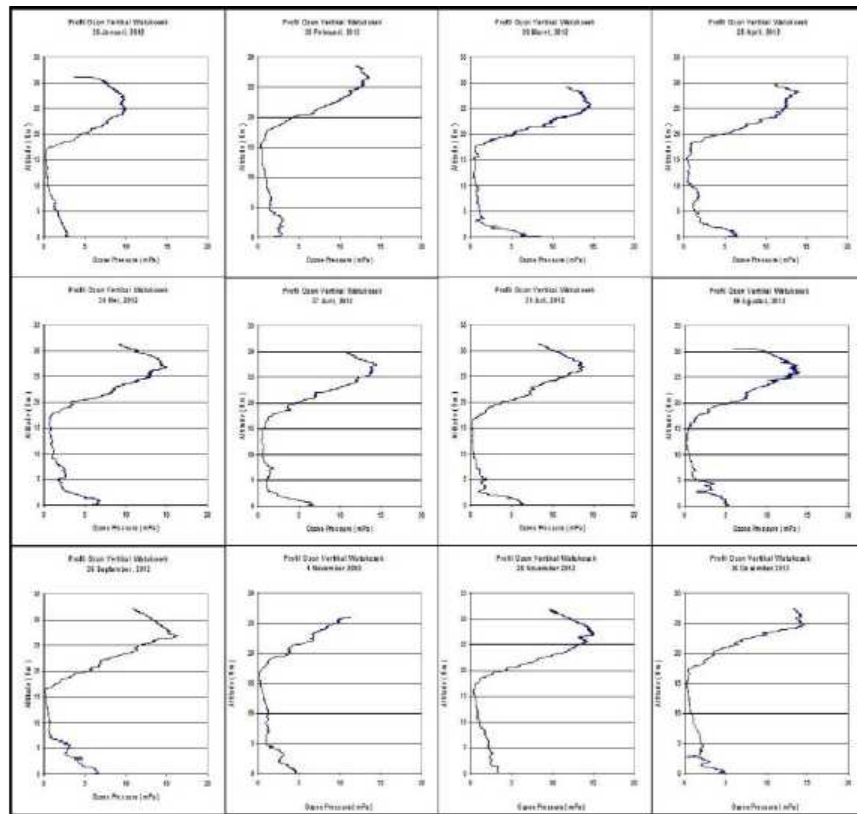


Gambar 6. Grafik temperatur vs altitude



Gambar 7. Grafik humidity vs altitude

Pada Gambar 4. dapat diketahui terjadi perubahan ozon pressure pada ketinggian sekitar 16 Km, lapisan tropopause berada pada ketinggian sekitar 16 – 17 km. Grafik hubungan kelembaban dan ketinggian yang ditunjukkan pada gambar 7, dimana pada ketinggian 4 - 6 km tidak diperoleh data pengamatan. Selama tahun 2012 data hasil observasi sebanyak 12 kali pengamatan, data digunakan untuk mengetahui profil ozon vertikal di atas Watukosek. Pada Gambar 8 dapat dilihat profil ozon vertikal Watukosek tahun 2012 untuk bulan Januari sampai dengan Desember yang diperoleh dari perubahan ozon pressure terhadap ketinggian, dimana masing-masing mempunyai variasi konsentrasi ozon yang berbeda-beda.



Gambar 8. Profil ozon bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2012

Kegiatan observasi pada bulan Januari 2012 ketinggian maksimum yang diperoleh adalah 31,132 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 17,189 km dengan temperatur $-88,55^{\circ}\text{C}$. Bulan Februari 2012 ketinggian maksimum yang diperoleh adalah 28,488 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 17,260 km dengan temperatur $-87,59^{\circ}\text{C}$. Ketinggian yang diperoleh pada bulan Maret adalah 29,250 km, ketinggian lapisan tropopause 17,600 km dengan temperatur $-89,24^{\circ}\text{C}$. Bulan April maksimum ketinggian adalah 29,681 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 17,189 km dengan temperatur $-85,63^{\circ}\text{C}$. Ketinggian hasil observasi yang diperoleh pada bulan Mei adalah 31,252 km, ketinggian lapisan tropopause 16,949 km dengan temperatur $-84,16^{\circ}\text{C}$. Bulan Juni maksimum ketinggian adalah 29,766 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 16,161 km dengan temperatur $-78,33^{\circ}\text{C}$. Ketinggian hasil observasi yang diperoleh pada bulan Juli adalah 31,360 km, lapisan tropopause pada ketinggian 16,592 km dengan temperatur $-82,5^{\circ}\text{C}$. Hasil observasi yang diperoleh pada bulan Agustus adalah 30,502 km, lapisan tropopause pada ketinggian 16,086 km dengan temperatur $-78,48^{\circ}\text{C}$. Bulan September 2012 ketinggian maksimum yang diperoleh adalah 32,22 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 16,462 km dengan temperatur $-83,01^{\circ}\text{C}$. Untuk bulan Oktober tidak dilaksanakan observasi. Observasi ozon yang dilaksanakan pada tanggal 1 Nopember 2012 ketinggian maksimum yang diperoleh adalah 32,22 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 16,61 km dengan temperatur $-86,45^{\circ}\text{C}$. Hasil observasi yang diperoleh pada tanggal 28 Nopember adalah 31,860 km, lapisan tropopause pada ketinggian 17,30 km dengan temperatur $-85,43^{\circ}\text{C}$. Observasi ozon pada bulan Desember 2012 ketinggian maksimum yang diperoleh adalah 27,577 km, lapisan tropopause berada pada ketinggian 17,14 km dengan temperatur $-88,49^{\circ}\text{C}$.

Setelah melakukan pengolahan data hasil observasi berupa data ketinggian, tekanan, temperatur, kelembaban dan ozon, maka didapatkan data pada tropopause dan ozonosfer. Nilai konsentrasi ozon di tunjukkan dalam satuan tekanan ozon partial (mPa) dan dalam bentuk ozon total Dobson Unit (DU), dimana $1 \text{ DU} = 2,69 \times 10^{16}$ molekul ozon/cm³. Pada tabel 2 dapat di jelaskan bahwa, pada kegiatan observasi selama tahun 2012 total ozon terbesar diperoleh pada bulan September yaitu sebesar 284 DU, sedangkan ozon total terkecil diperoleh pada tanggal 1 Nopember

yaitu sebesar 171 DU. Data tahun 2012 nilai tekanan ozon partial terkecil terdapat pada bulan Januari yaitu sebesar 10,02 mPa pada ketinggian 24,93 Km dan tekanan ozon partial terbesar terdapat pada bulan September yaitu sebesar 16,33 mPa pada ketinggian 26,89 Km.

Tabel 2. Data hasil observasi tahun 2012

No.	Tanggal Pengukuran	Alt Max (km)	Tropopause			Ozon Maksimum		DU
			Temp (°C)	Alt (km)	P (hpa)	O3 P (mPa)	Alt (km)	
1.	25012012	31,132	-88,55	17,189	89,02	10,02	24,93	185 (42)
2.	29022012	28,488	-87,59	17,260	87,44	13,62	26,61	240 (95)
3.	28032012	29,250	-89,24	17,600	81,48	14,72	25,88	257 (92)
4.	25042012	29,681	-85,63	17,189	89,88	14,01	28,30	229 (65)
5.	28052012	31,252	-84,16	16,949	93,48	15,08	26,73	251 (59)
6.	27062012	29,766	-78,33	16,161	107,1	14,59	27,27	252 (85)
7.	25072012	31,360	-82,5	16,592	99,91	13,83	26,88	234 (67)
8.	29082012	30,502	-78,48	16,086	108,4	14,17	26,01	236 (64)
9.	26092012	32,22	-83,01	16,462	102,3	16,33	26,89	284 (73)
10.	01112012	26,119	-86,45	16,61	99,79	11,38	26,04	171 (88)
11.	28112012	31,860	-85,43	17,30	88,68	15,14	27,25	260 (64)
12.	26122012	27,577	-88,49	17,14	90,53	14,7	24,77	231 (103)

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas, maka kegiatan observasi ozon selama tahun 2012 dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Hasil observasi ozon selama tahun 2012 diperoleh total ozon terbesar yaitu 284 DU pada bulan September, dan nilai ozon total terkecil pada bulan November sebesar 171 DU.
2. Konsentrasi ozon dalam tekanan ozon partial terkecil terdapat pada bulan Januari sebesar 10,02 mPa dengan ketinggian 24,93 Km, dan tekanan ozon partial terbesar terdapat pada bulan September sebesar 16,33 mPa pada ketinggian 26,89 Km.

SARAN

Analisis awal data observasi telah dilakukan, diperlukan analisis yang lebih mendalam lagi dengan menggunakan data hasil kalibrasi, dan menggunakan data pembandingan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Inai Y, Hasebe F, Shimizu K, Fujiwara M. (2009) : Correction of Radiosonde Pressure and Temperature Measurements Using Simultaneous GPS Height Data, *SOLA. Vol. 5*.
- Kobayashi, J. and Toyama, Y (1966), On various methods of measuring the vertical distribution of atmospheric ozone (III) carbon-iodine type chemical ozonesonde, *Pap. Meteorol. Geophys.*, 17, 113–126.
- Komhyr, W. D., Barnes, R. A., Brothers, G. B., Lathrop, J.A., and Opperman, D. P (1995), Electrochemical concentration cell ozonesonde performance evaluation during STOIC 1989, *J. Geophys. Res.*, 100.

-
- LAPAN, (2009), *Annual Report 2009, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, Jakarta.
- Myers, N., (1991), Tropical Forests: Present status and future outlook. *Climatic Change* 19:3-32, Netherlands.
- Ninong K., (2009), Analisis Hubungan Antara Ozon Dengan Temperatur (Studi Kasus Data Watukosek 1993-2005), *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan 2009*.
- O'Mara A.H., (1980), Solar Activity And Variations of Meteorological Parameter, *Proceeding of the International Conference on Sun and Climate*, France.
- Thompson, A. M., Witte, J. C., McPeters, R. D., Oltmans, S. O., et al (2003), Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology – 1: Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements, *J. Geophys. Res.*, 108, 8238, doi:10.1029/2001 JD000967.
- Vaisala, (1996), *Operations Manual Ozonesonde User's Guide*, OES-U101en-1.2., Japan.
- Vaisala. (1999): Operator's Manual Model 6A ECC Ozonesonde, *SPC Science Pump Corporation*. Japan.
- Yudha Risdianto, D., Husnan W. L, (2010), Aplikasi Radiosonde Vaisala RS-80 Dalam Pengamatan Atmosfer Hidrostatik di Atas Watukosek, *Prosiding Seminar Nasional SENTIA 2010*.
- Yudha Risdianto, D., Ribut Supriyanto, E., Susi Hardini, A., (2010), Analisis Profil Konsentrasi Ozon Vertikal Dari Hasil Observasi Watukosek Tahun 2008, *Prosiding Seminar Nasional SNPS X 2010*.

STUDI PENGARUH JUMLAH *FILLER* SERTA KONSENTRASI GLUTARALDEHIDA PADA SINTESIS KOMPOSIT PVA-ZEOLIT-*CLAY*

Bayu Wiyantoko¹, Yateman Arryanto², dan Eko Sri Kunarti²

¹Program Studi D3 Kimia Analis FMIPA Universitas Islam Indonesia

²Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada

³Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Sintesis komposit PVA-zeolit-*clay* serta kajian adsorpsi-desorpsi terhadap campuran etanol/air telah dilakukan. Komposit PVA-zeolit-*clay* disintesis dengan mencampurkan *filler* zeolit-*clay* ke dalam PVA yang telah dilarutkan dalam akuabides. Dalam sintesis komposit dikaji pengaruh jumlah *filler* serta konsentrasi glutaraldehida pada kualitas komposit yang dihasilkan. Zeolit-*clay* sebagai *filler* dan komposit yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer inframerah dan difraksi sinar-X untuk identifikasi struktur penyusun, serta uji kuat tekan (*compressive strength*) pada komposit menggunakan *Material Testing Machine*. Uji kapasitas adsorpsi komposit dilakukan dengan mengukur berat air yang terserap setelah direndam dalam air selama 24 jam. Uji adsorpsi etanol dan campuran etanol/air dilakukan dengan meneteskan sejumlah volume etanol dan campuran etanol/air hingga terserap sepenuhnya, sedangkan uji desorpsi diukur berdasarkan perubahan berat akibat proses desorpsi sebagai fungsi waktu. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa perlakuan basa pada *filler* zeolit-*clay* mengubah struktur serta sifat dari komposit. Kenaikan jumlah *filler* meningkatkan kapasitas adsorpsi serta kuat tekan komposit. Sedangkan modifikasi komposit menggunakan glutaraldehida menaikkan kuat tekan komposit namun kapasitas adsorpsi mengalami penurunan. Uji desorpsi memperlihatkan perbedaan laju desorpsi yang signifikan antara air dan etanol. Hasil uji pendahuluan pervaporasi mengindikasikan komposit sebagai media pemisahan campuran etanol/air yang efisien

Kata kunci: aktivasi basa, uji adsorpsi-desorpsi, glutaraldehida, pervaporasi

I. PENDAHULUAN

Polivinil alkohol merupakan polimer yang digunakan dalam berbagai bidang aplikasi karena memiliki stabilitas termal serta kekuatan mekanik yang baik. Sifat hidrofilitas yang tinggi menjadikan PVA dapat diaplikasikan sebagai membran oleh karena preparasinya yang tergolong mudah karena merupakan polimer yang *water processable* (Ramaraj, 2006). Namun stabilitas PVA yang rendah dalam larutan (efek *swelling*) adalah kelemahan dari polimer ini sehingga diperlukan modifikasi untuk mengatasinya. Modifikasi dengan penambahan material anorganik seperti zeolit maupun *clay* mampu meningkatkan stabilitas maupun selektivitasnya. Keberadaan zeolit dalam matriks polimer berfungsi sebagai *molecular sieving* yang meningkatkan selektivitas sorpsi maupun difusi (Huang, 2006), sedangkan *clay* dapat berfungsi sebagai *binder* tambahan yang dapat meningkatkan homogenitas sistem komposit. Material komposit yang dihasilkan dapat mengkombinasikan sifat-sifat dasar bahan organik (PVA) maupun anorganik (zeolit/*clay*) sehingga diperoleh stabilitas yang lebih baik (Xu dkk., 2009).

Modifikasi dapat pula dilakukan dengan reaksi kimia menggunakan glutaraldehida yang membuat struktur membran menjadi lebih padat (Praptowidodo, 2005). Komposit yang menggunakan bahan dasar polimer organik PVA serta *filler* zeolit maupun *clay* menjadi sebuah media pemisahan campuran etanol/air (Huang dkk., 2006; Ling dkk., 2008). Proses pemisahan campuran etanol/air menggunakan teknologi pervaporasi di mana proses ini dapat dioperasikan pada temperatur ruang, waktu operasi yang lebih cepat (Mulder, 1996), lebih ramah lingkungan, serta cocok untuk campuran azeotrop serta sensitif terhadap panas (Smitha dkk., 2004). Kajian teknik pervaporasi yang digunakan lebih banyak ditekankan pada difusi etanol maupun air melewati membran, sehingga dibutuhkan energi yang relatif tinggi. Oleh karena itu temperatur menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kinerja proses membran pervaporasi terkait *fluks* dan selektivitas. Ling dkk. (2008)

mempelajari pengaruh temperatur operasi terhadap kinerja pervaporasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur menurunkan selektivitas serta faktor pemisahan.

Berdasarkan kajian teknik pervaporasi yang ada maka pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh jumlah *filler* serta konsentrasi glutaraldehida pada kualitas komposit PVA-zeolit-*clay*. Komposit tersebut digunakan sebagai media uji pendahuluan pervaporasi campuran etanol/air. Proses pemisahan campuran etanol/air berdasarkan perbedaan laju desorpsi antara air dan etanol pada media komposit.

II. METODE PENELITIAN

II.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam Klaten, *clay* alam Boyolali, PVA (derajat hidrolisis 98-99%), NaOH, akuabides, glutaraldehida, aseton, asam klorida, dan etanol (Merck p.a).

II.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas, timbangan analitik, pemanas, pengaduk magnet, alat penggerus, ayakan 200 mesh, difraktometer sinar-X (Shimadzu XRD-6000), spektrometer FTIR (Shimadzu 8201), alat uji *compressive strength* (*Material Testing Machine* DO-FB0.5TS ASTM E4), dan kromatografi gas (Hewlett Packard Gas Chromatography 5890 series II).

II.3 Prosedur

Perlakuan basa *filler* zeolit-*clay*

Sebanyak 50 gram campuran zeolit alam dan *clay* alam diaduk dengan perbandingan 4:1, kemudian direfluks dalam 100 mL larutan NaOH 1M, 2M, dan 4M selama 8 jam pada temperatur 85-90 °C. Campuran zeolit-*clay* yang diperoleh kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven, lalu digerus sehingga diperoleh zeolit-*clay* teraktivasi NaOH.

Preparasi komposit PVA-zeolit-*clay*

Sebanyak 2 gram PVA dilarutkan dalam 50 mL akuabides sembari diaduk serta dipanaskan hingga PVA larut sepenuhnya. Campuran 5 gram, 8 gram, 10 gram, dan 15 gram zeolit-*clay* teraktivasi NaOH 2M dimasukkan ke dalam larutan PVA sembari diaduk perlahan lahan hingga padatan tercampur homogen. Selanjutnya komposit masuk tahap pencetakan untuk dikeringkan dalam oven pada temperatur 40 °C.

Sebanyak 2 gram PVA dilarutkan dalam 50 mL akuabides sembari diaduk serta dipanaskan hingga PVA larut sepenuhnya. Campuran 10 gram zeolit-*clay* teraktivasi NaOH 2M dimasukkan ke dalam larutan PVA sembari diaduk perlahan lahan hingga padatan tercampur homogen. Selanjutnya komposit masuk tahap pencetakan untuk dikeringkan dalam oven pemanas. Komposit yang dihasilkan direndam dalam larutan berisi aseton, HCl, dan glutaraldehida pada variasi konsentrasi 2,5%, 5%, 10%, dan 15%. Komposit termodifikasi glutaraldehida kemudian direndam dalam akuabides yang dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pemanas.

Penentuan waktu adsorpsi-desorpsi air dan etanol pada komposit

Sebanyak 1 mL etanol p.a diteteskan pada permukaan komposit yang telah diketahui massanya dan dihitung waktu adsorpsinya hingga etanol terserap sepenuhnya. Waktu desorpsi dihitung saat etanol terserap hingga komposit kembali ke berat semula. Hal yang sama dilakukan pada penentuan waktu adsorpsi-desorpsi air pada komposit PVA-zeolit-*clay*.

Uji pendahuluan pervaporasi tanpa pemanasan

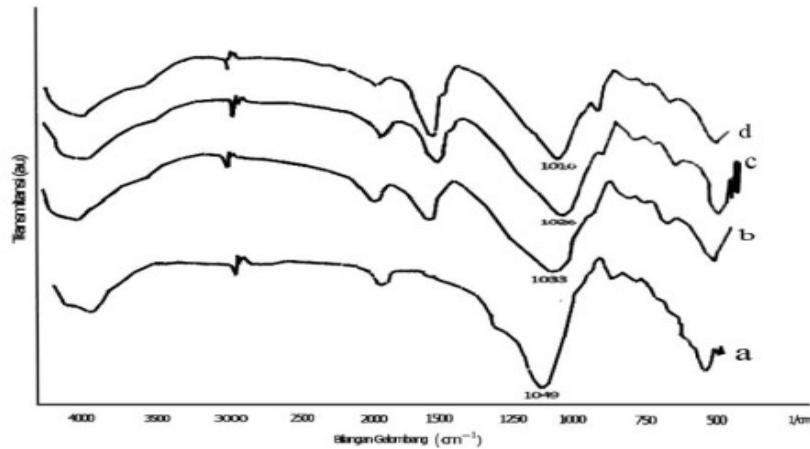
Proses pervaporasi tanpa pemanasan diawali oleh perendaman komposit sebagai media pemisahan menggunakan etanol. Udara digunakan sebagai gas pendorong sehingga etanol akan terkondensasi di dalam kondensor untuk ditampung hasilnya. Hasil yang diperoleh diukur konsentrasinya dengan menggunakan kromatografi gas.

III. PEMBAHASAN

III.1 Perlakuan basa pada *filler*

Sintesis komposit menggunakan bahan dasar campuran zeolit alam dan *clay* alam dan PVA. Campuran zeolit alam dan *clay* alam sebagai *filler* diberi perlakuan basa dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas komposit yang dihasilkan. Metode yang digunakan mengacu pada penelitian

yang dilakukan oleh Nath (2009), dimana *filler* teraktivasi basa dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer inframerah.



Gambar 1. Spektra inframerah (a) ZC non aktivasi, dan ZC yang diaktivasi dengan refluks NaOH pada (b) 1M (c) 2M (d) 4M

Pada Gambar 1 terlihat bahwa spektra inframerah zeolit-*clay* non aktivasi terdapat puncak di bilangan gelombang 1049 cm^{-1} merujuk pada vibrasi regangan asimetris Si-O/Al-O internal pada TO_4 . Perlakuan basa pada zeolit-*clay* menunjukkan puncak di daerah serapan $900 - 1250\text{ cm}^{-1}$ bergeser ke arah bilangan gelombang lebih kecil ($1049\text{ cm}^{-1} - 1010\text{ cm}^{-1}$) seiring bertambahnya konsentrasi NaOH yang digunakan. Pergeseran puncak mengindikasikan perombakan ikatan Si-O atau Al-O pada TO_4 yang menyusun zeolit-*clay* oleh adanya perlakuan basa menggunakan NaOH. Intensitas serapan puncak pada daerah bilangan gelombang $900 - 1250\text{ cm}^{-1}$ juga mengalami penurunan seiring kenaikan konsentrasi NaOH oleh karena hilangnya Si dan Al setelah proses perlakuan basa. Di daerah serapan $3000 - 3600\text{ cm}^{-1}$ yaitu pada bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ memperlihatkan penurunan intensitas serapan untuk vibrasi regangan -OH dari air terhidrasi. Hal ini diperkirakan akibat berkurangnya gugus -OH dari H_2O , diperkuat oleh adanya pergeseran puncak di daerah $1600 - 1750\text{ cm}^{-1}$ pada bilangan gelombang $1635,64\text{ cm}^{-1}$ ke $1651,07\text{ cm}^{-1}$. Selain itu perlakuan basa pada campuran zeolit-*clay* memunculkan puncak baru dimana puncak tersebut berada pada bilangan gelombang $1458,18\text{ cm}^{-1}$ yang memiliki intensitas cukup kuat. Puncak ini diindikasikan berupa presipitasi jenis aluminat terhidrat pada permukaan material (Panagiotopoulou dkk., 2007). Perlakuan basa pada *filler* membuat silika dalam campuran zeolit-*clay* terhidrolisis yang disebut sebagai *desilication*. Kenaikan konsentrasi NaOH yang digunakan dalam proses perlakuan membuat kerangka silika alumina terputus sehingga alumina amorf dan silika amorf terlarut membentuk spesies ion silikat $[\text{Si}(\text{OH})_4]^{4-}$ dan aluminat $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{5-}$ dalam sistem larutan. Keberadaan Si-OH dan Al-OH membuat sistem lebih negatif sehingga keberadaan ion Na^+ yang berlebih dalam larutan berguna untuk menyeimbangkan muatan negatif pada struktur tetrahedral alumina dalam kerangka zeolit.

III.2 Pengaruh jumlah *filler* zeolit-*clay* terhadap kualitas komposit

Rasio *filler* terhadap matriks menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas komposit karena akan memberi karakter yang berbeda untuk masing-masing komposit. Untuk mengetahui pengaruh jumlah *filler* terhadap kualitas komposit, maka dilakukan sintesis komposit dengan variasi jumlah *filler*.

Tabel 1. Kuat tekan dan kapasitas adsorpsi komposit pada variasi jumlah *filler*

Jumlah <i>filler</i> (g)	PVA (g)	Kuat tekan (N)	Kapasitas adsorpsi (%)
5	2	171,99	21,51
8	2	195,88	31,56
10	2	332,37	41,62
15	2	287,70	64,13

Seperti terlihat pada Tabel 1 bahwa jumlah *filler* ke dalam matriks polimer menaikkan kekuatan mekanik dari komposit yang dihasilkan. Jumlah *filler* sebesar 10 gram menunjukkan kekuatan mekanik yang paling besar yaitu 332,37 N sedangkan penambahan lebih lanjut *filler* hingga 15 gram menurunkan kuat tekan komposit menjadi 287,70 N. Penurunan kekuatan mekanik komposit diindikasikan karena adanya peningkatan interaksi antarmuka partikel-partikel *filler* dibandingkan interaksi *filler* dengan matriks PVA. Pada penelitian terdahulu juga dinyatakan penambahan jumlah *fly ash* dalam matriks PVA mampu menaikkan kekuatan komposit (Nath dkk., 2010). Kumar dkk (2010) mengungkapkan bahwa penambahan jumlah *filler* zeolit AlPO₄ dalam matriks poliuretan meningkatkan kekerasan permukaan (*surface hardness*) salah satunya kuat tekan komposit. Dari Tabel 1 juga memperlihatkan kapasitas adsorpsi komposit mengalami peningkatan. Jumlah *filler* yang bertambah menghasilkan lebih banyak situs aktif seperti silanol (Si-OH), aluminol (Al-OH), silikat, dan aluminat. Situs aktif yang lebih banyak membuat hidrofilisitas komposit bertambah sehingga molekul air terikat lebih banyak meningkatkan kapasitas adsorpsinya.

Untuk kajian adsorpsi-desorpsi juga dilakukan menurut variasi jumlah *filler* ke dalam matriks polivinil alkohol.

Tabel 2. Waktu adsorpsi-desorpsi air dan etanol pada komposit berdasarkan variasi jumlah *filler*

Jumlah <i>filler</i> (g)	Adsorpsi		Desorpsi	
	Etanol	Air	Etanol	Air
5	70 detik	60 detik	40 menit	23 jam
8	55 detik	50 detik	65 menit	28 jam
10	45 detik	30 detik	80 menit	32 jam
15	40 detik	20 detik	95 menit	48 jam

Seperti terlihat pada Tabel 2 bahwa jumlah *filler* berpengaruh pada waktu adsorpsi-desorpsi air maupun etanol. Jumlah partikel *filler* yang sedikit memerlukan waktu adsorpsi lebih lama karena gugus silanol atau aluminol lebih digunakan untuk berikatan dengan matriks PVA. Jumlah *filler* yang bertambah membuat keberadaan gugus -OH dari silanol/aluminol maupun silikat aluminat dari lebih banyak sehingga hidrofilisitas komposit meningkat. Selain itu jumlah *filler* yang bertambah membuat mobilisasi molekul pada matriks PVA lebih sedikit sehingga molekul air dapat lebih cepat terserap. Penambahan jumlah *filler* membuat komposit memiliki interaksi yang lebih kuat serta lebih selektif terhadap air dibandingkan terhadap etanol. Untuk waktu desorpsi terlihat perbedaan yang signifikan antara molekul etanol dan air. Etanol yang memiliki ukuran molekul lebih besar akan tertahan pada permukaan komposit sehingga lebih cepat terdesorpsi. Situs aktif silanol/aluminol dari *filler* yang bertambah mampu mengikat etanol maupun etanol lebih kuat sehingga waktu desorpsi lebih lama. Namun waktu desorpsi etanol masih lebih rendah daripada air karena energi ikatan hidrogen antara gugus silanol dengan molekul air lebih tinggi daripada gugus silanol dengan etanol.

III.3 Pengaruh konsentrasi glutaraldehida terhadap kualitas komposit

Modifikasi pada PVA sebagai bahan dasar juga dapat menentukan kualitas komposit, seperti menggunakan glutaraldehida dapat merubah karakter komposit yang dihasilkan seperti kekuatan mekanik dan kapasitas adsorpsi. Pengaruh konsentrasi glutaraldehida terhadap kualitas komposit seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Kuat tekan dan kapasitas adsorpsi komposit termodifikasi glutaraldehida

Konsentrasi glutaraldehida (%)	PVA (g)	Kuat tekan (N)	Kapasitas adsorpsi (%)
tanpa glutaraldehida	2	123,11	37,62
2,5	2	141,18	37,43
5	2	162,71	30,65
10	2	196,09	21,69
15	2	256,94	13,04

Kekuatan mekanik komposit menunjukkan *compressive strength* meningkat dengan bertambahnya konsentrasi glutaraldehida. Peningkatan *compressive strength* komposit disebabkan jaringan ikatan yang terbentuk antara gugus hidroksil dalam keadaan bebas dari polimer PVA semakin banyak. Konsentrasi glutaraldehida yang bertambah membuat ikatan asetal yang terbentuk dari interaksi gugus aldehida dengan gugus -OH dari PVA semakin banyak. Ikatan asetal yang terbentuk merupakan indikasi adanya peningkatan kerapatan jaringan yang membuat struktur komposit lebih kaku dan padat sehingga meningkatkan *compressive strength*. Namun fenomena yang berbeda terjadi pada kapasitas adsorpsi dari komposit termodifikasi glutaraldehida, dimana mengalami penurunan. Hal ini berkaitan dengan gugus-gugus hidroksil dari PVA yang berikatan dengan aldehida membentuk ikatan asetal. Modifikasi ini membuat jumlah gugus hidroksil PVA dalam keadaan bebas menjadi berkurang sehingga ikatan hidrogen yang terbentuk dengan molekul air menjadi lebih sedikit. Ikatan hidrogen yang berkurang erat kaitannya dengan kapasitas adsorpsi komposit yang mengalami penurunan.

Modifikasi komposit menggunakan glutaraldehida juga dikaji terhadap sifat adsorpsi terhadap etanol dan air. Hasil uji adsorpsi air maupun etanol pada komposit termodifikasi glutaraldehida disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Waktu adsorpsi komposit termodifikasi glutaraldehida

Konsentrasi glutaraldehida (%)	PVA (g)	Adsorpsi	
		Etanol	Air
tanpa glutaraldehida	2	45 detik	34 detik
2,5	2	50 detik	39 detik
8	2	60 detik	51 detik
10	2	75 detik	69 detik
15	2	95 detik	84 detik

Pada Tabel 4 diperlihatkan waktu adsorpsi air dan etanol meningkat setelah komposit dimodifikasi menggunakan glutaraldehida. Waktu adsorpsi air yang bertambah mengindikasikan hidrofilitas komposit menurun karena gugus hidroksil PVA bereaksi dengan gugus aldehida sehingga interaksinya dengan molekul air berkurang. Sedangkan untuk adsorpsi etanol membutuhkan waktu yang lebih lama karena ukuran molekulnya yang lebih besar daripada air. Selain itu komposit yang telah dimodifikasi glutaraldehida membentuk jaringan polimer yang lebih rapat sehingga etanol sulit untuk berdifusi masuk ke dalam komposit.

IV. Uji Pendahuluan Pervaporasi Campuran Etanol/Air

Proses pervaporasi pada penelitian ini dilakukan tanpa pemanasan dan berdasar kuat interaksi antara etanol dan air serta perbedaan laju desorpsi antar keduanya terhadap komposit. Proses pervaporasi menggunakan umpan etanol 75% dan menghasilkan peningkatan konsentrasi sampai 82%. Kenaikan konsentrasi yang dihasilkan pada pervaporasi ini memperlihatkan bahwa komposit ini dapat berlaku sebagai media pemisahan yang efisien meskipun belum maksimal.

V. KESIMPULAN

1. Perlakuan basa pada *filler zeolit-clay* menjadikan sistem *filler* lebih mudah berikatan dengan matriks PVA.
2. Jumlah *filler* yang bertambah dalam matriks PVA menghasilkan kekuatan mekanik dan kapasitas adsorpsi yang meningkat.
3. Modifikasi PVA menggunakan glutaraldehida dalam proses sintesis komposit meningkatkan *compressive strength* namun menurunkan kapasitas adsorpsi.
4. Komposit PVA-Zeolit-Clay dapat digunakan sebagai media pemisahan campuran etanol/air yang efisien.

 VI. DAFTAR PUSTAKA

- Huang Z., Shi, Y., Wen, R., Guo, Y.H., Su, J.F., and Matsuura, T., 2006, Multilayer Poly(vinyl alcohol)-Zeolite 4A Composite Membranes for Ethanol Dehydration by Means of Pervaporation, *Sep. Purif. Technol.*, 51, 126-136.
- Huang, Z., Guan, H.M., Tan, W.L., Qiao, X.Y., and Kulprathipanja, S., 2006, Pervaporation Study of Aqueous Ethanol Solution Through Zeolite-Incorporated Multilayer Poly(vinyl alcohol) Membranes; Effect of Zeolites, *J. Membr. Sci.*, 276, 260-271.
- Kumar, B.V.S., Siddaramaiah., Shayan, M.B., Manjula, K.S., Ranganathaiah, C., Rao, G.V.N., Basavalingu, B., and Byrappa, K., 2010, Effect of Zeolite Particulate Filler On The Properties of Polyurethane Composites, *J. Polym. Res.*, 17, 135-142.
- Ling, L.K., Nawawi, M.G., and Sadikin, A.N., 2008, Pervaporation of Ethanol-Water Mixture Using PVA Zeolite-Clay Membranes, *J. Teknologi.*, 167-177.
- Mulder, M., 1996, Basic Principle of Membrane Technology, Second Edition., Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 325-339.
- Nath, D.C.D., Bandyopadhyay, S., Boughton, P., Yu, A., Blackburn, D., and White, C., 2010, Chemically Modified Fly Ash for Fabricating Super-Strong Biodegradable Poly(vinylalcohol) Composite Films., *J. Mater. Sci.*, Springer Science.
- Nath, D.C.D., Bandyopadhyay, S., Boughton, P., Yu, A., Blackburn, D., and White, C., 2009, High Strength Bio-composite Films of Poly(vinyl alcohol) Reinforced with Chemically Modified Fly Ash., *J. Mater. Sci.*, 45, 1354-1360.
- Panagiotopoulou, Ch., Kontori, E., Perraki, Th., and Kakali, G., 2007, Dissolution of Aluminosilicate Minerals and By-Products in Alkaline Media, *J. Mater. Sci.*, 42, 2967-2973.
- Praptowidodo, V.S., 2005, Influence of Swelling On Water Transport Through PVA Based Membrane, *Journal of Molecular Structure.*, 739, 207-212.
- Ramaraj, B., 2006, Crosslinked Poly(vinyl alcohol) and Starch Composite Films: Study of Their Physicochemical, Thermal, and Swelling Properties, *J. App. Polym. Sci.*, 103, 1127-1132.
- Smitha, B., M, Ramakrishna., S, Sridhar., and D, Suhanya., 2004, Separation of Organic-Organic Mixtures by pervaporation: A Review., *Journal of Membrane Science.*, 241, 1-21.
- Xu, Z.L., Yu, L.Y., and Han, L.F., Polymer-Nanoinorganic Particles Composite Membrane: A Brief Overview, *Front. Chem. Eng.*, 3, 318-329.

PENGARUH NETRALISASI, KONSENTRASI KATALIS DAN METODA ESTERIFIKASI TERHADAP HASIL BIODISEL BERBAHAN BAKU LIMBAH KRIMER

Dennis Fernaldes Suhendar, A. Ign. Kristijanto, dan Sri Hartini

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga, 50711

Abstrak

Salah satu industri yang ada di Salatiga adalah industri krimer dan limbah produksi yang dihasilkan mengandung minyak/lemak (40%) yang berpotensi menjadi bahan baku dalam pembuatan biodisel untuk menjawab tantangan krisis energi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil biodisel ditinjau dari konsentrasi katalis CaCO_3 , proses netralisasi, dan perbandingan nisbah mol metanol dengan minyak. Limbah krimer diperlakukan dengan proses netralisasi dan metanolisis dengan menggunakan katalis. Data dianalisis dengan rancangan perlakuan faktorial $2 \times 3 \times 2$ dengan rancangan dasar RAK, 3 ulangan. Pengujian rataan antar perlakuan dilakukan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%. Hasil penelitian menunjukkan ada interaksi antara ketiga faktor yang diteliti yaitu dengan proses netralisasi diperoleh hasil biodisel sebanyak $28,65 \pm 3,044\%$ pada nisbah mol 8:1 sebaliknya tanpa proses netralisasi diperoleh hasil biodisel sebesar $26,52 \pm 5,19\%$ pada nisbah mol 12:1. Dengan konsentrasi katalis 1 dan 2% pada nisbah mol 12:1 diperoleh hasil persentase biodisel sebesar $24,74 \pm 3,57$ dan $27,37 \pm 4,71$.

Kata kunci : biodisel, katalis, krimer, metanolisis, netralisasi

PENDAHULUAN

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menghadapi krisis energi, dengan adanya kenaikan harga BBM yang tinggi dan ketersediaan bahan bakar minyak bumi yang makin menipis serta masalah lain yang menyangkut BBM (Rachmaniah *et al.*, 2012).

Bahan bakar minyak adalah sumber energi dengan konsumsi yang terbesar di seluruh dunia untuk saat ini jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Tetapi saat ini dunia mengalami krisis bahan bakar minyak. Banyak negara, terutama Indonesia, mengalami masalah kekurangan bahan bakar minyak (dari bahan bakar fosil) untuk negaranya sendiri. Indonesia, khususnya, telah mengimpor bahan bakar minyak (terutama bahan bakar diesel/solar) untuk memenuhi kebutuhannya dalam jumlah yang cukup besar. Stok minyak mentah yang berasal dari fosil ini terus menurun sedangkan jumlah konsumsinya terus meningkat setiap tahunnya, sehingga perlu dicari alternatif bahan bakar lain, terutama dari bahan yang terbarukan. Salah satu alternatifnya adalah biodisel, untuk menggantikan solar (Handayani, 2010).

Menurut Mardiah dkk. (2006) biodisel merupakan bahan bakar alternatif yang menjanjikan yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak binatang atau minyak bekas melalui transesterifikasi dengan alkohol. Biodisel memberikan sedikit polusi dibandingkan bahan bakar petroleum, selain itu, biodisel dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel.

Konversi dalam industri minyak nabati menjadi metil ester asam-asam lemak dan gliserol dicapai dengan proses transesterifikasi katalitik trigliserida (komponen utama minyak nabati) dengan metanol karena itu reaksinya disebut juga metanolisis. Metanolisis trigliserida dapat dikatalisis dengan basa dalam fasa homogen, misal NaOH, Natrium Metoksida, dan KOH. Akan tetapi, pemisahan katalis dari produk reaksinya cukup rumit karena sisa katalis basa dapat mengganggu pengolahan lebih lanjut metil ester asam lemak. Menurut Peterson & Scarrah (1984) hasil penelitian menunjukkan bahwa K_2CO_3 merupakan katalis yang aktif dalam metanolisis. Penggunaan katalis K_2CO_3 yang telah dipijarkan (pada suhu 600°C selama 10 jam) dalam reaksi metanolisis stearin ternyata menghasilkan metil ester asam lemak yang cukup tinggi (Zahrina dan Tatang, 2000). K_2CO_3 merupakan katalis heterogen dalam reaksi metanolisis dan pemisahan katalis heterogen ini dari produk reaksi dapat dilakukan dengan mudah (Herman dan Zahrina, 2006). Dalam penelitian ini digunakan katalis kalsium karbonat (CaCO_3) yang juga merupakan katalis heterogen.

Nasikin dkk. (2004) melaporkan bahwa *Crude Palm Oil (CPO)* tanpa netralisasi menghasilkan hasil metil ester (biodisel) sebesar 48,53% dan yang dinetralisasi menghasilkan metil ester (biodisel) sebesar 71,37%. Lebih lanjut *CPO* tanpa pra-esterifikasi menghasilkan metil ester (biodisel) sebesar 80,09% dan yang dipra-esterifikasi menghasilkan metil ester (biodisel) sebesar 83,26%. Hasil penelitian Padil dkk. (2009) menunjukkan bahwa biodisel dari minyak kelapa dengan katalis CaCO_3 2% dan perbandingan nisbah mol metanol-minyak kelapa sebesar 8:1 menghasilkan biodisel sebesar 75,02%.

Salah satu industri yang ada di Salatiga adalah industri krimmer dan limbah produksi yang dihasilkan mengandung minyak/lemak (40%) yang berpotensi menjadi bahan baku dalam pembuatan biodisel untuk menjawab tantangan krisis energi.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka tujuan penelitian adalah memperoleh hasil biodisel ditinjau dari proses netralisasi, nisbah mol metanol minyak, dan konsentrasi katalis CaCO_3 , serta interaksinya.

BAHAN DAN METODE

BAHAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri krimmer. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah metanol, Calsium Karbonat (CaCO_3) yang telah dipijarkan pada suhu 900°C selama 1,5 jam, asam sulfat, Na_2CO_3 jenuh 2,35 M, toluena, etanol, KOH dan akuades. Piranti yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu berleher tiga 500 ml, termometer, kondenser, pemanas, corong pisah, buret, statif dan klem.

METODE

a) Ekstraksi Minyak/Lemak dari Limbah Industri Krimmer (Hartati komunikasi pribadi, 2012)

Limbah industri krimmer dengan perbandingan 1:1 (b/b) dilarutkan dalam akuades dengan cara dididihkan. Selanjutnya, campuran larutan disaring dengan kapas untuk memisahkan air dan minyak dari pengotor. Campuran air dan minyak yang didapat lalu dimasukkan ke dalam corong pisah untuk dilakukan pemisahan minyak dari air.

b) Penghilangan Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) (Nasikin dkk., 2004)

Penetrulan minyak dilakukan dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 jenuh sebesar 2,35M (dihitung berdasarkan nilai K_{sp} $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ pada suhu 26°C). Untuk menetralkan 200 gram minyak digunakan 40 ml Na_2CO_3 jenuh. Proses netralisasi dengan cara Na_2CO_3 diteteskan ke dalam minyak dengan laju alir sekecil mungkin dan dilakukan pengadukan pada suhu 90°C dan sabun yang terbentuk dipisahkan dari minyak netral.

Sebaliknya untuk proses tanpa netralisasi dilakukan dengan proses pre-esterifikasi terlebih dahulu. Esterifikasi ALB dalam minyak dilakukan dengan penambahan metanol (perbandingan mol metanol dengan minyak 6:1) dan katalis asam sulfat (1% bobot) pada suhu 65°C .Pemisahan hasil reaksi, yaitu fase alkohol yang mengandung katalis asam dan sebagian air yang dihasilkan, serta fase minyak dilakukan dengan corong pisah.

c) Pembuatan Biodisel (Padil dkk., 2009)

50 gr minyak dimasukkan kedalam labu berleher tiga, lalu dipanaskan hingga di atas titik didih air $\pm 105^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Ke dalam wadah lainnya dilakukan pencampuran metanol (nisbah mol metanol/minyak yang digunakan adalah 8:1; 10:1 dan 12:1) dan katalis CaCO_3 (1% dan 2%) pada suhu kamar. Setelah 1 jam, suhu minyak di dalam labu berleher tiga diturunkan hingga mendekati suhu reaksi. Air pendingin pada kondenser dialirkan, lalu campuran metanol dan katalis dimasukkan kedalam labu berleher tiga yang berisi minyak. Pemanas dihidupkan hingga dicapai suhu reaksi (60°C). Reaksi metanolisis dijaga pada suhu 60°C selama 1,5 jam setelah reaksi metanolisis selesai, maka hasil reaksi disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan katalis.

Filtrat ditampung di dalam corong pisah lalu didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan *crude* biodisel dari gliserol secara gravitasi. Setelah didiamkan selama 24 jam, di dalam corong pisah akan terbentuk dua lapisan. Lapisan atas yang berwarna terang adalah *crude* biodisel, sedangkan lapisan bawah yang berwarna lebih gelap adalah gliserol. Gliserol dipisahkan dari *crude* biodisel dengan membuka katup corong pisah secara perlahan-lahan. Selanjutnya *crude* biodisel dicuci dengan menggunakan air hangat ($50-60^\circ\text{C}$) dengan perbandingan biodisel/air pencuci = 1:1. Campuran kemudian dikocok selama ± 5 menit untuk melarutkan metanol dan sabun yang terdapat dalam *crude* biodisel, kemudian didiamkan selama 24 jam. Akan terbentuk dua lapisan, lapisan atas yang berwarna terang adalah biodisel sedangkan lapisan bawah yang berwarna putih susu adalah emulsi yang

merupakan sabun dan metanol yang bercampur air pencuci. Biodisel dipisah dan sebagai hasilnya adalah *yield* biodisel.

PEMBAHASAN

1.1. Hasil biodisel ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak dengan proses netralisasi

Purata hasil biodisel (dalam %±SE) ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak dengan proses netralisasi dan tanpa netralisasi berkisar antara 15,28±1,91% sampai 28,65±3,04% (Tabel 1).

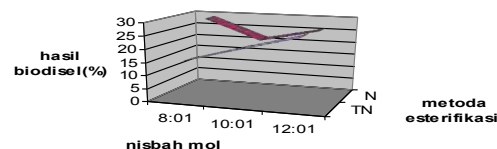
Tabel 1. Purata hasil biodisel ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak dengan proses netralisasi

Metode ekstraksi	Nisbah mol		
	8:1	10:1	12:1
TN	15,28±1,91% (a)	20,86±2,36% (b)	26,52±5,19% (c)
N	28,65±3,04% (c)	21,13±3,14% (a)	25,59±3,29% (b)

Keterangan : *TN = Tanpa Netralisasi; N = Netralisasi

- Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama baik pada lajur maupun baris yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna. Keterangan ini berlaku juga untuk Tabel 2.
- BNJ 5%:W = 1,70 antar proses netralisasi dan tanpa netralisasi dalam nisbah mol metanol dan minyak.
- BNJ 5%:W = 2,055 antar nisbah mol metanol dan minyak dalam metoda esterifikasi.

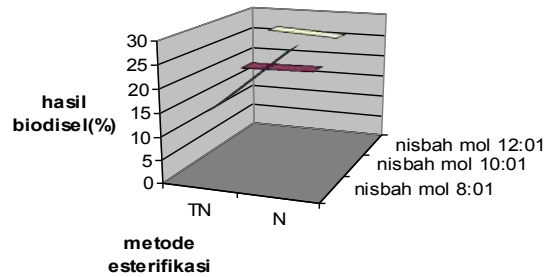
Dari Tabel 1 terlihat bahwa tanpa proses netralisasi hasil biodisel mengalami peningkatan dari nisbah mol 8:1 sejalan dengan peningkatan nisbah mol 12:1, sebaliknya pada proses netralisasi hasil biodisel mencapai hasil tertinggi pada nisbah 8:1, selanjutnya mengalami penurunan pada nisbah 10:1 lalu meningkat kembali pada nisbah 12 :1 (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram purata hasil biodisel ditinjau dari nisbah mol methanol dan minyak dalam proses netralisasi dan tanpa netralisasi

Perolehan hasil biodisel dengan proses netralisasi pada nisbah mol 10:1 dan 12:1 lebih sedikit dari pada nisbah 8:1 (Gambar 1), karena terkait dengan pada saat proses netralisasi asam lemak banyak terbuang dalam bentuk sabun, sehingga menyebabkan penggunaan metanol pada nisbah 10:1 dan 12:1 menjadi berlebih. Penggunaan metanol yang berlebihan akan meningkatkan pembentukan gliserol (Padil dkk., 2009).

Ditinjau dari proses netralisasi dan tanpa netralisasi dalam tiap-tiap nisbah mol methanol dan minyak maka terlihat bahwa pada nisbah mol 8:1 dengan proses netralisasi mengalami peningkatan dibandingkan tanpa proses netralisasi, sedangkan pada nisbah mol 10:1 dan 12:1 dengan proses netralisasi dan tanpa netralisasi hasil biodisel yang diperoleh sama (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram purata hasil biodiesel ditinjau dari metoda esterifikasi dalam nisbah mol methanol dan minyak

Adanya peningkatan hasil biodiesel pada nisbah mol 8:1 terkait dengan adanya proses netralisasi maka asam lemak bebas sudah banyak terbuang. Sedangkan tanpa proses netralisasi asam lemak bebas tidak terbuang menjadi sabun (Nasikin dkk., 2004) sehingga dengan nisbah 8:1 tidak sepenuhnya mengalami esterifikasi menjadi ester. Oleh karena itu dengan proses netralisasi hanya membutuhkan metanol lebih sedikit (nisbah mol 8:1) untuk memperoleh hasil biodiesel sebesar $28,65 \pm 3,04\%$ dibandingkan dengan tanpa netralisasi yang membutuhkan jumlah metanol yang lebih banyak (nisbah mol 12:1).

1.2. Hasil biodiesel ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak dengan konsentrasi katalis

Purata hasil biodiesel (dalam $\% \pm SE$) ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak dengan konsentrasi katalis berkisar antara $19,67 \pm 2,27\%$ sampai $27,38 \pm 4,71\%$ (Tabel 2).

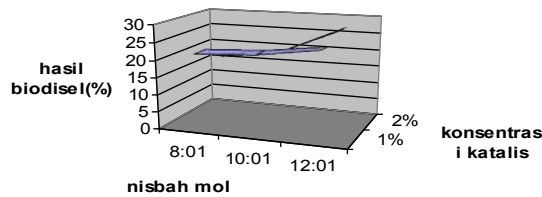
Tabel 2. Purata Hasil biodiesel ditinjau dari interaksi antar nisbah mol metanol dan minyak terhadap konsentrasi katalis

Konsentrasi Katalis (%)	Nisbah mol		
	8:1	10:1	12:1
1%	$21,67 \pm 5,48\%$ (a) (b)	$22,32 \pm 2,81\%$ (a) (b)	$24,74 \pm 3,57\%$ (b) (a)
2%	$17,36 \pm 6,56\%$ (a) (a)	$19,67 \pm 2,27\%$ (b) (a)	$27,38 \pm 4,71\%$ (c) (b)

Keterangan: ->BNJ5%:W = 1,70 antar konsentrasi katalis dalam nisbah mol metanol dan minyak.

->BNJ5%:W = 2,055 antar nisbah mol metanol dan minyak dalam konsentrasi katalis.

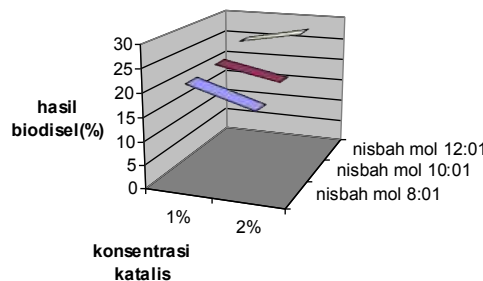
Dari Tabel 2 terlihat bahwa pemberian konsentrasi katalis 1% pada nisbah 8:1 dan 10:1 maka hasil biodiesel yang diperoleh sama lalu hasil biodiesel meningkat pada nisbah 12:1. Sebaliknya pada konsentrasi katalis 2% maka hasil biodiesel mengalami peningkatan mulai dari nisbah mol 8:1 sejalan dengan peningkatan nisbah mol menjadi 12:1 (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram purata hasil biodisel ditinjau dari nisbah mol methanol dan minyak dalam konsentrasi katalis

Hal ini disebabkan karena pada nisbah 8:1 dan 10:1 volume metanol yang digunakan tidak cukup untuk melakukan proses esterifikasi semua asam lemak yang terkandung dalam minyak, sedangkan pada nisbah mol 12:1 asam lemak yang terkandung dalam minyak sudah lebih banyak diesterifikasi menjadi biodisel.

Ditinjau dari konsentrasi katalis dalam setiap nisbah, maka hasil biodisel pada nisbah mol 8:1 dan 10:1 lebih besar pada konsentrasi katalis 1%, sebaliknya hasil biodisel tertinggi tercapai pada nisbah mol 12:1 dengan konsentrasi katalis 2% (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram purata hasil biodisel ditinjau dari konsentrasi katalis dalam nisbah mol methanol dan minyak

Hal ini terkait dengan pada konsentrasi katalis 2% maka konsentrasi katalis berlebihan pada nisbah mol 8:1 dan 10:1. Menurut Padil dkk.(2009) penggunaan katalis yang berlebihan akan menyebabkan terbentuknya emulsi berlebihan akibat reaksi penyabunan, sehingga menyebabkan penurunan hasil biodisel. Penggunaan konsentrasi katalis 2% pada nisbah 12:1 menghasilkan hasil biodisel maksimal karena terjadi reaksi esterifikasi lebih cepat dengan katalis yang lebih banyak, sehingga hasil biodisel meningkat

2. Kalor biodisel dari limbah krimmer dibandingkan dengan spiritus

Dari Tabel 3. terlihat bahwa biodisel dari limbah krimmer (12,50 KJ) jauh lebih rendah (26%) dari pada spiritus (48,02 KJ).

Tabel 3. Kalor biodisel dari limbah krimmer dibandingkan dengan spiritus

	Biodisel	Spiritus
Kalor (KJ)	12,50	48,02
Kalor pembakaran (J/g)	$1,08 \times 10^4$	$2,12 \times 10^4$

Biodisel hasil penelitian ini menghasilkan kalor sebesar 12,50 KJ yang berbeda cukup besar (hanya $\frac{1}{4}$) dari kalor yang dihasilkan oleh spiritus. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan biodisel dari limbah krimer sebagai bahan bakar akan membutuhkan waktu pemanasan yang lebih lama dari pada spiritus. Kalor pembakaran yang dihasilkan oleh biodisel dari limbah krimer sebesar $1,08 \times 10^3$ J/g hanya setengah dari kalor pembakaran spiritus.

KESIMPULAN

- Hasil biodisel limbah krimer = $26,52 \pm 5,19\%$ diperoleh pada nisbah mol metanol minyak 12:1 dengan tanpa proses netralisasi, sebaliknya dengan proses netralisasi dan pada nisbah mol metanol 8:1 dihasilkan biodisel sebesar $28,65 \pm 3,04\%$. Proses netralisasi menghasilkan biodisel lebih banyak dibandingkan tanpa proses netralisasi, selain itu memanfaatkan nisbah mol methanol lebih kecil (8:1).
- Hasil biodisel limbah krimer sebesar $27,38 \pm 4,71\%$ diperoleh pada nisbah mol metanol minyak 12:1 dengan konsentrasi katalis 2%.
- Biodisel dari limbah krimer menghasilkan kalor sebesar 12,50 KJ, dengan kalor pembakaran $1,08 \times 10^4$ J/g

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, S, P.** 2010. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Herman, S. dan I, Zahrina.** 2006. Kinetika reaksi metanolisis minyak sawit Menggunakan katalis Heterogen. *Jurnal Sains dan Teknologi*. **5(2)**: 1412-6257. Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Mardiah, A, Widodo, E, Trisningwati, dan A, Purijatmiko.** 2006. Pengaruh Asam Lemak dan Konsentrasi Katalis Asam Terhadap Karakteristik dan Konversi Biodiesel Pada Transesterifikasi Minyak Mentah Dedak Padi.
- Nasikin, M. W, Nurhayanti, dan Sukirno.** 2004. Penggunaan metode netralisasi dan pre-esterifikasi untuk mengurangi asam lemak bebas pada CPO (*Crude Palm Oil*) dan Pengaruhnya terhadap Yield Metilester. *Jurnal Teknologi* No. 1, Tahun XVIII.
- Padil, S, Wahyuningsih, dan A, Awaluddin.** 2009. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO_3 yang dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia* 13(1).
- Peterson, G, R. and W.P, Scarrah** 1984. Rapeseed oil transesterification by heterogeneous catalyst. *Journal American Oil Chemist Society*. 61: 1593-1597.
- Rachmaniah Orchidea, Y, Ju, S. R, Vali, H, Jeng, & C, Lei.** 2012. Biodiesel berbahan Baku Minyak Mentah Dedak Padi.
- Zahrina, I dan H. S, Tatang.** 2000, Konversi stearin menjadi biodiesel menggunakan katalis abu tandan sawit.

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA OZON DENGAN TEMPERATUR (STUDI KASUS DATA LAPAN WATUKOSEK TAHUN 2000-2010)

Dian Yudha Risdianto

Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek, LAPAN

Abstrak

Telah dilakukan analisis hubungan antara ozon dengan temperatur dengan menggunakan data hasil observasi di Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek antara tahun 2000-2010. Tujuan penelitian ini adalah untuk pemantauan lapisan atmosfer dan ozon, serta sebagai basis data profil konsentrasi ozon di Jawa Timur. Secara keseluruhan, mulai dari permukaan bumi sampai dengan ketinggian sekitar 17 km, antara ozon dan temperatur terjadi korelasi positif, yaitu semakin tinggi maka semakin kecil konsentrasi ozon dan semakin dingin temperatur. Pada ketinggian 17-27 km juga terjadi korelasi positif, semakin tinggi maka semakin besar konsentrasi ozon dan semakin tinggi temperatur. Sebaliknya, pada ketinggian 27-40 km terjadi korelasi negatif, semakin tinggi ketinggian maka semakin tinggi temperatur dan semakin kecil konsentrasi ozon.

Kata kunci: ozon, atmosfer, temperatur, watukosek

PENDAHULUAN

Atmosfer merupakan lapisan gas yang menyelubungi bumi dan berfungsi melindungi seluruh kehidupan di bumi. Lapisan ini terdiri dari bermacam-macam gas yang mempunyai sifat fisika sendiri-sendiri. Selain gas, atmosfer juga mengandung aerosol yaitu campuran partikel padat dan suspensi cairan yang terdispersi. Perubahan komponen utama (nitrogen dan oksigen) pengaruhnya tidak begitu besar terhadap sifat fisika atmosfer, sedangkan perubahan gas dengan komposisi minor dan aerosol justru mempunyai pengaruh yang lebih besar, diantaranya menyebabkan perubahan iklim, menipisnya lapisan ozon, timbulnya asap dan kabut karena reaksi fotokimia dan lain-lain. Konveksi awan berskala besar berlangsung sangat aktif, sehingga menyebabkan timbulnya perambatan gelombang-gelombang atmosfer ke atmosfer atas. Perambatan ini akan mempengaruhi sirkulasi atmosfer secara keseluruhan. Keunikan kondisi atmosfer di wilayah Indonesia ini diyakini dapat mempengaruhi wilayah-wilayah di lintang tinggi. Oleh sebab itu, posisi Indonesia berperan sangat penting dalam sistem lingkungan global.

Menurut UU No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada pasal 1 ayat 2 menyebutkan bahwa, perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Menurut pasal 57 ayat 1 Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa, pemeliharaan lingkungan hidup dilakukan melalui upaya pelestarian fungsi atmosfer, yaitu meliputi upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim, upaya perlindungan lapisan ozon dan upaya perlindungan terhadap hujan asam. Peningkatan pengelolaan hutan harus ditingkatkan, hal ini dikarenakan hutan merupakan penghasil oksigen yang berperan dalam peningkatan lapisan ozon di stratosfer, selain itu hutan juga dapat membantu menurunkan temperatur di permukaan bumi. Mengingat akan pentingnya lapisan ozon bagi kehidupan maka perlu usaha untuk melindunginya, yaitu mencari hubungan antara ozon dan temperatur.

Secara teoritis, manfaat dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan dan pengembangan ilmu pengetahuan bagi penelitian selanjutnya dalam rangka upaya pengelolaan lingkungan hidup untuk perlindungan lapisan ozon. Sedangkan manfaat praktis dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa menjadi masukan dan bahan pertimbangan bagi Pemerintah Daerah, maupun Pemerintah Pusat untuk dapat menentukan langkah dan kebijakan dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup, khususnya dalam rangka perlindungan lapisan ozon.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif karena bertujuan untuk mendeskripsikan apa yang saat ini berlangsung. Dalam penelitian deskriptif di dalamnya terdapat upaya mendeskripsikan, mencatat, menganalisis dan menginterpretasikan kondisi-kondisi yang sekarang ini terjadi atau ada. Dengan kata lain penelitian deskriptif bertujuan untuk memperoleh informasi-informasi yang ada saat ini, dan melihat kaitan antara variabel-variabel yang ada (Mardalis, 2000:26).

Sumber Data

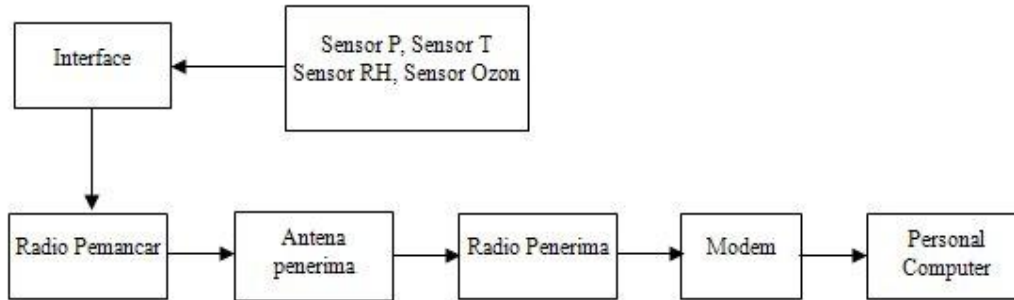
Sumber data konsentrasi ozon yang diperoleh dari penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari kantor LAPAN Watukosek dari hasil pengukuran tahun 2000-2010. Data pengukuran ini meliputi data temperatur, data tekanan udara, data ketinggian, data kelembaban dan data ozon. Data konsentrasi ozon yang diperoleh dari sensor *ozonesonde* dalam tekanan parsial dengan satuan milipascal (mPa).

Alat, Bahan Dan Teknik Pengukuran

Sensor yang diluncurkan dengan balon ini disebut *ozonesonde* yang datanya memperlihatkan perilaku struktur dinamika atmosfer. Pengukuran profil vertikal ozon menggunakan *ozonesonde* dengan sensor *ECC (Electrochemical Concentration Cell)* ini berdasarkan metoda yang dikembangkan oleh Kobayashi, dan Komhyr. *Ozonesonde* mengukur konsentrasi ozon atmosfer dengan reaksi kimia. Data ozon serta data parameter fisis atmosfer lainnya (tekanan, suhu, kelembaban dan beberapa parameter lainnya) ditransmisikan ke bumi dan diterima dengan sistem transmisi radio secara bersamaan. Sensor ozon yang dipergunakan pada *ozonesonde* adalah sel elektrokimia yang bekerja dengan reaksi *iodine-iodide redox* antara dua keping elektroda platinum. Kedua keping elektroda tersebut diletakkan terpisah pada tabung katoda dan anoda yang kemudian akan diisi cairan katoda dan cairan anoda jenuh.

Ozon yang terdapat di udara bebas dipompakan ke tabung katoda yang akan mengakibatkan reaksi kimia dalam tabung elektroda, yaitu reaksi *iodine-iodide redox* antara dua keping elektroda platinum, yang menimbulkan arus listrik. Arus yang mengalir kemudian diukur. Arus inilah yang kemudian dikonversikan ke harga konsentrasi ozon yang diterima oleh sistem radio. Makin besar konsentrasi ozon, makin besar arus listrik yang ditimbulkan. Sinyal ini dikirim ke penerima melalui sistem telemetri dan berikutnya diolah oleh komputer. Di BPD LAPAN Watukosek digunakan *Ozonesonde Carbon_Iodine RSII_KC79D* dengan balon tipe Totex- 3000 dan system tracking untuk mengukur ozon vertikal sampai Juli 1999. Sejak Agustus 1999, digunakan *ozonesonde ENSCI Electrochemical Concentration Cell (ECC)* dengan larutan Kalium Iodide (KI) 2% tanpa buffer. Tekanan udara, temperatur dan kelembaban diukur dengan *radiosonde* vaisala RS80-15 yang direkatkan ke box *ozonesonde* dan diterbangkan bersamaan. Untuk *ozonesonde* jenis ini, digunakan balon tipe Totex-2000. Instrumen *ozonesonde* yang dilengkapi dengan *radiosonde* ini mengukur data dalam interval waktu 1 sampai 10 detik. *ECC ozonesonde* bisa mengukur ozon kurang lebih sampai dengan ketinggian 40 km dengan presisi instrumen sekitar 5% dan resolusi vertikal antara 5 dan 50 m, yang bisa memberi kita ciri-ciri variabilitas ozon tropis berkaitan dinamika atmosfer.

Pada kegiatan penelitian ini menggunakan sensor *ozonesonde* bersama dengan *radiosonde* tipe RS II-80, yang merupakan peralatan yang bertugas untuk membaca parameter-parameter yang diperlukan untuk pengukuran setiap lapisan udara secara vertikal dengan frekuensi 403 MHz. *Radiosonde* tipe RS II-80 Vaisala memiliki beberapa sensor seperti tekanan, suhu dan kelembaban. Dalam pengukuran ozon vertikal, *radiosonde* digabung dengan sensor *ECC ozonesonde* yang memiliki sensor ozon menjadi suatu sensor dan diterbangkan menggunakan balon tipe totex-1000 untuk memperoleh parameter berupa data tekanan, suhu, kelembaban dan ozon secara vertikal. Proses pengambilan data pada saat pengukuran di tunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Proses Pengambilan Data

Pada Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa data-data pada frekuensi tersebut diterima oleh antena penerima. Antena dihubungkan ke pesawat radio penerima yang kemudian memproses untuk memisahkan data ketinggian, data tekanan, data temperatur, data kelembaban, dan data ozon. Selanjutnya dari radio penerima dihubungkan ke modem untuk mengubah data analog menjadi data digital sebagai masukan pada komputer. Komputer melakukan proses pengolahan data menggunakan software strato untuk dapat ditampilkan dalam monitor. Dalam setiap pengukuran dengan menggunakan sensor *radiosonde* vaisala dan *ECC ozonesonde* diperoleh data ketinggian, tekanan, temperatur, kelembaban dan ozon.

Analisis Data

Pengolahan awal dalam kegiatan penelitian dimaksudkan sebagai bahan untuk mengetahui profil vertikal konsentrasi ozon. Pengolahan awal dilaksanakan dengan membuat profil pada tiap-tiap hasil kegiatan pengukuran ozon, profil ozon dibuat dengan menggunakan data ketinggian, data temperatur dan data konsentrasi ozon. Pemilihan data ozon berdasarkan nilai dari curah hujan yang diperoleh, sehingga dapat diketahui konsentrasi ozon pada saat musim kemarau dan musim hujan.

PEMBAHASAN

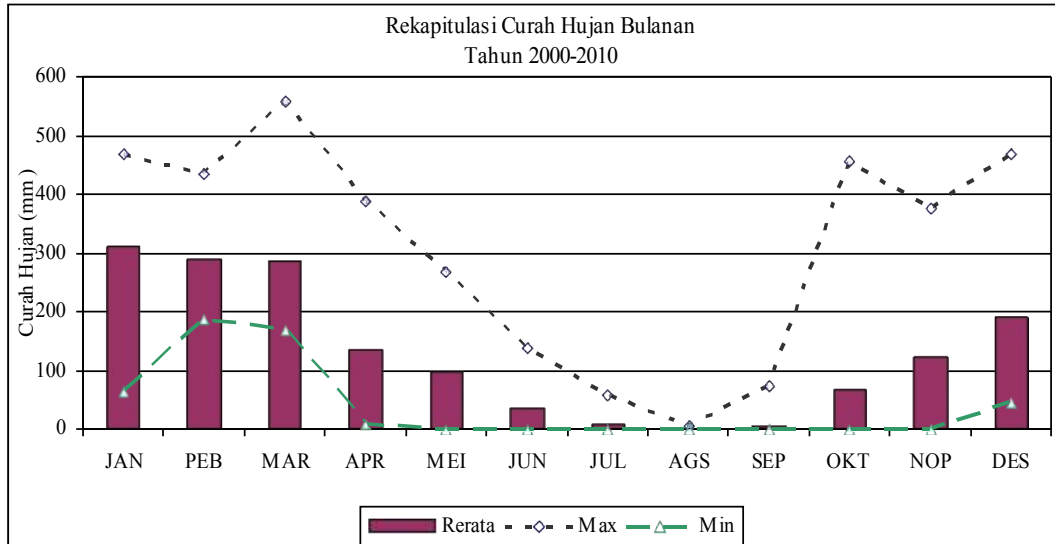
Hasil Penelitian

Data curah hujan pada penelitian ini meliputi informasi jumlah total bulanan dari hasil rekapitulasi setiap tahunnya, jumlah bulanan menunjukkan nilai total curah hujan harian pada bulan tersebut, nilai 0 (nol) menunjukkan bahwa pada bulan tersebut tidak ada hujan atau jumlah hujan kurang dari 0,5 mm. Mulai tahun 2000-2010 diperoleh 11 buah profil data curah hujan, dari hasil yang diperoleh analisis dapat dilakukan untuk menentukan bulan basah atau bulan kering.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi ozon meliputi tekanan udara (hPa), ketinggian (m), temperatur ($^{\circ}$ C), kelembaban (%), konsentrasi ozon dalam tekanan parsial (mPa), dan ozon mixing ratio (ppmv). Penelitian dilakukan dengan mengolah data tahun 2000-2010, seleksi data dilakukan dengan mengambil satu kegiatan pengukuran pada tiap bulan yang dianggap mewakili pada periode tersebut. Apabila tidak ada kegiatan pengukuran pada suatu bulan selama periode tersebut, maka dianggap tidak ada data. Dari serangkaian peluncuran *ozonesonde* yang dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan periode 2000-2010 di Watukosek, diperoleh 101 buah profil vertikal ozon dengan ketinggian di atas 25 km. Dari hasil yang diperoleh ini, analisis dapat dilakukan pada lapisan troposfer, di sekitar tropopause, dan dilapisan stratosfer.

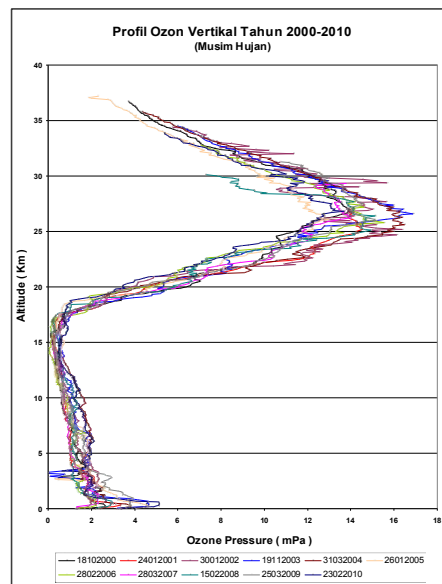
Pembahasan

Data hasil pengolahan disajikan dalam bentuk grafik profil curah hujan dan profil ozon vertikal, profil data ozon terdiri dari nilai ketinggian dan nilai konsentrasi ozon dalam tekanan parsial mulai dari permukaan hingga ketinggian maksimum yang dicapai. Profil curah hujan dan profil vertikal tekanan ozon parsial gambarkan berturut-turut mulai tahun 2000-2010 dengan membedakan grafik musim hujan dan musim kemarau pertahunnya, sedangkan rekap selama 11 tahun dibuat dalam satu gambar sehingga masing-masing profil dapat dibandingkan dengan jelas perbedaannya.



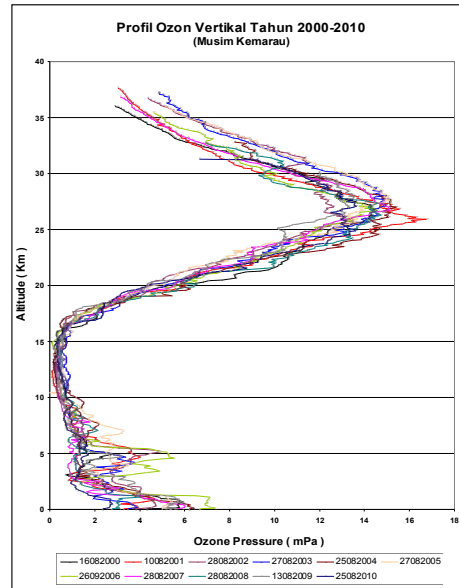
Gambar 2. Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2000-2010

Selama tahun 2000 sampai dengan 2010, curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2010 sebesar 2396 mm/thn, urutan kedua adalah tahun 2005 dengan nilai sebesar 2036 mm/thn, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2007 dengan nilai sebesar 975 mm/thn. Selama kurun waktu 2000-2010 nilai curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 556 mm, dan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 7 mm, sedangkan nilai rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 311 mm.



Gambar 3. Rekap Profil Ozon Vertikal Musim Hujan Tahun 2000-2010

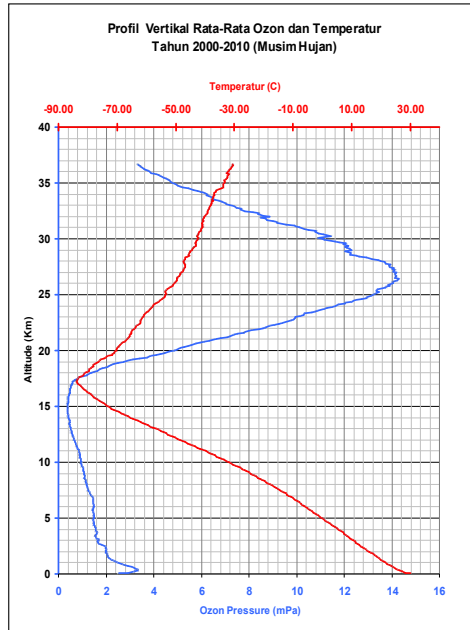
Selama kurun waktu tahun 2000-2010, profil ozon vertikal musim hujan pada lapisan troposfer bawah saat balon dilepaskan diperoleh nilai konsentrasi ozon terkecil pada tahun 2002 sebesar 1,28 mPa dan konsentrasi terbesar pada tahun 2005 sebesar 4,08 mPa. Nilai maksimum konsentrasi ozon pada lapisan stratosfer dari hasil pengukuran selama musim hujan diperoleh nilai terkecil pada tahun 2005 sebesar 12,99 mPa, sedangkan nilai konsentrasi ozon terbesar diperoleh pada tahun 2003 sebesar 16,86 mPa. Curah hujan yang tinggi sangat mempengaruhi konsentrasi ozon mulai dari lapisan troposfer bawah (permukaan) sampai dengan ketinggian 10 km.



Gambar 4. Rekap Profil Ozon Vertikal Musim Kemarau Tahun 2000-2010

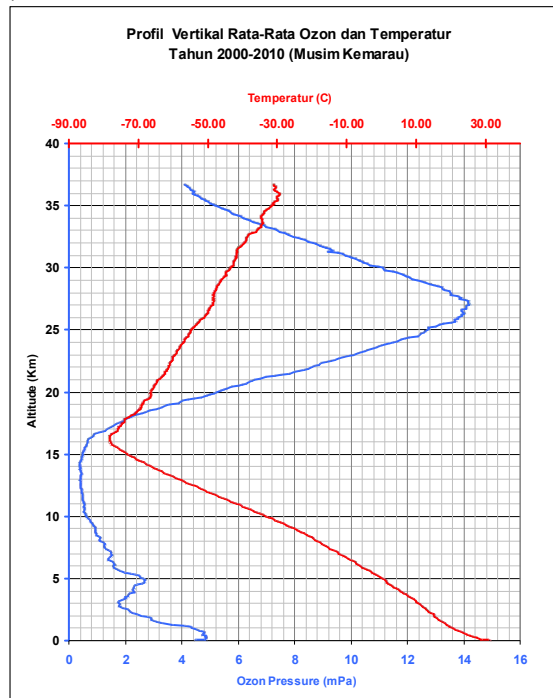
Pada Gambar 4, selama kurun waktu tahun 2000-2010, profil ozon vertikal musim kemarau pada lapisan troposfer bawah saat balon dilepaskan diperoleh nilai konsentrasi ozon terkecil pada tahun 2010 sebesar 2,371 mPa dan konsentrasi terbesar pada tahun 2006 sebesar 6,66 mPa. Nilai maksimum konsentrasi ozon pada lapisan stratosfer dari hasil pengukuran selama musim kemarau diperoleh nilai terkecil pada tahun 2009 sebesar 13,52 mPa, sedangkan nilai konsentrasi ozon terbesar diperoleh pada tahun 2001 sebesar 16,75 mPa.

Rekap profil ozon vertikal musim hujan dan kemarau selama kurun waktu tahun 2000-2010 pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa, curah hujan yang tinggi sangat mempengaruhi konsentrasi ozon mulai dari lapisan troposfer bawah (permukaan) sampai dengan ketinggian 10 km. Pada beberapa data hasil pengukuran diketahui bahwa curah hujan dapat mempengaruhi konsentrasi ozon permukaan hampir mendekati 0 (nol), musim hujan pada lapisan troposfer bawah saat balon dilepaskan nilai konsentrasi ozon terkecil sebesar 1,28 mPa dan terbesar 4,08 mPa. Nilai konsentrasi ozon ini rendah akibat pengaruh temperatur atmosfer bawah yang rendah dikarenakan terjadi musim hujan, sehingga terjadi pencucian (*washing out*) oleh air hujan yang berdampak pada penurunan konsentrasi ozon. Lapisan tropopause pada musim hujan yang diperoleh dari nilai rata-rata konsentrasi ozon dan temperatur selama kurun waktu tahun 2000-2010 berada pada ketinggian 17,2 km, dengan temperatur $-83,86^{\circ}\text{C}$ dan konsentrasi ozon 0,61 mPa (Gambar 5).



Gambar 5. Hubungan Profil Vertikal Rata-Rata Ozon dan Temperatur Musim Hujan

Sebaliknya, pada musim kemarau konsentrasi ozon pada lapisan troposfer bawah sangat tinggi. Beberapa data hasil pengukuran diketahui bahwa pada musim kemarau konsentrasi ozon saat balon dilepaskan langsung mengalami kenaikan, nilai konsentrasi ozon terkecil saat balon dilepaskan sebesar 2,371 mPa dan terbesar 6,66 mPa. Nilai konsentrasi ozon ini tinggi disebabkan karena musim kemarau di mana intensitas sinar matahari cukup kuat yang mengakibatkan temperatur tinggi, faktor lain yang mempengaruhi adalah akibat dari kegiatan manusia. Lapisan tropopause pada musim kemarau yang diperoleh dari nilai rata-rata konsentrasi ozon dan temperatur selama kurun waktu tahun 2000-2010 berada pada ketinggian 16,2 km, dengan temperatur $-78,26^{\circ}\text{C}$ dan konsentrasi ozon 0,71 mPa (Gambar 6).



Gambar 6. Hubungan Profil Vertikal Rata-Rata Ozon dan Temperatur Musim Kemarau

Pada lapisan troposfer, umumnya konsentrasi ozon menurun secara perlahan seiring dengan naiknya ketinggian. Minimum dari konsentrasi ini terdeteksi di tropopause (ketinggian sekitar 17 km), di mana suhu udara paling rendah di atmosfer bumi. Mulai dari lapisan ini atau memasuki lapisan stratosfer, konsentrasi ozon meningkat dengan cepat sesuai dengan peningkatan ketinggiannya, dan mencapai nilai maksimum pada ketinggian sekitar 25 – 28 km, setelah itu konsentrasi ozon akan turun lagi secara perlahan. Konsentrasi ozon tertinggi pada lapisan troposfer terdapat di troposfer bawah mengingat sumber pembentukan ozon di troposfer selain proses fotokimia juga berasal dari polusi udara yang bersumber dari berbagai kegiatan manusia (antropogenik), salah satu sumber pembentukan ozon yang sangat diperhitungkan adalah pembakaran biomasa, di mana umumnya terjadi di bagian bawah troposfer dekat bumi.

Secara keseluruhan, mulai dari permukaan bumi sampai dengan ketinggian sekitar 17 km, antara ozon dan temperatur terjadi hubungan positif (korelasi positif), yaitu semakin tinggi maka semakin kecil konsentrasi ozon dan semakin dingin temperatur. Pada ketinggian antara 17 – 27 km juga terjadi hubungan positif, semakin tinggi maka semakin besar konsentrasi ozon dan semakin panas temperatur. Sebaliknya, pada ketinggian antara 27 – 40 km terjadi hubungan negatif (korelasi negatif), semakin tinggi maka semakin panas (besar) temperatur dan semakin kecil konsentrasi ozon. Dalam beberapa data, terlihat bahwa setelah mencapai maksimum ozon akan menurun dengan cepat sesuai fenomena di atas, tetapi kemudian konsentrasi akan meningkat, lalu kemudian menurun lagi. Dengan kata lain, tekanan parsial ozon menunjukkan dua nilai maksimum. Terjadinya perubahan (peningkatan, penurunan, dan kemudian peningkatan kembali) tekanan parsial ozon tersebut berkaitan dengan perubahan temperatur pada ketinggian yang sama.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan, mulai dari permukaan bumi sampai dengan ketinggian sekitar 17 km, antara ozon dan temperatur terjadi korelasi positif, yaitu semakin tinggi maka semakin kecil konsentrasi ozon dan semakin dingin temperatur.
2. Pada ketinggian 17-27 km juga terjadi korelasi positif, semakin tinggi maka semakin besar konsentrasi ozon dan semakin tinggi temperatur. Sebaliknya, pada ketinggian 27-40 km terjadi korelasi negatif, semakin tinggi ketinggian maka semakin tinggi temperatur dan semakin kecil konsentrasi ozon.

REKOMENDASI

1. Konsentrasi ozon di troposfer pada saat musim hujan sangat rendah, salah satu faktornya penyebabnya adalah pengaruh temperatur yang dingin, konsentrasi ozon di troposfer dapat diturunkan dengan mengecilkan temperatur, yaitu dengan mempertahankan air yang berada di sawah, sungai, danau dan penghijauan.
2. Peran serta masyarakat perlu ditingkatkan dalam perlindungan lapisan ozon, dan segera dilaksanakan sosialisasi tentang keberadaan lapisan ozon, fungsi hutan, dan peraturan-peraturan lain untuk memberikan kesadaran dan penegakan hukum mengenai pentingnya lapisan ozon.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, (1996), SPC Operations Manual Ozonesonde User's Guide, SPC Science Pump Corporation, Vaisala, Japan.

Anonymous, (1999), Operator's Manual Model 6A ECC Ozonesonde, SPC Science Pump Corporation, Vaisala, Japan.

Bayong, Tjasyono HK., (2004), *Klimatologi*, ITB, Bandung.

Bayong, Tjasyono HK., (2006), *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, ROSDA, Bandung.

Brown, H.J.M., (1979), *Environmental Chemistry of the Elements*, London Academic press.

-
- Crutzen, P.J. dan M.O. Andreae, (1990), *Biomass Burning in the tropics: Impact on the atmosphere chemistry and biogeochemical cycles*. *Science* 250: 1669-1678.
- Crutzen, P.J., (1995), The Role of Methane in Atmospheric Chemistry and Climate. Ruminant Physiology: Digestion, Growth and Reproduction, *Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology*, p.291-315.
- Hao, M.W., M.H. Liu, dan P.J. Crutzen, (1990), Estimate of Annual and Regional Release of the Atmosphere from Fire in Tropic, *Based on the FAO Statistics for the period 1975 and 1980: J.G. Goldammer (editor) Fire in the Tropical Biota (Ecological Studies 84) springer, New York*, p. 440-460.
- IPCC, (1994), Draft Greenhouse Gas Inventory.
- Kempler, Steve., (1999), Nasa Official, *Atmospheric Chemistry Data & Resources*, <http://daac.gsfc.nasa.gov>.
- Kobayashi, J. dan Toyama, Y (1966), On various methods of measuring the vertical distribution of atmospheric ozone (III) carbon-iodine type chemical ozonesonde, *Pap. Meteorol. Geophys.*, 17, 113–126.
- Komhyr, W. D., Barnes, R. A., Brothers, G. B., Lathrop, J.A., and Opperman, D. P (1995), Electrochemical concentration cell ozonesonde performance evaluation during STOIC 1989, *J. Geophys. Res.*, 100, 9231–9244.
- LAPAN, (2009), *Annual Report 2009, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, Jakarta.
- Myers, N., (1991), Tropical Forests: Present status and future outlook. *Climatic Change* 19:3-32, Netherlands.
- O'Mara A.H., (1980), Solar Activity And Variations of Meteorological Parameter, *Proceeding of the International Conference on Sun and Climate*, Toulouse France.
- Retnowati E., (1996), *Climate Change and the role of forest as carbon sinks in Indonesia*.
- Suparto, Wijoyo, (2005), *Refleksi Matarantai Pengaturan Hukum Pengelolaan Lingkungan Secara Terpadu*, Surabaya.
- Tabazadeh, A., dan Cordero, EC., (2004), *New Directions: Stratospheric ozone recovery in a changing Atmosphere*, *Atmospheric Environment*, 38, 647–649.
- Thompson, A. M., Witte, J. C., McPeters, R. D., Oltmans, S. O., et al (2003), Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology – 1: Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements, *J. Geophys. Res.*, 108, 8238, doi:10.1029/2001JD000967.
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH).
- Yudha Risdianto, D., Husnan W. L, (2010), Aplikasi Radiosonde Vaisala RS-80 Dalam Pengamatan Atmosfer Hidrostatik di Atas Watukosek, *Prosiding Seminar Nasional SENTIA 2010*.
- Yudha Risdianto, D., Ribut Supriyanto, E., Susi Hardini, A., (2010), Analisis Profil Konsentrasi Ozon Vertikal Dari Hasil Observasi Watukosek Tahun 2008, *Prosiding Seminar Nasional SNPS X 2010*.

GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIK SELULOSA DARI LIMBAH SINGKONG DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL DAN KITOSAN

Eli Rohaeti¹, Endang WLFX², dan Anna Rachmawati³

^{1,2}Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

³Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari gugus fungsi selulosa dari limbah singkong dengan penambahan gliserol dan kitosan serta pengaruh penambahan gliserol dan kitosan terhadap sifat mekanik selulosa bakteri, dan mempelajari komposisi optimum untuk memperoleh selulosa bakteri dengan sifat mekanik optimum. Air rendaman singkong sebanyak 400 mL yang telah disaring, direbus sampai mendidih. Setelah mendidih dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 2,5 % (w/v), urea 0,5 % (w/v), gliserol 1,5% (v/v) dan asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan untuk menjaga pH 3,0-4,0. Setelah itu, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan dan kemudian didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* 120 mL. Larutan hasil penyaringan difermentasikan melalui perlakuan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, selulosa siap dipanen. Selanjutnya selulosa direndam dalam larutan kitosan dengan variasi konsentrasi 0,5% (w/v) 1,0% (w/v), dan 1,5% (w/v). Sebagai pelarut kitosan, digunakan asam asetat 1% (v/v) sebanyak 400 mL. Proses perendaman berlangsung selama 6-7 jam. Setelah itu selulosa dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji sifat mekanik menggunakan *tensile tester*, dan uji gugus fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa basah yang dihasilkan bertekstur kenyal dan licin, sedangkan selulosa yang dihasilkan setelah dikeringkan bertekstur agak kasar dan berbentuk lembaran. Berdasarkan hasil analisis FTIR selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% ditunjukkan bahwa gugus fungsi penyusun selulosa adalah -OH, -NH-, C-H, siklik piran aromatik, dan C-O. Penambahan kitosan ke dalam komposit selulosa gliserol dapat meningkatkan kuat tarik dan modulus *Young*, namun menurunkan perpanjangan saat putus selulosa. Selulosa dengan penambahan gliserol dan kitosan yang memiliki sifat mekanik optimum yaitu pada penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0%.

Kata kunci: gugus fungsi, kitosan, limbah singkong, selulosa, sifat mekanik

PENDAHULUAN

Singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu, adalah pohon tahunan tropika dan subtropika. Singkong termasuk ke dalam famili *Euphorbiaceae*, subfamili *Crotoridae*. Singkong dalam literatur lama dinamakan *Manihot utilissima*, dan dalam perkembangannya singkong disebut sebagai *Manihot esculenta* Crantz. Singkong merupakan akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Daging singkong berwarna putih atau kekuning-kuningan. Singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun bagi manusia.

Singkong mengandung kalori, sedikit protein, lemak, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B, dan vitamin C sehingga singkong dapat digunakan menjadi berbagai produk makanan seperti untuk camilan, *cake*, puding, roti atau berbagai hidangan lezat lainnya. Selain dapat dijadikan produk makanan, limbah dari singkong juga dapat digunakan dan tidak terbuang sia-sia. Limbah dari singkong tersebut yaitu air rendaman singkong yang dapat digunakan untuk pembuatan nata karena kandungan glukosa yang sangat tinggi dalam limbah cair singkong sehingga bakteri *Acetobacter xylinum* dapat hidup dengan baik dalam preparasi selulosa.

Selulosa bakteri merupakan selulosa yang diproduksi oleh bakteri asam asetat dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Keunggulan tersebut di

antaranya memiliki kemurnian yang tinggi, struktur jaringan yang sangat baik, kemampuan degradasi tinggi, dan kekuatan mekanik yang unik (Takayasu and Fumihiko, 1997). Selain itu, selulosa bakteri memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), penyerap cairan yang baik, bersifat non-alergenik, dan dapat dengan aman disterilisasi tanpa menyebabkan perubahan karakteristiknya (Ciechańska, 2004). Selulosa bakteri banyak diaplikasikan dalam dunia medis, di antaranya untuk memberikan perawatan pada penderita penyakit ginjal dan bisa juga sebagai substitusi sementara dalam perawatan luka bakar. Selulosa bakteri juga dapat diimplant ke dalam tubuh manusia sebagai benang jahit dalam pembedahan (Hoenich, 2006). Namun, selulosa bakteri mudah menyerap cairan (higroskopis) sehingga mudah terkontaminasi oleh mikroba, hal ini tentu menjadi salah satu kelemahan dalam aplikasinya di dunia medis. Menurut Ciechańska (2004), sangat mungkin dilakukan modifikasi pada selulosa bakteri melalui penambahan suatu bahan dalam media kultur.

Tujuan modifikasi adalah untuk memperoleh struktur kimia, morfologi, dan struktur molekuler yang diinginkan. Modifikasi tersebut dapat dilakukan melalui penambahan polisakarida seperti kitosan. Terdapat dua metode dalam pembuatan selulosa-kitosan bakteri, pertama adalah dengan cara memasukkan sejumlah tertentu kitosan secara langsung ke dalam media pada saat pemasakan air kelapa (Darmansyah, 2010). Kedua adalah dengan cara merendam selulosa bakteri ke dalam larutan kitosan (Jaehwan et. al., 2010). Dalam proses pembuatannya, keberhasilan pembuatan selulosa bakteri dipengaruhi oleh viabilitas (kemampuan hidup) bakteri, kandungan nutrisi media air kelapa, dan lingkungannya (Wijandi dan Saillah, 2003). Faktor lain yang berpengaruh terhadap keberhasilan pembuatan selulosa bakteri adalah tingkat keasaman atau pH, di mana pengaturan pH diperlukan untuk menghambat pertumbuhan ragi yang seringkali mengkontaminasi pertumbuhan selulosa bakteri (Lindu, Puspitasari, dan Ismi, 2010). Selain itu, variasi penambahan kitosan juga berpengaruh jika dalam pembuatannya dilakukan penambahan kitosan.

Selulosa bakteri yang dimodifikasi dengan kitosan, memiliki kelebihan yaitu terciptanya kombinasi dari sifat – sifat keduanya, sehingga tercipta suatu peningkatan biokompatibilitas dan bioaktivitas. Penggabungan segmen kitosan dalam selulosa dapat menimbulkan suatu konformitas yang mirip dengan pembuluh darah, serta adanya polisakarida dapat menciptakan efek elastisitas dan permukaan antitrombogenik yang baik (Ciechanska, Wietecha, Kazmierczak, Kazmierczak, 2010). Penambahan *pemlastis* dalam pembuatan polimer baik polimer alam maupun sintesis secara umum bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik polimer. Komponen utama dalam lapisan polimer *biodegradable* adalah biomassa dan *pemlastis*. Penambahan *pemlastis ini* dibutuhkan untuk menurunkan kerapuhan/ kekakuan polimer yang disebabkan oleh kuatnya gaya intermolekular. *Pemlastis* yang digunakan adalah gliserol yang akan menyelingi ruang antar rantai polimer, mengganggu ikatan hidrogen dan meregangkan rantai polimer, sehingga kemampuan elastisitas polimer akan meningkat (Gontard, Guilbert, Cuq, 1992).

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mempelajari gugus fungsi dan sifat mekanik dari selulosa bakteri berasal dari limbah cair singkong yang dimodifikasi dengan penambahan pemlastis berupa gliserol serta penambahan kitosan. Gugus fungsi selulosa ditentukan dengan alat spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan sifat mekaniknya dengan alat *tensile tester*. Berdasarkan analisis sifat mekanik, dapat diketahui komposisi optimum untuk selulosa yang dimodifikasi dengan penambahan gliserol dan kitosan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini, meliputi : instrumen FT-IR model Shimadzu prestige 21, Universal Testing Machine Zwick Z 0.5, Dumb Bell Ltd Japan Saitama Cutter SOL-100, Mitotuyo MT-365 dial Thickness Gage 2046F, nampan Lionstar®, kertas Koran, oven Memmert BE-500, autoklaf, alat-alat gelas, neraca digital Mettler Toledo BV, pH stik Merck®, kertas pembungkus, kompor / hot plate, termometer, sendok.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair singkong, kitosan, urea teknis, asam asetat glasial, gliserol teknis, silica gel, glukosa, karet, aquades, NaOH p.a, HCl 37%, dan bakteri *Acetobacter xylinum* yang diperoleh dari Teknologi Pertanian UGM.

Pembuatan Selulosa dengan Penambahan Gliserol

Air rendaman parutan singkong sebanyak 400 mL yang telah disaring, selanjutnya direbus sampai mendidih. Setelah mendidih dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 2,5% (w/v), urea

0,5% (w/v), gliserol 1,5% (v/v). serta asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan untuk menjaga pH 3,0 - 4,0 dan setelah mendidih selama 10 menit dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil rebusan. Larutan yang sudah disaring dimasukkan kedalam nampan kemudian didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* 120 mL. Larutan hasil penyaringan difermentasikan melalui perlakuan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, nata siap di panen. Setelah itu nata dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.

Pembuatan Selulosa dengan Penambahan Gliserol dan Variasi Penambahan Kitosan

Air rendaman parutan singkong sebanyak 400 mL yang telah disaring, selanjutnya direbus sampai mendidih. Setelah mendidih dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 2,5% (w/v), urea 0,5% (w/v), gliserol 1,5% (v/v) serta asam asetat 0,75% (v/v) dari larutan untuk menjaga pH 3,0 - 4,0. Setelah mendidih selama 10 menit dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring dimasukkan kedalam nampan kemudian didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* 120 mL. Larutan hasil penyaringan difermentasikan melalui perlakuan lama penyimpanan 5 hari. Setelah lama penyimpanan yang ditentukan, nata siap dipanen. Setelah selulosa basah dengan penambahan gliserol terbentuk, selanjutnya direndam dalam larutan kitosan dengan variasi 0,5% (w/v) 1,0% (w/v), dan 1,5% (w/v). Sebagai pelarut kitosan, digunakan asam asetat 1% (v/v) sebanyak 400 mL. Proses perendaman berlangsung selama 6-7 jam. Setelah itu nata dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.

Karakterisasi Selulosa

Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji sifat mekanik dan gugus fungsi. **Uji sifat mekanik** berupa uji tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* model UCT-5T dengan metode uji ISO 527-2 yang dilakukan pada suhu 23°C dengan kelembaban ruang uji 50%. Kecepatan tarik pada pengujian sifat mekanik adalah 5 mm/menit, *load cell* 4% dari 100 kgf. Untuk spesimen uji tarik berbentuk *dumbbelle* dipreparasi dengan ISO 527-2-5A, menggunakan pengukur ketebalan berupa *micromemeter digital*, penjepitnya berupa *serrated mini modified* dengan kapasitas 100 kgf.

Uji sifat mekanik yang dilakukan yaitu kuat putus (*strength at break*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), modulus *Young*. Spesimen diamati sampai putus, lalu dicatat F_{maks} dan regangannya. Data pengukuran tegangan dan regangan diubah menjadi kuat tarik (σ) dan kemuluran (ϵ).

Gugus fungsi ditentukan dengan menggunakan alat FTIR. Lapisan tipis atau pelikel yang diperoleh dari hasil fermentasi dijepit pada tempat sampel kemudian diproses menjadi pelet KBr dan diletakkan pada alat ke arah sinar *Infra Red*. Hasilnya direkam ke dalam kertas berskala berupa aliran kurva intensitas transmitansi terhadap bilangan gelombang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Selulosa

Adapun karakteristik selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan tanpa penambahan kitosan yaitu berbentuk lembaran tebal, berwarna putih, transparan, tekstur halus dan licin dengan ketebalan sekitar 5 mm. Sifat fisik selulosa setelah direndam dalam larutan kitosan 0,5%; 1,0%; dan 1,5% selama ± 6 jam menunjukkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Selulosa - Kitosan

No	Sifat Fisik	Hasil Pengamatan Selulosa – Kitosan dengan Larutan Kitosan		
		0,5%	1,0%	1,5%
1.	Bentuk	Lembaran kenyal dan licin	Lembaran kenyal dan licin	Lembaran kenyal dan licin
2.	Warna	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Putih kekuningan
3.	Transparan/tidak	Transparan	Transparan	Transparan
4.	Tekstur	Kenyal dan licin	Kenyal dan licin	Kenyal dan licin
5.	Ketebalan	± 3 mm	± 3 mm	± 3 mm

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kualitas selulosa yang dihasilkan antara lain: keasaman larutan, suhu lingkungan, tempat fermentasi, dan bahan tambahan. Pembuatan nata memanfaatkan aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* sehingga diperlukan kondisi nyaman untuk bakteri tersebut

berkembang. *Acetobacter xylinum* dapat berkembang biak dengan baik pada pH 3-4. Oleh karena itu dalam proses fermentasi sedapat mungkin pH larutan dibuat 3-4 dengan menambahkan asam asetat glasial. Selain itu ada cara lain untuk menambah keasaman larutan pada pembuatan *selulosa* yaitu dengan mendiamkan air rendaman singkong sebagai bahan dasar pembuatan selulosa dalam suatu wadah selama 2-3 malam, dengan demikian air rendaman singkong tersebut akan menghasilkan asam dengan sendirinya.

Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri adalah sekitar 35°C. Pada suhu ini bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Untuk itu pada proses fermentasi, nampan harus ditempatkan dalam ruangan yang suhu dan kelembabannya terjaga. Perubahan suhu secara ekstrim akibat perubahan cuaca (pancaroba) menyebabkan kualitas nata yang dihasilkan kurang baik, selain itu proses pembentukan nata menjadi sedikit lambat. Tempat fermentasi berkaitan dengan adanya gangguan atau guncangan pada saat proses fermentasi. Adanya guncangan tersebut dapat menyebabkan nata yang terbentuk menjadi berlapis-lapis dan bergelambir sehingga selulosa akan mengelupas dan rapuh. Selulosa dapat berhasil disintesis akibat aktivitas bakteri *Acetobacter Xylinum*, bakteri tersebut menggunakan unsur-unsur N, H, O, dan C untuk menyusun lapisan nata. Proses pembuatan nata harus memperhatikan bahan dasar apakah sudah mengandung unsur hara tersebut dalam jumlah yang cukup. Air singkong sebagai bahan dasar pembuatan nata sudah mengandung unsur-unsur tersebut akan tetapi untuk mempercepat proses pembentukan lapisan nata ke dalam air singkong ditambahkan urea sebagai sumber N, dan gula sebagai sumber C, H, dan O.

Sifat Mekanik Selulosa Hasil Modifikasi

Berdasarkan data pada Tabel 2, data nilai uji tarik menunjukkan sifat kuat tarik saat putus (*Tensile Strength at Break*) tertinggi dimiliki film selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 10,7657 MPa. Film selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% memiliki kekuatan tarik sebesar 8,7826 MPa, selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% memiliki kekuatan tarik sebesar 9,9507 MPa dan selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% yaitu 3,8462 MPa. Berdasarkan data terlihat bahwa semakin banyak jumlah kitosan yang ditambahkan pada *selulosa* maka kekuatan tariknya semakin besar. Perpanjangan saat putus tertinggi dimiliki film selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dengan perpanjangan saat putus sebesar 10,8789%. Film dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% memiliki perpanjangan saat putus sebesar 3,6895%, penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% memiliki perpanjangan saat putus sebesar 6,2218% sedangkan selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% memiliki perpanjangan saat putus sebesar 4,6962%. Pengaruh kitosan terhadap sifat mekanik selulosa dari limbah cair singkong dapat diketahui bahwa dengan penambahan kitosan menyebabkan perpanjangan saat putus selulosa berkurang.

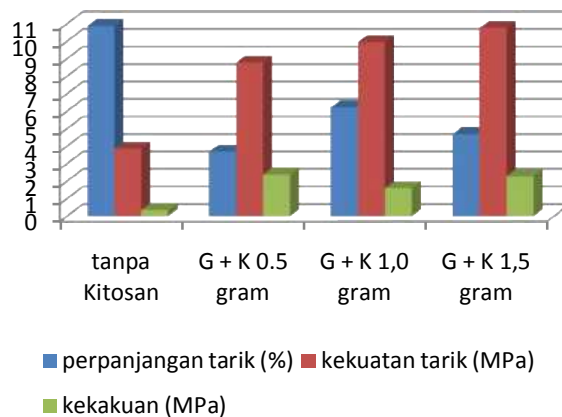
Tabel 2. Hasil Uji Sifat Mekanik Selulosa dan Selulosa-Kitosan

No.	Selulosa	ulang-an ke-	FMax N	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Elongation at break</i> %	<i>modulus Young</i> (MPa)
1.	penambaha n gliserol 1,5%	1	1,9196	3,1994	9,9823	0,3205
		2	3,8886	5,9825	17,7761	0,3364
		3	1,5318	2,3567	4,8783	0,4831
		\bar{x}	2,4467	3,8462	10,8789	0,3535
2.	penambaha n gliserol 1,5% dan kitosan 1,5%	1	2,1178	8,4714	4,4877	1,8877
		2	2,5811	10,3245	3,1152	3,3142
		3	3,3753	13,5013	6,4856	2,0817
		\bar{x}	2,8227	8,7826	3,6895	2,3804

3.	penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0%	1	2,0424	6,8082	4,1683	1,6332
		2	4,1033	13,6778	6,2853	2,1762
		3	2,8098	9,3661	8,2120	1,1425
		\bar{x}	2,9852	9,9507	6,2218	1,5993
4.	penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5%	1	2,2703	7,5677	3,2661	2,3170
		2	2,2519	7,5063	4,5294	1,6572
		3	3,9458	11,2738	3,2729	3,4446
		\bar{x}	2,6914	10,7657	4,6962	2,2924

Adapun kekakuan selulosa dapat ditentukan melalui perhitungan *modulus Young*, perbandingan antara *Tensile Strength at Break Tensile* dan *Elongation at break*. Jika Harga *modulus Young* semakin tinggi, maka semakin kaku sampel tersebut. Dengan melihat harga *modulus Young* dari keempat *selulosa*, maka *selulosa* yang paling kaku adalah *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% dengan harga *modulus Young* sebesar 2,3804 MPa, disusul *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% sebesar 2,2924 MPa, kemudian *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% sebesar 1,5993 MPa dan yang paling tidak kaku yaitu selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% tanpa penambahan kitosan yaitu sebesar 0,3535 MPa.

Dengan demikian bila diurutkan kekuatan tarik pada saat putus adalah *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% > *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% > selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% > selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% tanpa penambahan kitosan. Urutan perpanjangan saat putus adalah *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% tanpa penambahan kitosan > *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% > *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% > *selulosa* dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5%. Urutan kekakuan *selulosa* yaitu *selulosa* penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% > selulosa penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% > selulosa penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% > selulosa penambahan gliserol 1,5% tanpa penambahan kitosan. Perbandingan kuat putus, perpanjangan saat putus, dan *modulus Young* terlihat jelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Perbandingan Sifat Mekanik Selulosa dari Limbah Cair Singkong

Peningkatan *tensile strength* atau kekuatan tarik dapat terjadi karena adanya penambahan gliserol dan kitosan menyebabkan penggabungan molekul gliserol dan kitosan dengan rantai polimer selulosa melalui interaksi hidrogen. Peningkatan interaksi hidrogen dan Van der Waals dalam rantai polimer akan terjadi, sehingga mengakibatkan peningkatan kekuatan mekanik material terhadap gaya dari luar. Korelasi antara peningkatan *hydrogen bonding* dengan *tensile strength* pernah dibuktikan

oleh Liu et. al. (2009) dalam penelitiannya, selain itu secara in siliko melalui software 3D juga dibuktikan oleh Tien (2010) menggunakan ChemBio3D Ultra yang membuktikan bahwa semakin banyaknya ikatan hidrogen akan meningkatkan *tensile strength*. Kemungkinan lain disebabkan karena massa molekul selulosa mengalami peningkatan akibat penambahan kitosan. Smith, Lemstra, dan Pijpers (1982) membuktikan pada suatu plastik polietilen, persebaran massa molekul yang semakin tinggi menimbulkan peningkatan *tensile strength*. Hal ini dapat menjadi suatu kemungkinan bahwa ketika kitosan ditambahkan, terjadi peningkatan massa molekul dalam selulosa sehingga *tensile strength* lebih tinggi dari kontrol selulosa dengan gliserol. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat diungkapkan bahwa penambahan gliserol dan kitosan menyebabkan terjadi interaksi berupa ikatan hidrogen lebih banyak sehingga dapat meningkatkan kemampuan selulosa dalam menahan beban lebih tinggi.

Komposit selulosa gliserol kitosan menunjukkan penurunan elongasi. Penurunan elongasi dapat terjadi karena adanya interaksi antara gugus amina (-NH) kitosan dengan gugus hidroksil (-OH) bebas selulosa bakteri melalui interaksi hidrogen. Adanya interaksi ini menyebabkan konformasi 2 rantai polimer yang berikatan (selulosa dan kitosan) menjadi lebih rigid dan kaku, sehingga menurunkan elongasi (pemulurannya). Rechia et. al. (2010) melaporkan bahwa pada film menggunakan *corn starch* terjadi ikatan intermolekuler berupa ikatan hidrogen. Ikatan ini meningkatkan *tensile strength* namun menurunkan elongasi.

Gugus Fungsi Selulosa Hasil Modifikasi

Menurut Anicuta et. al. (2010), pita absorpsi karakteristik selulosa muncul pada daerah bilangan gelombang 3350 cm^{-1} (*stretching* OH) dan $2916,81\text{ cm}^{-1}$ (*stretching* CH), hal ini sesuai dengan *peak* pada bilangan gelombang $3448,72$ (*stretching* O-H) dan $2931,80$ (*stretching* CH). Interaksi lainnya untuk selulosa gliserol tanpa dan dengan penambahan kitosan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Interaksi yang Terlibat pada Kelompok Selulosa Gliserol (SG) dan Selulosa Gliserol Kitosan (SGK)

No.	Sampel	Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
1	Selulosa Gliserol	3464,15	-OH
		2931,80	-CH Alifatik
		1635,64	<i>adsorbed water in the amorphous region</i>
		1573,91 & 1465,90	-CH ₂ <i>bending vibrations pyran ring</i>
		1064,71	β -1,4-Glikosidik
2	Selulosa Gliserol Kitosan	3425,58	-OH and -NH <i>stretching</i>
		2931,80	-CH Alifatik
		1566,20	-NH <i>bending</i> (amide II)
		1411,89	-CH ₂ <i>bending vibrations pyran ring</i>
		1064,71	β -1,4-Glikosidik

Spektrum FT – IR kelompok selulosa gliserol menunjukkan adanya kemiripan spektrum antara kelompok SG dengan kelompok selulosa (S), namun terjadi perbedaan pada intensitasnya. Selain itu muncul *peak* berbeda pada lokasi tertentu. Salah satu contohnya adalah munculnya *peak* absorpsi pada daerah $1573,91\text{ cm}^{-1}$ di samping pita absorpsi $1635,64\text{ cm}^{-1}$ (*adsorbed water*). *Peak* ini kemungkinan besar mengindikasikan adanya cincin aromatik piranosa selulosa, namun intensitasnya relatif kecil. Hal ini dipertegas dengan adanya peningkatan intensitas pada daerah $848,68$ yang juga menunjukkan intensitas O piranosa.

Anicuta et. al. (2010) menyatakan bahwa ketika dilakukan pembuatan material komposit dari selulosa bakteri yang diberi kitosan, akan terjadi pergeseran pita *stretching* O-H dari $3350,71\text{ cm}^{-1}$ menjadi $3349,72\text{ cm}^{-1}$ dan terjadi pelebaran *peak* pada bilangan gelombang tersebut. Hasil penelitian menunjukkan pergeseran pita absorpsi menjadi $3425,58\text{ cm}^{-1}$ dan muncul pita yang lebih lebar, yang kemungkinan terjadi karena adanya *overlapping stretching* ikatan O-H dan -NH .

Gugus fungsi amida kitosan muncul pada daerah $1566,20\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas kuat sesuai dengan yang telah dilaporkan Ciechanska, *et al.*, (2004), yaitu gugus amida I muncul pada 1650 cm^{-1} dan amida II pada 1560 cm^{-1} sebagai gugus amida karakteristik kitosan. Namun pada spektrum SGK, tidak dapat terbaca *peak* pada daerah 1600 cm^{-1} , hal ini diperkirakan karena intensitasnya tidak begitu kuat tertutupi oleh *peak* pada $1566,20\text{ cm}^{-1}$.

Pada pita serapan daerah $1635,64$ (C=O berikatan dengan H) ditemukan penurunan intensitas pada sampel SG bila dibandingkan dengan sampel S, tetapi sampel SG juga menunjukkan pita serapan pada daerah yang berdekatan yaitu bilangan gelombang $1573,91\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya cincin aromatik piran dari selulosa bakteri. Sampel SGK tidak menunjukkan adanya pita absorpsi pada daerah 1600 tetapi menunjukkan pita dengan intensitas kuat pada daerah $1566,20\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus amina kitosan yang juga memiliki kemungkinan *overlapping* dengan absorpsi cincin aromatik. Adanya peningkatan intensitas ikatan gugus NH_2 (daerah $1566,20\text{ cm}^{-1}$) dan melebarnya *peak* NH_2 (daerah $3425,58\text{ cm}^{-1}$) pada kelompok SGK dapat dikaitkan dengan penurunan elongasi pada analisis mekanik biomaterial SGK. Peningkatan intensitas ikatan menyebabkan konformasi rantai polimer menjadi lebih rigid, sehingga ketika terjadi suatu gaya rantai polimer tidak dapat mengalami mobilisasi dengan bebas dan terjadi penurunan nilai elongasi (pemuluran) material SGK.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk melakukan kegiatan riset ini melalui Insentif Riset SINas Tahun Anggaran 2013 dengan Keputusan Menteri Negara Riset dan Teknologi Nomor : 187/M/Kp/XI/2012 Tanggal 7 Nopember 2012. Terimakasih juga disampaikan kepada saudara Anugerah Adhi Laksono dan Sulaeman Yahya yang terlibat dalam kegiatan riset ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa gugus fungsi selulosa dari limbah singkong dengan penambahan gliserol dan kitosan yaitu gugus -OH dan N-H, C-H alifatik, aromatik (siklik piran), dan β -1,4-glikosidik. Hasil uji sifat mekanik selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% mempunyai kuat tarik $3,8462\text{ MPa}$, *elongation at break* $10,8789\%$, dan *modulus Young* $0,3535\text{ MPa}$. Selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 0,5% mempunyai kuat tarik $8,7826\text{ MPa}$, *elongation at break* $3,6895\%$, dan *modulus Young* $2,3804\text{ MPa}$. Selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0% mempunyai kuat tarik $9,9507\text{ MPa}$, *elongation at break* $6,2218\%$, dan *modulus Young* $1,5993\text{ MPa}$. Selulosa dengan penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,5% mempunyai kuat tarik $10,7657\text{ MPa}$, *elongation at break* $4,6962\%$, dan *modulus Young* $2,2924\text{ MPa}$. Penambahan kitosan dapat meningkatkan kuat tarik dan *modulus Young*, namun menurunkan perpanjangan saat putus selulosa bakteri. Selulosa bakteri dengan sifat mekanik optimum yaitu pada penambahan gliserol 1,5% dan kitosan 1,0%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anicuta, S.G., Dobre, L., Stroescu, M., Jipa, I., 2010, Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy for Characterization of Antimicrobial Films Containing Chitosan, *University Politehnica of Bucharest, Faculty Applied Chemistry and Material Science*
- Ciechańska, D., 2004, Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Material for Medical Applications, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12 (48), 69 – 72
- Ciechańska D., Wietecha J., Kaźmierczak D., Kazimierczak J., 2010, Biosynthesis of Modified Bacterial Cellulose in a Tubular Form. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2010*, Vol. 18, No. 5 (82) pp. 98-104
- Darmansyah. (2010). Evaluasi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Material Komposit Serat/Resin Berbahan Dasar Serat *Nata de coco* dengan Penambahan Nanofiller. *Tesis*. Program Magister Teknik Kimia Universitas Indonesia
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1992, Edible wheat gluten film: Influence of the main variable on film properties using response surface methodology, *J. Food Sci.*, 57, 190-199.
- Hoening, N.(2006). Cellulose for medical applications: past, present, and future. *BioRes.* 1 (2).270-280.

-
- Jaehwan K., Zhijiang C., Hyun L. S., Gwang C. S., Don L. H., and Chulhee J., (2010). Preparation and characterization of a Bacterial cellulose/ Chitosan composite for potential biomedical application. *J Polym Res* 18:739 – 744
- Lindu M, Puspitasari T, dan Ismi E. (2010). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Nata de Coco Sebagai Bahan Baku Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal SainsMateri Indonesia* Vol. 12, No. 1, hal : 17 – 23
- Liu, X., Gao, G., Dong, L., Ye, G., dan Gu, Y., 2009, Correlation between hydrogen-bonding interaction and mechanical properties of polyimide fibers, *Polym Adv Technol* 20:362.
- Rechia, L.M., Morona, J.B.J., Zepon, K.M., Soldi, V., dan Kanis, L.A., 2010, Mechanical properties and total hydroxycinnamic derivative release of starch/glycerol/Melissa officinalis extract films, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 46, n. 3, jul./set., 2010.
- Smith, P., Lemstra, P.J., dan Pijpers, L.P.L., 1982, Tensile Strength of Highly Oriented Polyethylene. II. Effect of Molecular Weight Distribution, *Polymer Physics Edition*, Vol. 20, 2229-2241 (1982).
- Takayasu T. and FumihiroY. (1997). Production of Bacterial Cellulose by Agitation Culture System. *Pure & Appl. Chem.* Vol 69, No 11, 2453-2458.
- Tien, B., 2010, *Modifying Cellulose to Create Protective Material for Firefighters*, http://cosmos.ucdavis.edu/archives/2010/cluster8/TIEN_Benjamin.pdf, diakses pada tanggal 24 Januari 2012.
- Wijandi S dan Saillah I. (2003). *Memproduksi Nata De Coco*. Jakarta : Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar Dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional

**IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER FRAKSI AKTIF DAUN JARAK
PAGAR (*Jatropha curcas* L.) DAN UJI AKTIVITAS LARVASIDA TERHADAP LARVA
NYAMUK *Aedes aegypti***

Ika Pratiwi K. A., Khairul Anam, Dewi Kusrini

Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Telah dilakukan identifikasi senyawa metabolit sekunder fraksi aktif daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dan uji aktivitas larvasida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti* serta mengisolasi dan mengidentifikasi jenis senyawa larvasida yang terkandung dalam ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol. Ekstrak kental etanol tersebut kemudian dipartisi berturut-turut dengan n-heksana dan etil asetat. Hasil uji aktifitas larvasida terhadap fraksi n-heksana, etil asetat dan air tersebut ternyata fraksi etil asetat memiliki aktifitas paling tinggi dengan nilai LC50 0,11%. Fraksi etil asetat kemudian difraksinasi menggunakan kromatografi cair vakum sebanyak dua kali hingga diperoleh isolat aktif (fraksi EG₃). Isolat fraksi aktif diduga mengandung asam fenolat yang menyerap sinar UV-Vis pada λ_{max} 227 nm dan 251 nm. Hasil analisis ini diperkuat dengan analisis spektrum inframerah yang menunjukkan adanya gugus fungsi O-H ulur, C-H aromatik ulur dan C=C aromatik yang menunjukkan adanya senyawa fenol. Gugus fungsi C=O asam karboksilat ulur, C-O asam karboksilat ulur dan benzen tersubstitusi menunjukkan adanya asam karboksilat, dimana gugus fungsi yang dimiliki isolat identik dengan gugus fungsi asam fenolat secara umum.

Kata kunci : Identifikasi, Asam fenolat, *Jatropha curcas* L, Larvasida

Abstract

Identification of Secondary Metabolite Compound from Active Fraction of *Jatropha curcas* L. Leaves and Larvicidal Activity Assay Against Larvae of *Aedes aegypti* was carried out. This research aims are finding the active fraction of *Jatropha curcas* L. leaves active fraction as an *Aedes aegypti*'s larvacide, isolation and identification the type of larvacide compounds which is contented in active fraction of *Jatropha curcas* L. leaves. The extraction was done by maceration method in ethanol solvent. That ethanol extract was partitioned with n-hexane and ethyl acetate continuously. The result of larvacide activity assay showed n-hexane fraction, ethyl acetate fraction and water fraction of *Jatropha curcas* L. had activity as an *Aedes aegypti*'s larvacide and ethyl acetate fraction had the strongest activity with LC50 of 0,11%. Then ethyl acetate fraction was fractionated using vacuum liquid chromatography with duplo to obtain active isolate (EG₃ fraction). The active fraction isolate suspected to contain phenolic acid in which absorbed Uv-vis radiance had a λ_{max} at 227 nm and 251 nm. This result strengthened with IR spectrum analysis showed the isolate had a functional groups like O-H stretch, C-H stretch aromatic and C=C aromatic which showed phenol compound. Functional groups like C=O stretch carboxylic acid, C-O stretch carboxylic acid and substitute benzene showed a carboxylic acid, where the functional groups of isolate was identical with the functional group of phenolic acid in generally.

Keywords : Identification, Phenolic acid, *Jatropha curcas* L, Larvacide

I. PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue (DBD) atau *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) merupakan penyakit dengan angka kejadian yang cenderung meningkat di daerah tropis dan sub tropis. Demam Berdarah Dengue ditemukan pertama kali di Indonesia pada tahun 1968 melalui pelabuhan di Surabaya dan pada tahun 1980 DBD dilaporkan telah tersebar secara meluas serta melanda di seluruh

propinsi di Indonesia (Gandahusada dkk., 2000). Penyebab utama demam berdarah adalah nyamuk *Aedes aegypti* yang termasuk kelas Insekta. Penyakit yang ditularkan serangga saat ini masih merupakan masalah kesehatan di Indonesia, terutama malaria dan demam berdarah. Usaha pencegahan dan pengendalian terhadap serangan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor demam berdarah telah banyak dilakukan, yaitu dengan cara menurunkan populasi nyamuk atau dengan cara memutuskan siklus hidupnya (Utari, 2007). Salah satu cara pencegahan dan pengendalian terhadap serangan nyamuk *A aegypti* dilakukan dengan memutus siklus hidup vektor menggunakan pestisida maupun pengendali hayati.

Untuk mengurangi dampak negatif yang diakibatkan oleh penggunaan insektisida sintetik perlu dicari cara pengendalian yang efektif terhadap penurunan populasi nyamuk dan aman terhadap lingkungan. Salah satu alternatif yang perlu dicoba adalah menggunakan insektisida nabati. Insektisida nabati merupakan bahan alami, bersifat mudah terurai di alam (*biodegradable*) sehingga tidak mencemari lingkungan dan relatif aman bagi manusia maupun ternak karena residunya mudah hilang (Naria, 2005).

Penelitian tentang tanaman yang berpotensi sebagai larvasida telah banyak dilakukan diantaranya adalah ekstrak tumbuhan kecubung yang bersifat toksik terhadap larva *Aedes aegypti* karena adanya senyawa saponin, kuinon dan steroid yang bekerja secara sinergis. Penelitian Kumar dan Maneemegalai (2008) juga melaporkan bahwa pada ekstrak metanol dan etanol daun *Lantana camara* L. mengandung saponin dan flavonoid yang berfungsi sebagai larvasida *Aedes aegypti*. Salah satu tumbuhan dari genus *Jatropha* yang telah diketahui khasiatnya sebagai insektisida nabati adalah *Jatropha curcas* L. yaitu pada minyak bijinya. Riyadhi (2008) melaporkan minyak biji jarak pagar telah dilaporkan terbukti sebagai larvasida *Aedes aegypti*. Hasil analisis menunjukkan bahwa minyak biji jarak pagar mengandung senyawa aktif *piperine* golongan alkaloid jenis *piperidine* yang diduga sebagai larvasida. Bagian lain dari tumbuhan ini yang sering dimanfaatkan adalah pada daunnya sebagai obat penyakit koreng dan gatal-gatal (Zulkifli, 2005). Namun penelitian tentang daun jarak pagar sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti* belum pernah dilaporkan. Nwokocho dkk., (2011) menyebutkan bahwa daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) mengandung senyawa alkaloid, saponin, tanin, fenolik dan flavonoid. Untuk itu, perlu diteliti apakah ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) juga bersifat sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti* karena daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) juga mengandung senyawa saponin, tannin, alkaloid, flavonoid dan fenolik.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun jarak pagar, larva nyamuk *Aedes aegypti* instar III, etanol, n-heksana, etil asetat, akuades, kertas saring, asam klorida, silika gel 60-H, plat silika gel GF₂₅₄, benzena, metanol, kloroform, natrium asetat, asam asetat, diklorometana, aluminium klorida, metilen klorida pereaksi Meyer (merkuri klorida p.a, kalium iodida p.a), pereaksi Dragendorff (larutan iodium, kalium iodida p.a, akuades), serbuk magnesium, asam sulfat p.a, uap amoniak, kloroform (teknis), pereaksi Steasny (formaldehid 30%, asam klorida (2:1)), pereaksi besi (III) klorida 1%, asam klorida pekat, akuades), ferri klorida 1%, diazo p-nitroanilin (natrium asetat p.a 20%, p-nitroanilin p.a 0,5% dalam asam klorida p.a 2 N, natrium nitrit p.a 5%), pereaksi Libermann–Buchad (anhidrida asam asetat p.a, asam sulfat pekat p.a).

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah blender, gelas plastik, sendok plastik, botol semprot, *erlenmeyer*, botol vial, tabung reaksi, pipet tetes, pengaduk, gelas ukur, gelas *beaker*, plat tetes, corong pisah, corong kaca, *rotary vacuum evaporator*, neraca analitik, hot plate, pipa kapiler, seperangkat alat kromatografi (KLT dan kolom), spektrofotometer UV–Vis (Shimadzu) dan spektrometer FTIR (Shimadzu).

Prosedur Kerja

Sampel dalam penelitian ini adalah daun jarak pagar. Penyiapan bahan penelitian yang dilakukan diantaranya determinasi tanaman, pembersihan dari kotoran, pengeringan bahan dengan cara dianginanginkan dan penggilingan menjadi serbuk menggunakan blender. Sebanyak 2 Kg serbuk daun jarak pagar di maserasi dengan menggunakan pelarut etanol teknis sampai semua komponen habis terekstraksi. Ekstrak etanol yang diperoleh diuapkan dengan penguap putar vakum sampai kering dan bebas pelarut. Ekstrak etanol yang diperoleh kemudian dilarutkan dengan akuades panas lalu dipartisi dengan n-heksana dan etil asetat sehingga didapatkan fraksi n-heksana, etil asetat dan air. Pada serbuk daun, ekstrak etanol, fraksi n-heksana, etil asetat dan air daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dilakukan penapisan fitokimia (Fransworth, 1966 dan Materia Medika Indonesia,1989). Tahap selanjutnya yaitu pada masing-masing fraksi yang diperoleh, diuji aktivitas biologisnya terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*, sedangkan ekstrak. Fraksi yang paling aktif/ toksik kemudian dimurnikan dengan kromatografi lapis tipis dan kromatografi kolom. Hasil fraksi yang didapatkan dari pemisahan dengan kromatografi kolom selanjutnya digabungkan menggunakan KLT penggabungan.

Uji aktifitas larvasida pada masing-masing fraksi (fraksi n-heksana, etil asetat dan air) dilakukan dua kali. Uji yang pertama menggunakan konsentrasi masing-masing fraksi yaitu 0% (sebagai kontrol), 0,075%, 0,15%, dan 0,3% (b/v). Berdasarkan nilai LC_{50} yang diperoleh dari uji pendahuluan, ditentukan 5 tingkatan konsentrasi uji pada fraksi n-heksana, etil asetat dan air serta 1 perlakuan kontrol. Setiap perlakuan menggunakan tiga ulangan dan setiap ulangan menggunakan 25 larva instar III. Pengamatan dilakukan setelah 24 jam terhadap kematian larva nyamuk. Analisis data dilakukan untuk mencari konsentrasi kematian (LC_{50}). Setelah proses pemisahan dan pemurnian terhadap isolat murni yang paling aktif dilakukan maka dilanjutkan dengan identifikasi dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-vis dan IR.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi 2 Kg jarak pagar dengan cara maserasi menggunakan etanol didapatkan ekstrak kering etanol yang berwarna coklat kehitaman. Ekstrak etanol selanjutnya dilarutkan dengan 100 mL akuades panas dengan perbandingan 7:3 dan dipartisi dengan pelarut n-heksana dan etil asetat lalu fraksi hasil partisi yaitu fraksi n-heksana, etil asetat dan air diuji aktifitas larvasidanya. Hasil uji penapisan fitokimia pada serbuk daun, ekstrak etanol, fraksi n-heksana, etil asetat dan air daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dapat dilihat pada tabel 1.

Golongan	Serbuk daun	Ekstrak Etanol	Fraksi n-heksan	Fraksi etil asetat	Fraksi air
Alkaloid	+	+	-	+	+
Flavonoid	+	+	-	+	-
Tanin	+	+	-	+	-
Saponin	+	+	-	-	+
Kuinon	-	-	-	-	-
Steroid/Triterpenoid	+	+	+	+	-

Tabel 1: Hasil uji fitokimia pada serbuk,ekstrak etanol, fraksi n-heksan, fraksi etil asetat dan fraksi air daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

Hasil uji masing-masing fraksi menunjukkan bahwa fraksi etil asetat adalah fraksi yang bersifat paling aktif terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* dengan nilai LC_{50} 0,11%. Hasil uji aktifitas larvasida ditunjukkan pada tabel 2.

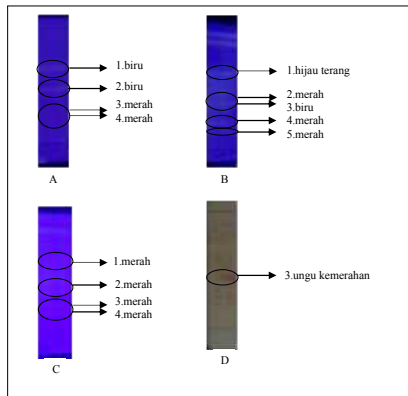
Tabel 2. : Mortalitas Larva *Aedes aegypti* pada Perlakuan berbagai Fraksi pada Uji Utama

Bahan uji	Konsentrasi (%)	Lama Uji (jam)	Persen Mort. (%)	Nilai LC ₅₀
Fraksi n-heksana	0,04	24	4	0, 16%
	0,08	24	8	
	0,16	24	36	
	0,32	24	96	
	0,64	24	100	
Fraksi etil asetat	0,03	24	0	0, 11%
	0,06	24	16	
	0,12	24	68	
	0,24	24	88	
	0,48	24	98	
Fraksi air	0,29	24	12	1, 85%
	0,58	24	16	
	1,16	24	32	
	2,32	24	60	
	4,64	24	76	
Kontrol	0	24	0	

Fraksi etil asetat diuji fitokimia untuk identifikasi awal kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat di dalamnya. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa terdapat senyawa golongan steroid, alkaloid, flavonoid, dan tanin. Diduga, senyawa-senyawa tersebut yang berpotensi sebagai larvasida. Komponen tanin berperan sebagai pertahanan tanaman terhadap serangga dengan cara menghalangi serangga dalam mencerna makanan. Tanin dapat mengganggu serangga dalam mencerna makanan karena tanin akan mengikat protein dalam sistem pencernaan yang diperlukan serangga untuk pertumbuhan sehingga proses penyerapan protein dalam sistem pencernaan menjadi terganggu, akibatnya akan terjadi penurunan pertumbuhan (Yunita dkk., 2009). Sementara itu, Smith (1989) dalam Nursal dan Siregar (2005) juga menyatakan bahwa alkaloid, terpenoid, dan flavonoid merupakan senyawa pertahanan tumbuhan yang dapat bersifat menghambat makan serangga dan juga bersifat toksik.

Pemisahan dan pemurnian komponen-komponen kimia pada fraksi etil asetat dilakukan dengan teknik kromatografi cair vakum (KCV). Sebanyak 10 gram fraksi etil asetat difraksinasi dengan KCV menggunakan fasa diam silika gel 60-H dengan fasa gerak campuran pelarut n-heksana-diklorometan-etil asetat-metanol dengan kepolaran meningkat. Hasil fraksinasi dianalisis komponen penyusunnya menggunakan metode KLT dengan fasa diam silika gel GF₂₅₄ dan fase geraknya kloroform-diklorometan (9:1). Fraksinasi menghasilkan 205 botol vial dan digabung menjadi 8 fraksi. Diketahui fraksi EG adalah fraksi dengan noda paling dominan lalu dari fraksi ini dilakukan KCV kembali dan hasil fraksinasi kemudian dianalisis komponen penyusunnya menggunakan metode KLT dengan fasa diam silika gel GF₂₅₄ dan fasa geraknya kloroform-diklorometan (8:2). Fraksinasi menghasilkan 69 vial dan digabung menjadi 5 fraksi. Diketahui fraksi EG₃ memiliki noda paling dominan setelah disemprot dengan asam sulfat selanjutnya fraksi EG₃ diidentifikasi dengan berbagai penampak bercak (Dragendrof (penampak bercak untuk alkaloid), AlCl₃ 5% dalam etanol (penampak bercak untuk flavanoid), Liberman-Buchard (penampak bercak untuk steroid/triterpenoid), dan diazo p-nitroanilin yang kemudian dibasakan dengan Na₂CO₃ 15% (penampak bercak untuk asam fenolat)). Hasil KLT fraksi EG₃ ditunjukkan pada gambar 1. Isolat yang memberikan reaksi positif terhadap penampak bercak (noda 3 pada gambar D) selanjutnya diuji kemurniannya menggunakan kromatografi lapis tipis dengan berbagai pelarut yang memiliki tingkat kepolaran berbeda, diantaranya n-heksana:etilasetat:metanol (30:2:1) nilai R_f 0,57 ; benzena:diklorometan (9:1) nilai R_f 0,78 ; benzena:asam asetat (9:1) nilai R_f 0,67 ; aseton:etanol (8:2) nilai R_f 0,45 ; benzena:kloroform (8:2) nilai R_f 0,83. Hasil uji kemurnian menunjukkan bahwa isolat

hasil isolasi hanya mengandung satu senyawa, yang ditunjukkan dengan timbulnya satu noda dengan berbagai campuran eluen yang digunakan.

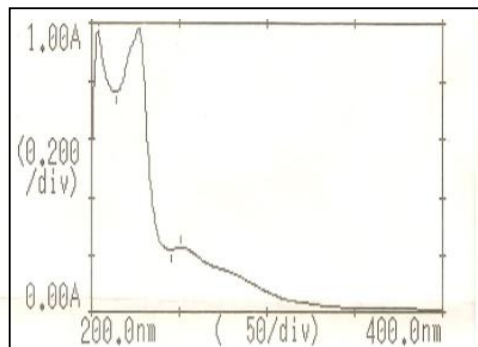


Gambar 1. Profil KLT fraksi EG₃ dari ekstrak etil asetat daun jarak pagar dengan fase geraknya n-heksana-etil asetat-etanol (30:2:1)

Keterangan :

- A. sebelum disemprot penampak bercak, diamati pada UV 365 nm
- B. setelah disemprot Liberman- Buchard, diamati pada UV 365 nm
- C. setelah disemprot AlCl₃ 5% dalam etanol, pada UV 365 nm
- D. setelah disemprot diazo p-nitroanilin yang kemudian dibasakan dengan Na₂CO₃ 15%, diamati secara visual

Identifikasi dengan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan isolat noda 3 memberikan serapan maksimum pada panjang gelombang 227 nm dan 251 nm. Hasil spektrofotometri UV-Vis isolat noda 3 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra UV-Vis senyawa hasil isolasi (isolat noda 3) fraksi aktif (fraksi etil asetat) daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)

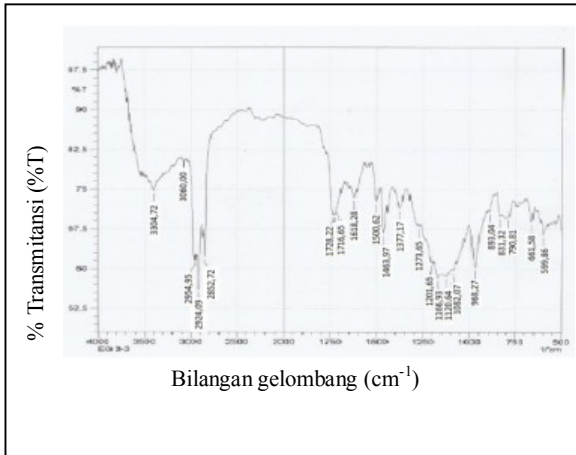
Golongan senyawa asam fenolat tidak mempunyai panjang gelombang yang khas pada spektra UV-Vis. Nilai panjang gelombang dari beberapa asam fenolat dalam pelarut metanol ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) senyawa asam fenolat

Asam Fenolat	$\lambda_{\text{maksimum}}$	Referensi
Asam vanilat	249	soetarno,1996
Asam <i>p</i> -kumarat	292	soetarno,1996
Asam siringat	334	soetarno,1996
Asam kafeat	330	sarer, 2008
Asam benzoat	271	Ahmad, 2009
Asam salisilat	303	Ahmad, 2009
Asam ferulat	235	Harbone, 1987

Panjang gelombang isolat noda 3 yang memberikan serapan pada panjang gelombang sebesar 227 nm dan 251 nm mendekati nilai panjang gelombang asam fenolat jenis asam vanilat (249 nm), namun belum bisa dipastikan bahwa isolat tersebut adalah asam fenolat jenis asan vanilat.

Karakterisasi dilanjutkan melalui analisis dengan metode spektrofotometri FTIR terhadap isolat menggunakan pelet KBr. Analisis dengan spektrofotometri FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam isolat. Hasil spektra FTIR isolat noda 3 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR senyawa hasil isolasi (isolat noda 3) fraksi aktif (fraksi etil asetat) daun jarak pagar (*Jatropha curcas L.*)

Pada spektra TFIR di atas, dapat terlihat bahwa isolat memiliki gugus fungsi memiliki gugus fungsi O-H ulur, C-H aromatik ulur, C=C aromatik dan C-H aromatik tekuk yang menunjukkan adanya senyawa fenol. Gugus fungsi O-H (ulur dan tekuk), C=O asam karboksilat ulur, C-O asam karboksilat ulur dan benzen tersubstitusi menunjukkan adanya asam karboksilat, dimana gugus fungsi yang dimiliki isolat identik dengan gugus fungsi asam fenolat secara umum. Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan FTIR, jenis senyawa yang terdapat dalam isolat hasil isolasi adalah golongan asam fenolat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Fraksi *n*-heksana, fraksi etil asetat dan fraksi air daun jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) memiliki aktivitas sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti*. Fraksi etil asetat memiliki aktivitas paling kuat dengan nilai LC_{50} sebesar 0,11%.

-
2. Senyawa dominan yang terdapat dalam fraksi etil asetat daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) adalah golongan asam fenolat.

SARAN

Perlu dilakukan analisa lebih lanjut untuk mengidentifikasi isolat menggunakan LC-MS dan NMR guna memastikan struktur kimia senyawa yang terkandung dalam fraksi etil asetat daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) yang berfungsi sebagai larvasida Nyamuk *Aedes aegypti*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I., dan Vaid, F., 2009, Determination of benzoic Acid and Salicylic Acid in Commercial Benzoic and Salicylic Acid Ointments By Spectrophotometric Method, *Park. J. Pharm. Sci.*, 22 (1), 18-22
- Farnsworth, N.R., 1966, Biological and Phytochemical Screening of Plants, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55, 245-265
- Gandahusada, S., H. H. D. Illahude, dan W. Pribadi, 2000, *Parasitologi Kedokteran*, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta
- Harborne, J. B., 1987, *Metode Fitokimia*, Terbitan Kedua, Penerbit ITB, Bandung
- Kumar, M.S., and S. Maneemegalai, 2008, Evaluation of Larvicidal Effect of Lantana Camara Linn Against Mosquito Species *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*, Department of Biochemistry, Prince Shri Venkateshwara Arts and Science College, Gowrivakkam, Chennai- 600 073, Tamilnadu, India
- Naria, Evi, 2005, Insektisida Nabati Untuk Rumah Tangga. Info Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara Volume IX, Nomor 1, Juni 2005. Medan
- Nursal dan E. S. Siregar, 2005, Kandungan Senyawa Kimia Ekstrak Daun Lengkuas (*Lactuca indica* L.), Toksisitas dan Pengaruh Sub Letalnya Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. Laporan Hasil Penelitian Dosen Muda FMIPA Universitas Sumatera Utara, Medan
- Nwokocha, Blessing, A., Agbagwa, I. O., and Okoli, B.E., 2011, Comparative Phytochemical Screening of *Jatropha* L. Species in the Niger Delta, Department of Plant Science and Biotechnology, Faculty of Science, University of Port Harcourt, Nigeria
- Riyadhi, A., Identifikasi Senyawa Aktif Minyak Jarak Pagar *Jatropha curcas* Sebagai Larvasida Nabati Vektor Demam Berdarah Dengue, 2008, Pusat Studi Bioteknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta
- Sarer, E. dan Gokbulut, A., 2008, Determination of Caffeic and Chlorogenic Acids in The Leaves and Fruits of *Vitex Agnus-Castus*, *Turk. J. Pharm. Sci.*, 5 (3), 167-174
- Soetarno, S., Ruslan, K., Soediro, I. S., 1996, Verbaoksida dan Asam Fenolat Dari Daun Jeruju (*Acanthus illicifolius* Linn., Acanthaceae) Suatu Tumbuhan Mangrove, 21,23-35
- Utari, DK., 2007, Identifikasi Fraksi Daun Zodia (*evodia suaveolens*) Yang Berpotensi Sebagai Insektisida Botani Terhadap Larva *Ae. Aegypti* [skripsi], Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
- WHO, 1981, Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces, Report of the WHO Informal Consultation, WHO, Geneva
- Yunita, E.A., Suprapti, N.H., Hidayat, J.W., 2009, Pengaruh Ekstrak daun Teklan (*eupatorium riparium*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Aedes aegypti*, FMIPA, UNDIP, Semarang
- Zulkifli, N., 2005, Proses Pembuatan Minyak Jarak sebagai Bahan Bakar Alternatif, Laporan penelitian tim Departemen Teknologi Pertanian, USU, Medan

PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN WARU LENGIS (*Hibiscus tiliaceus L.*) SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN ALTERNATIF PEMBUSA ALAMI DALAM SAMPO

Kesi Lusiana, Hartati Soetjipto, dan Dewi K.A.K.Hastuti

Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

Abstrak

Daun waru lengis (*Hibiscus tiliaceus L.*) dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan dasar pembuatan sampo. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan aktivitas antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*), menentukan kestabilan busa sampo daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) pada konsentrasi 0%; 5%; 7,5% ;10% ;12,5% ;15% ;17,5% dan 20%, menentukan kadar ekstrak daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) yang tepat dalam formulasi sampo serta membandingkan hasil sampo dengan SNI 06-2692-1992. Uji aktivitas antibakteri dilakukan terhadap bakteri *Bacillus subtilis* (ATCC 6051) dan *Escherichia coli* (ATCC 0091IFO), Sampo daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) yang dibuat diuji kestabilan busanya serta dibandingkan dengan SNI 06-2692-1992. Aktivitas antibakteri dan kestabilan busa dianalisis dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 8 perlakuan dan 4 ulangan, untuk membandingkan rata-rata diameter daya hambat dan kestabilan busa antar berbagai konsentrasi digunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%. Aktivitas antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) terhadap *B.subtilis* (ATCC 6051) tergolong sedang pada konsentrasi 5-10% dan pada konsentrasi 12,5-20% menunjukkan efek kuat, aktivitas antibakteri pada konsentrasi 12,5% sudah menimbulkan efek kuat. Sedangkan terhadap *E. coli* (ATCC 0091IFO) tergolong sedang pada konsentrasi 5-20%. Rata-rata kestabilan busa tertinggi pada konsentrasi 12,5% sebesar (96,65±1,89). Kadar ekstrak daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) yang tepat dalam formulasi sampo yaitu pada konsentrasi 12,5%. Sampo daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) yang dibuat memenuhi SNI 06-2692-1992.

Kata Kunci: antibakteri, ekstrak daun waru lengis, pembusa, sampo

PENDAHULUAN

Sampo merupakan salah satu produk perawatan rambut yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Sebagian besar bahan-bahan dalam sampo merupakan surfaktan yang berguna untuk menghilangkan kotoran dan lemak (Rohman, 2011). Surfaktan adalah senyawa yang memiliki dua gugus hidrofobik (lipofilik) dan hidrofilik (lipofobik), sebagai pembentuk busa dan bersifat detergensi (Budiarti, 2007).

Banyak orang menganggap jika sampo yang digunakan menghasilkan busa yang banyak maka daya membersihkannya juga lebih baik. Busa yang dihasilkan pada sampo biasanya berasal dari tambahan bahan pembusa sintetik dalam komposisinya.

Gerakan “back to nature” atau gerakan sehat kembali ke alam, sangat mendorong untuk penggunaan tanaman sebagai bahan kosmetik (Herdiani, 2012). Maka dari itu dirasa perlu mencari bahan alam yang dapat berperan sebagai pembusa alami untuk diaplikasikan dalam pembuatan sampo. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan yaitu daun waru lengis (*Hibiscus tiliaceus L.*).

Tanaman waru lengis (*H. tiliaceus L.*) sangat banyak, dan mudah ditemukan di Indonesia, hanya saja daunnya belum banyak dimanfaatkan, padahal daun waru lengis memiliki kandungan senyawa saponin, flavonoid, polifenol dan tannin (Kinho, et al., 2011). Polifenol dan turunannya banyak dikenal memiliki efek antibakteri maupun antioksidan. Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan penelitian ini yaitu menentukan aktivitas antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) terhadap bakteri *Bacillus subtilis* (ATCC 6051) dan *Escherichia coli* (ATCC 0091IFO), menentukan kestabilan busa sampo daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) pada konsentrasi 0%; 5%; 7,5% ;10% ;12,5% ;15% ;17,5% dan 20%, menentukan kadar ekstrak daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) yang tepat dalam formulasi sampo dan membandingkan hasil sampo dengan SNI 06-2692-1992. Penggunaan ekstrak daun waru lengis sebagai salah satu bahan pembuatan sampo

diharapkan dapat memperkaya kasanah kosmetik berbahan dasar alam karena dapat berperan sebagai antibakteri sekaligus sebagai pembusa alami.

METODE PENELITIAN

Bahan kimia yang digunakan adalah etanol (derajat teknis), indikator fenolftalin, indikator biru metilen, NaOH (derajat teknis), H₂SO₄ (derajat teknis), kloroform (derajat teknis), natrium klorida (Merck), sodium lauryl sulfat (Merck), *Coco amido propyl betaine* (Merck), *Pearl concentrate* (Merck), *ethylene diamine tetra acetic acid* (Merck), asam karboksilat (Merck) dan nipagin (Merck), *Plate Count Agar* (PCA), *nutrient borth* (NB). Bakteri yang digunakan yaitu bakteri *B. subtilis* (ATCC 6051) dan *E. coli* (ATCC 00911FO).

Piranti yang digunakan antara lain *grinder* (Akira), *cabinet drying*, *rotary evaporator* (Buchi R114), spektrofotometer (Shimadzu, UV mini 1240), pH Meter (Hanna HI9812, Romania), neraca analitik (Mettler H80), seperangkat alat gelas.

Metode

Ekstraksi sampel (Kristianingsih, 2005)

Daun waru yang telah dipotong kecil-kecil dikeringkan selama 24 jam pada *cabinet drying* dan dihaluskan dengan *grinder*. Kemudian 50 gram sampel dimaserasi dengan 500 ml etanol selama 24 jam, disaring dan filtratnya disimpan. Selanjutnya residu dimaserasi kembali dengan 340 ml etanol selama 24 jam. Setelah dilakukan penyaringan, residu dimaserasi ulang dengan 240 ml etanol. Ketiga filtrat yang dihasilkan digabung dan dikeringkan menggunakan *rotary evaporator*.

Skrining Fitokimia

Uji saponin (Jaya, 2010)

Sebanyak 15 mg sampel ditambahkan 5 ml air panas $\pm 70^{\circ}\text{C}$, kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi dan dikocok kuat-kuat. Ekstrak positif mengandung saponin jika timbul busa dengan ketinggian 1-10 cm yang bertahan selama 10 menit.

Uji Triterpenoid dan Steroid (Uji Liberman-Burchard (LB)) (Harborne, 1987)

Setengah mili gram sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi I, ditambah 5 ml CHCl₃ kemudian dipanaskan 5 menit diatas pemangas air sambil dikocok-kocok lalu didinginkan. Diambil 1 ml campuran dari tabung reaksi I dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi II. Kedalam tabung reaksi II diteteskan peraksi (LB) (1 ml Asam Asetat anhidrat dan 1 tetes Asam Sulfat Pekat). Kemudian perubahan yang timbul diamati sampai kira-kira 30 menit. Jika muncul warna cokelat atau violet pada pembatas kedua lapisan pelarut maka saponin yang terkandung merupakan jenis triterpenoid, sedangkan jika warna yang timbul hijau kebiruan maka termasuk jenis saponin steroid.

Uji Flavonoid (Budiarti, 2007)

Setengah gram sampel dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambah magnesium dan 5 ml HCl 2% kemudian dipanaskan, serta disaring, perubahan warna yang terjadi dapat diamati.

Uji Tanin dan Polifenol (Budiarti, 2007)

Sepuluh mili liter air panas ditambahkan kedalam sampel kemudian ditambahkan 5 tetes NaCl 10%, disaring dan dibagi menjadi 3 bagian. Tabung 1 sebagai kontrol, tabung 2 ditambah 3 tetes gelatin, jika terjadi endapan maka sampel tersebut positif mengandung polifenol. Kemudian ditambahkan 3 tetes FeCl ditambahkan pada tabung 3, jika terbentuk warna biru kehitaman maka sampel positif mengandung tanin.

Uji Aktifitas Antibakteri (Faradisa, 2008)

Larutan *Plate Count Agar* (PCA) dimasukkan dalam cawan petri dan masing-masing dicampur dengan 0,1 mL larutan bakteri *B. subtilis* (ATCC 6051) dan *E. coli* (ATCC 00911FO) dengan jumlah bakteri yang setara dengan larutan mcfarland 2 sebesar 6×10^8 CFU/ml, kemudian dihomogenkan. Masing-masing sebanyak 20 μl ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) dengan berbagai konsentrasi diteteskan diatas kertas cakram, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam sampai muncul daerah hambatan. Pengukuran zona hambatan dilakukan dengan mengukur diameter daerah jernih disekitar cakram kertas dengan menggunakan jangka sorong.

Pembuatan sampo (Soetjipto, 2010)

Empat koma delapan gram natrium klorida dilarutkan dalam 10 ml aquades, diambil setengah bagian dan dimasukkan dalam 14,4 gram sodium lauryl sulfat diaduk sampai homogen. Dua

koma empat mili *coco amido propyl betaine*, 2,4 gram *pearl concentrate* dan 0,3 gram nipagin ditambahkan kedalamnya sambil terus diaduk sampai homogen. Dilanjutkan dengan penambahan 0,048 gram asam karboksilat dalam 6 ml aquades dan 0,036 *ethylene diamine tetra acetic acid* (EDTA) dalam 24 ml air. Enam puluh mili liter air beserta sisa larutan garam dimasukkan perlahan sambil terus diaduk sampai cairan mengental, selanjutnya larutan ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) ditambahkan, kemudian diaduk sampai homogen.

Pengukuran Kestabilan Busa (Ratnawulan, 2009)

Dibuat larutan sampo 1% dalam air suling, kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur 100ml bertutup, dan dikocok selama 20 detik dengan cara membalikkan gelas ukur secara beraturan sebanyak 20 kali. Diukur tinggi busa yang terbentuk, kemudian setelah 5 menit diamati kembali dan diukur kestabilan tinggi busanya.

Pengujian Standar Mutu Sampo Menurut SNI (1992)

➤ **Penentuan Kadar Surfaktan Anionik menurut SNI (2005)**

Seratus mili liter sampel dimasukkan ke dalam corong pemisah 250 mL, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator fenoltalin dan larutan NaOH 1N tetes demi tetes ke dalam contoh uji sampai timbul warna merah muda, setelah itu warna dihilangkan dengan menambahkan H₂SO₄ 1N tetes demi tetes.

Tahap selanjutnya ditambahkan larutan biru metilen dengan konsentrasi 30mg/L sebanyak 25 mL dalam corong pisah. Tambahkan juga 10 mL kloroform, dibiarkan hingga terjadi pemisahan fasa. Lapisan bawah dipisahkan dan ditampung dalam corong pemisah yang lain. Diekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dengan menambahkan 10 mL kloroform dan fase kloroform yang terbentuk ditampung. Ekstraksi diulangi sekali lagi.

Setelah itu ditambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan kocok kuat-kuat selama 30 detik, dibiarkan terjadi pemisahan fasa. Lapisan bawah fasa kloroform dipisahkan dan ditampung, kemudian tambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air. dan kocok kuat-kuat sampai terjadi pemisahan fasa. Keluarkan lapisan bawah. Setelah itu ekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dan satukan semua fasa kloroform dalam labu ukur. Tepatkan isi labu ukur hingga tanda tera dengan kloroform. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm dan catat serapannya.

➤ **Pengukuran pH (Purwadi, 2009)**

Pengukuran pH sampel larutan sampo 10% menggunakan pH meter digital.

➤ **Pengukuran kadar air**

Ditimbang 1 gram sampel dalam cawan petri yang telah diketahui massa awalnya (triplo). Sampel dan cawan petri dipanaskan dalam oven pada suhu Oven 103-1050C selama 24 jam kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, selanjutnya sampel dipanaskan kembali selama 2 jam kemudian didinginkan dan ditimbang. Lakukan langkah tersebut sampai diperoleh berat yang konstan.

ANALISIS DATA (Steel, 1980)

Kestabilan busa dan diameter daya hambat dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok, 8 perlakuan dan 4 kali ulangan. Sebagai perlakuan adalah konsentrasi ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) dengan konsentrasi 0%; 5%; 7,5%; 10%, 12,5%; 15%; 17,5% dan 20%. Sebagai kelompok adalah waktu uji. Untuk membandingkan purata kestabilan busa serta purata diameter daya hambat antar berbagai konsentrasi ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) digunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5%.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari 1 kg daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) yang diekstrak, diperoleh ekstrak kasar berwarna hijau kecoklatan sebanyak 121,2 gram atau rendemen 12,12%. Berdasarkan uji fitokimia terhadap ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) jenis senyawa yang terdapat pada ekstrak tersebut yaitu saponin triterpenoid, tannin, polifenol dan flavonoid.

Pada uji antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) digunakan bakteri *B.subtilis* (ATCC 6051) dan *E.coli* (ATCC 00911FO), masing-masing mewakili bakteri gram negatif dan bakteri gram positif. Penggunaan kedua bakteri tersebut bertujuan untuk mengetahui daya antibakteri pada setiap konsentrasi ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*), dimana dikatakan berspektrum luas jika dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dan bakteri gram positif, berspektrum

sempit apabila hanya menghambat pertumbuhan dari salah satu bakteri tersebut (Pelezer & Chan, 1998)

Hasil uji antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) terhadap bakteri uji (*B.subtilis* ATCC 6051 dan *E. coli* ATCC 00911FO), dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagai kontrol positif digunakan tetrasiklin yang merupakan salah satu antibiotik untuk menghambat bakteri gram positif maupun gram negatif. Sebagai kontrol negatif digunakan pelarut saja tanpa ekstrak sampel. Tidak tumbuhnya bakteri disekitar cakram kertas membuktikan bahwa tidak ada sisa pelarut yang tertinggal pada cakram kertas, artinya DDH yang muncul pada sekitar cakram kertas yang ditetesi sampel ekstrak benar-benar disebabkan oleh ekstraknya bukan karena sisa pelarut.

Tabel 1. Purata diameter daya hambat ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) terhadap bakteri *B.subtilis* (ATCC 6051) dan *E. coli* (ATCC 00911FO).

Bakteri	Konsentrasi (%)							
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
<i>B.subtilis</i> (ATCC 6051)								
$\bar{X} \pm SE$	(0±0)	(6,39±0,17)	(8,34±0,15)	(9,63±0,13)	(10,17±0,16)	(11,31±0,07)	(11,69±0,12)	(12,74±0,13)
W = 0,271	a	b	c	d	e	f	g	h
<i>E. coli</i> (ATCC 00911FO)								
$\bar{X} \pm SE$	(0±0)	(6,35±0,13)	(6,75±0,11)	(7,36±0,13)	(7,85±0,13)	(8,44±0,16)	(8,76±0,13)	(9,78±0,08)
W = 0,221	a	b	c	d	e	f	g	h

Keterangan: * Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna, sebaliknya angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna.

Tabel 1. menunjukkan penambahan ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) konsentrasi 5% samapai 20% menunjukkan efek antibakteri yang terus meningkat baik terhadap bakteri *B.subtilis* (ATCC 6051) maupun *E.coli* (ATCC 00911FO). Namun demikian menurut Davis and Stout (1971), kriteria kekuatan daya antibakteri sebagai berikut : zona hambat 5 mm atau kurang dikategorikan lemah, zona hambat 5-10 mm dikategorikan sedang, zona hambat 10-20 mm dikategorikan kuat dan zona hambat 20 mm atau lebih dikategorikan sangat kuat. Maka dari itu berdasarkan kriteria tersebut, maka daya antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) terhadap bakteri *B.subtilis* (ATCC 6051) tergolong sedang pada konsentrasi 5-10% dan pada konsentrasi 12,5-20% tergolong kuat, aktivitas antibakteri pada konsentrasi 12,5% sudah menimbulkan efek kuat. Sedangkan terhadap bakteri *E. coli* (ATCC 00911FO) tergolong sedang pada konsentrasi 5-20%. Data DDH menunjukkan bahwa ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) lebih efektif menghambat pertumbuhan bakteri *B.subtilis* ATCC 6051 (gram positif) daripada bakteri *E. coli* ATCC 00911FO (gram negatif). Hal ini diduga disebabkan karena komposisi dinding sel bakteri gram positif relatif lebih tipis dari pada gram negatif. Dinding sel bakteri gram positif tersusun hanya dari dua lapisan yaitu peptidoglikan dan polisakarida yang disebut asam teikolat. Sedangkan dinding sel bakteri gram negatif tersusun dari lapisan peptidoglikan serta mengandung lipopolisakarida, fosfolipid, serta lipoprotein (Nur, 2012). Sehingga dinding sel bakteri gram negatif lebih sulit ditembus oleh sampel dibandingkan bakteri gram positif.

Hasil pengukuran kestabilan busa dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengukuran kestabilan busa mencerminkan kemampuan suatu sampo untuk menghasilkan busa, sekaligus merupakan salah satu cara untuk pengendalian mutu suatu produk sampo.

Tabel 2. Kestabilan Busa Sampo daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*)

Kestabilan busa	Konsentrasi (%)							
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
\bar{X} (%) \pm SE	(85,83 \pm 0,57)	(91,99 \pm 1,83)	(92,85 \pm 1,72)	(93,55 \pm 0,13)	(96,65 \pm 1,89)	(97,77 \pm 0,13)	(97,71 \pm 0,10)	(97,10 \pm 0,13)
W = 2.126	a	b	b	b	c	c	c	c

Keterangan: * Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan antar perlakuan tidak berbeda secara bermakna, sebaliknya angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan antar perlakuan berbeda bermakna.

Tabel 2. menunjukkan penambahan ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) 5% dan 12,5 % ke dalam sampo akan meningkatkan kestabilan busa yang dihasilkan. Sedangkan pada penambahan ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) 7,5;10;15;17,5 dan 20% tidak menunjukkan adanya peningkatan kestabilan busa. Tampaknya kestabilan busa ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) optimum pada konsentrasi 12,5%.

Dari hasil tersebut maka ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) yang tepat untuk formulasi sampo yaitu pada 12,5%. Sampo yang dihasilkan diuji sesuai dengan SNI 06-2692-1992. Pada uji pH menunjukkan pH sebesar 6,3 sesuai dengan standar yaitu berkisar 5,0-9,0. Pada uji kadar surfaktan anionik menunjukkan kadar 5,32% sesuai dengan setandar yaitu minimal 4,5 % serta pada pengukuran kadar air sebesar 8,73% juga sesuai dengan SNI 06-2692-1992 yaitu maksimal 95%.

SIMPULAN

1. Aktivitas antibakteri ekstrak daun waru lengis (*H. tiliaceus L.*) terhadap *B.subtilis* (ATCC 6051) tergolong sedang pada konsentrasi 5-10% dan pada konsentrasi 12,5-20% menunjukkan efek kuat, aktivitas antibakteri pada konsentrasi 12,5% sudah menimbulkan efek kuat, sedangkan terhadap *E. coli* (ATCC 00911FO) tergolong sedang pada konsentrasi 5-20%.
2. Kestabilan busa sampo daun waru lengis (*H.tiliaceus L.*) tertinggi pada konsentrasi 12,5% sebesar (96,65 \pm 1,89).
3. Dosis optimum penambahan ekstrak waru lengis (*H. tiliaceus L.*) dalam pembuatan sampo adalah 12,5%.
4. Sampo yang dibuat memenuhi SNI 06-2692-1992.

SARAN

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan uji organoleptik hingga diperoleh formula jadi dengan kemasan yang mampu mempertahankan kestabilan sampo.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiarti, R. (2007). *Pemanfaatan Lengkuas Merah (Alpinia p urpurata K. Schum) Sebagai Bahan Antijamur dalam Sampo*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Davis, W.W and Stout, T.R. (1971). Disc Plate Methods of Microbiological Antibiotic Assay. *Microbiology*. 22(4): 659-665.
- Faradisa, M. (2008). *Uji Efektifitas Antimikroba Senyawa Saponin Dari Tanaman Blimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi Linn)*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia Penentuan cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Herdiani, E. (2012). *Potensi Tanaman Obat Indonesia*. Lembang: Balai Besar Pelatihan Pertanian.
- Jaya, M. A. (2010). *Isolasi Dan Uji Efektivitas Antibakteri Senyawa Saponin Dari Akar Putri Malu (Mimosa Pudica)*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

-
- Kinho, J., Diah Irawati Dwi Arini, D. I., S, T., H, K., Y, K., S, S., et al. (2011). *Tumbuhan Obat Tradisional di Sulawesi Utara*. Manado: Balai Penelitian Kehutanan.
- Kristianingsih. (2005). *Isolasi dan Identifikasi Senyawa Triterpenoid dari Akar Tanaman Kedondong Laut (Polyscias Fruticosa)*. Surabaya: Universitas Brawijaya.
- Nur, Arif.(2012).Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif. Diakses pada 12 Maret 2013 dari <http://arif-worldscience.blogspot.com/2012/06/bakteri-gram-positif-dan-negatif.html>
- Pelezer, M. J., & Chan, S. (1998). *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*. Jakarta: UI-Press.
- Purwadi, A. (2009). *Sistem Keseimbangan Buffer pada Pembuatan Shampoo*. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Ratnawulan, S. (2009). *Pengembangan Ekstrak Etanol Kubis (Brassica oleracea var. Capitata l.) Asal Kabupaten Bandung Barat dalam Bentuk Sampo Antiketombe terhadap Jamur Malassezia furfur*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Rohman, A. (2011). *Formulasi dan Evaluasi Sediaan Shampoo*. Yogyakarta: Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan.
- SNI.(1992).*Shampoo*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI No. 06-2692-1992.
- SNI.(2005). *Penentuan Kadar Surfaktan Anionik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI No. -06-6989-51-2005.
- Soetjipto, H. (2010). *Petunjuk Praktikum Produk Kosmetika*. Salatiga: Universitas Kristen Satyawacana.
- Steel, R. d. (1980). *Prinsip dan Prosedur Statistika suatu Pendekatan Biometrik*. Jakarta: Gramedia.

IDENTIFIKASI ASAM LEMAK DAN PENENTUAN MASA SIMPAN BEKATUL DITINJAU DARI PENGARUH GELOMBANG MIKRO

Liem Oktaviani Putri Purnomo, A. Ign Kristijanto, dan Yohanes Martono

Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan metode stabilisasi bekatul dengan gelombang mikro dalam rangka mempertahankan kualitas asam lemak tak jenuh bekatul sebagai bahan pangan fungsional dan membandingkan umur simpan bekatul terstabilisasi dan tanpa stabilisasi menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) dengan model Arrhenius berdasarkan kandungan asam lemak bebas (FFA), serta membandingkan kandungan asam lemak bekatul antara kontrol dengan perlakuan gelombang mikro menggunakan metode Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (KG-SM). Dalam penelitian ini bekatul testabilisasi disimpan pada beberapa suhu, yaitu $\pm 25^{\circ}\text{C}$, $\pm 35^{\circ}\text{C}$, $\pm 45^{\circ}\text{C}$, dan $\pm 50^{\circ}\text{C}$ untuk mempercepat proses hidrolisis asam lemak, sedangkan bekatul tidak terstabilisasi disimpan pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$). Pengukuran FFA menggunakan metode titrimetri. Energi aktivasi, tetapan laju pembentukan FFA dan masa simpan ditentukan dengan metode regresi linear mengikuti model Arrhenius. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu ruang masa simpan bekatul terstabilisasi adalah 394,54 hari dan bekatul tidak terstabilisasi menunjukkan masa simpan 14,81 hari. Sedangkan identifikasi asam lemak bekatul terstabilisasi dan tidak terstabilisasi tidak memberikan pengaruh besar terhadap komposisi asam lemak dominan yaitu asam oleat, asam linoleat, dan asam palmitat. Sehingga stabilisasi menggunakan gelombang mikro dapat memperpanjang masa simpan bekatul tanpa merusak kandungan asam lemak dalam bekatul.

Kata Kunci: asam lemak, bekatul, gelombang mikro, masa simpan, stabilisasi

PENDAHULUAN

Bekatul mengandung lemak (minyak) sebesar 10,1-12,4%, sebagian besar merupakan asam lemak tak jenuh yang bermanfaat bagi kesehatan manusia (Damayanthi dkk., 2007). Kandungan minyak bekatul dapat memperbaiki metabolisme seperti menurunkan lemak darah (hipolipidemia) dan menurunkan resiko penyakit jantung koroner (Ardiansyah, 2006). Oleh karena itu, bekatul bisa dikembangkan menjadi pangan fungsional yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Namun, kandungan minyak dalam bekatul menjadikan bekatul memiliki sifat mudah tengik. Penyebab utama ketengikan pada bekatul adalah aktivitas enzim lipase yang menghidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas (FFA). Kemudian dilanjutkan dengan aktivitas enzim lipoksigenase yang mengkatalis proses oksidasi asam lemak tak jenuh menjadi peroksida yang menyebabkan bau tengik (Charley, 1982 dalam Swastika, 2009).

Untuk menghindari proses ketengikan selama penyimpanan, maka perlu dilakukan stabilisasi pada bekatul. Ramezanzadeh *et al.* (2000 dalam Sharif dkk., 2009) menyatakan bahwa stabilisasi bekatul dapat dilakukan pada suhu tinggi menggunakan gelombang mikro. Sementara Malekian *et al.* (2000) menyebutkan bahwa pemanasan dengan gelombang mikro pada suhu $107 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 3 menit menunjukkan kestabilan bekatul dengan peningkatan FFA 3,2%-3,9% selama 2 bulan. Sedangkan tanpa perlakuan peningkatan FFA ditunjukkan dengan angka 3,7%-26,7% selama 2 bulan. Penelitian selanjutnya didukung oleh Qinger *et al.* (2010), yang menyatakan bahwa stabilisasi dengan gelombang mikro pada suhu 120°C selama 3 menit dan 5 menit menunjukkan bekatul dapat bertahan stabil selama penyimpanan 40 hari dengan peningkatan angka FFA tidak melebihi 10%.

Selain berpengaruh terhadap masa simpan, perlakuan dengan gelombang mikro juga berpengaruh terhadap kandungan asam lemak tak jenuhnya. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan metode stabilisasi yang tepat untuk menghasilkan bekatul yang terjaga kualitas asam lemak tak jenuhnya dan tahan lama dalam penyimpanan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengaplikasikan metode stabilisasi bekatul dengan gelombang mikro dalam rangka mempertahankan kualitas asam lemak tidak jenuh bekatul sebagai bahan pangan fungsional
2. Membandingkan kandungan asam lemak bekatul antara kontrol dengan perlakuan gelombang mikro menggunakan metode Kromatografi Gas-Spektrometer Massa
3. Membandingkan umur simpan bekatul terstabilisasi dan tanpa stabilisasi menggunakan metode ASLT dengan model Arrhenius berdasarkan kandungan asam lemak bebas

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan sampel yang digunakan adalah bekatul yang diperoleh dari Pulutan, Salatiga. Bahan-bahan kimia yang digunakan diantaranya adalah akuades, NaOH (PA, Merck-Germany), etanol 96% (derajat teknis), n-heksana (derajat teknis), H₂C₂O₄.2H₂O (PA, Merck-Germany), indikator (*Phenolphthalein*), gas N₂. Sedangkan alat yang digunakan adalah *microwave oven* (Sharp Carousel, Model R-2V15, Jepang), rotary evaporator (Buchi B-480, Switzerland), neraca analitik (Mettler H-80, Germany), neraca analitik (OHAUS, Model TAJ602, USA), seperangkat alat *sokhlet*, seperangkat alat distilasi, kertas saring, seperangkat alat titrasi (buret, statif, klem), peralatan gelas, serta ayakan.

Metode

a. Stabilisasi Bekatul dengan Gelombang Mikro (Malekian et al., 2000 yang dimodifikasi)

Microwave oven (Sharp Carousel, Model R-2V15) yang beroperasi pada frekuensi 2450 MHz dan daya *output* maksimum 600 Watt dipanaskan lebih dahulu selama 3 menit pada skala *high*. Sebanyak 100 gram bekatul dengan kadar air tertentu ditempatkan dalam wadah kaca (disebar dengan ketebalan merata). Kemudian bekatul distabilisasi selama 3 menit dengan *microwave oven* pada skala *high*. Sampel yang telah dikeluarkan dari *microwave oven* kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Stabilisasi bekatul dilakukan sampai didapatkan jumlah bekatul memenuhi untuk kebutuhan penelitian selanjutnya. Bekatul dikemas dalam kantong plastik sampai analisa lebih lanjut.

b. Penentuan Masa Simpan (Septiani (2011) yang dimodifikasi)

Bekatul testabilisasi disimpan dalam kotak (60cm x 40cm x 16cm) pada kelembaban 50-60% dan diberi perlakuan suhu yang berbeda-beda, meliputi suhu ruang $\pm 25^{\circ}\text{C}$, $\pm 35^{\circ}\text{C}$, $\pm 45^{\circ}\text{C}$, dan $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Sedangkan bekatul tidak terstabilisasi disimpan pada suhu $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Bekatul diukur persen FFA setiap 4 hari sekali dan berlanjut pada waktu yang ditentukan. Masa simpan ditentukan berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai persen FFA kritis sesuai dengan orde reaksi yang ditentukan. FFA kritis dicapai pada saat nilai FFA sebesar 15%. (Godber et al., 1993 dalam Anonim, 2009)

c. Ekstraksi Minyak Bekatul (Yin and Wen (2011) yang dimodifikasi)

Sebanyak 75 gram sampel bekatul halus diekstrak dengan *sokhlet* selama 4 jam pada suhu 69°C dalam 300 ml heksana. Kemudian pelarut diuapkan hingga kering dengan *rotary evaporator* pada suhu 40°C . Sisa pelarut yang masih berada dalam minyak diuapkan dengan menggunakan gas N₂.

d. Penentuan Angka Asam Lemak Bebas/FFA (Free Fatty Acid) (Septiani (2011) yang dimodifikasi)

Sebanyak 1 gram minyak bekatul dimasukkan ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 50 ml alkohol netral yang panas dan 2 ml indikator PP. Sampel dititrasi dengan larutan 0.1 N NaOH yang telah distandarisasi dengan asam oksalat sampai warna merah muda tercapai dan tidak hilang selama 30 detik. persen FFA diperoleh dengan perhitungan berikut:

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{berat molekul asam lemak}}{\text{berat sampel} \times 1000} \times 100 \quad (1)$$

e. Identifikasi Kandungan Asam Lemak Bekatul Terstabilisasi dan Non-stabilisasi

Identifikasi kandungan asam lemak bebas pada bekatul dianalisa menggunakan Kromatografi Gas Spektrofotometer Massa Shimadzu QP2010S, di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan kondisi operasional:

Kolom : AGILENT J&W DB-5

Panjang : 30 meter x 0,25 mm

Gas Pembawa : Helium

Gradien Suhu : 70°C selama 5 menit dan $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ sampai 300°C

Pengionan : Electron Impact (EI)

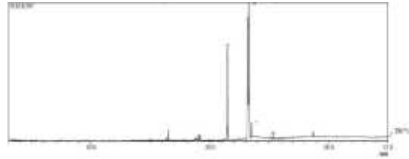
Analisa Data

Penentuan masa simpan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) dengan model Arrhenius. Data energi aktivasi, tetapan laju pembentukan % FFA dan masa simpan ditentukan dengan metode regresi linear mengikuti model Arrhenius (Septiani, 2011), sedangkan identifikasi asam lemak bekatul terstabilisasi maupun tidak terstabilisasi dianalisis secara kromatografi.

PEMBAHASAN

Identifikasi Kandungan Asam Lemak Bekatul Terstabilisasi dan Non-stabilisasi

Hasil analisis minyak bekatul tidak terstabilisasi dengan kromatografi gas disajikan pada Gambar 1.



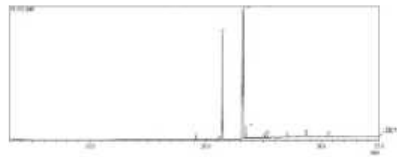
Gambar 1. Gambar Kromatogram Minyak Bekatul Tidak Terstabilisasi

Kromatogram minyak bekatul tidak terstabilisasi menunjukkan 9 puncak, namun hanya 3 puncak yang kelimpahannya cukup tinggi. Selanjutnya, hasil analisis spektrum massa kromatogram minyak bekatul tidak terstabilisasi dari ketiga puncak tersebut adalah sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Analisis Spektrum Massa Kromatogram Minyak Bekatul Tidak Terstabilisasi

Puncak	Waktu retensi	Area %	Senyawa
4	21,467	20,95	Asam heksadekanoat (Asam palmitat)
5	23,192	35,16	Asam 9,12-oktadekadienoat (Asam linoleat)
6	23,283	36,56	Asam 9-oktadekanoat (Asam oleat)

Dari Tabel 1 terlihat bahwa senyawa dengan kelimpahan tertinggi pada minyak bekatul tidak terstabilisasi adalah asam oleat sebesar 36,56%. Sedangkan hasil analisis minyak bekatul terstabilisasi dengan kromatografi gas disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Gambar Kromatogram Minyak Bekatul Terstabilisasi

Kromatogram minyak bekatul terstabilisasi (Gambar 2) menunjukkan 11 puncak, dengan 3 puncak yang kelimpahannya cukup tinggi. Hasil analisis spektrum massa kromatogram minyak bekatul terstabilisasi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Spektrum Massa Kromatogram Minyak Bekatul Terstabilisasi

Puncak	Waktu retensi	Area %	Senyawa
3	21,467	23,58	Asam heksadekanoat (Asam palmitat)
4	23,200	38,02	Asam 9,12 oktadekadienoat (Asam linoleat)
5	23,292	32,75	Asam 9-oktadekanoat (Asam oleat)

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada bekatul terstabilisasi senyawa dengan kelimpahan tertinggi adalah asam linoleat sebesar 38,02%. Spektra massa senyawa linoleat disajikan pada Gambar 3.



Sebagian besar asam lemak dalam bekatul merupakan asam lemak tak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, dan linolenat. Kandungan asam lemak tak jenuh sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia, diantaranya dapat memperbaiki metabolisme seperti menurunkan lemak darah (hipolipemia), dan menurunkan resiko penyakit jantung koroner dengan menurunkan kolesterol total dan kolesterol *Low Density Lipoprotein* (LDL) serta menaikkan kolesterol *High Density Lipoprotein* (HDL) (Ardiansyah, 2006). Secara lebih khusus, Muchtadi et al. (1993) dalam Wibisono (2009) menyebutkan bahwa asam linoleat yang lebih dikenal sebagai omega-3, berperan dalam tubuh untuk memacu otak, indera penglihatan dan fungsi kelenjar-kelenjar hormon.

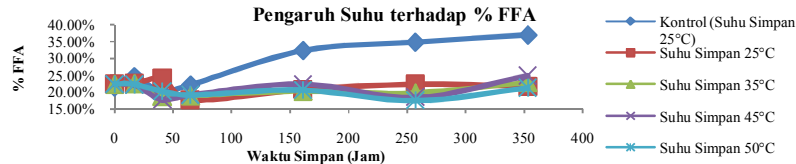
Dari hasil uji kromatografi menunjukkan bahwa perlakuan stabilisasi dengan gelombang mikro tidak menyebabkan perbedaan yang berarti. Artinya, stabilisasi bekatul dengan gelombang mikro tidak merusak kandungan asam lemak bekatul.

Stabilisasi Bekatul dengan Gelombang Mikro

Enzim lipase yang terkandung dalam lapisan testa, merupakan enzim yang mengkatalisa proses hidrolisis lemak (trigliserida) menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Proses hidrolisis dilanjutkan dengan reaksi oksidasi oleh enzim lipoksigenase yang mengkatalis oksidasi asam lemak tak jenuh dan menghasilkan senyawa peroksida dengan bantuan oksigen. Peroksida merupakan senyawa yang labil dan akan terurai menjadi senyawa rantai karbon yang lebih pendek. Senyawa karbon rantai pendek yang terbentuk meliputi asam lemak, aldehyd, dan keton. Senyawa-senyawa tersebut bertanggung jawab dalam pembentukan *off flavor* tengik minyak bekatul (Charley, (1982) dalam Swastika, 2009). Perlakuan gelombang mikro menstabilisasi bekatul dengan menginaktifkan enzim lipase menghidrolisis lemak menjadi gliserol dan asam lemak bebas sehingga tidak terjadi pembentukan senyawa peroksida oleh enzim lipoksigenase.

Penentuan Masa Simpan Bekatul Berdasarkan Angka Asam Lemak Bebas/FFA (*Free Fatty Acid*) dengan Model Arrhenius

Masa simpan bekatul ditentukan berdasarkan peningkatan % FFA selama waktu penyimpanan pada berbagai suhu (25°C, 35°C, 45°C, dan 50°C). Grafik hubungan antara waktu penyimpanan (jam) dengan kenaikan % FFA disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Gambar Hubungan % FFA Bekatul terhadap Waktu Simpan pada Beberapa Suhu

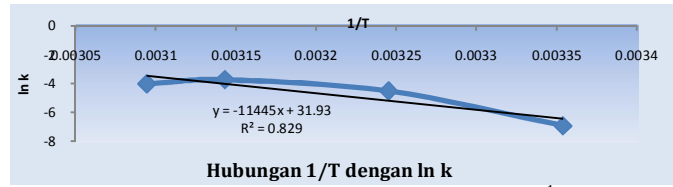
Berdasarkan linearitas kurva maka laju peningkatan % FFA pada bekatul terstabilisasi mengikuti laju orde 0. Nilai konstanta laju peningkatan % FFA diperoleh dari kemiringan kurva hubungan antara % FFA bekatul terhadap waktu simpan pada masing-masing suhu (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Konstanta Laju Peningkatan % FFA (% FFA/ jam)

	25°C	35°C	45°C	50°C
Bekatul Terstabilisasi	0,0123	0,0112	0,022	0,003
Bekatul tidak terstabilisasi	0,0422			

Dari Tabel 3 terlihat bahwa nilai laju peningkatan % FFA bekatul terstabilisasi lebih kecil dibandingkan dengan bekatul tidak terstabilisasi. Hasil ini sesuai dengan penelitian Qinger et al. (2010) dan Malekian et al. (2000) yang menyatakan bahwa perlakuan pemanasan gelombang mikro terhadap bekatul dapat memperlambat proses pembentukan asam lemak bebas (FFA).

Persamaan regresi linier menyatakan hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$ berdasarkan persamaan Arrhenius disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Gambar Hubungan Antara Suhu Penyimpanan ($1/T$ (K^{-1})) dengan $\ln k$ Bekatul Terstabilisasi

Hasil analisis regresi linear grafik antara $1/T$ dengan $\ln k$ pada bekatul terstabilisasi didapatkan persamaan garis sebagai berikut:

$$y = -11445x + 31,939 \quad (R^2 = 0,829).$$

Energi aktivasi (E_a) pada suatu proses ketengikan bahan pangan merupakan energi minimal yang diperlukan untuk membentuk senyawa hasil autooksidasi (Steele, 2004). Besarnya energi aktivasi (E_a) dapat dihitung melalui kemiringan kurva yang merupakan jumlah energi aktivasi dibagi dengan konstanta gas (E_a/R). Nilai R sebesar $8,314 \text{ J/mol K}$, sehingga besarnya energi aktivasi bekatul terstabilisasi adalah $95.153,73 \text{ KJmol}^{-1}$.

Berdasarkan laju reaksi orde 0 dan batas kritis % FFA (15% dari nilai % FFA awal), maka laju peningkatan % FFA dan masa simpan bekatul terstabilisasi maupun tidak terstabilisasi dapat ditentukan (Tabel 4).

Tabel 4. Laju Peningkatan dan Masa Simpan Bekatul Terstabilisasi dan Tidak Terstabilisasi pada Berbagai Suhu Penyimpanan

Suhu (Kelvin)	Bekatul Terstabilisasi		Bekatul Tidak Terstabilisasi	
	Laju Peningkatan % FFA (% FFA/ jam)	Masa Simpan (hari)	Laju Peningkatan % FFA (% FFA/ jam)	Masa Simpan (hari)
273,15	$4,72 \times 10^5$	13240,71		
277,15	$8,64 \times 10^5$	7232,38		
298,15	$1,58 \times 10^3$	394,54	0,0422	14,81

Tabel 4 menunjukkan bekatul terstabilisasi memiliki masa simpan yang lebih lama daripada bekatul tidak terstabilisasi. Hasil ini menunjukkan bahwa stabilisasi bekatul menggunakan gelombang mikro efektif memperpanjang masa simpan bekatul sampai 394,54 hari pada suhu penyimpanan $\pm 25^\circ\text{C}$. Sedangkan hasil penelitian Swastika (2009) menyatakan bahwa stabilisasi bekatul dengan metode pengukusan pada suhu penyimpanan 25°C mencapai 40 hari, dilihat dari angka TBA (*Thiobarbituric Acid*)^o.

SIMPULAN

1. Pemanasan menggunakan gelombang mikro adalah salah satu metode stabilisasi bekatul yang tidak merusak kandungan asam lemak dalam minyak bekatul.
2. Kandungan asam lemak bekatul tidak terstabilisasi berturut-turut adalah asam oleat (36,56%), asam linoleat (35,16%), dan asam palmitat (20,95%). Sedangkan dalam bekatul terstabilisasi berturut-turut adalah asam linoleat (38,02%), asam oleat (32,75%), dan asam palmitat (23,58%).
3. Bekatul terstabilisasi mempunyai masa simpan yang lebih lama daripada bekatul tidak terstabilisasi, yaitu dalam suhu simpan $\pm 25^\circ\text{C}$ bekatul terstabilisasi memiliki masa simpan 394,54 hari, sedangkan bekatul tidak terstabilisasi hanya mencapai 14,81 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitama, A. 2007. *Penentuan Masa Simpan Produk Kacang Polong Menggunakan Metode ASLT*. Salatiga: Fakultas Sains dan Matematika UKSW.
- Anonim. 2009. *Rice Bran on Mice*. Diunduh pada 8 Desember 2012 dari http://www.ajas.info/Editor/manuscript/upload/15_39.pdf.
- Ardiansyah. 2006. *Rice Bran Oils dan Manfaatnya Untuk Kesehatan*. Diunduh pada 25 Oktober 2012 dari <https://sites.google.com/site/homebekatulnet/bekatul-kesehatan/ricebranoilsdanmanfaatnyauntukkesehatan>.

-
- Damayanthi E., L. T. Tjing, dan L. Arbianto. 2007. *Rice Bran (Makanan sehat alami mengandung antioksidan, multivitamin, dan serat tinggi untuk penangkal penyakit degeneratif)*. Jakarta: Penebar Plus.
- Malekian, F., R. M. Rao, W. Prinyawiwatkul, W. E. Marshall, M. Windhauser, and M. Ahmedna. 2000. *Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, And Nutrient Losses in Rice Bran During Storage*. Baton Rouge, La: Louisiana State University Agricultural Center.
- Qinger H., H. Wei, Z. Yong, and C. Chongyi. 2010. *Experimental Study on The Storage of Heat-Stabilized Rice Bran. Proceedings of the 7 th International Working Conference on Stored product Protection - Volume 2*. Nanjing: Department of Food Science and Engineering.
- Septiani, M. 2011. *Pengaruh Penambahan Minyak Jahe (Zingiber officinale Roscoe) terhadap Laju Pembentukan Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Kelapa*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Sharif M.K., M.S. Butt, F.M. Anjum and H. Nawaz. 2009. *Preparation of Fiber and Mineral Enriched Defatted Rice Bran Supplemented Cookies*. Journal of Nutrition 8 (5): 571-577.
- Steele, R. 2004. *Measuring Lipid Oxidation. Understanding and Measuring The Shelf Life of Food*. USA: CRC Press.
- Swastika, N.D. 2009. *Stabilisasi Tepung Bekatul melalui Metode Pengukusan dan Pengeringan Rak serta Pendugaan Umur Simpannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wibisono, C.W. 2009. *Kajian Penentuan Kondisi Optimum Ekstraksi Minyak Dedak*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yin, F.H. and C.S. Wen. 2011. *Effect Of Microwave Heating and Refrigeration Stabilization Methods on Some Physicochemical Properties of Rice Bran Oil*. Sabah: University Malaysia.

PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG BELUT (*MONOPTERUS ALBUS Z.*) TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN DAN ASAM LEMAK TAK JENUH DARI TEMPE KEDELAI IMPOR

Lusiawati Dewi, Susanti Pudji Hastuti, dan Thio Sutejo
Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika,
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

Abstrak

Penelitian tentang Pengaruh Penambahan Tepung Belut (*Monopterus albus Z.*) terhadap Kandungan Protein dan Asam Lemak Tak Jenuh dari Tempe Kedelai Impor dilakukan dengan perlakuan konsentrasi tepung belut sebesar 0,4%, 0,8%, 1,2%, 1,6% dan 2%. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan antar perlakuan terhadap kandungan air, protein dan asam lemak tak jenuh pada tempe dengan bahan dasar kedelai impor dan menentukan konsentrasi penambahan tepung beput yang disukai oleh panelis ditinjau dari tekstur, bau, rasa dan kenampakan tempe.

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan air sekitar 57,95% - 60,63%, dengan rentangan kadar protein 18,28%-19,01% dan asam lemak tak jenuh total diperoleh sebesar 12,37-17,05%. Dari uji organoleptik dtunjukkan bahwa tepung belut sebesar 1,2% merupakan konsentrasi yang paling disukai oleh panelis.

Kata kunci: tepung belut, tempe

PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan khas Indonesia yang dibuat dengan menumbuhkan kapang *Rhizopus oryzae/ Rhizopus oligosporus* pada kedelai matang yang telah dilepaskan kulitnya (Anggraini, 2009). Tempe mempunyai ciri-ciri berwarna putih, tekstur kompak dan flavor spesifik (Dwinaningsih, 2010).

Kebanyakan pengrajin tempe suka menggunakan kedelai impor. Bila dilihat dari kandungan gizinya, kedelai impor memiliki kandungan gizi yang lebih rendah dibandingkan dengan kedelai lokal (Anonim, 2009). Alternatif untuk meningkatkan gizi tempe ini adalah dengan menambahkan bahan lain yang memiliki nilai gizi yang tinggi seperti lele, tuna, ikan gabus, salmon dan belut.

Belut (*Monopterus albus Z.*) merupakan salah satu jenis ikan konsumsi air tawar hasil perairan Indonesia. Belut belum biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Nilai protein pada belut (18,4 g/100 g daging) setara dengan protein daging sapi (18,8 g/100g), tetapi lebih tinggi dari protein telur (12,8 g/100 g) (Sulistyarini, 2007).

Dalam pembuatan tempe, belut diolah menjadi tepung terlebih dahulu sebelum ditambahkan ke dalam tempe. Adanya penambahan tepung belut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh penambahan tepung belut terhadap nilai gizi (kadar air, protein dan asam lemak tak jenuh) tempe dari kedelai impor.

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membandingkan kadar air, protein dan asam lemak tak jenuh tempe yang ditambah dengan berbagai konsentrasi tepung belut.
2. Menentukan konsentrasi penambahan tepung belut yang paling disukai panelis dari segi tekstur, aroma, rasa dan kenampakan dari tempe.

BAHAN DAN METODA

Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempe yang dibuat dari kedelai impor (100 gram) ditambah ragi (0,6 gram) dan tepung belut 0% (kontrol); 0,4%; 0,8%; 1,2%; 1,6% dan 2%.

Pembuatan Tepung Belut (Purwanto, M.I.A., 2011)

Daging belut sebanyak 0,5 kg dicuci dan dibersihkan dari durinya, dimasukkan kedalam oven dengan suhu 50°C hingga kering. Setelah kering belut dihaluskan dengan menggunakan grinder.

Pembuatan Tempe (Purwanto, M.I.A., 2011)

Sebanyak 100 gram kedelai direndam dalam air selama kurang lebih 24 jam dan dikuliti sampai bersih. Setelah itu, kedelai dikukus selama 60 menit. Setelah dingin kedelai dicampur dengan 0,6 gram ragi tempe (merk Raprima) dan tepung belut (0,4%; 0,8%; 1,2%; 1,6% dan 2%). Kedelai dibungkus dalam plastik yang dilubangi, dengan inkubasi 2 hari.

Pengukuran Kadar Air (Sudarmadji dkk, 1997)

Masing-masing sampel ditimbang sebanyak 1 gram, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100 - 105°C selama 3 – 5 jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dipanaskan lagi dalam oven selama 30 menit, didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai bobot konstan.

Pengukuran Kadar Protein Metoda Kjeldahl (Sudarmadji dkk, 1997)

Kadar protein sampel diujikan di Laboraturium Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Unika Soegijapranata Semarang dengan metode Makro Kjeldahl.

Pengukuran Bilangan Iodium (Sudarmadji dkk, 1997)

Tempe 0,5 gram ditimbang dalam erlenmeyer. Ditambahkan 10 ml kloroform dan 25 ml reagen hulb. Setelah itu dibiarkan selama 30 menit di tempat gelap dengan kadang kala digojog. Kemudian ditambahkan 10 ml KI 15% dan 50 – 100 ml akuades yang telah dididihkan dan segera dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N sampai larutan berwarna kuning pucat lalu ditambah 2 ml larutan pati, titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Larutan blanko dibuat dengan 25 ml reagen hulb ditambah dengan 10 ml KI 15% dan 50 – 100 ml akuades yang telah dididihkan dan dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N. Bilangan iodium dari sampel dihitung dengan persamaan :

$$\text{Angka iodium} = \frac{\text{ml titrasi (blanko - contoh)}}{\text{gram sampel}} \times N \text{ thio sulfat} \times 12,691$$

Uji Organoleptik (Soekarto, 1985)

Uji organoleptik dilakukan dengan uji penerimaan kesukaan terhadap tekstur, aroma, rasa dan kenampakan dari tempe dengan 15 panelis semi terlatih. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skala yaitu : skala 1 untuk sangat tidak suka, skala 2 untuk tidak suka, skala 3 untuk agak suka, skala 4 untuk suka dan skala 5 untuk sangat suka.

Analisa Data (Steel dan torie, 1989)

Data bilangan iodium yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan, 4 ulangan, sedangkan untuk kadar air dan protein dianalisa menggunakan uji T dengan 6 perlakuan, 3 ulangan. Sebagai perlakuan adalah variasi penambahan tepung belut, yaitu 0% (kontrol); 0,4%; 0,8%; 1,2%; 1,6% dan 2%, sedangkan sebagai kelompok adalah waktu analisa. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kebermaknaan 5% digunakan untuk membandingkan purata.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Kadar Air**

Dalam SNI 3144:2009 ini dijelaskan bahwa tempe mempunyai batas maksimal kadar air sebesar 65% (b/b). Hasil analisa data kadar air didapat bahwa tidak ada beda nyata untuk kadar air pada semua sampel tempe (A, B, C, D, E dan F). Hasil analisa data kadar air menunjukkan bahwa dengan Uji t pada taraf α 5% penambahan tepung belut sebesar 0,4% sampai 2% tidak mempengaruhi kadar air tempe (Tabel 1.).

Tabel 1. Kadar air tempe antar berbagai konsentrasi penambahan tepung belut

	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	F
\bar{X}	57,95	60,63	59,13	59,62	60,13	58,89
\pm SE	\pm 8,51	\pm 6,08	\pm 8,21	\pm 6,95	\pm 4,74	\pm 5,82
	a	a	a	a	a	a

Keterangan:

Huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan, huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan

- A = sampel tempe tanpa penambahan tepung belut (kontrol) D = sampel tempe + tepung belut 1,2%
 B = sampel tempe + tepung belut 0,4% E = sampel tempe + tepung belut 1,6%
 C = sampel tempe + tepung belut 0,8% F = sampel tempe + tepung belut 2,0%
 Keterangan ini juga berlaku untuk **Tabel 2 sampai dengan 7**

Protein

Protein yang merupakan salah satu makromolekul penting yang terkandung dalam tempe batasannya telah diatur oleh SNI 3144:2009, kandungan protein tempe minimal 16% (b/b). Data kandungan protein tempe dengan penambahan tepung belut ini diuji dengan menggunakan Uji t dengan α 5% (**Tabel 2.**).

Tabel 2. Kadar protein tempe antar berbagai konsentrasi penambahan tepung belut (b/k)

	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	F
\bar{X}	43,46	44,43	44,93	46,20	45,58	46,24
\pm SE	\pm 15,00	\pm 13,03	\pm 16,44	\pm 14,44	\pm 12,25	\pm 16,42
	a	a	a	a	a	a

Pengujian data kadar protein dengan metode uji t menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata untuk kadar protein dari tiap sampel tempe.

Kadar Asam Lemak Tak Jenuh (Bilangan Iodium)

Bilangan iodium merupakan pengukuran kuantitatif yang menyatakan banyaknya asam-asam lemak tak jenuh, baik dalam bentuk bebas atau dalam bentuk ester yang terdapat dalam minyak atau lemak. Semakin tinggi bilangan iodium suatu sampel menunjukkan semakin tinggi pula kandungan asam-asam lemak tak jenuhnya (Rohman A. dan Sumantri, 2007).

Tabel 3. Bilangan iodium tempe antar berbagai konsentrasi penambahan tepung belut

	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	F
\bar{X}	12,37	14,03	15,46	16,10	17,61	17,05
\pm SE	\pm 8,39	\pm 7,08	\pm 6,29	\pm 6,22	\pm 3,70	\pm 4,79
W = 1,49	a	b	c	c	d	d

Hasil analisa menunjukkan adanya beda nyata bilangan iodium antara sampel A dengan sampel B, C, D, E dan F; bilangan iodium sampel B berbeda nyata dengan sampel C, D, E dan F sedangkan bilangan iodium sampel C dan D berbeda nyata dengan sampel E dan F.

Uji Organoleptik

Hasil uji organoleptik menunjukkan sampel yang paling banyak disukai oleh panelis adalah sampel A (kontrol) dan yang paling tidak disukai oleh panelis adalah sampe F (tepung belut 2%). Penambahan tepung belut menyebabkan berubahnya respon penerimaan sampel tempe oleh panelis. Hal ini disebabkan karena tepung belut yang ditambahkan menyebabkan perubahan pada rasa, aroma, warna dan tekstur pada tempe yang dihasilkan.

Tabel 4. Nilai organoleptik dari aroma tempe

	Perlakuan					
	F	E	C	D	A	B
\bar{X}	2,27	2,6	2,93	3,13	3,27	3,73
\pm SE	\pm 0,61	\pm 0,69	\pm 0,53	\pm 0,55	\pm 0,44	\pm 0,39
W = 0,49	a	ab	bc	c	cd	d

Analisa data nilai organoleptik dari aroma tempe menunjukkan adanya beda nyata. Data organoleptik menunjukkan penambahan tepung belut pada tempe menyebabkan perubahan yang signifikan pada respon penerimaan panelis terhadap aroma tempe yang dihasilkan.

Analisa data nilai organoleptik dari aroma tempe menunjukkan adanya beda nyata. Data organoleptik menunjukkan penambahan tepung belut pada tempe menyebabkan perubahan yang signifikan pada respon penerimaan panelis terhadap aroma tempe yang dihasilkan.

Tabel 5. Nilai organoleptik dari warna tempe

	Perlakuan					
	F	E	C	B	D	A
\bar{X}	2,4	2,8	3,27	3,27	3,47	3,8
$\pm SE$	$\pm 0,66$	$\pm 0,43$	$\pm 0,41$	$\pm 0,49$	$\pm 0,61$	$\pm 0,48$
W = 0,43	a	a	b	b	bc	c

Data organoleptik dari warna tempe menunjukkan adanya beda nyata nilai organoleptik dari warna tempe untuk sampel A dengan B, C, E dan F; sampel D dengan E dan F sedangkan sampel B dan C beda nyata dengan E dan F.

Untuk tekstur, tempe dengan penambahan tepung belut memiliki nilai organoleptik lebih rendah dibandingkan dengan kontrol.

Tepung belut yang ditambahkan pada tempe memiliki aroma amis yang cukup kuat, sehingga tempe yang dihasilkan juga memiliki aroma yang sama. Aroma amis ini berpengaruh terhadap penilaian panelis terhadap tempe tersebut. Sampel tempe dengan aroma paling disukai panelis adalah sampel B (tepung belut 0,4%) sedangkan yang paling tidak di sukai adalah sampel F (tepung belut 2%).

Tabel 6. Nilai organoleptik dari tekstur tempe

	Perlakuan					
	F	E	C	D	B	A
\bar{X}	2,47	2,6	3,13	3,2	3,27	3,4
$\pm SE$	$\pm 0,59$	$\pm 0,55$	$\pm 0,41$	$\pm 0,48$	$\pm 0,49$	$\pm 0,58$
W = 0,51	a	a	b	b	b	b

Analisa data nilai organoleptik dari tekstur tempe menunjukkan adanya beda nyata nilai organoleptik untuk sampel A, B, C dan D dengan E dan F. Hasil analisa data organoleptik menunjukkan penambahan tepung belut sebesar 1,6% baru dapat menurunkan respon penerimaan dari panelis untuk tekstur dari tempe.

Untuk rasa, penambahan tepung belut pada tempe menyebabkan menurunnya tingkat kesukaan panelis pada sampel.

Tabel 7. Nilai organoleptik dari rasa tempe

	Perlakuan					
	F	D	E	C	B	A
\bar{X}	1,8	2,13	2,27	2,53	2,93	2,93
$\pm SE$	$\pm 0,43$	$\pm 0,62$	$\pm 0,53$	$\pm 0,62$	0,53	$\pm 0,57$
W = 0,54	a	a	a	b	b	b

Untuk nilai organoleptik dari rasa tempe, hasil analisa data menunjukkan adanya beda nyata nilai organoleptik dari warna tempe untuk sampel A, B dan C dengan D; E dan F. Hasil analisa data organoleptik menunjukkan penambahan tepung belut sebesar 1,2% baru dapat menurunkan respon penerimaan dari panelis untuk rasa dari tempe. Hal ini di sebabkan tepung belut yang ditambahkan cenderung berasa hambar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Tempe dengan penambahan tepung belut memiliki kadar air berkisar dari 58,89% sampai 60,63%; protein dari 17,46% sampai 19,01% dan asam lemak tak jenuh dari 5,52 sampai 7,02.
2. Tempe yang paling disukai panelis dari segi tekstur, aroma, rasa dan kenampakan adalah tempe dengan konsentrasi penambahan tepung belut 1,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N.(2009) *Solusi Alternatif Pengganti Tempe Kedelai.*
<http://blog.unila.ac.id/angjun/files/2009/09/solusi-alternatif-pengganti-tempe-kedelai.pdf>
- Anonim (2009) *Kedelai Lokal Lebih Baik Dibanding Kedelai Impor.*
<http://bukabi.wordpress.com/2009/01/27/kedelai-lokal-lebih-baik-dibanding-kedelai-impor/>
- Dwinaningsih, E.A.,(2010) *Karakteristik Kimia dan Sensori Tempe DengaVariasi Bahan Baku Kedelai/Beras dan Penambahan Angkak serta Variasi Lama Fermentasi.*
<http://eprints.uns.ac.id/210/1/170422411201010311.pdf>
- Purwanto, M.I.A., (2011) *Perubahan Nilai Gizi Tempe Berbahan Baku Kedelai (Glycine max L. Merr) var. Grobogan dengan Penambahan Tepung Belut dan Variasi Konsentrasi Usar.*
http://repository.library.uksw.edu/handle/123456789/631_30
- Rohman A. dan Sumantri (2007) *Analisis Makanan.* Yogyakarta , Gajah Mada University Press
- Soekarto, S.T.,(1985) *Penilaian Organoleptik Untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian.* Jakarta , Bharatara Aksara
- Steel, R. G. D., dan J.H. Torie. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika.*Jakarta, PT Gramedia.
- Sudarmadji, s., Haryono, B., dan Suhardi.(1997) *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian.* Yogyakarta, Liberty
- Sulistyarini, D.,(2007). *Pemanfaatan Belut (Monopterus Albus) Dalam Pembuatan Keripik.*
<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/48924/C07dsu.pdf?sequence=1>

PERBANDINGAN KADAR PROTEIN DAN AIR PADA KUE KERING YANG DISUBSTITUSI DENGAN TEPUNG TEMPE

Micky Kharisma, Lusiawati Dewi, Yohanes Martono

Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

* email: micky_kharisma@yahoo.com

ABSTRAK

Kue kering merupakan camilan yang sangat digemari masyarakat. Konsumsi kue kering terus meningkat dari tahun ke tahun sehingga kebutuhan akan bahan bakunya yaitu tepung terigu juga meningkat. Salah satu alternatif bahan pangan yang bisa digunakan untuk substitusi tepung terigu adalah tepung tempe. Kedelai Grobogan memiliki kadar protein yang lebih besar daripada kedelai impor. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kadar protein dan air pada kue kering pada berbagai konsentrasi penambahan tepung tempe (0%,10%,15%,20%,25%) dengan menggunakan bahan dasar dari kedelai lokal (Grobogan) dan kedelai impor dalam tepung terigu yang ideal. Kadar air dihitung dengan metode gravimetri, sedangkan kadar protein dihitung dengan metode Kjeldahl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air paling tinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Grobogan) 25% yaitu $7,2537\% \pm 0,28456$, sementara kadar air paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Impor) 10% yaitu $6,2265\% \pm 0,2540$. Kadar protein paling tinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Grobogan) 25% yaitu $11,5050\% \pm 0,1124$, sementara kadar protein paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Impor) 10% yaitu $8,0983\% \pm 0,0717$. Dari uji organoleptik didapatkan hasil bahwa kue kering yang paling disukai oleh panelis dalam parameter rasa adalah kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Grobogan) 10%. Sementara untuk parameter tekstur yang paling disukai adalah kue kering dengan substitusi tepung tempe (Kedelai Impor) 10%.

Kata Kunci : Kue kering, tempe, kedelai Grobogan, kedelai Impor, kadar air, kadar protein

PENDAHULUAN

Kebutuhan industri pangan berbahan baku kedelai semakin meningkat. Sebagian besar kebutuhan kedelai masih impor, oleh karena kedelai lokal belum dapat memenuhi keperluan secara nasional (Ginting, 2010). Salah satu varietas kedelai lokal yang sekarang sedang dikembangkan adalah varietas Grobogan. Kedelai lokal varietas Grobogan memiliki keunggulan yaitu bobot biji yang besar (18g/100biji), kadar protein lebih tinggi dibanding dengan kedelai impor maupun varietas Wilis yang sudah lama dibudidayakan petani, serta pengolahannya menjadi tempe memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi dibanding dengan kedelai impor (Widyanti, 2011).

Kue kering merupakan bentuk camilan yang sangat digemari masyarakat. Konsumsi kue kering terus meningkat dari tahun ke tahun. Konsumsi rata-rata per tahun pada penduduk di Jawa Tengah adalah 4,75 ons/th pada tahun 1999 dan pada tahun 2002 meningkat menjadi 20.112 ons/th. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi kue kering meningkat cukup tinggi yaitu 423.41% selama kurun waktu 3 tahun tersebut (Khasanah, 2006).

Untuk membuat kue kering, bahan utama yang digunakan adalah tepung terigu. Melihat peningkatan konsumsi masyarakat akan kue kering menunjukkan penggunaan tepung terigu yang meningkat. Untuk peningkatan nilai gizi kue kering, dapat dilakukan penambahan dan atau penggantian tepung terigu dengan jenis tepung lain, dalam hal ini adalah tepung tempe.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membandingkan kadar protein, karbohidrat dan air yang terkandung dalam kue kering pada berbagai konsentrasi penambahan tepung tempe (0%, 10%, 15%, 20%, 25%) dengan menggunakan kedelai lokal (Grobogan) dan kedelai impor dalam tepung terigu yang ideal.
2. Menentukan formulasi kue kering dengan substitusi tepung tempe yang tepat dan dapat diterima konsumen dengan uji organoleptik.

METODE PENELITIAN

Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kue kering yang disubstitusi dengan tepung tempe dengan konsentrasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Kedelai yang digunakan adalah kedelai lokal yang diperoleh dari daerah Grobogan dan kedelai impor yang diperoleh di Pasar Salatiga

Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan yaitu, asam borat, H₂SO₄(PA, E-Merck, Germany), Na₂SO₄(PA, E-Merck, Germany), NaOH (PA, E-Merck, Germany), Na₂S₂O₃.5H₂O (PA, E-Merck, Germany), HCl (PA, E-Merck, Germany), indikator metal merah-metil biru, dan akuades.

Piranti

Piranti yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, neraca analitik Acis AD 300, neraca Mettler H80, desikator, labu kjedhal dan perlengkapannya (Kjeltec 2100), tecator degistor.

Preparasi Sampel

Tempe dicuci dan dipotong kecil-kecil. Kemudian tempe dikeringkan dalam oven pada suhu ± 90°C (selama 7 jam). Tempe yang sudah kering, dihaluskan dengan grinder, kemudian disaring untuk memisahkan tepung tempe yang halus dengan pengotornya (kedelai yang sudah tidak bisa dihaluskan lagi karena terlalu keras)

Pembuatan Kue Kering

1 kuning telur, 75 gram margarin, dan 50 gram gula halus dikocok dengan menggunakan mixer hingga lembut, lalu ditambahkan 125 gram campuran tepung terigu dan tepung tempe (dengan perbandingan tertentu), kemudian ditambahkan ½ sendok teh soda kue, dan ½ sendok makan susu bubuk. Kemudian adonan itu diaduk hingga rata. Setelah itu adonan dipanggang dalam oven pada suhu 130°C selama ± 30 menit.

Pengukuran Kadar Air (Sudarmadji dkk.,1997)

Sebanyak 2 gram sampel ditimbang ke dalam cawan petri yang telah diketahui bobotnya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Setelah itu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai bobot tetap.

Pengukuran Kadar Protein Metode Kjeldhal (Sudarmadji dkk., 1997)

Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldhal, kemudian ditambahkan 10 ml H₂SO₄ pekat dan 5 gram Na₂SO₄ untuk katalisator, serta dimasukkan batu didih. Setelah itu, dipanaskan dengan Bunsen api dalam lemari asam. Pemanasan diakhiri setelah cairan menjadi jernih atau tak berwarna (destruksi). Sampel yang telah didestruksi ditambah dengan 10 ml akuades, lalu dimasukkan ke dalam alat destilat dan ditambahkan dengan 35 ml NaOH-Na₂S₂O₃. Kemudian dilakukan destilasi dengan menampung destilat dalam Erlenmeyer 100 ml yang berisi 25 ml larutan jenuh asam borat dan beberapa tetes indikator metal merah-metil biru. Destilasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna merah muda menjadi hijau. Larutan yang diperoleh dititrasi dengan HCl 0,2 M. Selanjutnya dihitung total N atau % protein sampel

$$\text{Kadar Protein} = \frac{\text{volumetitrasi}(ml)}{\text{massasampel}(g)} \times \text{faktor konversi sampel} (5,75) \times 14,008 \times M \text{ HCl}$$

Uji Organoleptik Kue Kering (Soekarto, 1985)

Uji organoleptik dilakukan dengan uji kesukaan terhadap parameter rasa dan tekstur dari kue kering dengan 20 orang panelis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 skala yaitu : skala 5 untuk sangat suka, skala 4 untuk suka, skala 3 untuk biasa, skala 2 untuk tidak suka, skala 1 untuk sangat tidak suka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Kadar Air, Kadar Protein dan Uji Organoleptik (Rasa, Tekstur) Kue Kering Dengan Berbagai Substitusi Tepung Tempe

Perlakuan Substitusi Kue Kering (%)	Purata Kadar Air (%)	Purata Kadar Protein (%)	Uji Organoleptik Kue Kering	
			Purata Rasa	Purata Tekstur
Kontrol (0%)	6,0341±0,2725	6,6056±0,0478		
Impor 10%	6,2265±0,2540	8,0983±0,0717	4,3	4,15
Impor 15%	6,2988±0,2816	9,0707±0,0525	3,35	3
Impor 20%	6,4983±0,3440	9,9398±0,0351	2,5	2,45
Impor 25%	6,5753±0,3715	11,1729±0,0525	2,45	1,95
Grobogan 10%	6,4293±0,0731	8,6887±0,0449	4,45	4
Grobogan 15%	6,5562±0,1344	9,2042±0,0783	3,95	3,25
Grobogan 20%	6,7288±0,2027	10,2646±0,0663	2,85	2,35
Grobogan 25%	7,2537±0,2845	11,5050±0,1124	2,6	1,75

Perbandingan Kadar Air Kue Kering

Purata kadar air kue kering ($\% \pm SE$) yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Grobogan 10%, 15%, 20%, 25% dan yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Impor 10%, 15%, 20%, 25% berturut-turut adalah 6,4293 \pm 0,0731; 6,5562 \pm 0,1344; 6,7288 \pm 0,2027; 7,2537 \pm 0,2845; 6,2265 \pm 0,2540; 6,2988 \pm 0,2816 ; 6,4983 \pm 0,3440; 6,5753 \pm 0,3715. Sedangkan purata kadar air kue kering tanpa substitusi tepung tempe adalah 6,0341 \pm 0,2725.

Dari data tersebut bisa dilihat bahwa dengan penambahan substitusi konsentrasi tepung tempe akan meningkatkan kadar air dari kue kering tersebut. Pada kue kering yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Grobogan memiliki kadar air yang lebih besar daripada kue kering yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Impor. Kadar air tertinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (kedelai Grobogan) 25% yaitu 7,2537 \pm 0,2845 dan kadar air paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe 0% yaitu 6,0341 \pm 0,2725.

Kue kering memiliki kadar air yang cukup rendah karena pada pembuatannya kue kering perlu dipanggang dalam suhu tinggi yaitu 130°C. Kadar air berpengaruh pada tekstur kue kering. Semakin besar kadar air dari kue kering, maka kerenyahan dari kue kering tersebut akan berkurang.

Perbandingan Kadar Protein Kue Kering

Purata kadar protein kue kering ($\% \pm SE$) yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Grobogan 10%, 15%, 20%, 25% dan yang disubstitusi dengan tepung tempe dari kedelai Impor 10%, 15%, 20%, 25% berturut-turut adalah 8,6887 \pm 0,0049 ; 9,2042 \pm 0,0783 ; 10,2646 \pm 0,0063 ; 11,5050 \pm 0,1124 ; 8,0983 \pm 0,0717 ; 9,0707 \pm 0,5025; 9,9383 \pm 0,0351 ; 11,1729 \pm 0,0525. Sedangkan purata kadar protein kue kering tanpa substitusi tepung tempe adalah 6,6056 \pm 0,0478.

Kadar protein tertinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (kedelai Grobogan) 25% yaitu 11,5050 \pm 0,1124 dan kadar protein paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe 0% yaitu 6,6056 \pm 0,0478. Data kadar protein di atas menunjukkan bahwa dengan penambahan substitusi konsentrasi tepung tempe akan meningkatkan kadar protein dari kue kering tersebut. Hal ini disebabkan karena tempe memiliki kadar protein yang lebih besar daripada tepung terigu yaitu 46,5% untuk tempe dan 12,51% untuk tepung terigu (Sutomo, 2008). Hal ini disebabkan dalam fermentasi tempe menyebabkan peningkatan kadar protein, karena dalam

fermentasi kapang *Rhizopus sp.* akan mengaktivasi enzim protease yang mengakibatkan degradasi protein kedelai menjadi asam amino sehingga nitrogen terlarut meningkat dari 0,5% menjadi 2,5%.

Uji Organoleptik Kue Kering

Dari hasil uji organoleptik yang telah dilakukan untuk parameter rasa, kue kering yang paling disukai dan masih dapat diterima oleh masyarakat adalah kue kering dengan konsentrasi penambahan tepung tempe (kedelai Grobogan) 10%-15%. Untuk parameter tekstur, kue kering yang paling disukai dan masih dapat diterima oleh masyarakat adalah kue kering dengan konsentrasi penambahan tepung tempe (kedelai Impor) 10%. Hal ini disebabkan kadar air kue kering dengan substitusi tepung tempe menggunakan kedelai impor lebih kecil dibandingkan kadar air kue kering dengan substitusi tepung tempe menggunakan kedelai Grobogan yang menyebabkan tingkat kerenyahannya lebih tinggi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kue kering dengan substitusi tepung tempe yang menggunakan kedelai Grobogan memiliki kadar air dan protein yang lebih besar dari pada kue kering dengan substitusi tepung tempe menggunakan kedelai Impor. Penambahan substitusi konsentrasi tepung tempe akan meningkatkan kadar air dan protein dari kue kering yang dihasilkan. Semakin besar substitusi konsentrasi tepung tempe pada kue kering maka semakin besar pula kadar air dan kadar protein yang didapatkan. Kadar air tertinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (kedelai Grobogan) 25% yaitu $7,2537 \pm 0,2845$ dan kadar air paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe 0% yaitu $6,0341 \pm 0,2725$. Kadar protein tertinggi terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe (kedelai Grobogan) 25% yaitu $11,5050 \pm 0,1124$ dan kadar protein paling rendah terdapat pada kue kering dengan substitusi tepung tempe 0% yaitu $6,6056 \pm 0,0478$. Dari uji organoleptik didapatkan hasil bahwa panelis lebih menyukai rasa kue kering dengan konsentrasi substitusi tepung tempe 10%-15% untuk kedelai Grobogan. Sedangkan untuk parameter tekstur, panelis lebih menyukai kue kering dengan konsentrasi substitusi tepung tempe 10% untuk kedelai impor.

DAFTAR RUJUKAN

- [1]Ginting, Erliana.(2010). *Petunjuk Teknis Produk Olahan Kedelai (Materi Pelatihan Agribisnis bagi KMPH)*. Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Malang.
- [2]Khasanah. S, (2006). *Pengaruh Substitusi Pollar Biji Gandum dan Jumlah Penggunaan Kacang Tanah Terhadap Kualitas Organoleptik, Kandungan Protein dan Kandungan Serat Pada Kue Bangket*, Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- [3]Soekarto., & Soewarno T. (1985). *Penilaian Organoleptik Untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Jakarta: Bharatara Karya Aksara.
- [4]Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty
- [5]Sutomo, B., (2008). Tempe-Kaya Protein & Mencegah Anemia. <http://budiboga.blogspot.com/2008/06/tempe-kaya-protein-mencegah-anemia.html>.
- [6]Widyanti, Anita Dwi. (2011). Pengaruh Jenis Kedelai (*Glycine max* L. Merr) Grobogan dan Impor Terhadap Nilai Gizi Tempe. Skripsi Progdii Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana.

**PENGARUH PERENDAMAN KEDELAI DENGAN EKSTRAK DAUN BELUNTAS
(*PLUCHEA INDICA L.*) PADA FERMENTASI TEMPE DITINJAU DARI AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN, KADAR FENOLIK TOTAL DAN ORGANOLEPTIK**

Panawidha Magatra, Lusiawati Dewi, dan Lydia Ninan Lestario

*Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika,
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman kedelai dengan ekstrak daun beluntas pada berbagai konsentrasi (0 %, 1,5 %, 3%, 4,5% dan 6%) terhadap aktivitas antioksidan, kadar fenolik total dan uji organoleptik pada proses pembuatan tempe serta menentukan IC₅₀ aktivitas antioksidan ekstrak daun beluntas.

Daun beluntas mengandung senyawa aktif, berupa alkaloid, flavonoid, tannin, serta minyak atsiri. Flavonoid mempunyai aktivitas sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah penyakit degeneratif. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian mengenai pengaruh perendaman ekstrak daun beluntas dengan berbagai konsentrasi terhadap aktivitas antioksidan, kandungan fenolik total dan uji organoleptik pada tempe.

Kedelai yang digunakan adalah kedelai impor yang diperoleh dari pasar kota Salatiga, daun beluntas diperoleh dari kota Blora yang dikering-anginkan sebelum dipakai untuk penelitian. Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH, pengukuran kadar fenolik total dilakukan dengan metode Folin Ciocalteau dan uji organoleptik dilakukan dengan 30 orang panelis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh pada tempe dengan perendaman ekstrak daun beluntas 4,5 % yaitu $90,96\% \pm 1,81$ sedangkan aktivitas antioksidan tempe yang tidak direndam ekstrak daun beluntas hanya $63,07\% \pm 4,65$, kadar fenolik total tertinggi diperoleh pada tempe dengan perendaman ekstrak daun beluntas 6% yaitu $340,80 \text{ mg}/100\text{g} \pm 40,33$ sedangkan kadar fenolik tempe yang tidak direndam ekstrak beluntas hanya $129 \text{ mg}/100 \text{ g} \pm 24,31$ sedang IC₅₀ dari ekstrak daun beluntas adalah $0,15\text{g}/100\text{mL}$ aquades. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa kenampakan, aroma, tekstur dan rasa tempe yang tidak ditambah ekstrak daun beluntas lebih disukai dengan nilai 3,96 (dari skala 5) namun dari berbagai tempe yang direndam dengan berbagai konsentrasi ekstrak daun beluntas, panelis memilih tempe yang direndam dengan ekstrak daun beluntas 1,5% sebagai yang paling disukai dengan nilai 3,14 (dari skala 5).

Kata kunci: Tempe, Daun Beluntas (*Pluchea indica L.*), Aktivitas Antioksidan, Fenolik

PENDAHULUAN

Saat ini, pola konsumsi masyarakat Indonesia terutama masyarakat menengah ke atas berubah menjadi pola makan *fast food*, yang cenderung tinggi kadar gula dan lemak jenuh, tetapi rendah serat dan zat gizi mikro (Khomsan, dkk. 2004). Perubahan selera makan yang jauh dari menu seimbang akan berdampak negatif terhadap kesehatan dan status gizi (Baliwati,2004). Oleh karena itu, alternatif lain untuk mengurangi masalah tersebut yaitu meningkatkan potensi zat yang berdampak positif bagi tubuh manusia pada bahan pangan itu sendiri salah satunya antioksidan. Sejauh ini tanaman obat tradisional telah lama digunakan oleh manusia, tetapi pemanfaatan tanaman obat tradisional secara keseluruhan belum optimal, salah satu tanaman herbal yang telah dimanfaatkan oleh manusia adalah beluntas (*Pluchea indica Less*).

Tanaman beluntas dahulu sering digunakan sebagai tanaman pagar di halaman rumah penduduk. Beluntas (*Pluchea indica Less*) merupakan tanaman herba famili *Asteraceae* yang telah dimanfaatkan sebagai pangan (lalapan) dan sediaan obat bahan alam. Tumbuh liar di daerah kering di tanah yang keras dan berbatu. Memerlukan cukup cahaya matahari atau sedikit naungan. Banyak ditemukan di daerah pantai dekat laut sampai ketinggian 1.000 m dpl (Ardiansyah,2003). Daun beluntas mengandung alkaloid (0,316%), tanin (2,351%) dan flavonoid (4,18%) serta minyak atsiri

(Dalimartha, 1999). Bagi tubuh, flavonoid berfungsi sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah penyakit degeneratif. Walaupun tanaman beluntas telah dikenal masyarakat sejak lama tetapi belum ada yang memanfaatkan sebagai zat peningkat daya antioksidan pada suatu bahan makanan.

Salah satu makanan yang juga dikenal oleh masyarakat Indonesia sejak lama yaitu tempe yang merupakan makanan dari hasil fermentasi antara kedelai dengan jamur *Rhizopus oligosporus*. Tempe selain protein nabati, asam lemak, serat, vitamin, mineral yang baik untuk tubuh, tempe juga mempunyai daya antioksidan (Anonim, 1991). Melihat potensi yang ada pada tempe kedelai, terobosan baru dalam peningkatan daya antioksidan pada tempe yaitu perendaman kedelai dengan ekstrak daun beluntas pada proses pembuatan tempe. Berdasarkan hal di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah menentukan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik total pada tempe yang ditambah ekstrak daun beluntas dengan berbagai konsentrasi (0%, 1,5 %, 3%, 4,5% dan 6%) serta uji organoleptik (kesukaan).

METODE PENELITIAN

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Kedelai impor yang didapat dari Pasar Salatiga, Jawa Tengah
- Daun beluntas dari Kota Blora, Jawa Tengah
- Ragi (Raprima, buatan LIPI)

Bahan Kimia

Etanol (E- Merck, Germany) ; 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (*DPPH*) (Sigma, USA) ; Asam galat (Sigma, USA), Aseton (E-Merck, Germany) , Reagen Follin-Ciocalteu (E-Merck, Germany); Na₂CO₃ (E-Merck, Germany), akuades

Piranti

Alat yang digunakan adalah neraca dua desimal (Acis AD 300), neraca 4 desimal (Mettler, H-80) , Drying Cabinet dan Spektrofotometer UV-Vis (Optizen, 2120 UV), enkas, piranti gelas, kertas saring, termometer air (0- 100⁰C), philius.

Pembuatan Ekstrak Daun Beluntas (Eko Susetyarini, 2009, termodifikasi)

Daun beluntas di keringkan, kemudian digrinder sampai halus (menjadi serbuk) lalu diekstraksi masing – masing konsentrasinya sebagai berikut :

Ekstrak daun beluntas 1,5 %

11,25 gram bubuk beluntas dimaserasi dengan air 750mL suhu 80°C selama 120 menit kemudian filtratnya dipakai untuk merendam kedelai selama 24 jam

Ekstrak daun beluntas 3%

22,5 gram bubuk beluntas dimaserasi dengan air 750mL suhu 80°C selama 120 menit kemudian air filtratnya dipakai untuk merendam kedelai selama 24 jam

Ekstrak daun beluntas 4,5%

33,75 gram bubuk beluntas dimaserasi dengan air 750mL suhu 80°C selama 120 menit kemudian air filtratnya dipakai untuk merendam kedelai selama 24 jam

Ekstrak Daun Beluntas 6%

45 gram bubuk beluntas dimaserasi dengan air 750mL suhu 80°C selama 120 menit kemudian air filtratnya dipakai untuk merendam kedelai selama 24 jam

Pembuatan Tempe (Santoso, 1993) dimodifikasi dengan perendaman ekstrak daun beluntas

Sebanyak 100 g kedelai disortir, dicuci dengan air bersih kemudian direbus selama 45 menit. Setelah direbus, dilakukan pengupasan kulit ari kedelai dan kedelai dicuci lagi. Setelah itu, kedelai direndam ekstrak daun beluntas dengan masing – masing konsentrasi 0%, 1,5%, 3%,4,5 % dan 6 % selama 24 jam. Selanjutnya, dilakukan perebusan yang kedua selama 15 menit kemudian kedelai ditiriskan dan dikeringkan sambil dibolak – balik di drying cabinet. Kedelai kemudian diinokulasi dengan 4 gram ragi tempe buatan LIPI (merek Raprima) serta dibungkus plastik yang diberi lubang –

lubang kecil (2 lubang/ cm²) dengan tusuk gigi dan penginkubasian dilakukan pada suhu kamar selama 2 hari (48 jam).

Preparasi Sampel

Tempe kedelai dengan perendaman ekstrak daun beluntas yang sudah jadi dihaluskan dengan mortar dan alu, kemudian tempe yang telah halus tersebut menjadi sampel yang akan diuji aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik totalnya.

Pengukuran Aktivitas Antioksidan metode DPPH (Burda dan Oleszek, 2001)

Sampel yang akan diukur ditimbang 10 gram, dimaserasi dalam erlenmeyer dengan etanol 90% selama 2 jam, selanjutnya disaring ke dalam labu ukur 100 mL, ditepatkan dengan pelarut yang sama. Kemudian 1 mL filtrat dimasukkan ke dalam tabung reaksi, tambah dengan 2 mL DPPH 0,2 mM. Dibuat juga kontrol yaitu sampel diganti dengan pelarut sampel. Diamkan selama 30 menit, ukur absorbansinya pada $\lambda = 517$ nm, Aktivitas Antioksidan dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ Penghambatan} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% . \text{ Dengan } A_0 = \text{Absorbansi kontrol, } A = \text{Absorbansi sampel}$$

Penentuan Kadar Fenolik Total (Povilaityte dan Venskutonis, 2000)

Sampel yang akan diukur ditimbang sebanyak 10 gram, dimasukkan ke dalam labu ukur 100mL yang telah berisi aseton:air (7:3), kocok sampai homogen dan disaring. 1 mL filtrat ditambah 2 mL larutan Folin Ciocalteu yang sudah diencerkan dengan akuades (1:10) ditambah 2,5 mL 7,5% Na₂CO₃ dalam akuades dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Diamkan selama 30 menit, lalu diukur absorbansinya pada $\lambda = 765$ nm. Digunakan asam galat sebagai standar

Pembuatan larutan standar asam galat

Ditimbang 10 mg asam galat, dimasukkan labu ukur 100mL, tepatkan dengan akuades. Dibuat deret standar: 1mL larutan asam galat + 9 mL aquades, 2 mL larutan asam galat + 8 mL aquades dan seterusnya hingga 10 mL larutan asam galat. Masing – masing diambil 1 mL filtrat ditambah 2 mL larutan Folin Ciocalteu yang sudah diencerkan 1:10 dan ditambah 2,5 mL 7,5 %Na₂CO₃. Diamkan 30 menit, kemudian ukur absorbansinya pada $\lambda = 765$ nm.

Uji Organoleptik (Soewarno T. Soekarto, 1985)

Uji organoleptik dilakukan terhadap parameter kenampakan, aroma, rasa dan tekstur dari tempe dengan 30 orang panelis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skor, 1= sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka dan 5=sangat suka

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi

Metode ekstraksi daun beluntas yang digunakan adalah metode maserasi, karena cara ini merupakan metode yang mudah dilakukan dan menggunakan alat-alat sederhana, cukup dengan merendam sampel dalam pelarut. Pelarut yang digunakan adalah air bersuhu 80°C, menggunakan pelarut air karena aman bila ditambahkan pada proses pembuatan tempe.

Aktivitas Antioksidan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Aktivitas Antioksidan Tempe

	AKTIVITAS ANTIOKSIDAN				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
X ±SE	63,07±4,65	82,02±5,53	86,81±4,51	90,96±1,81	89,58±1,82
(%)					
W=5,38	(a)	(b)	(b)	(bc)	(bc)

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan, terlihat bahwa tempe dengan konsentrasi ekstrak daun beluntas 0%; 1, 5%; 3% dan 4,5% mengalami peningkatan berturut – turut yaitu 63,07± 4,65; 82,02± 5,53; 86,81± 4,51; 90,96± 1,81 namun pada konsentrasi 6% mengalami penurunan daya

penghambatan oksidasi yaitu $89,58 \pm 1,82$. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun beluntas pada proses pembuatan tempe saat perendaman kedelai berpengaruh dalam meningkatkan daya aktivitas antioksidannya namun belum tentu semakin banyak ekstrak daun beluntas, daya antioksidan akan makin terus meningkat tetapi dapat menurun karena bisa menjadi prooksidan.

Kandungan Fenolik Total

Tabel 2. Hasil Pengukuran Fenolik Total Tempe

	FENOLIK TOTAL				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
$\bar{X} \pm SE$ (mg/100g)	129,00±24,31	194,80±20,94	223,20±31,35	291,00±36,99	340,80±40,33
W=34,59	(a)	(b)	(b)	(c)	(d)

Hasil pengukuran kandungan fenolik total, terlihat bahwa tempe dengan konsentrasi ekstrak daun beluntas 0%; 1, 5%; 3% ; 4,5% dan 6% selalu mengalami peningkatan yaitu $129,00 \pm 24,31$; $194,80 \pm 20,94$; $223,20 \pm 31,35$; $291,00 \pm 36,99$ dan $340,80 \pm 40,33$ mg/100g. Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa penambahan ekstrak daun beluntas pada proses perendaman kedelai saat proses pembuatan tempe terbukti meningkatkan kadar fenolik total pada tempe.

Uji Organoleptik

Tabel 3. Hasil Uji Organoleptik Kenampakan Tempe

	KENAMPAKAN				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
$\bar{X} \pm SE$	3,97±0,16*	2,57±0,15	1,97±0,11	1,87±0,11	1,63±0,13
W=0,419	(c)	(b)	(a)	(a)	(a)

*) Dari segi kenampakan, tempe dengan tidak adanya ekstrak daun beluntas paling disukai sebab semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun beluntas, warna tempe semakin gelap, adanya beda nyata skor kesukaan pada tempe dengan ekstrak daun beluntas 0%, 1,5% dan 3% juga menunjukkan ketidaksukaan panelis.

Tabel 4. Hasil Uji Organoleptik Aroma Tempe

	AROMA				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
$\bar{X} \pm SE$	4,03 ±0,18*	3,50 ±0,16	3,17 ±0,14	2,83 ±0,17	2,57 ±0,16
W=0,550	(b)	(b)	(ab)	(a)	(a)

*) Dari segi aroma, tempe dengan tidak adanya ekstrak daun beluntas paling disukai sebab aroma wangi dari daun beluntas masih dirasa asing bagi panelis, namun dari berbagai tempe dengan ekstrak daun beluntas, panelis memilih tempe dengan ekstrak daun beluntas 1,5% sebagai yang paling disukai dan tidak adanya beda nyata pada skor kesukaan tempe dengan ekstrak daun beluntas 0% dan 1,5% menunjukkan tempe dengan ekstrak daun beluntas 1,5% tetap disukai panelis.

Tabel 5. Hasil Uji Organoleptik Tekstur Tempe

	TEKSTUR				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
$\bar{X} \pm SE$	3,97±0,11*	3,27±0,16	3,27±0,16	3,47±0,16	3,17±0,17
W=0,552	(ab)	(a)	(a)	(a)	(a)

Dari segi tekstur, tempe dengan tidak adanya ekstrak daun beluntas paling disukai, namun tempe dengan adanya ekstrak daun beluntas tetap disukai panelis, hal ini ditunjukkan tidak adanya beda nyata yang terlalu signifikan pada skor kesukaan. Diantara tempe ekstrak daun beluntas panelis memilih tempe dengan ekstrak daun beluntas 4,5% sebagai yang paling disukai

Tabel 6. Hasil Uji Organoleptik Rasa Tempe

	RASA				
	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
$\bar{X} \pm SE$	3,70±0,21*	3,27±0,17	3,10±0,14	3,13±0,16	2,50±0,18
W=0,591	(bc)	(b)	(b)	(b)	(a)

*) Dari segi rasa, tempe dengan tidak adanya ekstrak daun beluntas paling disukai sebab adanya ekstrak daun beluntas menimbulkan rasa sedikit pahit, namun tempe dengan adanya ekstrak daun beluntas 1,5%, 3% dan 4,5% tetap disukai panelis, hal ini ditunjukkan tidak adanya beda nyata yang terlalu signifikan pada skor kesukaan. Diantara tempe ekstrak daun beluntas panelis memilih tempe dengan ekstrak daun beluntas 1,5% sebagai yang paling disukai.

KESIMPULAN

1. Daya penghambatan oksidasi tertinggi pada penelitian ini ditunjukkan pada tempe dengan perendaman ekstrak beluntas 4,5 % yaitu $90,98\% \pm 1,81$.
2. Kandungan fenolik total tertinggi pada penelitian ini ditunjukkan pada tempe dengan perendaman ekstrak daun beluntas 6% yaitu $340,80 \pm 40,33$ mg/100g
3. Kenampakan, aroma, tekstur dan rasa secara keseluruhan yang paling disukai adalah tempe tanpa ekstrak daun beluntas yaitu 3,92 (dari skala 5) namun dari antara tempe dengan ekstrak daun beluntas, yang paling disukai adalah tempe ekstrak daun beluntas 1,5% yaitu 3,15 (dari skala 5)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1991). *Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia*. Depkes RI Dir. Bin.Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi
- Ardiansyah, Nuraida L dan Andarwulan N. (2003). *Aktivitas antimikroba daun beluntas (Pluchea indica Less) dan stabilitas aktivitasnya pada berbagai konsentrasi garam dan tingkat pH*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 14(2) : 90-97.
- Baliwati, Y. F. (2004). *Pengantar Pangan dan Gizi*, Cetakan I. Jakarta: Penerbit. Swadaya. Hal.89.
- (Burda, S. and W. Oleszek. 2001). *Antioxidants and Antiradical Activities of Flavanoids*. *J. Agric. Food Chem.* 49: 2774-2779
- Dalimartha, S. (1999). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Jakarta : Trubus Agriwidya
- Khomsan, Ali, Baliwati YF., Dwiriani C Meti. (2004). *Pengantar Pangan dan Gizi*. Jakarta : Penerbit Swadaya,

-
- Kurniawati Titik. (2005). *Pengaruh Penambahan Ekstrak Bonggol Nanas (Ananas comosus L. Mer) Terhadap Percepatan Fermentasi, Kandungan Protein dan Organoleptik Tempe Kedelai (Glycine max L.)* Malang: FKIP Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah.
- Povilaityte and Venskutonis. (2000). *Antioxidative Activity of Purple Peril (Perillafrutescens L.), Moldavian Dragonhead (Dracocephalum moldavica L.), and Roman Chamomile (Anthemis nobilis L.) Extracts in Rapeseed Oil*. Department of Food Technology, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, LT-3028
- Santoso, H.B. (1993). *Pembuatan Tempe dan Tahu Kedelai : Bahan Makanan Bergizi Tinggi*. Yogyakarta : Kanisius,
- Soekarto, Soewarno T . (1985). Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. Yogyakarta : Liberty.
- Susetyarini, Eko., (2009). *Karakteristik Dan Kandungan Senyawa Aktif Daun Beluntas (Pluchea indica)* Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus: 3A (107–110)

PEMANFAATAN LIMBAH JERUK TERSAPONIFIKASI BENTUK Na UNTUK ADSORPSI LOGAM Zn(II)

Puji Kurniawati^[1], Sri Juari Santosa^[2], Sri Sudiono^[3] dan Iwing Vinisyanti^[4]

^[1]Jurusan D3 Kimia Analis, FMIPA, Universitas Islam Indonesia

^[2,3]Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada

^[4]Mahasiswa S2 Ilmu Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Selulosa dan pektin sering digunakan sebagai material untuk adsorpsi logam karena memiliki gugus hidroksil pada struktur selulosa dan gugus karboksil pada struktur pektin yang dapat berfungsi sebagai *binding side* terhadap ion logam target. Limbah jeruk kaya akan selulosa dan pektin sehingga dapat digunakan sebagai material yang lebih ekonomis dibandingkan dengan selulosa dan pektin murni. Limbah jeruk dimodifikasi dengan reaksi penyabunan menggunakan larutan NaOH sehingga terbentuk *saponified orange waste* bentuk Na (SOW-Na). Sintesis SOW-Na dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH pada limbah jeruk sampai pH larutan sebesar 12,5. Karakterisasi pembentukan SOW-Na dilakukan dengan spektrofotometri inframerah (FTIR). Adsorpsi Zn(II) pada SOW-Na optimum pada pH medium 6 dan mengikuti pseudo orde dua dengan konstanta laju adsorpsi sebesar $1,02 \cdot 10^{-3} \text{ mM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Adsorpsi logam Zn(II) dengan SOW-Na mengikuti isotherm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 45,94 mg/g. Dalam larutan biner Zn(II) – Pb(II) kemampuan SOW-Na dalam mengadsorpsi Zn(II) menurun secara signifikan sedangkan dalam larutan biner Zn(II) – Cd(II) kemampuan kedua adsorben dalam mengadsorpsi Zn(II) tidak terpengaruh secara signifikan.

Kata kunci : adsorpsi, Zn(II), limbah jeruk, saponifikasi

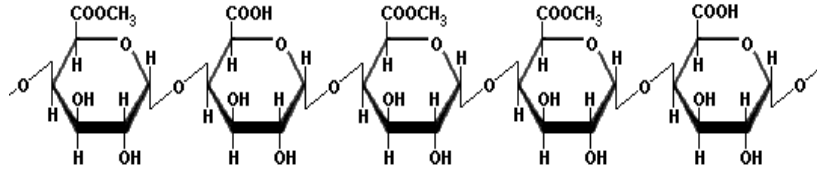
I. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor pertanian tidak dipungkiri menimbulkan dampak negatif dengan dihasilkannya limbah pertanian dalam jumlah besar. Salah satu cara pemanfaatan limbah pertanian yaitu dengan cara diolah menjadi makanan ternak karena kaya akan nutrisi dan dimanfaatkan dalam industri kimia karena mengandung senyawa-senyawa tertentu. Konsumsi jeruk jenis *Citrus nobilis* var. *microcarpa* yang sering dikenal dengan jeruk siam di Indonesia yang tinggi menyebabkan tersedianya limbah jeruk yang bisa dikembangkan menjadi produk-produk lain, salah satunya sebagai material adsorben

Limbah jeruk mengandung selulosa, hemiselulosa, pektin dan senyawa-senyawa lain yang jumlahnya kecil (Bampidis dan Robinson, 2006). Jumlah total pektin yang terdapat dalam jeruk sangat fluktuatif tergantung pada musim tanam dan jumlahnya meningkat seiring dengan kematangan buah (Baldwin, 1993). Limbah jeruk kering jenis *Duncan grapefruit* mengandung 29,7–31,2% pektin (Rouse dan Crandall, 1976), *Florida citrus* mengandung 8-10% selulosa dan 15-25% pektin (Grohmann *et al.*, 1995) sedangkan kulit jeruk mengandung 9,21% selulosa dan 42,5% pektin (Oluremi *et al.*, 2007). Kandungan struktur karbohidrat berupa selulosa dan pektin yang cukup tinggi dalam limbah jeruk menyebabkan limbah jeruk dapat dikembangkan sebagai material adsorben yang lebih ekonomis dibandingkan dengan selulosa dan pektin murni. Untuk meningkatkan efektifitas mengadsorpsi ion logam, gugus alkoksi pada selulosa dan gugus karboksil pada pektin diaktifkan dengan reaksi penyabunan menggunakan NaOH membentuk *saponified orange waste* bentuk Na (SOW-Na).

Senyawa pektin banyak digunakan oleh industri makanan, kosmetik dan lain-lain karena sifatnya yang tidak beracun dan dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam-logam berat seperti Pb, Cu dan Zn (Yano dan Inoue, 1997). Pektin juga sering disebut sebagai bahan pengental (*gelling agent*). Oleh karena pemanfaatan pektin murni sebagai materi adsorben tidak ekonomis, maka digunakan hasil pertanian yang kaya akan pektin sebagai sumber pektin. Menurut Ridley *et al.* (2001), hasil pertanian yang kaya akan pektin antara lain jeruk, apel, tomat, tebu dan pisang, jaringan kultur tumbuhan seperti wortel, bayam dan mawar serta sebagian kecil terdapat pada alga hijau dan lumut.

Pektin memiliki gugus asam karboksilat dan gugus ester. Gugus asam karboksilat mudah terdeprotonasi menjadi $-\text{COO}^-$ yang dapat mengikat ion-ion logam target. Akan tetapi, gugus ester sulit melepas gugus metil menjadi $-\text{COO}^-$. Pektin akan lebih efektif untuk mengadsorpsi ion-ion logam target jika dimodifikasi. Pektin akan mengalami deprotonasi jika ditambahkan ion Ca^{2+} atau K^+ sehingga ion logam target mudah diadsorpsi dengan metode pertukaran ion dengan ion Ca^{2+} atau K^+ (Schiwer dan Patil, 2007).



Gambar 1. Struktur Senyawa Pektin (Ridley *et al.*, 2001)

II. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan pada percobaan ini adalah limbah jeruk *Citrus nobilis var. microcarpa* yang sering digunakan untuk membuat minuman dan dikumpulkan dari rumah-rumah makan di wilayah Sleman, Yogyakarta. Bahan-bahan lain yang digunakan adalah akuades (Laboratorium Kimia Dasar UGM), NaOH (Merck), HCl 37% (Merck), HNO₃ (Merck), Zn(NO₃)₂·6H₂O (Merck), CdSO₄·2H₂O (Merck), Pb(NO₃)₂ (Merck), Na₂CO₃ (Merck), Na₂B₄O₇ (Merck), larutan buffer 4 dan 7 (HEPES) dan kertas saring Whatman 42 (Whatman).

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas (Herma dan Pirex), alat-alat plastik, lumpang, mortal, buret (Pirex), *blender* (Miyako), pengaduk magnetik (Barnstead Thermolyne Cimarec 2 S46725), timbangan analitik (D-Scale AND GR-200), pompa vakum (Sigma-Aldrich Buchi Var-V 500 Z526819), oven (Heraeus B5050), ayakan (Retsch AS 200 Basic), pH-meter (Horiba pH meter F-52), mikropipet (Transferring pipette single channel), *shaker* dan *magnetic stirrer* (SPI). Alat-alat analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah spektroskopi serapan atom (GBC AAS 932 AA) dan spektroskopi inframerah (Shimadzu FTIR-Prestige 21).

Sintesis SOW-Na

Seratus gram limbah jeruk dihaluskan dengan *blender* dalam keadaan basah ditambahkan dengan 1000 mL larutan NaOH sampai pH larutan 12,5. Gel hasil reaksi penyabunan diaduk menggunakan *stirrer* selama 24 jam pada temperatur ruang. Suspensi hasil penyabunan dicuci dengan akuades dengan cara didekantasi sampai pH netral. Gel dikeringkan dengan oven membentuk *saponified orange waste* dengan NaOH (SOW-Na). SOW-Na yang sudah kering digerus menjadi bentuk serbuk dan diayak dengan ayakan 200 *mesh*. SOW-Na yang sudah homogen dikarakterisasi dengan menggunakan spektrometri inframerah (FTIR).

Pengaruh variasi pH

Larutan Zn(II) dengan konsentrasi awal yang sama dibuat dengan pH larutan divariasi 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan menambahkan larutan HNO₃ 0,01 M atau NaOH 0,01 M. Sebanyak 20 mL larutan Zn(II) pada berbagai pH tersebut dikontakkan dengan 50 mg SOW-Na. Campuran digojog menggunakan *shaker* selama 24 jam pada temperatur ruang. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42. Konsentrasi Zn(II) yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektroskopi serapan atom (SSA).

Pengaruh variasi waktu kontak

SOW-Na sebanyak 50 mg, dikontakkan dengan 20 mL larutan Zn(II) 75 ppm pada pH optimum. Campuran digojog menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 5, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 300 dan 360 menit. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42. Konsentrasi Zn(II) yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektroskopi serapan atom (SSA).

Pengaruh variasi konsentrasi

Sebanyak 50 mg SOW-Na dikontakkan dengan larutan Zn(II) dengan konsentrasi 15, 30, 45, 75, 200 dan 400 ppm yang dibuat pada pH optimum. Campuran digojog dengan *shaker* selama waktu

optimum kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman 42. Konsentrasi Zn(II) yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektroskopi serapan atom (SSA).

Pengaruh ion Pb(II) dan Cd(II)

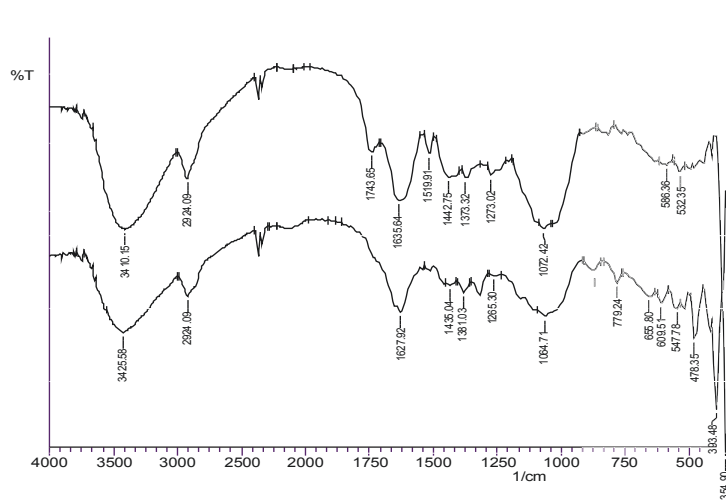
Sebanyak 20 mL campuran larutan Zn(II)-Pb(II) dan Zn(II)-Cd(II) dengan variasi perbandingan mol 9:1, 7:3, 5:5, 3:7 dan 1:9 pada pH optimum dikontakkan dengan 50 mg SOW-Na. Campuran digojog menggunakan *shaker* selama waktu kontak optimum kemudian disaring untuk memperoleh filtratnya. Konsentrasi Zn(II), Pb(II) dan Cd(II) yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektroskopi serapan atom (SSA).

III. HASIL DAN DISKUSI

Karakterisasi SOW-Na

Penambahan NaOH tidak hanya berfungsi sebagai fasilitator reaksi penyabunan pada struktur gugus aktif pada permukaan adsorben, tetapi juga berfungsi untuk menghilangkan pigmen klorofil dan senyawa-senyawa lain yang ada pada limbah jeruk. Reaksi penyabunan dengan NaOH diharapkan akan menyebabkan gugus metil pada struktur ester dan H⁺ pada struktur asam karboksilat senyawa pektin akan lepas sehingga ion Na⁺ akan tercetak pada struktur pektin. Pelepasan gugus metil dari ester dan hidrogen dari asam karboksilat membutuhkan kondisi lingkungan basa yang kuat sehingga reaksi penyabunan dapat berlangsung optimum.

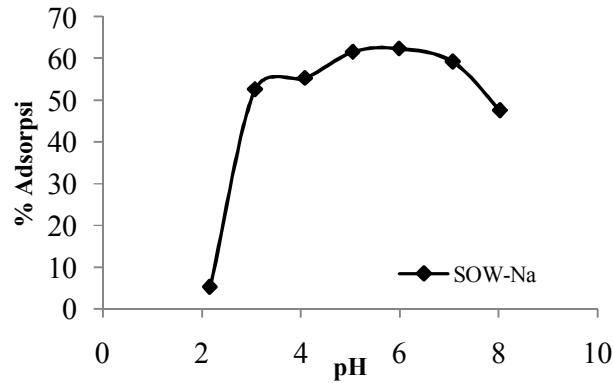
Hasil analisis FTIR pada Gambar 2 menunjukkan bahwa intensitas gugus hidroksil (-OH) dan gugus metil (-CH₃) menurun setelah reaksi penyabunan dengan menggunakan larutan NaOH. Puncak pada daerah serapan 1743 cm⁻¹ yang karakteristik terhadap gugus karbonil (-C=O) ester pada jeruk murni hilang setelah penyabunan dengan NaOH. Hal tersebut menunjukkan bahwa ion Na⁺ telah berikatan dengan gugus karboksil pada struktur pektin. Akan tetapi, tidak bisa dibuktikan bahwa ion Na⁺ bisa menggantikan H⁺ pada gugus alkohol selulosa. Ion Na⁺ akan terikat pada gugus karboksil (-COO⁻) menggantikan gugus metil (-CH₃) dan H⁺ pada struktur pektin.



Gambar 2. Spektra Inframerah (A) Jeruk Murni dan (B) SOW-Na

Pengaruh pH

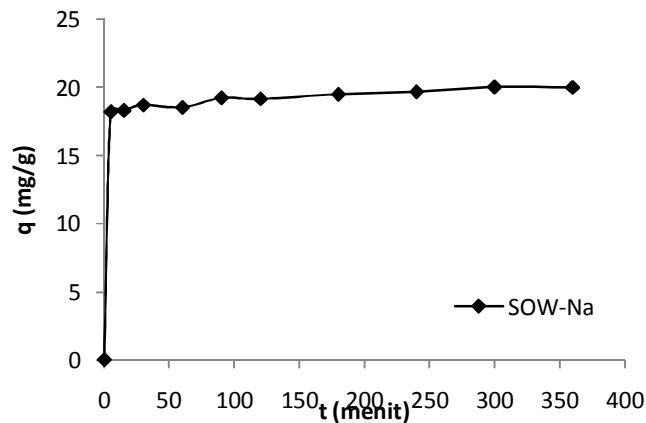
Adsorpsi Zn(II) mengalami peningkatan pada pH medium 2 sampai 6 dan kapasitasnya menurun pada pH > 7. Pada pH 2 jumlah H⁺ yang ada di medium sangat banyak sehingga ion Na⁺ yang tercetak dalam adsorben lebih mudah mengalami pertukaran ion dengan H⁺ dibandingkan dengan Zn(II). Adsorpsi Zn(II) oleh SOW-Na dan SOW-Ca akan menurun pada pH > 7 karena Zn(II) akan mulai mengendap menjadi Zn(OH)₂ mulai pH 7. Kemampuan adsorpsi Zn(II) pada pH 6 oleh SOW-Na adalah 63,75%.



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Zn(II) dengan SOW-Na

Pengaruh Waktu Kontak

Pengaruh waktu kontak adsorpsi logam Zn(II) dengan SOW-Na efektif pada 30 menit pertama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu kontak menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi Zn(II) oleh SOW-Na dan mencapai kesetimbangan pada waktu kontak 300 menit.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Zn(II) dengan SOW-Na

Hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan model kinetika adsorpsi dengan menggunakan model reaksi orde 1, orde 2, pseudo orde 1 dan pseudo orde 2. Persamaan model kinetika dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Model Kinetika Adsorpsi

Model	Persamaan	Persamaan linear	Plot Grafik
Orde 1	$-\frac{d[C]}{dt} = k[C]$	$\ln C_e = -K_1 t + \ln C_o$	$\ln \frac{C_o}{C_e}$ vs t
Orde 2	$-\frac{d[C]}{dt} = k[C]^2$	$\frac{1}{C_e} = k_2 t + \frac{1}{C_o}$	$\frac{1}{C_e}$ vs t
Pseudo orde 1	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)$	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_3}{2,303} t$	$\log(q_e - q_t)$ vs t
Pseudo orde 2	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2$	$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_4 q_e^2}$	$\frac{t}{q_t}$ vs t

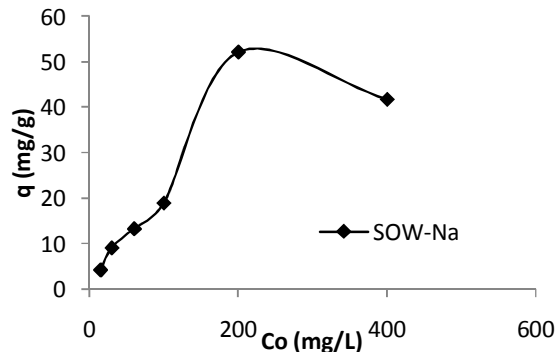
Data pada Tabel 2 menyatakan bahwa model kinetika reaksi pseudo orde 2 lebih cocok untuk menggambarkan kinetika adsorpsi Zn(II) oleh SOW-Na. Model kinetika reaksi menunjukkan bahwa laju adsorpsi setara dengan kuadrat konsentrasi ion logam divalen yang diekspresikan dengan $(q_e - q_t)^2$ pada persamaan pseudo orde 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Model Kinetika Adsorpsi

Model Kinetika		k	R ²
Orde 1	min ⁻¹	4,22·10 ⁻⁴	0,918
Orde 2	mM ⁻¹ min ⁻¹	9,36·10 ⁻⁴	0,927
Pseudo orde 1	min ⁻¹	6,86·10 ⁻³	0,953
Pseudo orde 2	mM ⁻¹ min ⁻¹	1,02·10 ⁻³	0,999

Pengaruh Variasi Konsentrasi

Hasil pengaruh variasi konsentrasi Zn(II) terhadap daya adsorpsi SOW-Na dapat dilihat pada Gambar 4. Kajian isoterm menggunakan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich seperti pada Tabel 3.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap Adsorpsi Zn(II) dengan SOW-Na

Tabel 3. Persamaan Isoterm

Isoterm	Persamaan nonlinear	Persamaan linear	Plot grafik
Langmuir	$q_e = \frac{q_{maks} K_L C_e}{1 + (K_L C_e)}$	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_{maks}} + \frac{C_e}{q_{maks}}$	$\frac{C_e}{q_e}$ vs C_e
Freundlich	$q_e = K_F (C_e)^{1/n}$	$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$	$\log q_e$ vs $\log C_e$

Dimana C_e adalah konsentrasi pada kesetimbangan, q_e adalah jumlah zat yang teradsorpsi dan q_{maks} adalah kapasitas adsorpsi, K_L adalah tetapan kesetimbangan Langmuir, K_F adalah konstanta energi ikat yang menunjukkan afinitas atau kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat dan n adalah konstanta Freundlich. Penentuan K_F dan K_L dapat ditentukan dari persamaan linear, dimana $K_L = 1/(\text{intersep} \times q_{maks})$ dan $q_{maks} = 1/\text{slope}$ pada persamaan linear Langmuir serta $K_F = \exp(\text{intersep})$ dan $1/n = \text{slope}$ pada persamaan linear isotherm Freundlich. Hasil kajian isotherm pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Isoterm

Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
K_L (L/mol)	q_{maks} (mg/g)	R ²	K_F (mg/g)	n	R ²
2691,58	45,938	0,977	1137,76	1,90	0,841

Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat dinyatakan bahwa adsorpsi logam Zn(II) oleh SOW-Na sesuai dengan kajian isoterm Langmuir yang ditandai dengan koefisien korelasi pada persamaan linear model Langmuir lebih besar dibandingkan dengan model Freundlich. Hal tersebut menyatakan bahwa adsorpsi Zn(II) dengan SOW-Na menunjukkan bahwa molekul adsorbat tidak berinteraksi satu dengan lainnya, semua adsorpsi berlangsung dengan mekanisme yang sama dan adsorpsi hanya berlangsung monolapis. Adsorpsi Zn(II) dengan SOW-Na memiliki ΔE sebesar 19,70 KJ/mol.

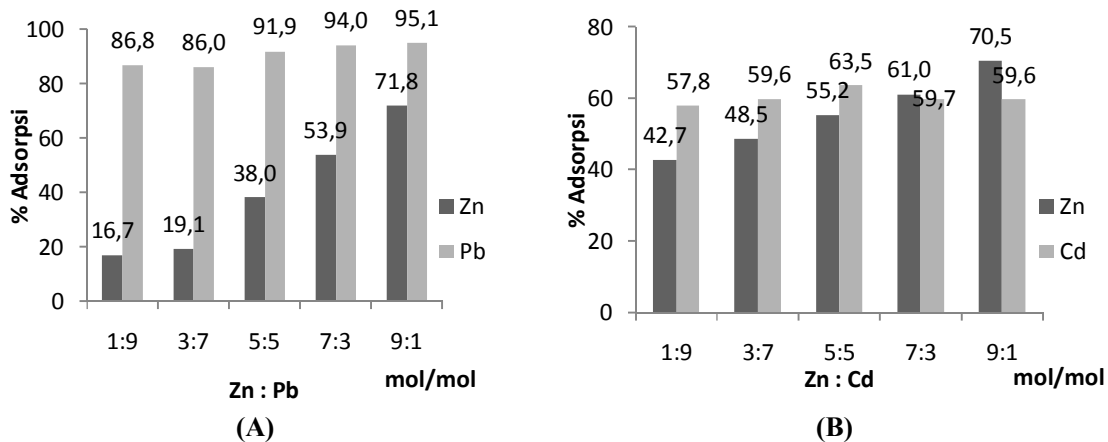
Adsorpsi Zn(II) pada Larutan Biner Zn(II) – Pb(II) dan Zn(II) – Cd(II)

Limbah cair yang dihasilkan dari hasil kegiatan pertambangan ataupun pelapisan logam biasanya mengandung beberapa jenis logam. Pada tabel periodik unsur, logam Zn berada dalam satu golongan dengan logam Cd. Logam Zn dan Cd memiliki kemiripan sifat karena berada dalam satu golongan. Sifat-sifat logam Zn, Cd dan Pb dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Logam Zn(II), Pb(II) dan Cd(II)

Logam	Konfigurasi elektron	Jari-jari ion (pm)	Jari-jari hidrasi (pm)	Elektro-negativitas (Pauling)	Entalpi hidrasi (KJ/mol)
Zn ²⁺	[Ar]3d ¹⁰ a	88 ^b	430 ^c	1,65 ^b	-2044 ^b
Cd ²⁺	[Kr]4d ¹⁰ a	109 ^b	426 ^c	1,69 ^b	-1806 ^b
Pb ²⁺	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² a	133 ^b	401 ^c	2,33 ^b	-1480 ^b

^aGreenwood dan Earnshaw (1984); ^bWulfsberg (1987) dalam Minceva *et al.* (2007); ^cNightingale Jr. (1959) dalam Minceva *et al.* (2007)

**Gambar 6. Adsorpsi Zn(II) pada Larutan Biner (A) Zn - Pb; (B) Zn - Cd**

Jika konsentrasi Pb(II) dalam larutan biner Zn(II) – Pb(II) kecil, pengaruhnya terhadap adsorpsi Zn(II) dengan menggunakan SOW-Na cukup kecil. Akan tetapi, jika konsentrasi Pb(II) dalam larutan biner Zn(II) – Pb(II) cukup besar maka adsorpsi Zn(II) dengan menggunakan SOW-Na menurun secara signifikan. Jari-jari Pb(II) > Zn(II) sehingga pelarutan Zn(II) akan melepas lebih banyak energi hidrasi dibandingkan dengan Pb(II) karena Zn(II) dikelilingi lebih banyak molekul air dibandingkan oleh Pb(II). Dalam pelarut air, jari-jari hidrasi Pb(II) < Zn(II) sehingga Pb(II)_{aq} lebih mudah berikatan dengan gugus aktif di permukaan adsorben dibandingkan dengan Zn(II)_{aq} karena banyak molekul air yang mengelilingi Zn(II). Hal tersebut ditunjang dengan elektronegativitas Pb(II) > Zn(II) sehingga lebih kuat berikatan dengan anion gugus aktif pada permukaan adsorben dengan mekanisme *ion exchange*. Oleh karena itu, keberadaan Pb(II) dalam larutan biner Zn(II) – Pb(II) akan menurunkan kemampuan adsorpsi SOW-Na terhadap Zn(II) secara signifikan.

Logam Cd(II) mempengaruhi adsorpsi Zn(II) dengan adsorben SOW-Na dengan menurunkan kemampuan adsorpsi Zn(II). Akan tetapi, pengaruh Cd(II) tidak sebesar pengaruh Pb(II) dalam menurunkan kemampuan adsorpsi Zn(II). Jari-jari ion Cd(II) > Zn(II) tetapi jari-jari hidrasi Cd(II) tidak jauh berbeda dengan Zn(II) sehingga kompetisi antara Zn(II) dan Cd(II) untuk berikatan dengan gugus aktif pada permukaan adsorben tidak sebesar kompetisi antara Zn(II) dan Pb(II). Akan tetapi, Zn(II) melepaskan lebih banyak energi hidrasi dibandingkan Cd(II) yang ditunjang dengan elektronegativitas Cd(II) > Zn(II) sehingga Cd(II) lebih mudah berikatan dengan gugus-gugus aktif di permukaan adsorben. Larutan biner Zn(II) – Cd(II) menyebabkan kemampuan SOW-Na dalam adsorpsi Zn(II) tidak terpengaruh secara signifikan dengan keberadaan Cd(II).

IV. KESIMPULAN

Sintesis SOW-Na efektif terjadi pada pH basa dengan penambahan NaOH sampai pH 12,5 melalui reaksi penyabunan. Ion Zn(II) dapat diadsorpsi dengan SOW-Na melalui mekanisme *ion exchange* dengan *binding side* pada permukaan adsorben berupa gugus karboksilik dari senyawa pektin yang banyak terkandung pada limbah jeruk. Adsorpsi Zn(II) efektif terjadi pada pH medium 6

yang ditandai dengan persen adsorpsi tertinggi, yaitu 74,89% untuk SOW-Na. Keberadaan ion logam lain berpengaruh terhadap kemampuan SOW-Na dalam mengadsorpsi Zn(II). Perlu dikembangkan lagi aktivasi terhadap *binding side* adsorben agar lebih efektif dalam mengadsorpsi ion target.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, E. A. (1993). Citrus Fruit. In G. B. Seymour, J. E. Taylor, dan G. A. Tucker, *Biochemistry of Fruit Ripening* (pp. 107-149). London: Chapman & Hall.
- Bampidis, V. A., dan Robinson, P. H. (2006). Citrus by-product Ruminants Feeds : A Review. *Animal Feed Sci. Technol*, 128 , 175-217.
- Das, N., Vimala, N., dan Karthika, P. (2008). Biosorption of Heavy Metals : An Overview. *Indian J. Biotechnol*, 7 , 159-169.
- Greenwood, N. N. and Earnshaw, A. (1984). *Chemistry of the Elements* (pp. 1201-1226), London, England: Butterworth-Heinemann.
- Grohmann, K., Cameron, R. G., dan Buslig, B. S. (1995). Fractination and Pretreatment of Orange Peel by Dilute Acid Hydrolysis. *Bioresour. Technol.*, 54(2) , 129-141.
- Hubbe, M. A., Hasan, S. H., dan Ducoste, J. J. (2011). Cellulosic Substances for Removal of Pollutants from Aqueous Solution : A Review Metals. *Bio. Resouces*, 6(2) , 2161-2287.
- Minceva, M., Markovska, L. dan Meshko, V., 2007, Removal of Zn²⁺, Cd²⁺ and Pb²⁺ from Binary Aqueous Solution by Natural Zeolite and Granulated Activated Carbon, *Maced. J. Chem. Chem. Eng*, 26(2), 125-134.
- Oluremi, O. I., Andrew, I. A., dan Ngi, J. (2007). Evaluation of the Nutritive Potential of the Peels of Some Citrus Fruit Varieties as Feeding Stuffs in Livestock Production. *J. Pakistan of Nutri.*, 6 , 653-656.
- Ridley, B. L., O'Neill, M. A., dan Mohnen, D. (2001). Pectins : Structure, Biosynthesis and Oligogalacturonide Related Signaling. *Phytochemical*, 57 , 929-967.
- Rouse, A. H., dan Crandall, P. G. (1976). Nitric Acid Extraction of Pectin from Citrus Peel . *Proc. Fla. Soc.*, 89 , 166-168.
- Schiwer, N., dan Patil, S. B. (2007). Pectin-rich Fruit Wastes as Biosorbent for Heavy Metal Removal : Equilibrium and Kinetics, *Bioresour. Thechnol.*, 99, 1896-1903.
- Yano, M., dan Inoue, K. (1997). Adsorption of Metal Ions on Alginic Amide, Pectic Acid Amide, Crosslinked Pectic Acid and Crosslinked Alginic Acid. *Anal. Sci*, 13 , 359-350.

PENGOLAHAN LIMBAH ZAT WARNA INDUSTRI BATIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA KOMPOSIT KARBON (C-PVC)

Riyanto*

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta 55584, email: riyanto.uii.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengolahan limbah zat warna dari industri batik dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda komposit karbon (C-PVC). Elektroda komposit karbon dibuat dengan mencampurkan serbuk karbon sebanyak 95% dan 5% PVC dan pelarut tetrahidrofur (THF), diaduk sampai homogen dengan total berat 1,5 g, kemudian serbuk ditekan dengan kekuatan 10 ton/cm² dan dihasilkan pellet dengan diameter 1 cm dan tebal 1,5 mm. Pellet dikarakterisasi dengan menggunakan SEM. Pellet yang diperoleh digunakan sebagai elektroda (anoda dan katoda) untuk elektrolisis limbah zat warna batik. Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan limbah batik berwarna biru sebanyak 50 mL ditambah dengan NaCl, dengan potensial tetap. Hasil karakterisasi dengan SEM menunjukkan peran PVC sebagai perekat untuk meningkatkan kekuatan elektroda dan konduktivitas. Hasil elektrolisis bahwa semakin tinggi potensial dan semakin lama elektrolisis maka semakin banyak limbah batik yang terdegradasi. Spektra dari spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa pada elektrolisis dengan potensial 5,2 V dan waktu 240 menit tidak ada puncak pada daerah 400-800 nm, tetapi muncul puncak baru pada daerah UV. Puncak tersebut diperkirakan senyawa hasil pecahan zat warna dari limbah membentuk klorobenzena atau turunan benzena.

Kata kunci: zat warna, batik, elektrolisis, komposit karbon (C-PVC)

PENDAHULUAN

Industri batik dan tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan (Atmaji, dkk. 1999). Limbah industri batik yang dibuang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak besar bagi masyarakat sekitar terutama dalam segi kesehatan dan kebersihan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Beberapa peneliti juga pernah melakukan penelitian, salah satunya yaitu adsorpsi metilen biru dengan menggunakan karbon aktif (Yasin, 2004), adsorpsi limbah zat warna tekstil jenis Celadon Red X5B menggunakan tanah alofan teraktivasi NaOH, adsorpsi zat warna tekstil jenis Remazol Yellow FG pada limbah batik menggunakan enceng gondok teraktivasi NaOH (Aryunani, 2003).

Selain itu, pengolahan secara biologi juga banyak dilakukan. Salah satunya yaitu dengan menggunakan tanaman bakau sebagai bahan pengadsorpsi limbah. Namun beberapa proses pengolahan limbah tekstil di atas banyak kelemahannya yaitu memerlukan bahan kimia yang mahal, memerlukan proses pemisahan bahan kimia dengan air limbah serta menghasilkan limbah baru yang berasal dari sisa bahan kimia yang telah digunakan. Proses pengolahan dengan bahan kimia tidak ramah terhadap lingkungan. Proses biologi memerlukan teknologi yang sangat rumit dan proses ini tidak tahan terhadap konsentrasi zat warna dalam limbah sangat pekat, karena mikroba akan keracunan. Kelemahan pengolahan dengan cara fisika memerlukan biaya yang mahal untuk prosesnya.

Metode elektrolisis sering digunakan dalam mengolah limbah tekstil adalah metode elektrooksidasi. Metode ini merupakan metode yang efektif, selektif, ekonomis, bebas polutan dan sangat sesuai untuk senyawa-senyawa organik. Hasil akhir adalah air dan gas karbon dioksida (Polcaro et al., 1999). Teknik elektrolisis tidak memerlukan bahan pengoksidasi dan juga katalis, karena

elektroda (kutub positif) dapat berfungsi sebagai tempat oksidasi dan pada waktu yang sama dapat berfungsi sebagai katalis. Beberapa peneliti telah menerapkan metode elektrokimia untuk mengolah limbah batik atau limbah zat warna seperti degradasi metilen biru (Panizza et al. 2007) dan degradasi limbah tekstil (Malpass et al. 2007 dan 2008). Keberhasilan metode elektrokimia sangat ditentukan oleh jenis elektroda. Vlyssides et al. (1999) telah melakukan elektrodegradasi limbah tekstil dengan elektroda Pt/Ti. Penggunaan elektroda karbon untuk elektrodegradasi limbah tekstil telah dilakukan oleh Shen et al. (2001); Duan et al. (2003); Golub et al. (1987); Charette et al. (1991) dan Lin and Teng (2003). Cho et al. (2010). Untuk meningkatkan kemampuan elektrokatalitik dan kekuatan mekanik (*mechanical strength*) perlu dilakukan modifikasi elektroda karbon seperti dilakukan oleh Shen et al. (2008) dan Sanchez et al. (2013) memodifikasi elektroda karbon dengan epoksi. Selain itu jenis elektrolit dan konsentrasi sangat berpengaruh dalam degradasi limbah zat warna. Elektrolit yang sering digunakan adalah NaCl dan KCl (Cho et al. 2010).

Pada makalah ini disampaikan modifikasi elektroda karbon dengan menggunakan PVC sebagai pengikat. Elektroda karbon-PVC atau dinamakan C-PVC mempunyai porositas yang baik dan ketahanan yang baik. Karbon berpori (*porous carbons*) banyak digunakan sebagai adsorben, katalis pendukung, bahan elektronik karena mempunyai luas area yang tinggi dan volume pori yang besar (Shen et al. 2008). Struktur pada karbon berpori sangat penting untuk menghasilkan densitas energi atau tenaga yang besar. Elektroda karbon dengan luas area permukaan tinggi akan menghasilkan kapasitan besar (*large capacitance*) karena terbentuk formasi *double layer* di permukaan elektroda. Karakteristik elektroda yang baik yaitu mempunyai sifat konduktifitas listrik yang baik, konduktifitas termal yang baik, kekuatan mekanik yang baik dan kemurnian bahan tinggi.

METODE PENELITIAN

Preparasi elektroda C-PVC

Elektroda C-PVC dibuat dengan mencampurkan 95% Karbon (Aldrich) dengan kemurnian 99,99% dengan 5% polivinil klorida (PVC) (Aldrich) dengan pelarut tetrahidrofuran (THF). Campuran diaduk selama 1 jam sampai homogen, kemudian dipres dengan tekanan 10 ton/cm², kemudian dibuat elektroda yang dinamakan elektroda C-PVC. Berat total elektroda C-PVC adalah 1,5 gram. Pembuatan elektroda dilakukan dengan menghubungkan material C-PVC dengan kawat perak (Ag) dengan tabung kaca dan untuk mendapatkan hubungan yang bersifat konduktor digunakan silver conductive paint dan kemudian ditutup dengan epoksi. Elektroda C-PVC dianalisis dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Elektrolisis limbah batik

Elektrolisis limbah batik dilakukan dengan mengambil limbah batik berwarna biru (belum bercampur dengan limbah lain) dari salah satu industri batik di Yogyakarta berwarna biru dan hijau (belum bercampur dengan limbah lain). pH limbah batik diukur dengan pH meter yaitu antara 5-6 dan suhunya 28,5°C. Limbah batik diencerkan 20x karena terlalu pekat sebelum dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Limbah batik berwarna biru diambil sebanyak 50 mL dimasukkan dalam sel elektrolisis, kemudian elektroda kerja (C-PVC) dan elektroda pembanding (C-PVC) dimasukkan dalam limbah batik berwarna biru. Elektrolisis dijalankan dengan menggunakan variasi tegangan, waktu elektrolisis, serta konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Limbah batik berwarna biru yang sudah dielektrolisis diambil dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis Hitachi U-2010.

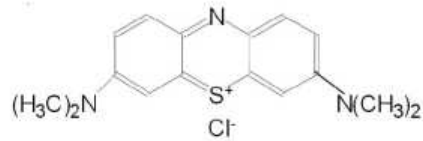
Analisis kekuatan mekanik (*mechanical strength*) elektroda C-PVC

Untuk mengetahui kekuatan mekanik elektroda C-PVC dilakukan dengan analisis gravimetri. Setelah elektrolisis selesai dijalankan larutannya diambil dan disaring. Padatan yang dihasilkan ditimbang dan dibandingkan dengan berat endapat sebelum elektrolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

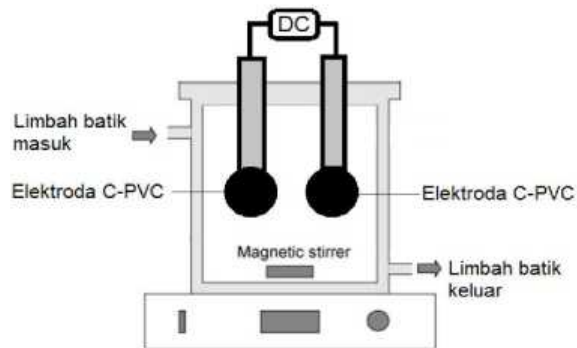
Limbah batik yang digunakan memiliki pola spektra mirip dengan metilen biru. Metilen biru adalah senyawa kimia heterosiklik aromatik dengan rumus molekul C₁₆H₁₈N₃SCl. Metilen biru memiliki banyak kegunaan dalam berbagai bidang yang berbeda, seperti biologi dan kimia. Pada suhu kamar senyawa itu tidak berbau, gelap bubuk hijau, yang menghasilkan biru ketika dilarutkan dalam

air. Bentuk terhidrasi memiliki 3 molekul air per molekul metilen biru. Metilen biru merupakan pewarna organik biru terang milik keluarga fenotiazin. Hal ini terutama digunakan pada kulit pohon (serat nabati lunak seperti goni, rami), juga pewarna sutera dan wol. Struktur molekul metilen biru ditunjukkan pada Gambar 1.



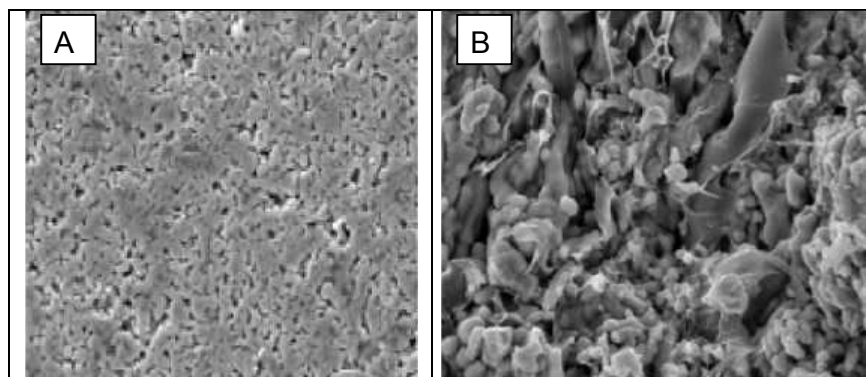
Gambar 1. Struktur molekul metilen biru

Susunan alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua elektroda yaitu katoda dan anoda menggunakan elektroda C-PVC. Karena reaksi non spontan maka diperlukan arus listrik dari luar yaitu arus DC dengan potensial tetap. Sel elektrolisis juga dilengkapi dengan magnetic stirrer atau pengaduk magnet. Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



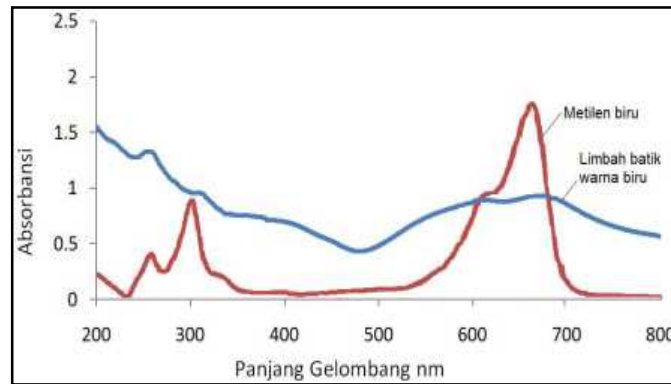
Gambar 2. Rangkaian alat elektrolisis limbah batik dengan elektroda C-PVC

Elektroda yang dihasilkan sebelum digunakan dikarakterisasi permukaannya dan bagian dalam atau *cross section* dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 3A. menunjukkan bagian permukaan elektroda C-PVC setelah ditekan dengan kekuatan 10 ton/cm². Sedangkan Gambar 3B merupakan bagian dalam elektroda C-PVC. Pada bagian luar elektroda terlihat lubang-lubang yang terbentuk sehingga meningkatkan porositas elektroda. Luas permukaan akan semakin besar sehingga luas kontak dengan limbah batik juga semakin besar. Bagian dalam (*cross section*) menunjukkan peran PVC dalam mengikat karbon. Peran PVC sebagai pengikat diharapkan dalam meningkatkan kekuatan mekanik dari elektroda. Elektroda tidak mengalami korosi selama digunakan untuk elektrolisis limbah batik. Elektroda berpori juga menguntungkan karena dapat meningkatkan densitas arus dan sifat konduktifitas elektroda.

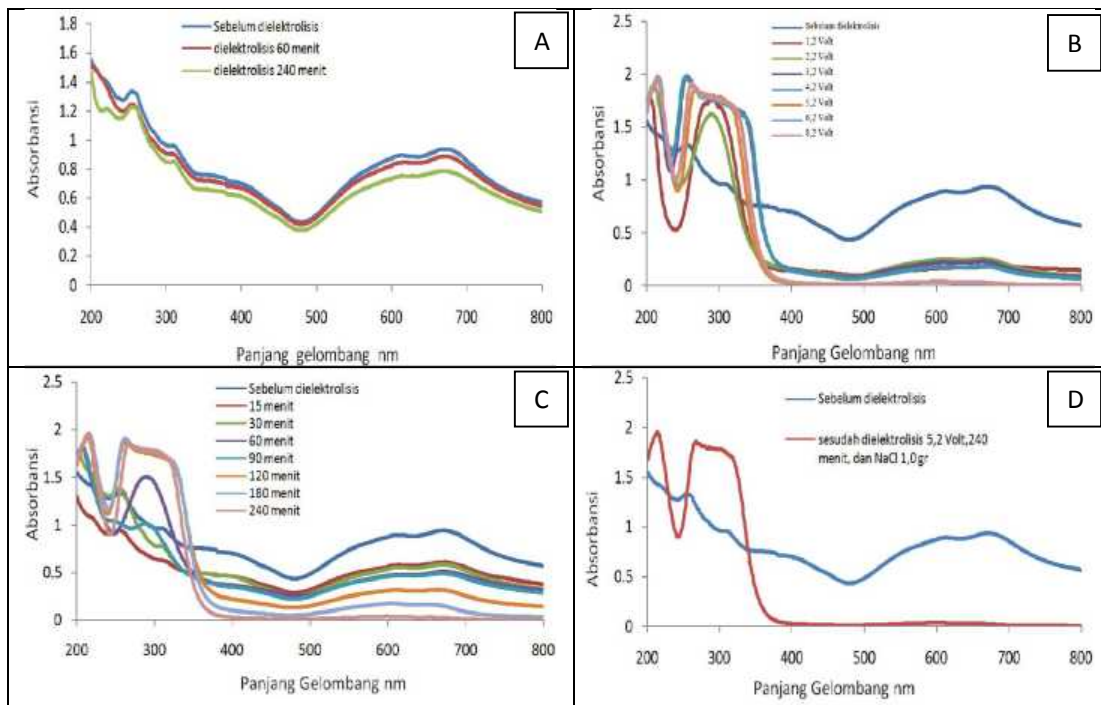


Gambar 3. SEM mikroskopi dari permukaan elektroda C-PVC (A) dan penampang lintang/*cross section* bagian dalam elektroda C-PVC (B)

Perbandingan spektra pada panjang gelombang UV-Visibel dari metilen biru Gambar 4. berwarna merah dengan limbah batik berwarna biru (Gambar 4. warna biru). Limbah batik berwarna biru dianalisis pada panjang gelombang 200-800 nm menunjukkan puncak yang mirip dengan metilen biru. Puncak-puncak teridentifikasi sangat rendah namun mempunyai absorbansi yang sangat tinggi. Puncak-puncak tersebut pada daerah tampak ada pada panjang gelombang 620 dan 670 nm. Sedangkan pada daerah UV berada pada panjang gelombang 260 dan 300 nm. Dari Gambar 4. diperkirakan dalam limbah batik biru sebagai pewarna yang digunakan adalah metilen biru.



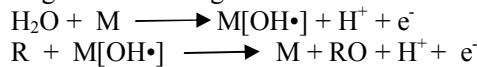
Gambar 4. Spektra UV-Visibel limbah batik warna biru dan metilen biru



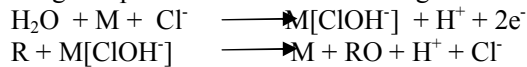
Gambar 5. Spektra hasil elektrolisis limbah batik warna biru tanpa NaCl (A); elektrolisis dengan variasi potensial dan penambahan NaCl 0,1 gram (B); elektrolisis dengan variasi waktu elektrolisis dengan penambahan NaCl 0,1 gram (C) dan spektra perbandingan sebelum dan sesudah elektrolisis dengan NaCl 1,0 gram (D). Limbah batik dengan konsentrasi 40 ppm volume 50 mL dengan anoda dan katoda C-PVC

Gambar 5A. menunjukkan spektra hasil elektrolisis limbah batik berwarna biru tanpa penambahan NaCl. Elektrolisis tanpa NaCl tidak mampu menurunkan/mendegradasi limbah batik. Hal ini disebabkan karena limbah batik berwarna biru bersifat konduktor. Tanpa penambahan NaCl limbah batik bersifat isolator. Gambar 5B dan 5C menunjukkan hasil elektrolisis limbah batik warna biru dengan variasi potensial dan waktu elektrolisis. Pada daerah tampak, terlihat degradasi warna dari biru menjadi jernih. Sedangkan pada daerah UV terbentuk puncak baru dan penambahan puncak, yang menunjukkan degradasi belum selesai. Semakin besar potensial dan semakin lama elektrolisis, maka semakin baik degradasinya. Gambar 5D menunjukkan degradasi limbah batik warna biru dengan penambahan NaCl 1,0 gram dalam 50 mL larutan limbah. Pada Gambar 5D terlihat semakin tinggi dan lebar puncak pada daerah UV yang menunjukkan terbentuknya senyawa baru hasil degradasi seperti fenol, klorofenol atau diklorofenol. Puncak ini akan habis atau datar jika elektrolisis dilakukan pada potensial di atas 15V dan waktu elektrolisis di atas 5 jam.

Peran NaCl pada proses degradasi limbah zat warna disampaikan oleh Chatzisyneon (2006), menyebutkan bahwa dua mekanisme yang memungkinkan senyawa organik didegradasi secara elektrokimia yaitu pertama, oksidasi secara langsung dimana senyawa organik akan terabsorpsi dipermukaan anoda, yang kedua yaitu oksidasi secara tidak langsung, yaitu menggunakan perantara zat-zat pengoksidasi misalnya seperti klorin, hipoklorat, radikal hidroksi, ozon, dan hidrogen peroksida. Anoda akan membebaskan air dan terbentuk radikal hidroksi yang kemudian mengoksidasi senyawa organik dengan reaksi sebagai:



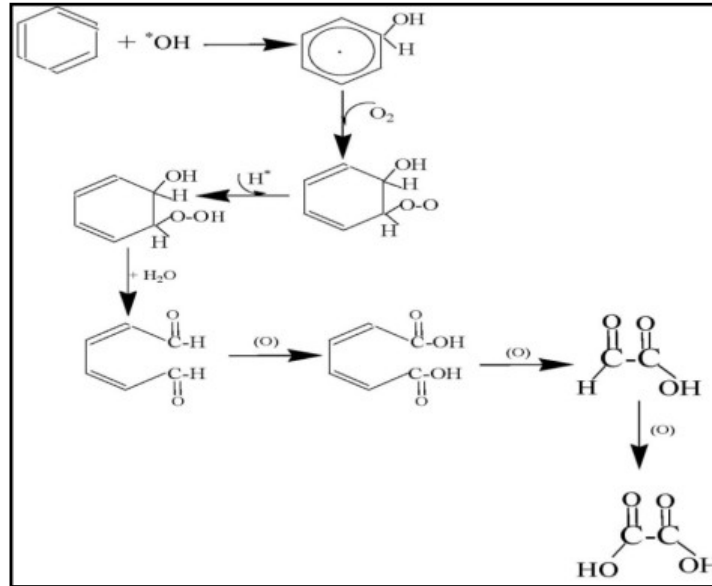
Pada penambahan NaCl radikal klorohidroksi terbentuk di permukaan anoda akan mengoksidasi senyawa organik pada limbah zat warna dengan reaksi:



Tabel 3. Perbandingan tingkat ketahanan elektroda C-PVC dengan elektroda karbon dari baterai dengan metode gravimetri, volume limbah batik 50 mL konsentrasi 40 ppm dengan potensial tetap 8,2 Volt

Waktu elektrolisis (jam)	Berat endapan dan koloid (gram)	
	Elektroda karbon dari baterai	Elektroda C-PVC
1	0,34	0,01
2	0,47	0,04
3	0,78	0,14
4	0,98	0,17

Tabel 3. menunjukkan ketahanan elektroda C-PVC mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan elektroda karbon yang digunakan untuk baterai. Elektroda batang karbon dari baterai mengalami kerusakan dan pelarutan yang tinggi selama proses elektrolisis. Hal ini akan menghambat proses degradasi limbah batik. Penggunaan PVC sebagai perekat mampu meningkatkan ketahanan elektroda sehingga tingkat pelarutannya lebih kecil.



Gambar 6. Reaksi degradasi pada gugus benzena (Waite, 2006)

Gambar 6 menunjukkan proses degradasi senyawa yang mengandung gugus benzena. Radikal hidroksil merupakan radikal utama yang melakukan inisiasi degradasi pada gugus utama senyawa azo, dengan menghasilkan radikal fenil dan fenoksi. Oksigen terlarut akan bereaksi, membentuk ion hidrogen dan radikalnya, pada fenil. Tahap selanjutnya keluar gas nitrogen yang diikuti dengan proses reduksi pada radikal cincin benzena menjadi senyawa aromatik. Di sisi lain, gugus radikal fenoksi akan teroksidasi oleh radikal hidroksil menjadi gugus benzena. Cincin aromatik benzena akan terdegradasi menjadi radikal hidroksi sikloheksadienil. Radikal ini akan bereaksi dengan oksigen terlarut menghasilkan hidroksi hidroperoksida yang tidak stabil. Reaksi berikutnya adalah terjadinya penghilangan satu molekul air dan pembentukan cincin aromatis dari hidroksi hidroperoksida menjadi mukondialdehid. Mukondialdehid kemudian teroksidasi menjadi asam mukonot. Proses oksidasi selanjutnya terbentuk glioksial yang teroksidasi menjadi asam karboksilat (Waite, 2006).

KESIMPULAN

Elektroda komposit karbon C-PVC hasil desain menunjukkan kualitas yang sangat baik untuk mendegradasi limbah batik berwarna biru. Elektroda C-PVC mempunyai permukaan yang berpori dan mempunyai ketahanan yang baik dibuktikan dengan sedikitnya karbon yang larut selama proses elektrolisis. Penambahan NaCl dapat mempercepat degradasi sehingga larutan menjadi jernih. Kelemahan dari penambahan NaCl adalah terbentuk senyawa baru di daerah UV sehingga diperlukan waktu dan potensial yang tinggi untuk mendegradasi limbah batik berwarna biru. Semakin tinggi dan semakin lama elektrolisis maka akan semakin banyak limbah batik warna biru yang terdegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryunani, 2003, Adsorpsi zat warna tekstil remazol yellow pada limbah batik oleh enceng gondok dengan aktivator NaOH. *Jurnal Penelitian Kimia*, 2, (2): 10-18.
- Atmaji, P., Wahyu, P. dan Edi, P.P. 1999, Daur ulang limbah hasil pewarnaan industri tekstil. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 1, (4): 3-15.
- Charette, D. Kocafee, J.L. Saint-Romain, P. and Couderc, 1991, [Comparison of various pitches for impregnation in](#) carbon electrodes. *Carbon*, 29, (7): 1015-1024.
- Chatzimeyon, E., 2006, *Electrochemical treatment of textile dyes and dye house effluents*, Department of Engineering, Technical University of Crete, Polytechnic, Neioupolis, GR-73100 Crete, Greece.

-
- Cho, J.H. Lee, J.E., and Ra C.S. 2010, [Effects of electric voltage and sodium chloride level on electrolysis of swine wastewater](#), *Journal of Hazardous Materials*, 180, (1–3): 535-541.
- Duan, X. Tian, L. Liu, W. and Chang, L. 2013, [Study on electrochemical oxidation of 4-Chlorophenol on a vitreous carbon electrode using cyclic voltammetry](#), *Electrochimica Acta*, 94: 192-197.
- Golub, D. Oren, Y. and Soffer, A. 1987, Electro adsorption, the electrical double layer and their relation to dimensional changes of carbon electrodes, *Carbon*, 25, (1): 109-117.
- Lin, Y.R. and Teng, H. 2003, [A novel method for carbon modification with minute polyaniline deposition to enhance the capacitance of porous carbon electrodes](#), *Carbon*, 41, (14): 2865-2871.
- Malpass, G.R.P. Miwa, D.W. Mortari, D.A. Machado, S.A.S. and Motheo. A.J. 2007, [Decolorisation of real textile waste using electrochemical techniques: Effect of the chloride concentration](#). *Water Research*, 41, (13): 2969-2977.
- Malpass, G.R.P. Miwa, D.W. Machado, S.A.S. and Motheo. A.J. 2008, [Decolourisation of real textile waste using electrochemical techniques: Effect of electrode composition](#). *Journal of Hazardous Materials*, 156, (1–3): 170-177.
- Panizza, M. Barbucci, A. Ricotti, R. and Cerisola, G. 2007, [Electrochemical degradation of methylene blue](#). *Separation and Purification Technology*, 54, (3): 382-387.
- Polcaro, A.M., Palmas, S., Renoldi, F. and Mascia, M. 1999. On the performance of Ti/SnO sub(2) and Ti/PbO anodes in electrochemical degradation of 2- chlorophenol for wastewater treatment, *J. Appl. Electrochem*, 29: 147- 151.
- Sánchez, M. Campo, M. Jiménez-Suárez, A. and Ureña A. 2013, [Effect of the carbon nanotube functionalization on flexural properties of multiscale carbon fiber/epoxy composites manufactured by VARIM](#) *Composites Part B: Engineering*, 45, (1): 1613-1619.
- Shen, Z. Wang, W. Jia, J. Ye, J. Feng, X. and Peng, A. 2001, [Degradation of dye solution by an activated carbon fiber electrode electrolysis system](#), *Journal of Hazardous Materials*, 84, (1): 107-116.
- Shen, W. Li, Z. and Liu, Y. 2008, Surface chemical functional groups modification of porous carbon, *Recent Patents on Chemical Engineering*, 1: 27-40.
- Vlyssides, A.G. Loizidou, M. Karlis, P.K. Zorpas, A.A. and Papaioannou. D. 1999, [Electrochemical oxidation of a textile dye wastewater using a Pt/Ti electrode](#). *Journal of Hazardous Materials*, 70, (1–2): 41-52.
- Waite, T.D., 2006, *Toxic organic destructions by electron beam irradiation: An innovative technology for developing countries*, University of Miami, Coral Gables, Florida.
- Yasin, 2007, Adsorption of methylene blue onto treated activated carbon, *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 11 (11): 400-406.

PENGARUH AGEN PEREDUKSI DALAM PROSES ELEKTRODEPOSISI TERHADAP KUALITAS DEPOSIT Cu DAN Ag

Siti Marwati

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

Abstrak

Elektrodeposisi merupakan proses pengendapan logam dengan menggunakan arus listrik. Aplikasi elektrodeposisi yang paling banyak digunakan adalah pada proses pelapisan logam (elektroplating) dan *recovery* logam dari air limbah. Tujuan umum dari pelapisan logam adalah untuk melindungi dari korosi dan untuk keperluan dekoratif, sedangkan tujuan *recovery* logam adalah untuk pengambilan kembali logam-logam yang terdapat pada air limbah sehingga dapat digunakan kembali. Logam Cu dan Ag merupakan logam-logam yang paling banyak digunakan pada pelapisan logam. Agar menghasilkan lapisan logam yang berkualitas maka pada prosesnya dilakukan beberapa optimasi kondisi operasional antara lain potensial, waktu elektrodeposisi, suhu, pH, rapat arus, dan lain-lain. Selain itu, pada proses elektrodeposisi diperlukan pula agen pereduksi seperti formaldehid, natrium borohidrida, hidrazin, dimetilamino boran dan natrium hipofosfit. Agen pereduksi ini berperan dalam kestabilan sistem elektrolit di dalam larutan dan mempengaruhi komposisi serta mikrostruktur dari deposit logam yang dielektrodeposisi. Agen pereduksi yang sering digunakan untuk elektrodeposisi logam Cu dan Ag adalah formaldehid dan dimetil amino boran. Berdasarkan hasil kajian ini diperoleh bahwa dengan adanya agen pereduksi dapat meningkatkan efisiensi elektrodeposisi berupa lapisan deposit yang lebih tebal dan permukaan yang halus serta lebih cemerlang. Penggunaan agen pereduksi bersifat kritis dan harus memperhatikan beberapa parameter operasional elektrodeposisi antara lain konsentrasi agen pereduksi, pH dan temperatur.

Kata Kunci:agen pereduksi, elektrodeposisi, Cu dan Ag

PENDAHULUAN

Perkembangan industri dengan bahan baku logam saat ini berkembang dengan pesat seiring dengan meningkatnya penggunaan barang-barang yang berbahan logam di masyarakat. Penggunaan barang-barang berbahan logam sangat luas meliputi alat-alat transportasi, mesin produksi, peralatan rumah tangga, bahan konstruksi bangunan, asesoris, perhiasan dan lain-lain. Industri berbahan logam tidak lepas dari proses pelapisan logam yang bertujuan untuk mencegah terjadinya korosi dan untuk tujuan dekoratif. Proses pelapisan logam pada umumnya dilakukan dengan metode elektroplating melalui elektrolisis atau elektrodeposisi logam pelapis pada benda kerja.

Elektrodeposisi, selain diaplikasikan pada industri pelapisan logam dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah khususnya limbah cair yang mengandung ion-ion logam misalnya pada industri pelapisan logam tersebut. Proses elektrodeposisi merupakan proses penengendapan yang menggunakan prinsip elektrokimia dimana suatu ion dapat mengendap dengan pemberian potensial pada elektroda. Menurut Doulakas, et al (2000), metode elektrodeposisi dapat diterapkan untuk *recovery* logam dari air limbah. Metode elektrodeposisi mempunyai keuntungan antara lain prosesnya murah dan dapat dikembangkan dengan mudah untuk cakupan yang lebih luas serta dapat dikerjakan pada suhu kamar (Schliesinger dan Paunovic, 2000: 37).

Aplikasi elektrodeposisi pada *recovery* logam pada air limbah antara lain *recovery* logam Cu dan Ag dalam limbah cair elektroplating. Kedua logam tersebut banyak terkandung dalam limbah cair elektroplating sehingga dapat dilakukan *recovery* untuk memperoleh kembali sehingga dapat digunakan kembali (*reuse*). Agar logam yang telah diperoleh kembali mempunyai kualitas yang baik untuk dapat digunakan kembali maka diperlukan optimasi kondisi operasional pada proses elektrodeposisi.

Proses elektrodeposisi secara umum menggunakan prinsip elektrolisis yang menggunakan larutan elektrolit sebagai tempat terjadinya proses perpindahan ion dalam sistem elektrolisis. Berbagai

kondisi operasional yang harus dioptimasi untuk memperoleh kualitas deposit yang baik antara lain optimasi potensial, rapat arus, waktu, suhu dan pH. Selain optimasi kondisi operasinal ditambahkan larutan asam atau basa untuk meningkatkan konduktivitas. Dalam pendeposisian logam ditambahkan pula zat lain sebagai bahan aditif untuk tujuan khusus. Tujuan tersebut misalnya untuk meningkatkan stabilitas, mengontrol proses pendeposisian logam, mengatur kecepatan pendeposisian logam dan untuk mengoptimasi sifat kimia, sifat fisika logam deposit (resistansi korosi, kecemerlangan, kekerasan dan reflektivitas)(Kashlan, H. M., 2008)

Bahan aditif biasanya ditambahkan untuk tujuan tertentu, sebagai contoh untuk meningkatkan stabilitas larutan elektrolit atau meningkatkan mutu dan sifat logam yang terdeplesi/ketahanan terhadap korosi, kecemerlangan endapan, kekuatan mekanis dan keawetan. Dalam penambahan bahan aditif pada larutan elektrolit harus memperhatikan konsentrasi penambahan yang efektif agar dapat memberikan pengaruh positif pada proses elektrodeplesi (Purwanto & Syamsul Huda, 2005:17).

Berdasarkan uraian di atas maka artikel kajian ini akan membahas tentang pengaruh agen pereduksi dalam proses elektrodeplesi terhadap kualitas deposit Cu dan Ag. Kajian ini akan dibatasi pada pembahasan tentang macam-macam agen pereduksi, mekanisme agen pereduksi dan kualitas deposit khususnya pada proses elektrodeplesi logam Cu dan Ag. Artikel ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang peranan agen pereduksi untuk meningkatkan kualitas deposit logam Cu dan Ag sehingga dapat diaplikasikan pada *recovery* logam dalam limbah cair dengan hasil deposit yang optimal dan peningkatan kualitas deposit untuk tujuan dekoratif.

PEMBAHASAN

Elektrodeplesi

Elektrodeplesi adalah proses pengendapan suatu zat dengan menggunakan arus listrik searah. Proses elektrodeplesi termasuk proses elektrolisis. Elektrolisis adalah peristiwa penguraian zat elektrolit oleh arus searah. Dalam sel elektrolisis katoda dihubungkan dengan kutub positif(+) sumber arus, sedangkan anoda dihubungkan dengan kutub negatif(-) dari sumber arus. Pada elektrolisis, bahan yang akan dideplesi ditempatkan pada anoda, sedangkan substrat yang akan dilapisi ditempatkan di katoda. Secara umum, jika arus listrik dialirkan ke dalam larutan elektrolit maka kation akan mengalami reduksi dengan menangkap elektron dan anion akan mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron. Oleh karena oksidasi terjadi di anoda dan reduksi terjadi di katoda, maka anion akan menuju anoda dan kation menuju katoda.

Elektrolisis dapat dilakukan pada bahan berbentuk leburan atau lelehan maupun larutan. Pada elektrolisis leburan, ion-ion dalam suatu elektrolit dapat bergerak menuju anoda, melepaskan elektron dan mengalami reaksi oksidasi. Ion positif akan bergerak menuju katoda, menerima elektron dan mengalami reaksi reduksi. Pada umumnya elektrolisis leburan elektrolit menggunakan elektroda inert yaitu platina, karbon, dan emas. Elektroda inert ini tidak terlibat dalam proses redoks.

Elektrolisis larutan elektrolit, di katoda terjadi kompetisi atau persaingan antara kation elektrolit dengan molekul air (pelarut) dalam menangkap elektron. Sumber arus akan mendorong elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini ditangkap kation sehingga pada permukaan katoda terjadi reduksi kation dan terendapkan di katoda. Pada saat yang sama anion melepaskan elektron. Melalui anoda, elektron dikembalikan ke sumber arus. Pada permukaan anoda tersebut terjadi reaksi oksidasi anion.

Jika arus diamati pada saat elektrolisis berlangsung maka akan tampak bahwa sejumlah massa akan terendapkan di katoda. Hukum Faraday mengatakan bahwa berat bahan yang terbentuk pada elektroda sebanding dengan arus listrik yang melalui sel. Untuk bahan lain jika arus yang melalui sel sama dengan sebelumnya maka berat lapisan yang terbentuk pada katoda sebanding dengan berat ekivalennya (Purwanto dan Syamsul Huda, 2005: 8-9).

Agan Pereduksi pada Elektrodeplesi

Bahan aditif sering ditambahkan pada proses elektrodeplesi untuk meningkatkan kualitas deposit. Aditif dapat berupa zat organik maupun anorganik. Menurut Kanani, N., (2004: 80), fungsi bahan aditif dalam proses elektrodeplesi adalah sebagai agen pereduksi, penstabil, agen pengompleks dan untuk mempertahankan pH larutan elektrolit. Penambahan aditif akan efektif bila berada pada rentang konsentrasi yang ditetapkan. Penambahan aditif dengan konsentrasi yang tidak tepat akan

menimbulkan masalah terhadap proses pendeposisian atau sifat deposit yang dihasilkan (Purwanto & Syamsul Huda, 2005: 17).

Secara umum adanya bahan aditif pada elektrodeposisi mempengaruhi pertumbuhan kristal deposit, kecepatan terbentuknya deposit dan morfologi serta mikrostruktur deposit. Pengaruh aditif sebagai agen pereduksi selain memberikan pengaruh pada mikrostruktur deposit dapat meningkatkan jumlah arus sehingga dapat mempercepat terbentuknya deposit dan memberikan lapisan yang lebih tebal. Bahan aditif ini akan mengadsorp ion-ion logam secara fisik dan kimiawi pada permukaan elektroda membentuk lapisan deposit sehingga merubah overpotensial deposisi. Perubahan over potensial ini meliputi overpotensial transfer muatan, overpotensial difusi, overpotensial reaksi redoks dan overpotensial kristalisasi. Oleh karena itu dengan adanya perubahan over potensial akan memberikan pengaruh mikrostruktur dan tekstur kristalografi (Hasegawa, M., 2007:19-21).

Bahan aditif berupa senyawa organik memberikan pengaruh jika bahan tersebut mengadsorp pada permukaan logam dan tidak mempunyai afinitas terhadap air maka akan menghasilkan pengaruh inhibitor yang kuat. Jika bahan aditif organik mengadsorp permukaan logam dan mempunyai afinitas terhadap air maka akan mempercepat proses elektrodeposisi. Oleh karena itu agen pereduksi berupa senyawa organik lebih cenderung memberikan pengaruh dalam hal mempercepat terbentuknya deposit sehingga menghasilkan deposit yang lebih tebal (Hasegawa, M., 2007 : 18).

Bahan aditif berupa senyawa anorganik mempengaruhi mikrostruktur dan tekstur kristalografi. Hal ini terjadi karena bahan aditif berupa senyawa anorganik dapat merubah overpotensial.

Agen pereduksi berperan dalam menentukan stabilitas larutan elektrolit. Komposisi dan mikrostruktur dari logam deposit serta sifatnya ditentukan oleh agen pereduksi. Beberapa agen pereduksi yang umum digunakan dalam proses elektrodeposisi dapat dilihat pada Tabel 1.

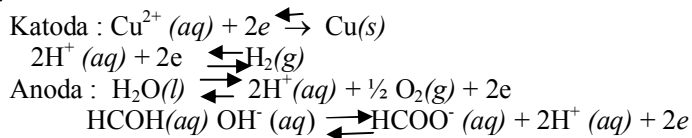
Tabel 1. Agen Pereduksi yang Umum digunakan untuk Elektrodeposisi Logam

Agen Pereduksi	Rumus Kimia	BM (g/mol)	Σe	E^0 (V)	Logam yang dielektrodeposisi
Natrium hipofosfit	$\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	106,90	2	-1,57	Ni, Co
Natrium borohidrida	NaBH_4	37,80	8	-1,24	Ni, Co
Formaldehid	HCOH	30,30	2	-1,11	Cu, Ag
Dimetilaminoboran	$(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{BH}_3$	58,90	6	-1,18	Ni, Cu, Ag
Hidrazin	N_2H_4	32,00	4	-1,16	Ni

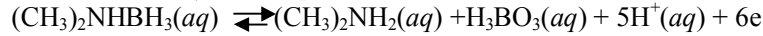
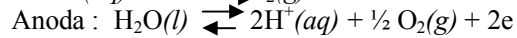
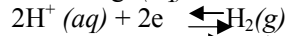
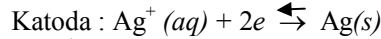
Sumber: Kanani, N., 2004:80

Kemampuan agen pereduksi dinyatakan dengan nilai potensial redoks. Agar reaksi reduksi terjadi, nilai potensial redoksnnya harus lebih negatif daripada potensial redoks logam atau pasangan ion logam. Untuk mendapatkan deposit yang baik perbedaan nilai potensial redoksnnya seharusnya tidak terlalu jauh. Contoh agen pereduksi yang umum digunakan adalah $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, natrium borohidrida, formaldehid, hidrasin dan $(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{BH}_3$.

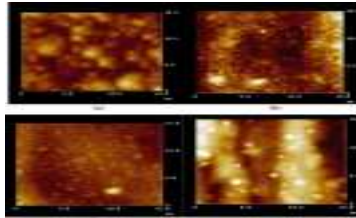
Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa agen pereduksi untuk logam Cu dan Ag adalah formaldehid dan dimetilaminoboran. Pada elektrodeposisi logam Cu dan Ag dengan agen pereduksi formaldehid memberikan peranan sebagai penstabil sistem (*bath*), komposisi, dan mikrostruktur deposit logam. Kemampuan agen pereduksi dinyatakan pada nilai potensial reduksinya. Nilai potensial reduksi agen pereduksi harus lebih negatif daripada potensial reduksi logam yang akan dideposisikan dan mempunyai selisih yang tidak terlalu jauh. Formaldehid mempunyai potensial reduksi -1,11 V sedangkan logam Cu mempunyai potensial reduksi 0,34 V dan potensial reduksi Ag adalah 0,80 V. Oleh karena itu agen pereduksi yang tepat untuk logam Cu dan Ag adalah formaldehid. Hal ini akan mempengaruhi spontanitas reaksi redoks selama elektrodeposisi (Chou. K., et al, 2005). Reaksi yang terjadi pada elektrodeposisi Cu dengan agen pereduksi berupa formaldehid sebagai berikut:



Selain formaldehid, dimetilaminoboran(DMAB) sering digunakan sebagai agen pereduksi untuk elektrodeposisi logam Cu dan Ag. DMAB merupakan senyawa kovalen. Meskipun DMAB tidak terionisasi tetapi salah satu atom penyusunnya mempunyai afinitas elektron yang tinggi sehingga ikatannya merupakan ikatan kovalen polar (Schliesinger M., dan Paunovic, M., 2000: 131-137). Dalam fungsinya sebagai agen pereduksi, DMAB hanya mempunyai tiga ikatan hidrogen aktif pada atom boron yang digunakan untuk mereduksi ion logam misalnya Cu^{2+} dan Ag^+ . Reaksi yang terjadi pada elektrodeposisi ion Ag^+ dengan menggunakan agen pereduksi DMAB adalah sebagai berikut:

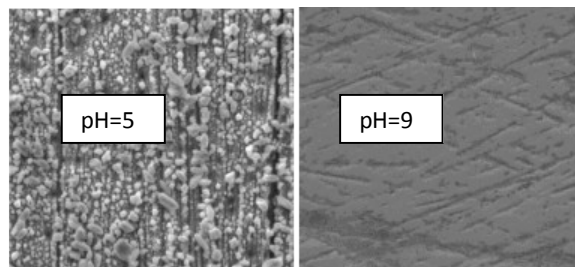


Penggunaan agen pereduksi pada elektrodeposisi logam Cu dan Ag harus memperhatikan beberapa parameter antara lain konsentrasi, pH, waktu elektrodeposisi dan suhu. Konsentrasi agen pereduksi mempengaruhi ketebalan dan tingkat kehalusan deposit yang dihasilkan. Menurut Cardoso, et al (2011), semakin besar penambahan formaldehid pada proses elektrodeposisi dapat menyebabkan berkurangnya rapat arus. Kerapatan arus yang kecil menyebabkan ion berkecepatan rendah. Menurut Purwanto dan Syamsul Huda (2005: 14), jika ion berkecepatan rendah maka pertumbuhan kristal deposit akan lebih besar daripada kecepatan pembentukan kristal sehingga kristal yang terbentuk mempunyai struktur kristal yang kasar. Oleh karena itu dengan memperhatikan pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap kualitas deposit maka penggunaan agen pereduksi harus tepat jumlahnya. Hal ini karena konsentrasi agen pereduksi bersifat kritis pada rentang konsentrasi tertentu agar menghasilkan deposit yang tebal dan bertekstur halus. Salah satu contoh pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap tekstur permukaan deposit dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Permukaan Deposit Cu diamati dengan AFM pada Variasi Konsentrasi 2,2'-dipiridil (0, 5, 10, 20 ppm)(Jun Li, 2004)

Parameter pH larutan pada proses elektrodeposisi dengan adanya agen pereduksi juga harus diperhatikan. Hal ini karena pH selama proses elektrodeposisi mempengaruhi konduktivitas elektrolit, kecepatan pendeposisian dan sifat yang dihasilkan (Kanani, N., 2004: 82). Salah satu contoh pengaruh pH terhadap kualitas deposit Cu pada proses elektrodeposisi dengan agen pereduksi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh pH terhadap Morfologi Permukaan Deposit Cu dengan adanya Agen Pereduksi (Anik, T., et al, 2012)

Selain parameter konsentrasi dan pH, parameter temperatur juga harus berpengaruh pada elektrodeposisi dengan adanya agen pereduksi. Temperatur berpengaruh terhadap konduktivitas.

Konduktifitas semakin besar sehingga mempercepat hantaran arus listrik. Temperatur yang tinggi dapat menghasilkan rapat arus yang besar dan memperbesar tegangan batas polarisasi. Temperatur pun dalam elektrodposisi juga bersifat kritis pada rentang temperatur tertentu yang berkaitan dengan sifat deposit dan agen pereduksi. Temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan deposit terbakar dan berwarna hitam serta terjadi kerusakan agen pereduksi sehingga tidak berperan secara maksimal (Purwanto dan Syamsul Huda, 2005: 16).

Berdasarkan parameter-parameter operasional proses elektrodposisi dengan adanya agen pereduksi mempengaruhi deposit yang dihasilkan. Agar diperoleh deposit dengan kualitas yang bagus maka penggunaan agen pereduksi dan parameter operasional elektrodposisi harus tepat. Hal ini karena agen pereduksi mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kualitas deposit khususnya deposit Cu dan Ag.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian ini maka dapat disimpulkan bahwa agen pereduksi pada proses elektrodposisi mempengaruhi kualitas deposit Cu dan Ag. dengan adanya agen pereduksi dapat meningkatkan efisiensi elektrodposisi berupa lapisan deposit yang lebih tebal dan permukaan yang halus serta lebih cemerlang. Penggunaan agen pereduksi bersifat kritis dan harus memperhatikan beberapa parameter operasional elektrodposisi antara lain konsentrasi agen pereduksi, pH dan temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anik, T., Ebn Touhami, M., Himm, K., Schireen, S., Belkhmima, R.A., Abouchane, M., Cisse, M., (2012), Influence of pH Solution on Electroless Copper Plating Using Sodium Hypophosphite as Reducing Agen, *Int. Journal. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 2009-2018
- Cardoso, L., Sebastiao, G., Filho, D, S., (2011), Electrodeposition of Gold from Formaldehyde-Sulfite Bath: Bath Stability and Deposits Characterization, *Quim. Nova, Vol 34, No. 4*, 641-645
- Chou, K., Yu-Chieh Lu, Lee, H, H., (2005), Effect of Alkaline Ion on the Mechanism and Kinetics of Chemical Reduction Silver, *Journal of Materials Chemistry and Physics* 94, 429-433
- Doulakas, L., Novy, K., Stucki, S., Comminellis, Ch., (2000), Recovery of Cu, Pb, Cd and Zn from Synthetic Mixture by Selective Electrodeposition in Chloride Solution, *Electrochimia Acta* 46: 349-356
- Hasegawa, M., (2007), *Fundamental Analysis of Electrochemical Copper Deposition for Fabrication Submicrometer Interconnect*, Thesis, Waseda University, Jepang: 18
- Jun Li, Hayden, H., Kohl, P., (2004), The Influence of 2,2-ipyriyl on non Formaldehyde Elektroless Copper Plating, *Electrochimica Acta* 49: 1789-1795
- Kanani., N, (2004), *Electroplating Basic Principles, Process and Practice*, Oxford: Elsevier Advance Technology : 80,82
- Kashlan. H.M., (2008), Kinetic Study of The Effect of Benzioc Acid Derivatives on Copper Electrodeposition, *American Journal of Applied Sciences* 5(3): 234-241, ISSN 1546-9239
- Purwanto dan Syamsul Huda, (2005). *Teknologi Industri Electroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang : 8-9, 14-17
- Schlisinger, M., dan Paunovic, M., (2000), *Modern Electroplating*, Fourth Edition, Toronto, John Willey and Sons Inc: 37, 131-137

BUNGA DARI SPESIES *Hibiscus* POTENSIAL SEBAGAI PENGIKAT LOGAM Pb

Siti Nuryanti

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako
Kampus Tondo, Jln. Soekarno-Hatta No. 9 Palu Sulawesi Tengah
HP. 081245214999, E-mail: sitinoer_untad@yahoo.com

Abstrak

Tanaman jenis spesies *Hibiscus* banyak dijumpai dipelbagai wilayah di Indonesia. Khususnya di Sulawesi Tengah spesies *Hibiscus* yang banyak ditemukan adalah: *Hibiscus rosasinensis* L., *Hibiscus sabdariffa* L., dan *Hibiscus tiliaceus* L. Sampai saat ini tanaman tersebut hanya sebagai penghias halaman dan pagar pekarangan, karena bunganya yang menarik dan tidak musiman (berbunga sepanjang tahun). Sudah dilakukan penelitian uji fitokimia, ekstrak metanol-HCl 0,5% dari bunga spesies *Hibiscus* mengandung senyawa 3,3',4',5,7 pentahidrosiflavilium. Kemampuan mengikat logam Pb karena gugus hidroksi posisi 3',4' membentuk senyawa khelat antara logam Pb dengan 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium. Berdasarkan hasil penelitian tersebut sangat dimungkinkan bunga dari spesies *Hibiscus* dapat digunakan sebagai bioabsorben untuk mengikat logam Pb.

Kata kunci: Bunga *Hibiscus*, 3,3',4',5,7 pentahidrosiflavilium, logam Pb

PENDAHULUAN

Hibiscus rosa sinensis L (*Malvaceae*) di beberapa daerah mempunyai nama yang berbeda-beda, disebut bunga rebhng (Madura), wora-wari (Jawa), kembang weru (Sunda), ulanga (Gorontalo), bulango (Buol Toli Toli), bunga capatu (Makasar), bungong raya (Aceh), dan somasoma (Nias). Tanaman ini sangat mudah dibudidayakan di daerah beriklim tropis dengan stek batang, mulai berbunga umur 3-4 bulan (Nuryanti dan Rauf, 2004). Bunga waru mempunyai nama berbeda seperti: baru (Gayo, Belitung, Sumba); baru dowongi (Ternate, Tidore); waru (Sunda, Jawa, Bali, Flores); haru, halu, faru, fanu (aneka bahasa di Maluku); dan kalibau (Palu) (Nuryanti, dkk., 2013).

Kelopak bunga sepatu dan waru dikenal sebagai *refrigerant* dan *demulcent*, daunnya digunakan untuk obat pencahar, sedangkan akarnya dimanfaatkan sebagai obat batuk. Studi fitokimia mengungkapkan terdapat bahan-bahan kimia diantaranya flavonoid, flavonoid glikosida, hibiscetine, asam sitrat, asam tartrat, siklopropenoid dan pigmen antosianin (Gilani dkk., 2005; Maganha dkk., 2010).

Antosianin merupakan pigmen alami yang berasal dari berbagai tanaman semakin banyak digunakan dalam industri makanan dan obat-obatan karena warnanya menarik dan aman bagi kesehatan. Properti antosianin termasuk ekspresi warna, sangat dipengaruhi oleh struktur antosianin dan pH (Janna, dkk., 2006; Amor dan Allaf, 2009). Pigmen antosianin cenderung tidak berwarna di daerah pH netral. Di dalam larutan yang pHnya sangat asam (pH < 3) memberikan warna merah yang maksimum. Sedangkan dalam larutan alkali (pH 10,5) pigmen antosianin mengalami perubahan warna yang dramatis, terjadi warna biru (Torkangerpoll dan Andersen, 2004; Laleh, dkk., 2006). Berdasarkan fakta tersebut antosianin dalam bunga spesies *Hibiscus* perlu dioptalkan pemanfaatannya.

Hibiscus sabdariffa L., sudah teridentifikasi adanya antosianin sianidin-3-glukosida (Nuryanti, dkk., 2013). Struktur antosianin tersebut mirip dengan 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium. Adapun yang membedakan antara sianidin-3-glukosida dengan 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium adalah adanya ikatan glukosa pada posisi atom C nomer 3 pada cincin flavilium. Sianidin-3-monoglukosida direaksikan dengan Pb-nitrat 1% terjadi reaksi yang ditandai timbulnya perubahan warna dari warna merah menjadi berwarna biru. Perubahan warna yang terjadi akibat terbentuknya senyawa kompleks Pb-antosianin (Smyk, dkk., 2007). Oleh sebab itu berdasarkan fakta tersebut sangat dimungkinkan bahwa bunga spesies *Hibiscus* dapat sebagai pengikat logam Pb, sehingga penelitian tentang bunga spesies *Hibiscus* sebagai pengikat logam Pb sangat urgen untuk dilakukan.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian berderajat proanalisis (p.a), buatan E Merck kecuali yang disebutkan secara khusus. Etil asetat, metanol, n-butana, n-heksana, asam klorida 37%, amonia, etanol, larutan Pb-nitrat 1%, kertas saring Whatman nomor 1, plat TLC, silika gel F₂₅₄, bunga *Hibiscus sabdariffa* L., dari Kabupaten Sigi, Palu, Sulawesi Tengah dan aquades.

Alat Penelitian

Penggojok (*shaker*) untuk ekstraksi (IKA®KS 130 basic), evaporator Buchii (R-124), penangas listrik bejana pengembang dan alat-alat gelas, neraca analitik (Metler AT 200), FT-IR (Shimadzu Prestige -21), TLC scanner (Camac 3), UV-Vis (Miltonroy array 3000), ¹H-NMR 500 MHz dan ¹³C-NMR 125 MHz (Jeol JNM ECA 500), panci pemanas, kompor, penyaring, kain kasa dan neraca kasar.

Prosedur Penelitian

Uji Pendahuluan

Ditimbang sebanyak 5 gram mahkota bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L), diekstraksi dengan menggunakan pelarut metanol sebanyak 25 mL, ekstrak yang diperoleh kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan spektrometer UV-Vis pada λ 200-700 nm dan uji warna dengan menggunakan uap NH₃ dan larutan Pb-asetat 1%.

Membuat ekstrak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L)

Ditimbang sebanyak 50 g bunga rosela dipotong kecil-kecil dimasukkan dalam botol mulut lebar berwarna coklat, diekstraksi dengan menggunakan pelarut n-heksan 250 mL selama beberapa jam, kemudian disaring, residu diekstraksi kembali dengan etil asetat 250 mL selama beberapa jam, disaring dan residu diekstraksi lagi dengan menggunakan pelarut metanol-asam klorida 0,5% selama beberapa jam, selanjutnya disaring dengan kertas saring Whatman, diperoleh filtrat yang berwarna merah. Residu diekstrak kembali dengan pelarut yang sama dengan lama ekstraksi juga sama, kemudian dilakukan penyaringan kembali dengan menggunakan kertas saring Whatman. Ekstraksi dengan pelarut metanol-asam klorida 0,5% dilakukan berulang-ulang untuk memperoleh pigmen semaksimal mungkin. Filtrat yang diperoleh dari hasil penyaringan kemudian dikumpulkan dan selanjutnya dievaporasi dengan menggunakan rotoevaporator vakum pada suhu 65 °C hingga diperoleh filtrat pekat berwarna merah sekitar 60 mL.

Isolasi dan Identifikasi Senyawa dalam Ekstrak Bunga Rosela

Ekstrak pigmen ditotolkan di atas plat plastik (*plastic sheet*) ukuran 20 x 20 cm silika gel 60 F₂₅₄ dengan jarak totalan 2 cm dari masing-masing tepi plat dan diameter totalan 1 cm. Setelah dikeringkan, plat dimasukkan ke dalam bejana pengembang yang sudah dijenuhi uap pelarutnya (pengembangnya). Kombinasi pengembang yang digunakan adalah n-butanol: HCl 0,1% dengan perbandingan 3:1 arah pertama dan n-butanol: asam asetat: Air dengan perbandingan 4:2:5 arah kedua. Pengembang dilakukan sampai pelarut atau pengembang mencapai jarak tempuh sekitar 2 cm dari tepi plat bagian atas. Selanjutnya plat dikeluarkan dari bejana pengembang, setelah dikeringkan diuapi dengan NH₃, kemudian dilakukan pengamatan dengan menggunakan TLC scanner (Nuryanti, dkk., 2012).

Seiap noda hasil TLC yang positif terhadap uap NH₃ dikerok dengan hati-hati, selanjutnya silika gel yang mengandung pigmen (hasil kerokan) dikumpulkan, lalu dilarutkan dalam pelarut (pengembang) yang sama dengan pengembang yang digunakan pada saat TLC. Kemudian disaring untuk memisahkan silika gel, filtrat yang berwarna merah ditampung dan dipekatkan dengan menggunakan rotoevaporator. Serbuk yang berwarna merah tua diidentifikasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ 200-700 nm, FT-IR, ¹H-NMR dan ¹³C-NMR.

Uji Coba Ekstrak Bunga Rosela sebagai Pengikat Logam Pb

Diukur sebanyak 5 mL larutan Pb nitrat 5%, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, lalu ditambah ekstrak mahkota bunga *Hibiscus sabdariffa* L 10 mL. Campuran diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet selama 3 jam. Langkah selanjutnya dilakukan analisis dengan UV-Vis pada λ 200-700 nm dalam pelut etanol.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kandungan Senyawa dalam ekstrak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L)

Ekstrak metanol-HCl 0,5% direaksikan dengan uap NH₃ menghasilkan perubahan warna dari merah berubah menjadi berwarna biru. Perubahan warna yang terjadi akibat dari terjadinya reaksi antara senyawa 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium dengan NH₃ membentuk basa quinoid (Nuryanti, dkk., 2012). Ekstrak metanol direaksikan dengan Pb-asetat terbentuk warna biru. Perubahan warna ini membuktikan adanya gugus OH pada posisi 3' dan 4' dalam kation flavilium. Gugus hidroksi tersebut bereaksi dengan logam Pb membentuk senyawa khelat sehingga menghasilkan warna biru (Nuryanti, dkk., 2013).

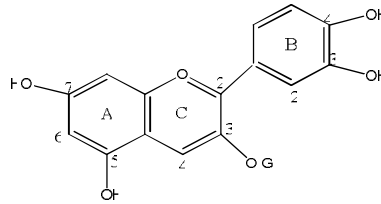
Hasil ekstraksi bunga *Hibiscus sabdariffa* L menggunakan pelarut metanol-asam klorida 0,5% diperoleh ekstrak berwarna merah. Setelah dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis terjadi serapan pada daerah panjang gelombang (λ_{maks}) 536 nm. Menurut Andersen dan Markham (2006), senyawa antosianin mempunyai serapan khas pada 465-560 nm. Bila dibandingkan antara hasil analisis tersebut maka serapan yang dihasilkan dari ekstrak bunga *Hibiscus sabdariffa* L., memiliki λ_{maks} yang berada dalam jangkauan λ_{maks} antosianin. Menurut Harborne (1987), antosianin sianidin mempunyai λ_{maks} 535 nm. Berdasarkan data perubahan warna dalam uap NH₃ dan data UV-Vis, tersebut mengindikasikan bahwa di dalam ekstrak mengandung antosianin yang mempunyai gugus hidroksi pada posisi 3' dan 4'. Antosianin sianidin di dalam strukturnya terdapat gugus hidroksi pada posisi tersebut dalam cincin B, sehingga kemungkinan di dalam ekstrak terdapat antosianin sianidin.

Struktur Senyawa dalam Ekstrak Bunga Rosela

Spektrum FT-IR dari hasil isolasi, dapat ditafsirkan bahwa terdapat uluran C-H aromatik pada serapan 3032 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 1582 cm⁻¹ yang karakteristik untuk regangan-C=C-. Spektrum FT-IR juga mempresentasikan adanya serapan lebar pada 3426 cm⁻¹ yang merupakan pita serapan khas ikatan hidrogen (-OH). Selain itu adanya serapan pada bilangan gelombang 2121 cm⁻¹ menunjukkan uluran -C=C- dwi ganti gugus yang berbeda. Munculnya serapan pada bilangan gelombang 2369-2338 cm⁻¹ menunjukkan adanya uluran $\text{—}\overset{\cdot}{\text{C}}=\overset{\cdot}{\text{C}}\text{—}$ yang terkonjugasi pada cincin aromatis dan diperkuat serapan pada 1080 cm⁻¹ berasal dari uluran C-O-C tak simetrik didukung dengan tidak munculnya serapan sekitar 1700 cm⁻¹, yang merupakan ciri khas dari gugus karbonil (-C=O). Dengan data tersebut dapat dipastikan gugus eter yang terdapat dalam cincin aromatik adalah $\text{—}\overset{\cdot}{\text{C}}=\overset{\cdot}{\text{C}}\text{—}$ muncul pada 1635 cm⁻¹ (Nuryanti, dkk., 2012).

Spektrum ¹H-NMR hasil isolasi menggambarkan terdapat 7 tipe puncak yang mengindikasikan 7 tipe proton dengan lingkungan kimia yang tidak sama. Sinyal (δ 9,03 ppm, singlet, 1 H) menunjukkan proton pada atom C-4 yang berada pada cincin C. Sinyal (δ 8,29-8,27 ppm, duplet, $J = 8,5$ Hz, 1 H) dan (δ 7,03-7,02 ppm, duplet, $J = 8,5$ Hz 1 H) menandakan adanya dua proton aromatis cincin B yang saling berposisi orto satu sama lain, yaitu proton C-5' dan C-6'. Sedangkan sinyal (δ 8,05-8,05 ppm, duplet, $J = 1,25$ Hz, 1 H) berasal dari proton C-2' yang mengalami *meta coupling* dengan proton C-6'. kemudian, dua puncak singlet yaitu sinyal (δ 6,90 ppm, singlet, 1 H) dan (δ 6,57 ppm, singlet, 1 H) merepresentasikan dua proton pada cincin A di posisi C-8 dan C-6. Adanya gugus gula ditunjukkan dengan adanya serapan dari proton gugus gula yaitu dengan integrasi 7 proton pada pergeseran kimia 5,31-5,30 ppm dan 3,90-3,31 ppm. Sinyal (δ 5,31-5,30 ppm, duplet, $J = 7,95$ Hz, 1 H) berasal dari proton H-1", sinyal δ 3,90 ppm, duplet 1 H merupakan proton H-2". Sinyal (δ 3,56-3,54 ppm, $J = 9,2$ Hz, triplet, 1 H) menggambarkan dari proton H-3", sinyal (δ 3,71-3,69 ppm, $J = 8,1$ Hz, multiplet, 1 H) mempresentasikan proton dari H-4". Sinyal (δ 3,45-3,43 ppm, $J = 9,2$ Hz, multiplet, 1 H) berasal dari proton H-5" dan sinyal δ 3,31 ppm duplet, 2 H menunjukkan proton dari H-6" (Nuryanti, dkk., 2013).

Menurut Nikkhah, dkk., (2007) gugus gula (glukosa) pada malvidin-3-glukosida, setelah dianalisis dengan spektroskopi ¹H-NMR menampakkan adanya sinyal δ 5,40 (H-1", dd), δ 3,75 (H-2", dd), δ 3,61 (H-3", t), δ 3,51 (H-4", m), δ 3,64 (H-5", m) serta δ 4,40 (H-6", dd). Sedangkan spektrum ¹H-NMR glukosa, menurut Qin dkk., (2010) δ 5,50 (H-1", dd), 3,02 (H-2", dd), 3,22 (H-3", t), 3,19 (H-4", m), 3,03 (H-5", m) dan 3,54 (H-6", dd). Dengan membandingkan data tersebut mengindikasikan bahwa di dalam bunga *Hibiscus sabdariffa* L mengandung antosianin sianidin yang mengikat glukosa. Stuktur senyawa yang ditemukan dalam *Hibiscus sabdariffa* L seperti disajikan pada Gambar 1

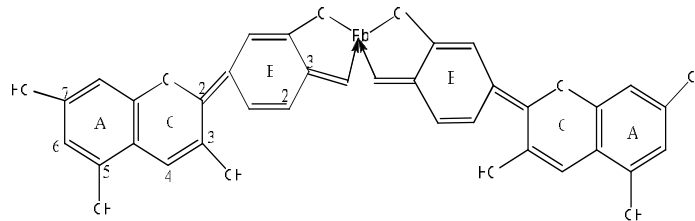


Gambar 1 Antosianin sianidin-3-*O*-glukosida

Ekstrak Rosela sebagai Pengikat Logam Pb

Antosianin sianidin-3-*O*-glukosida yang terdapat dalam ekstrak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L), bila dilihat dari strukturnya mempunyai gugus hidroksi pada posisi 3',4' dalam cincin B. Hasil analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis setelah ekstrak bunga rosela direaksikan dengan Pb nitrat 5% menunjukkan terjadinya pergeseran panjang gelombang ke arah batokromik yaitu pada serapan 544 nm. Serapan tersebut menandakan adanya pergeseran/ kenaikan dari λ_{maks} 535 menjadi λ_{maks} 544 nm. Daerah serapan campuran (setelah terjadinya reaksi) antara ekstrak bunga rosela dengan Pb nitrat tersebut hampir sama dengan serapan panjang gelombang senyawa khelat 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium (Gambar 2) yang disampaikan oleh Ukwueze dkk., (2009) yaitu λ_{maks} 540 nm dalam pelarut etanol.

Berdasarkan data tersebut memperkuat dugaan bahwa ekstrak bunga spesies *Hibiscus* dapat sebagai mengikat logam Pb membentuk senyawa khelat. Dengan demikian sangat dimungkinkan bunga spesies *Hibiscus* dapat dikembangkan ke penelitian lebih lanjut sebagai bioabsorben logam Pb.



Gambar 2 senyawa 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium (Ukwueze dkk., 2009)

SIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Bunga rosela setelah dilakukan ekstraksi, isolasi dan identifikasi struktur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan spektrometer FT-IR, $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ serta pereaksi warna Pb-asetat, mengandung antosianin sianidin-3-*O*-glukosida. Strukturnya senyawa tersebut hampir sama dengan senyawa 3,3',4',5,7-pentahidrosiflavilium yang dapat bereaksi dengan logam Pb membentuk senyawa khelat. Oleh sebab itu disarankan penelitian lanjutan tentang aplikasi bunga spesies *Hibiscus* sebagai bioabsorben logam Pb.

DAFTAR PUSTAKA

- Amor, B. and Allaf, K., 2009, Impact of Texturing Using Instant Pressure Drop Treatment Prior to Solvent Extraction of Anthocyanins from Malaysian Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L), *J. Food Chem.*, 115, 820-825.
- Andersen, Ø.M. and Markham, K.R., 2006, *Flavonoids Chemistry, Biochemistry and Applications*, CRC Taylor & Francis, New York.
- Gilani, A., Bashir, S., Janbaz, K.H., and Shah, A.J., 2005, Presence of Cholinergic and Calcium Channel Blocking Activities Explains the Traditional Use of *Hibiscus rosa sinensis* in Constipation and Diarrhoea, *J. Ethno. Pharm.*, 102, 289-294.
- Harborne, J.B., 1987, *Metode Fitokimia: penuntun cara modern menganalisis tumbuhan*, terbitan ke-2, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro, ITB., Bandung

- Janna, O., A. Khairul, M. Maziah, M. and Y. Mohd, 2006, Flower Pigment Analysis of *Melastoma Malabathricum*, *J. Afr. Biotechnol.*, 5 (2) 170-174.
- Laleh, G.H., Frydoonfar, R., Heldary, R., Jamee and Zare, S., 2006, The Effect of Light, Temperature, pH and Species on Stability of Anthocyanin Pigments in Four *Berberis Species*, *J. Nutr.*, 5 (1) 90-92.
- Maganha, E.G., Rafael da Costa, H., Renato, M.R., Joao, A.P.H., Ana Ligia Lia de Paula, R. and Jeifer, S., 2010, Pharmacological Evidences for the Extracts and Secondary Metabolites from Plants of the *Genus Hibiscus-a Review*, *J. Food Chem.*, 118, 1-10.
- Nikkhah, E., Khayang, M., Heidari, R., and Jamee, R., 2007, Effect of Sugar Treatment on Stability of Anthocyanin Pigments in Berries, *J. Biol. Sci.*, 7(8) 1412-1417.
- Nuryanti, S. dan Rauf A.A., 2004, Pengaruh Laruta Terasi terhadap Pertumbuhan Akar Tanaman Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa snensis* L), *Jurnal Kimia Tadulako* 5 : 12-16
- Nuryanti, S., Matsjeh, S., Anwar, C. dan Raharjo, T.J., 2012, Isolation Anthocyanin from Roselle Petals (*Hibiscus sabdariffa* L) and the Effect of Light on the Stability, *Indonesian Journal of Chemistry*, vol 12 : 167-171
- Nuryanti, S., Matsjeh, S., Anwar, C. dan Raharjo, T.J., Hamzah, B., 2013, Corolla of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L) as acid-base indicator, *European Journal of Chemistry*, Vol. 4, 20-24
- Smyk B., Priszka, B. and Drabent, R., 2007, Interaction between Cyanidin 3-glucoside and Cu (II) Ions, *J. Food Chem.*, 107, 1616-1622.
- Torskangerpoll, K. and Anderson, Q.M., 2005, Colour Stability of Anthocyanins in Aqueous Solutions at Various pH Values, *J. Food Chem.*, 89, 427-440.
- Ukwueze, N.N., Nwadinigwe, C.A., Okoye, C.O.B. and Okoye, F.B.C., 2009, Potentials of 3,3¹,4¹,5,7-pentahydroxyflavylium of *Hibiscus rosa sinensis* L. (*Malvaceae*) Flowers as Ligand in the Quantitative Determination of Pb, Cd and Cr., *J. Int Phys. Sci.*, 4 (2), 058-062.

**PENGARUH PENAMBAHAN JUMLAH INISIATOR AMONIUM PERSULFAT (APS)
TERHADAP KARAKTERISTIK POLIMER SUPERABSORBEN ASAM AKRILAT DAN
SELULOSA BATANG ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica*)**

Sunardi¹, Azidi Irwan¹, Nurjannah¹, Wiwin Tyas Istikowati²

¹Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

²Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Fakultas Kehutanan,
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru
e-mail: sunardialbanyumasi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah inisiator terhadap karakteristik polimer superabsorben yang meliputi analisis perubahan gugus fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), derajat kristalinitas menggunakan difraktogram sinar X (*X-Ray Diffraction*), kemampuan mengembang (*swelling*) dalam air, urea, dan NaCl. Pembuatan polimer superabsorben dilakukan dengan memvariasi berat inisiator terhadap berat asam akrilat (AA). Berat inisiator yang digunakan adalah 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1,0%; 1,2%; 1,4%; 1,6% (b/b). Hasil penelitian menunjukkan polimer superabsorben yang dihasilkan dengan penambahan inisiator sebesar 0,8% memiliki karakteristik yang paling baik dengan nilai kemampuan mengembang (*swelling*) pada air, larutan urea 5% dan NaCl 0,15 M sebesar 1088,11 g/g, 461,56 g/g, dan 42,64 g/g.

Kata kunci: superabsorben, selulosa, asam persulfat, asam akrilat, *Imperata cylindrica*

PENDAHULUAN

Polimer superabsorben pada hakikatnya adalah polimer berikatan silang yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi air ratusan kali dari berat keringnya, tetapi tidak larut dalam air dikarenakan adanya struktur 3 dimensi pada jaringan polimernya. Penggunaan polimer superabsorben sangat banyak, di antaranya digunakan sebagai media tumbuh tanaman, obat luka, popok bayi, dan pembalut wanita (Erizal, 2009). Asam poliakrilat dan poliakrilamida merupakan bahan polimer superabsorben yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya afinitas yang paling baik. Akan tetapi, polimer superabsorben yang ada sekarang ini masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu diantaranya sulit terdegradasi, resistensi atau kemampuan bertahan terhadap garam yang masih rendah, juga memerlukan biaya produksi yang cukup tinggi (Xie *et al.*, 2010). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pati (Teli *et al.*, 2009) dan kitosan (Zhou *et al.*, 2011) pada polimer superabsorben mampu memperbaiki sifat fisik dan kemampuan mengembang, mengurangi biaya produksi, dan menjamin polimer tersebut dapat terdegradasi sehingga lebih ramah lingkungan.

Salah satu parameter penting pada sintesis polimer superabsorben yang akan berpengaruh terhadap karakteristik dari superabsorben adalah penambahan jumlah inisiator. Inisiator berfungsi untuk membentuk radikal bebas pada selulosa, karena inisiator berkaitan dengan jumlah radikal bebas yang terbentuk. Pada penelitian ini dilakukan kajian tentang pengaruh variasi jumlah inisiator terhadap karakteristik dari polimer superabsorben dari asam akrilat (AA) dan selulosa dari alang-alang (*Imperata cylindrica*).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan antara lain neraca *Ohaus* model E12140, pengayak ukuran 60 mesh dan 170 mesh, oven merk *Thermologic*, peralatan refluks dan spektrofotometer inframerah. Bahan yang digunakan adalah batang tanaman alang-alang (*Imperata cylindrica*) dari daerah

Banjarbaru, Kalimantan Selatan, asam akrilat (AA), ammonium persulfat (APS) dan N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) dari E.Merck, NaOH, etanol 95% , urea, dan NaCl.

Preparasi sampel

Biomassa alang-alang (*Imperata cylindrica*) diambil bagian batang dan dipotong dengan ukuran ± 3 cm, dikeringkan kemudian dihancurkan dan diayak hingga lolos saringan 60 mesh. Serbuk halus kemudian direndam dalam 5 % larutan NaOH, dipanaskan pada temperatur $\pm 85^{\circ}\text{C}$ sambil diaduk selama 4 jam, kemudian suspensi ditambah larutan H_2O_2 konsentrasi 5%, lalu di oven selama 20 jam pada suhu $\pm 85^{\circ}\text{C}$. Suspensi disaring dan dinetralkan dengan akuades sampai pH 7 lalu dikeringkan pada temperatur 80°C dan diayak hingga lolos 170 mesh.

Sintesis polimer superabsorben

Sintesis polimer poli (asam akrilat) tercangkok selulosa alang-alang dilakukan dengan memasukkan sejumlah tertentu selulosa hasil preparasi pada labu leher tiga ukuran 250 mL dan ditambahkan akuades dan kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer*. Suspensi dipanaskan pada temperatur 95°C selama 30 menit dengan dialiri gas nitrogen kemudian ditambahkan inisiator ammonium persulfat dengan variasi sebesar 0,4% ; 0,6% ; 0,8% ; 1,0% ; 1,2% ; 1,4% dari berat monomer yang dipergunakan. Setelah diaduk beberapa saat, sebanyak 8 gram asam akrilat dan 8 mg N,N'-metilen-bisakriamida sebagai pengikat silang ditambahkan ke dalam suspensi. Kemudian netralisasi asam akrilat dilakukan dengan NaOH dalam penangas es. Reaksi polimerisasi dilakukan pada temperatur 70°C dengan waktu reaksi 3 jam.

Uji Swelling

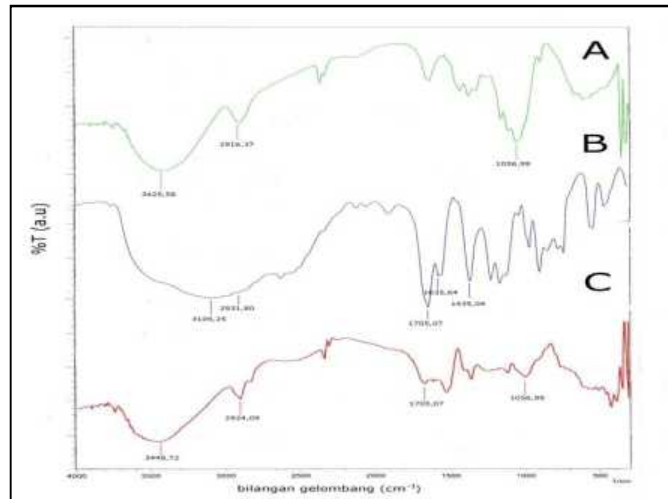
Lima buah cuplikan polimer superabsorben dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga berat konstan. Kemudian polimer superabsorben direndam pada temperatur kamar selama 24 jam. Superabsorben yang telah mengembang kemudian dipisahkan dari larutan menggunakan saringan. Kemampuan polimer superabsorben mengembang ditentukan dengan menimbang berat sampel mengembang (setelah proses adsorpsi) dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{\text{H}_2\text{O, urea, NaCl}} = (m_2 - m_1) / m_1$$

dimana m_1 dan m_2 adalah berat polimer kering dan berat polimer setelah adsorpsi. Nilai $Q_{\text{H}_2\text{O, urea, NaCl}}$ dihitung sebagai gram larutan air, urea, NaCl per gram sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan pada kajian pengaruh inisiator amonium persulfat (APS) pada kemampuan polimer untuk mengembang. Pada tahap awal polimerisasi, yakni inisiasi polimerisasi radikal bebas dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan pemanasan monomer dan penambahan inisiator yang akan membentuk radikal bebas ketika dipanaskan. Ketika APS dipanaskan, ikatan tunggal O-O yang tidak stabil akan terpecah dan dihasilkan dua radikal, masing-masing memiliki satu elektron yang belum berpasangan. Dengan adanya inisiator maka inisiasi yang merupakan tahap awal polimerisasi akan terbentuk, tanpa adanya inisiator perubahan tidak akan pernah terjadi yakni polimerisasi radikal bebas tidak akan terbentuk. APS merupakan inisiator termal yang peka terhadap perubahan suhu untuk membentuk radikal bebas. Radikal bebas dihasilkan oleh inisiator berupa radikal anion sulfat yang mampu menginisiasi gugus O-H pada selulosa untuk memicu tahap propagasi selanjutnya pada proses polimerisasi. Spektra FTIR dari (A) selulosa hasil preparasi, (B) monomer AA, dan (C) polimer superabsorben ditunjukkan bahwa pada pada gambar 1.



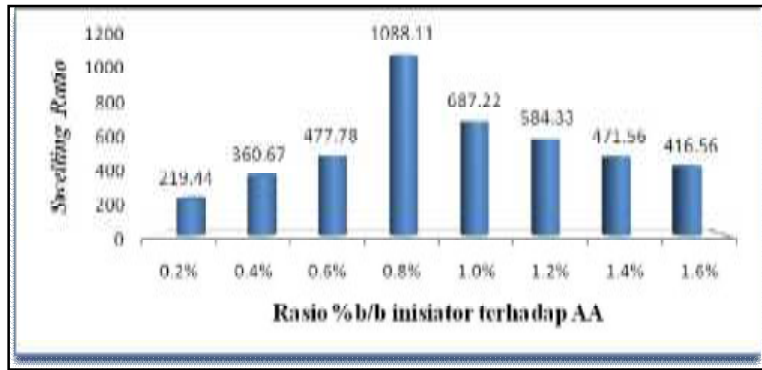
Gambar 1. Spektre FTIR (A) selulosa hasil preparasi, (B) monomer AA, dan (c) polimer superabsorben hasil sintesis

Berdasarkan pada gambar 1, spektrum asam akrilat (B) tampak puncak serapan pada bilangan gelombang $3109,25 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus hidroksil dari asam akrilat, sehingga serapan yang muncul lebar dan sedang. Puncak serapan pada bilangan gelombang $2931,80 \text{ cm}^{-1}$ dicirikan sebagai vibrasi ulur C-H dari gugus akrilat, dan serapan puncak $1705,07 \text{ cm}^{-1}$ dicirikan sebagai gugus C=O dari akrilat. Pada panjang gelombang $1635,64$ menunjukkan vibrasi gugus C=C, serta gugus $-\text{CH}_2$ pada rantai hidrogel timbul pada serapan puncak $1435,64 \text{ cm}^{-1}$ (Erizal, 2007).

Perbedaan-perbedaan jelas tampak pada gambar 1 spektrum FTIR selulosa hasil preparasi, monomer AA dengan polimer superabsorben hasil sintesis. Spektrum polimer superabsorben hasil sintesis menunjukkan serapan pada bilangan gelombang $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus hidroksil pada selulosa dan gugus amina sekunder dari metilenbisakrilamida yang menunjukkan adanya tumpang tindih (*overlapping*) sehingga serapan yang muncul lebar dan sedang. Spektrum khas dari selulosa lainnya yang muncul adalah vibrasi gugus C-O pada bilangan gelombang $1056,99 \text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi gugus C-H pada bilangan gelombang $2924,09 \text{ cm}^{-1}$. Untuk spektrum tampak lainnya adalah pada bilangan gelombang $1705,07 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan gugus C=O. Sedangkan pada bilangan gelombang $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ yang sebelumnya tampak pada spektrum AA menunjukkan adanya vibrasi khas dari C=C tidak tampak pada spektrum polimer superabsorben hasil sintesis.

Pengujian Kemampuan mengembang (*Swelling Ratio*) pada Akuades

Polimer superabsorben yang telah dihasilkan dari sintesis kemudian dilakukan uji rasio *swelling*. Uji rasio *swelling* dilakukan dengan jalan memasukkan polimer superabsorben kedalam pelarut air, urea dan NaCl. Rasio perbandingan berat hidrogel dalam keadaan menyerap air terhadap berat keringnya atau rasio *swelling* merupakan salah satu parameter utama dari hidrogel khususnya untuk pengujian suatu bahan kandidat sebagai absorben. Polimer superabsorben yang disintesis diuji rasio *swelling*nya berdasarkan pengaruh perbedaan rasio persen inisiator yang ditambahkan terhadap berat AA yang digunakan.



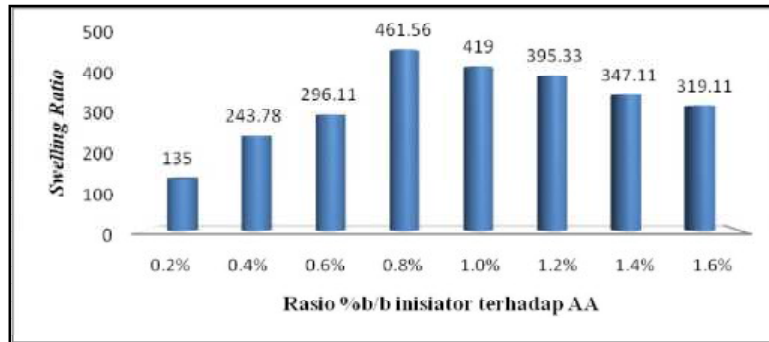
Gambar 2. Grafik hubungan variasi persen berat inisiator APS terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada air

Berdasarkan data hasil yang didapatkan seperti tampak pada gambar 2, terlihat bahwa rasio *swelling*/penyerapan air meningkat seiring meningkatnya penambahan inisiator. Polimer superabsorben dengan rasio 0,8% berat inisiator terhadap berat AA mempunyai nilai rasio *swelling* paling besar yakni 1088,11 g/g terhadap berat kering polimer superabsorben dibandingkan polimer superabsorben sintesis yang lain. Polimer superabsorben dengan penambahan inisiator sebanyak 0,2%-0,6% memiliki rasio *swelling* yang lebih kecil, ketika konsentrasi inisiator terlalu rendah, jumlah radikal yang dihasilkan sedikit. Hal ini berdampak pada proses polimerisasi kurang berjalan baik dan menyebabkan jaringan polimer tidak terbentuk secara efisien sehingga berpengaruh terhadap kemampuan penyerapannya. Sedangkan polimer dengan penambahan inisiator 0,8% memiliki struktur jaringan polimer yang lebih kuat. Polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan inisiator di atas 0,8% yakni 1,0%-1,6% menunjukkan turunnya kemampuan daya serap air. Peningkatan penambahan jumlah inisiator tersebut mengakibatkan radikal yang dihasilkan meningkat akibat dari kenaikan konsentrasi inisiator. Hal ini terjadi karena peningkatan hasil radikal pada konsentrasi inisiator yang lebih tinggi meningkatkan kecepatan polimerisasi yang berakibat pada menurunnya kerapatan struktur jaringan dan faktor ini berpengaruh untuk penurunan kapasitas *swelling* polimer (Anah *et al.*, 2010).

Pengujian Kemampuan Mengembang (*Swelling Ratio*) pada Larutan Urea

Sifat kimia yang paling penting untuk diuji dari absorben dalam skala komersial sebagai bahan *personal care* adalah nilai rasio *swelling* dalam urin. Oleh karena itu kandungan urin sebagian besar didominasi oleh senyawa urea, maka pengujian *swelling* dari polimer superabsorben terhadap urin dapat dilakukan dengan larutan urea pada konsentrasi 5% (b/b). Adapun hubungan rasio penambahan inisiator terhadap rasio *swelling* polimer superabsorben hasil sintesis disajikan pada gambar 3.

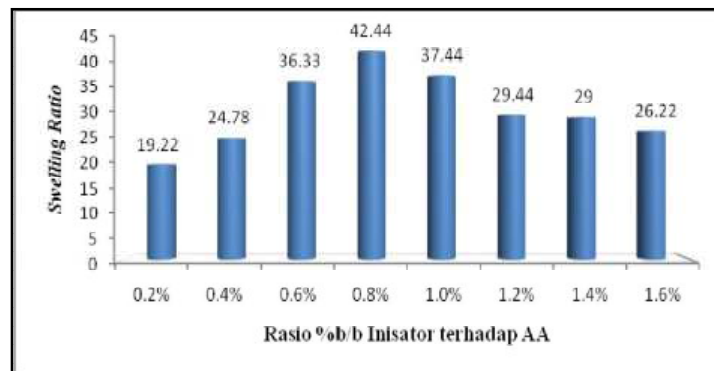
Berdasarkan data hasil penelitian polimer superabsorben dengan penambahan inisiator sebesar 0,8% mencapai rasio *swelling* paling besar yakni 461,56 g/g terhadap berat kering polimer superabsorben dibandingkan polimer superabsorben sintesis yang lain. Dari grafik tersebut nampak peningkatan rasio *swelling* 0,2%-0,8% seiring meningkatnya rasio inisiator yang ditambahkan. Namun dengan penambahan inisiator yang lebih banyak di atas 0,8-1,6%, rasio *swelling* pun menurun. Polimer superabsorben dengan penambahan inisiator sebanyak 0,2%-0,6% memiliki rasio *swelling* yang lebih kecil. Jika dibandingkan nilai rasio *swelling* polimer superabsorben dalam urea terhadap air (gambar 1), secara umum terlihat bahwa nilai rasio *swelling* dalam urea relatif lebih kecil (menurun). Urea adalah molekul netral namun memiliki gugus-gugus hidrofilik yang dapat berinteraksi dengan gugus pada polimer superabsorben. Sehingga semakin banyak gugus hidrofilik pada polimer superabsorben yang dapat berinteraksi dengan urea semakin banyak larutan yang terserap. Oleh karena itu kemampuan mengembang dari polimer superabsorben menurun seiring penambahan inisiator diatas 0,8%.



Gambar 3. Grafik hubungan variasi persen berat inisiator APS terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada urea

Pengujian Kemampuan Mengembang (*Swelling Ratio*) pada Larutan NaCl

Selain adanya kandungan urea dalam cairan urin, konsentrasi ion-ion garam juga mempengaruhi daya serap dari polimer superabsorben yang akan digunakan sebagai absorben. Larutan garam NaCl 0,15 M merupakan salah satu jenis larutan garam yang umumnya dipakai untuk pengujian kemampuan mengembang polimer superabsorbent. Adapun hubungan rasio penambahan inisiator terhadap rasio *swelling* polimer superabsorben hasil sintesis dalam larutan NaCl disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan variasi persen berat inisiator APS terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada NaCl

Berdasarkan data hasil penelitian polimer superabsorben dengan penambahan inisiator sebesar 0,8% mencapai rasio *swelling* paling besar yakni 42,44 g/g. Peningkatan rasio *swelling* seiring penambahan inisiator juga tampak pada grafik diatas. Semakin besar nilai penambahan inisiator hingga 0,8%, rasio *swelling* dari polimer pun meningkat. Namun dengan penambahan inisiator yang lebih banyak di atas 0,8% rasio *swelling* polimerpun menurun. Hal ini dapat dijelaskan oleh adanya pengaruh tekanan osmosis dan kerapatan dalam struktur jaringan polimer. Turunnya rasio *swelling* oleh polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan inisiator diatas 0,8% dapat disebabkan oleh kerapatan struktur polimer superabsorben yang meningkat dan akan membentuk jaringan-jaringan yang susunannya lebih rapat serta dalam struktur jaringan bersifat lebih kaku.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa polimer superabsorben dengan rasio berat inisiator terhadap berat asam akrilat dengan kemampuan mengembang dalam air, urea dan NaCl maksimum adalah 0,8%.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui **Hibah Insentif Sinas Ristek tahun 2013**.

DAFTAR PUSTAKA

- Anah,L., ,N. Astrini, A. Nurhikmat, A. Haryono 2010. Studi Awal Sintesa Carboxymethyl Cellulose-graft-Poly (acrylic acid)/Montmorilonit Superabsorben Polimer Hidrogel Komposit melalui Proses Kopolimerisasi Cangkok. *Berita Biomassa vol. 45 No. 1 : 1-8*.
- Erizal. 2009. Synthesis and Characterization of Crosslinked Polyacrylamide (PAAM)-Carrageenan Hyrogels Superabsorbent Prepared By Gamma Radiation. *Indonesian Journal of Chemistry:10 (1):12-19*.
- Gupta, R., and Y.Y. Lee. 2010. Investigation of biomass degradation mechanism in pretreatment of switchgrass by aqueous ammonia and sodium hydroxide. *Bioresource Technology 10*, 8185–8191.
- Li, A., J. Zhang, A. Wang. 2005. Synthesis, characteritazion and water absorbency properties of poly(acrylic acid) / sodium humate superabsorbent composite. *Carbohydrate Polymers 77 : 131-135*.
- Pourjavadi, A., M.S. Amini-Fazl, dan M. Ayyari, 2007. Optimization of synthetic conditions CMC-g-poly(acrylic acid) / celite composite superabsorbent by Taguchi method and determination of its absorbency under load. *eXPRESS Polymer Letters Vol. 1, No. 8 : 488-494*.
- Teli, M.D, and N. G. Waghmare. 2009. Synthesis of superabsorbent from carbohydrate waste. *Carbohydrate Polymers 78*, 492–496.
- Xie, L., M. Liu., B. Ni., X. Zhang., and Y. Wang. 2011. Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgitite. *Chemical Engineering Journal*.(Inpress).
- Zhou,C., and Q. Wu. 2011. A novel polyacrylamide nanocomposite hydrogel reinforced with natural chitosan nanofibers. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 84*, 155–162.

VALIDASI METODE PENENTUAN KANDUNGAN NITRAT DALAM AIR LIMBAH

Thorikul Huda^{1*}, Ida Ayu Sulisty²

1. Program D III Analisis Kimia FMIPA-UII

2. Laboratorium Terpadu UII

*email : thorikul.huda@uii.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan validasi metode penentuan kandungan nitrat dalam air limbah. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa metode pengujian APHA 4500-NO₃-B-2005 dapat dilakukan untuk analisis rutin di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Parameter yang digunakan untuk validasi metode diantaranya adalah linieritas, presisi, akurasi, dan ketidakpastian pengukuran. Hasil pengamatan menunjukkan linieritas kurva kalibrasi sebesar 0,999. Syarat presisi ditentukan dengan membandingkan % KV perhitungan yang lebih kecil dibandingkan % KV Horwitz yang hasilnya masing-masing adalah 9,95 % dan 14,31 %. Akurasi ditentukan melalui nilai *recovery* yang hasilnya adalah 100,48 %. Nilai ketidakpastian pengukuran yang dihasilkan sebesar 0,504 mg/L. Laporan hasil uji penentuan kandungan nitrat dalam air limbah Laboratorium Terpadu adalah $2,115 \pm 0,504$ mg/L.

Kata kunci : nitrat, validasi metode, air limbah

PENDAHULUAN

Nitrogen di alam dapat berbentuk senyawa organik seperti urea, protein dan asam nukleat. Selain itu juga dapat berbentuk sebagai senyawa anorganik misalnya nitrit, ammonia dan nitrat. Nitrat (NO₃⁻) merupakan ion anorganik yang stabil dibandingkan dengan nitrit (NO₂⁻) yang mudah teroksidasi membentuk nitrat. Oleh karena itu ion nitrat mudah untuk dijumpai di berbagai perairan.

Kandungan nitrat dalam perairan yang sangat tinggi dapat mengakibatkan keracunan. Konsumsi air yang mengandung kadar nitrat tinggi pada bayi yang berumur di bawah tiga bulan dapat menyebabkan penyakit *methemoglobinemia*. Penyakit tersebut diakibatkan terhambatnya darah untuk melepaskan oksigen ke sel-sel tubuh oleh adanya nitrat dalam darah. Sehingga pengamatan terhadap nitrat dalam perairan menjadi sangat penting. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 kandungan nitrat dalam air minum maksimal 10 mg/L.

Pencemaran nitrat ke dalam perairan seperti sungai dapat disebabkan oleh pembuangan limbah yang mengandung nitrat. Sehingga sebelum dibuang ke perairan, nitrat dalam air limbah perlu dilakukan analisis terlebih dahulu. Salah satu cara penentuan nitrat dalam air limbah yaitu dengan menggunakan pedoman *American Public Health Association* (APHA) 4500-NO₃-B-2005. Metode tersebut didasarkan pada pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis di dua panjang gelombang yaitu 220 nm dan 275 nm. Nilai absorbansi yang dipergunakan penghitungan adalah selisih absorbansi di dua panjang gelombang tersebut. Pengukuran pada panjang gelombang 220 nm merupakan pengamatan terhadap absorbansi senyawa organik dan nitrat, sedangkan pengukuran pada panjang gelombang 275 nm adalah koreksi, karena pada panjang gelombang 275 nm yang terukur hanyalah absorbansi senyawa organik.

Cara uji dengan metode APHA 4500-NO₃-B-2005 di Indonesia bukan kategori metode standar. Jika suatu metode bukan standar ataupun metode yang dikembangkan sendiri untuk digunakan pengujian secara rutin maka harus dilakukan validasi terlebih dahulu. Validasi metode bertujuan untuk memastikan dan mengkonfirmasi bahwa metode analisis sudah sesuai untuk peruntukannya. Parameter validasi metode diantaranya adalah akurasi, presisi, linieritas, *recovery*, limit deteksi, limit kuantisasi (Bièvre dan Günzler, 2002) dan ketidakpastian pengukuran. Menurut KAN ketidakpastian pengukuran berdasarkan metodenya diklasifikasikan menjadi 2 yaitu tipe A dan

tipe B. Tipe diperoleh dengan analisis statistik dari serangkaian pengamatan. Sedangkan tipe B diperoleh selain dengan analisis statistik dari serangkaian pengamatan.

PEMBAHASAN

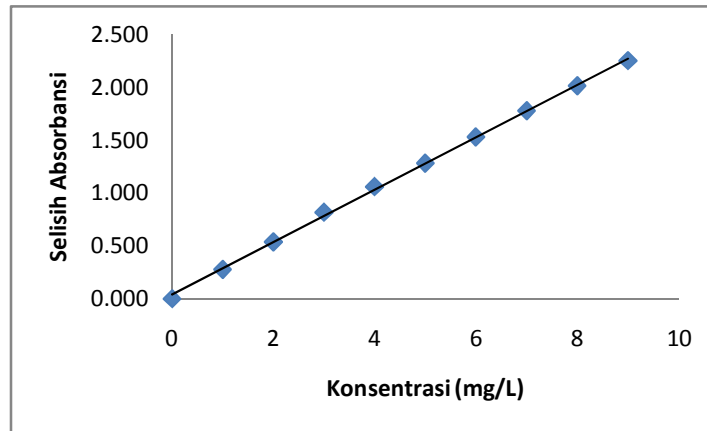
a. Linieritas

Langkah validasi metode penentuan kadar nitrat dalam air limbah diawali dengan membuat kurva kalibrasi. Untuk mendapatkan kurva kalibrasi dibuat larutan standar nitrat yang terbuat dari kalium nitrat (KNO₃) dengan konsentrasi berkisar antara 0 sampai dengan 10 mg/L. Larutan standar diukur pada dua panjang gelombang yaitu 220 nm dan 275 nm. Hasil pengukuran larutan standar nitrat dapat disajikan melalui tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar nitrat

No	Standar Conc (mg/L)	Absorbansi λ=220 nm (A)	Absorbansi λ=275 nm (B)	Selisih Absorbansi (A-B)
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,999	0,278	0,001	0,277
3	1,998	0,539	0,002	0,537
4	2,998	0,819	0,002	0,817
5	3,997	1,060	0,001	1,059
6	4,996	1,281	0,001	1,280
7	5,995	1,529	0,002	1,527
8	6,994	1,777	0,002	1,775
9	7,993	2,014	0,002	2,012
10	8,993	2,254	0,004	2,250

Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh nilai slope, intersep dan korelasi masing-masing sebesar 0,2483; 0,0370 dan 0,999. Dari tabel 1 dapat dibuat ke dalam kurva kalibrasi sebagaimana disajikan melalui gambar 1.



Gambar 1. Kurva kalibrasi standar NO₃-N

b. Penentuan Presisi

Nilai presisi ditentukan berdasarkan hasil pengulangan contoh yang dilakukan minimal sebanyak 6 kali. Dari hasil pengulangan tersebut selanjutnya ditentukan simpangan baku (SD) yang selanjutnya digunakan untuk menentukan koefisien variansi. Adapaun persamaan dari SD dan KV sebagaimana tercantum pada persamaan (1) dan (2)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(1)$$

$$(\%) KV = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Untuk menentukan apakah hasil pengamatan dikatakan presisi atau tidak maka nilai % KV hasil perhitungan dibandingkan dengan % KV Horwitz sebagaimana tercantum dalam persamaan (3).

$$(\%) KV = 2^{2-0,5 \log c} \dots\dots\dots(3)$$

Apabila hasil menunjukkan (%) KV lebih kecil dibandingkan dengan (%) KV Horwitz, maka pengamatan tersebut presisi. Berdasarkan perhitungan nilai (%) KV dan (%) KH Horwitz masing-masing adalah 9,95 % dan 14,31 %. Oleh karena itu penentuan kadar nitrat dalam air limbah Laboratorium Terpadu UII hasilnya menunjukkan presisi.

c. Penentuan akurasi metode

Akurasi metode dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kategori CRM (*Certified Reference Material*) atau SRM (*Standard Reference Material*). Namun jika kedua jenis kategori bahan tersebut tidak ada, maka presisi metode dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan temu balik (*recovery*). Untuk menentukan % *recovery* dapat ditunjukkan melalui persamaan (4).

$$\% \text{ recovery} = \frac{A}{B} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

A : Konsentrasi hasil pengukuran larutan standar NO₃-N, dinyatakan dalam milligram per liter (mg/ L)

B : Konsentrasi larutan NO₃-N hasil penimbangan, dinyatakan dalam milligram per liter (mg/ L)

Hasil pengamatan % *recovery* untuk pengujian nitrat dalam air limbah dapat disajikan melalui tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran % Recovery

No	A-B	C	% Recovery
1	0,9667	0,9992	96,75
2	2,0138	1,9983	100,77
3	3,1415	2,9975	104,80
4	4,1161	3,9967	102,99
5	5,0061	4,9958	100,21
6	6,0009	5,9950	100,10
7	6,9997	6,9942	100,08
8	7,9541	7,9934	99,51
9	8,9126	8,9925	99,11
	Rata-Rata		100,48

Dilihat dari tabel 2 memperlihatkan bahwa rata-rata % *recovery* sangat baik yaitu sebesar 100,48 %.

d. Penentuan limit deteksi dan limit kuantisasi

Limit deteksi (LOD) adalah batasan terendah suatu analit dapat ditentukan sedangkan limit kuantisasi (LOQ) yaitu suatu batas nilai yang digunakan untuk menentukan apakah nilai hasil pengukuran dapat dinyatakan secara kuantitatif atau tidak. LOD dan LOQ dalam analisis nitrat pada air limbah dapat dihitung melalui persamaan 5 dan 6.

$$LOD = \frac{3 SD}{slope} \dots\dots\dots(5)$$

$$LOQ = \frac{10 SD}{slope} \dots\dots\dots(6)$$

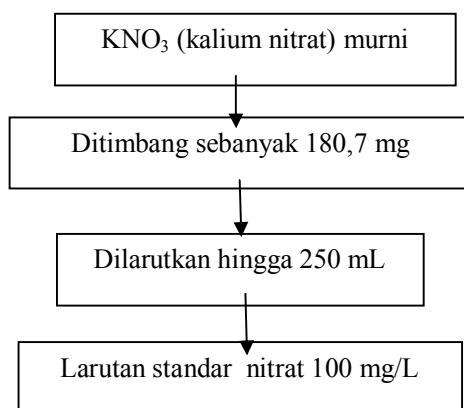
Hasil perhitungan LOD dan LOQ masing-masing adalah 0,292 mg/L dan 0,975 mg/L.

e. Penentuan ketidakpastian pengukuran

Menurut EURACHEM ketidakpastian dapat didefinisikan sebagai 'parameter yang terkait dengan hasil pengukuran, yang mencirikan dispersi dari nilai-nilai yang cukup dapat dihubungkan dengan besaran ukur. Dalam menghitung ketidakpastian pengukuran maka diperlukan diagram tulang ikan untuk menentukan sumber-sumber ketidakpastian. Terdapat tiga tahapan menentukan ketidakpastian yaitu ketidakpastian baku, ketidakpastian gabungan dan ketidakpastian diperluas.

1. Ketidakpastian preparasi larutan standar nitrat

Langkah-langkah yang dilakukan selama validasi metode yaitu pembuatan larutan standar nitrat dan preparasi sampel yang dilanjutkan dengan pengukuran konsentrasi nitrat dalam sampel air limbah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Skema pembuatan larutan standar nitrat dapat disajikan melalui gambar 2.



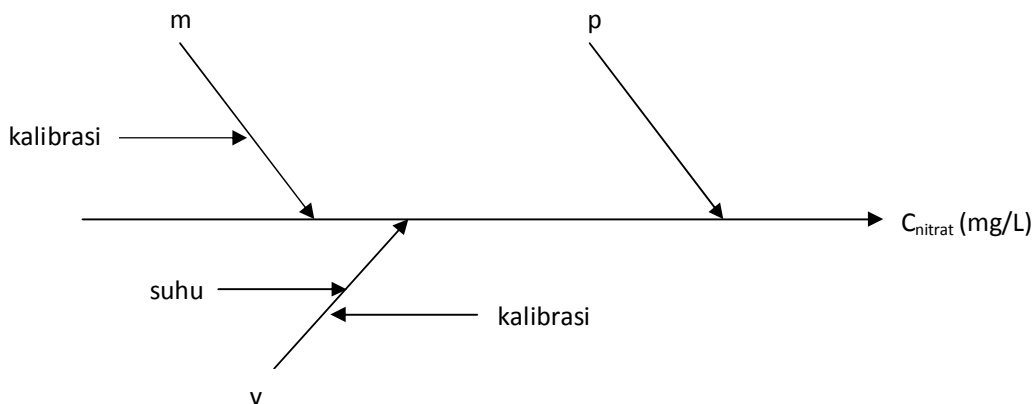
Gambar 2. Preparasi larutan standar nitrat 100 mg/L

Dari gambar 2. dapat dibuat ke dalam rumus penentuan konsentrasi larutan standar nitrat sebagaimana tercantum di dalam persamaan 7.

$$C_{\text{nitrat}} = \frac{1000 \cdot m \cdot p}{v} \text{ mg/L} \dots\dots\dots(7)$$

- C_{nitrat} = konsentrasi larutan standar nitrat
- m = berat KNO_3 murni yang (mg)
- p = kemurnian KNO_3
- v = volume larutan standar nitrat
- 1000 = faktor konversi dari mL ke L

Dari persamaan 7 dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber utama ketidakpastian pembuatan larutan standar nitrat sebagaimana yang tercantum di dalam diagram tulang ikan pada gambar 3.



Gambar 3. Ketidakpastian pembuatan larutan standar nitrat

Untuk ketidakpastian baku dari masing-masing sumber ketidakpastian dapat dihitung sebagai berikut:

- a. Kemurnian kalium nitrat (KNO_3)
 Kemurnian bahan standar KNO_3 yang tercantum pada label bahan adalah $\geq 99,5 \%$ atau dituliskan $100 \pm 0,5 \%$. Karena tidak ada informasi sumber ketidakpastian yang lain maka diasumsikan sebagai distribusi rektangular. Sehingga nilai dari ketidakpastian baku untuk kemurnian $u(p)$ dapat dihitung :

$$u(p) = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,00288$$

b. Massa

Neraca yang digunakan untuk menentukan massa KNO_3 telah dikalibrasi dengan nilai ketidakpastian yang terdapat di dalam sertifikat sebesar $\pm 0,0006$ pada faktor cakupan 2. Maka nilai ketidakpastian baku massa dapat dihitung :

$$u(m) = \frac{0,0006}{2} = 0,0003$$

c. Volume

Ketidakpastian baku volume dipengaruhi oleh temperatur dan kalibrasi labu ukur 250 mL. Informasi yang terdapat pada labu ukur menunjukkan alat tersebut telah dikalibrasi pada suhu 20°C dengan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0,3$ mL. Tidak adanya informasi lain maka ketidakpastian baku dari kalibrasi labu ukur 250 mL dapat ditentukan dengan asumsi distribusi rektangular. Untuk menentukan ketidakpastian baku dari labu ukur dapat ditentukan dengan cara:

$$u(\text{kalibrasi}) = \frac{0,003}{\sqrt{3}} = 0,1732 \text{ mL}$$

Di dalam laboratorium variasi suhu mencapai 7°C . Ketidakpastian yang disebabkan efek temperatur dapat dihitung dari selisih suhu di laboratorium dengan suhu kalibrasi alat dan koefisien ekspansi volume. Karena ekspansi volume cairan sangat besar dibandingkan dengan labu ukur, maka penentuan ketidakpastian hanya mempertimbangan koefisien ekspansi air pada suhu 20°C yang nilainya sebesar $2,1 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Adapun penentuan ketidakpastian baku dari efek temperatur dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\pm (250 \text{ mL} \times 7 \text{ C} \times 2,1 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) = 0,3675 \text{ mL}$$

Untuk menentukan ketidakpastian baku dari volume maka diperoleh dari ketidakpastian gabungan $u(G)$ dari ketidakpastian gabungan kalibrasi dan efek suhu yang ditentukan dengan cara :

$$u(G) = \sqrt{0,1732^2 + 0,3675^2} = 0,2739 \text{ mL}$$

Tahap penentuan ketidakpastian pada pembuatan larutan standar nitrat adalah dengan menentukan ketidakpastian gabungan dari kemurnian, massa dan volume. Karena masing-masing satuan berbeda pada, maka untuk menentukan ketidakpastian gabungan dapat digunakan persamaan 8.

$$\frac{u(G)}{C_{\text{nitrat}}} = \sqrt{\left(\frac{u(p)}{p}\right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(v)}{v}\right)^2}$$

Hasil perhitungan untuk ketidakpastian gabungan pada pembuatan larutan standar nitrat dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Penentuan ketidakpastian gabungan $u(G)$

X	Nilai (x)	u (x)	u (x)/x	u (G)
Volume (v)	250 mL	0,2768 mL	0,0011074	0,200 mg/L
Massa (m)	0,1807 g	0,0003 g	0,0016602	
Kemurnian (p)	99,00%	0,002887 %	0,0000058	

Dari data yang tersajikan melalui tabel 3 maka dapat ditentukan ketidakpastian diperluas (U) dengan persamaan 8

$$U = k \times u(G) \dots\dots\dots(8)$$

U = ketidakpastian diperluas

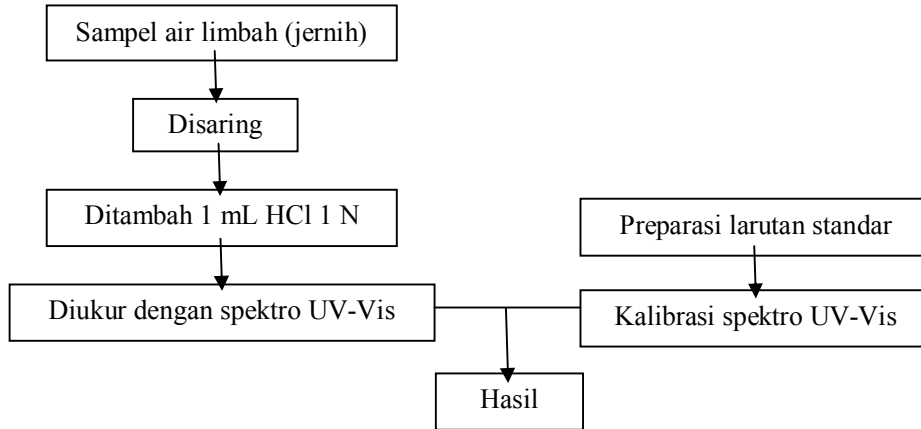
k = faktor cakupan

$u(G)$ = ketidakpastian gabungan

Hasil perhitungan penentuan ketidakpastian diperluas dengan tingkat kepercayaan 95 % diperoleh nilainya sebesar $\pm 0,400$ mg/L.

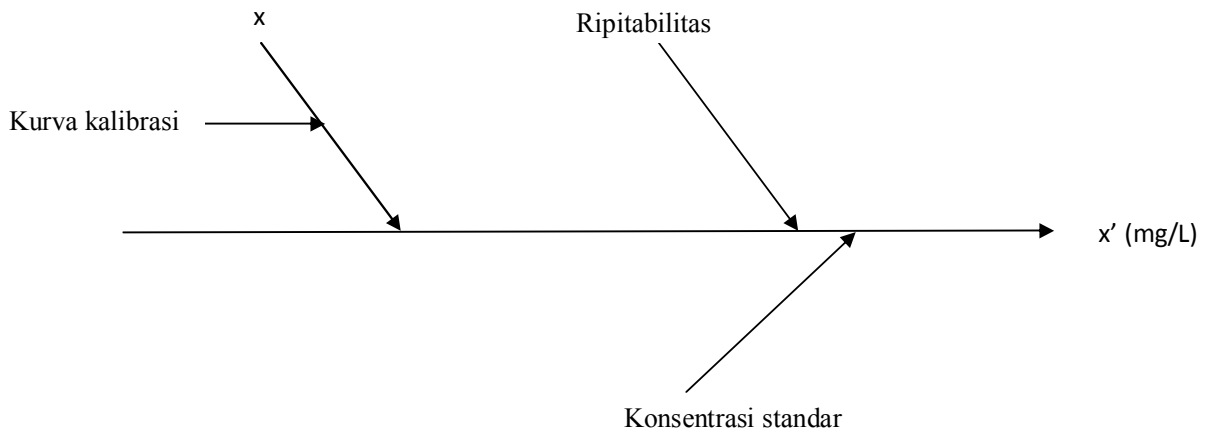
2. Ketidakpastian pengukuran konsentrasi nitrat.

Sampel yang digunakan untuk analisis berasal dari limbah yang terdapat di bak penampungan limbah Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Skema dari analisis nitrat dalam air limbah disajikan melalui gambar 4.



Gambar 4. Skema analisis nitrat dalam air limbah

Penentuan konsentrasi nitrat dalam air limbah mengacu pada Hukum Lambert Beer $A = a.b.C$ dimana nilai a dan b merupakan suatu tetapan sehingga nilai absorbansi (A) berbanding lurus dengan konsentrasi (C). Apabila dibuat dalam persamaan garis lurus maka diperoleh $y = bx \pm c$, dengan y dan x masing-masing adalah absorbansi dan konsentrasi sedangkan b dan c adalah nilai slope dan intersep. Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukan konsentrasi nitrat pada sampel dapat menggunakan persamaan $x' = x \cdot fp$, dimana x' adalah konsentrasi nitrat, x adalah konsentrasi nitrat yang diperoleh dari persamaan garis lurus sedang fp adalah faktor pengenceran. Dari rumus penentuan kadar nitrat maka x dan fp menjadi sumber utama dalam penentuan ketidakpastian pengukuran. Akan tetapi pada saat analisis tidak dilakukan pengenceran, maka fp tidak dimasukkan ke dalam sumber utama ketidakpastian. Disamping itu juga konsentrasi larutan standar nitra juga berperan dalam penentuan ketidakpastian pengukuran. Maka grafik *cause and effect* dalam menentukan ketidakpastian pengukuran nitrat dapat dilihat melalui gambar 5.



Penentuan ketidakpastian baku untuk analisis kadar nitrat dalam air limbah adalah sebagai berikut:

a. *Konsentrasi nitrat (x)*

Ketidakpastian konsentrasi nitrat diperoleh dari ketidakpastian kurva kalibrasi standar. Dta pengamatan larutan standar mengacu pada tabel 1. Persamaan garis lurus yang diperoleh dari pengamatan absorbansi larutan standar adalah $y = 0.2483 x + 0.0370$. ketidakpastian asal konsentrasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 9.

$$S_x = \frac{S_y/x}{b} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{b^2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2}} \dots \dots \dots (9)$$

- Dimana :
- S_x = ketidakpastian konsentrasi
 - $S_{y/x}$ = ketidakpastian garis regresi
 - b = slope (0.2483)
 - n = jumlah sampel (9)
 - spl = sampel
 - Y_i = absorbansi sampel
 - \bar{Y} = absorbansi sampel rata-rata
 - x_i = konsentrasi sampel
 - \bar{x} = konsentrasi rata-rata

Ketidakpastian garis regresi ($S_{y/x}$) dapat ditentukan melalui rumus pada persamaan 10

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - Y_c)^2}{n-2}} \dots \dots \dots (10)$$

- Dimana
- $S_{y/x}$ = ketidakpastian regresi
 - Y_i = absorbansi larutan standar terbaca
 - Y_c = absorbansi larutan standar terhitung
 - n = jumlah larutan standar

Melalui persamaan 10, maka nilai dari ketidakpastian regresi ($S_{y/x}$) dapat dihitung dengan sebagaimana tercantum dalam tabel 4.

Tabel 4. Penentuan ketidakpastian regresi

Konsentrasi	Y_i	Y_c	$Y_i - Y_c$	$(Y_i - Y_c)^2$
0.0000	0.000	0.000	0.000	0.0000000
0.9992	0.277	0.285	-0.008	0.0000650
1.9983	0.537	0.533	0.004	0.0000148
2.9975	0.817	0.781	0.036	0.0012777
3.9967	1.059	1.029	0.030	0.0008790
4.9958	1.280	1.277	0.003	0.0000065
5.9950	1.527	1.526	0.001	0.0000021
6.9942	1.775	1.774	0.001	0.0000018
7.9934	2.012	2.022	-0.010	0.0000949
8.9925	2.250	2.270	-0.020	0.0003935
Jumlah				0.0027353
$S_{y/x}$				0.019767628

Adapun penentuan ketidakpastian konsentrasi yang mengacu pada persamaan 9 dapat dibuat ke dalam tabel 5.

Tabel 5. Penentuan ketidakpastian asal konsentrasi

No	Y_i	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Spl	S_x
1	2.1669	0.0524	0.00274	1	2.1669	0.0524	0.00274	1	0.089664
2	2.2716	0.1571	0.02467	2	2.2716	0.1571	0.02467	2	0.123755
3	1.9172	-0.1973	0.03894	3	1.9172	-0.1973	0.03894	3	0.141602
4	2.0702	-0.0443	0.00196	4	2.0702	-0.0443	0.00196	4	0.088212
5	2.3038	0.1893	0.03583	5	2.3038	0.1893	0.03583	5	0.137905
6	1.7520	-0.3625	0.13138	6	1.7520	-0.3625	0.13138	6	0.225211
7	2.3803	0.2658	0.07065	7	2.3803	0.2658	0.07065	7	0.174848
8	2.0541	-0.0604	0.00365	8	2.0541	-0.0604	0.00365	8	0.091329
\bar{Y}	2.1145	$\sum (Y_s - \bar{Y})^2$	0.30982	\bar{x}	2.1145	$\sum (x_i - \bar{x})^2$	0.30982	S_x	0.134066

Dari tabel 5 terlihat bahwa hasil penentuan ketidakpastian konsentrasi (S_x) sebesar 0,134 mg/L

b. Ripitabilitas

Ketidakpastian ripitabilitas ditentukan berdasarkan nilai dari standar deviasi yang hasilnya sebesar 0,2104 mg/L dengan pengulangan sebanyak 8 kali. Sehingga ketidakpastian ripitabilitas $u(r)$ ini dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$u(r) = \frac{0,2104}{\sqrt{8}} = 0,075 \text{ mg/L}$$

c. Konsentrasi standar

Hasil penentuan ketidakpastian larutan standar dengan faktor cakupan 2 diperoleh nilainya sebesar $\pm 0,400$ mg/L, sehingga ketidakpastian bakunya dapat dihitung sebagai berikut:

$$u(\text{standar}) = 0,400 / 2 = 0,200 \text{ mg/L}$$

Dilihat dari hasil penentuan ketidakpastian baku menunjukkan satuan dari masing-masing sumber ketidakpastiannya sama, sehingga persamaan untuk menghitung ketidakpastian gabungan $U(G)$ pada penentuan konsentrasi nitrat pada sampel dapat dirumuskan sebagaimana pada persamaan 11.

$$U(G) = \sqrt{\{u(x)\}^2 + \{u(r)\}^2 + \{u(\text{standar})\}^2} \dots \dots \dots (11)$$

$$U(G) = \sqrt{0,134^2 + 0,075^2 + 0,200^2} = \sqrt{0,064} = 0,252 \text{ mg/L}$$

Ketidakpastian diperluas diperoleh melalui cara mengalikan ketidakpastian gabungan dengan faktor cakupan. Dengan derajat kepercayaan 95 % dan nilai faktor cakupan 2, nilai dari ketidakpastian diperluas U adalah:

$$U = 0,252 \times 2 = 0,504 \text{ mg/L}$$

Dengan diperolehnya nilai ketidakpastian diperluas, maka laporan hasil pengujian dapat dituliskan $2,115 \pm 0,504$ mg/L

KESIMPULAN

Hasil validasi metode penentuan kandungan nitrat dalam air limbah didapatkan linieritas kurva kalibrasi sebesar 0,999. Nilai % KV perhitungan 9,95 % lebih kecil dibandingkan % KV Horwitz yang hasilnya sebesar 14,31 %, sehingga dari hasil tersebut menunjukkan nilai presisi yang baik. Akurasi ditentukan melalui nilai *recovery* yang hasilnya cukup baik yaitu sebesar 100,48 %. Sedangkan untuk penentuan nilai ketidakpastian pengukuran diperoleh hasilnya sebesar 0,504 g/L.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andrew D. (ed.). Eaton, Mary Ann H. (ed.). Franson, American Public Health Associations, 2005 4500-NO₃-B-2005 (Nitrat). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method
2. Bièvre, P.D., , Günzler H., 2002, Validation in Chemical Measurement, Springer Verlag Inc., New York, USA
3. Ellison, S.L.R., Rosslein, M., and Williams, A., 2000, EURACHEM/CITAC Guide CG 4, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Second Edition
4. Komite Akreditasi Nasional, 2003, Pedoman Evaluasi dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran
5. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990

ANALISIS KAPASITAS ALUMINOSILIKAT MESOPORI SEBAGAI PENDUKUNG PADA IMPREGNASI $AlCl_3$ DENGAN METODE BASAH

Tri Esti Purbaningtias¹, Didik Prasetyoko²

¹Program Studi D-3 Analisis Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia

²Jurusan Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Pendukung Aluminosilikat Mesopori (AM) disintesis menggunakan templat mesopori heksadesiltrimetil amoniumbromida (CTABr). Metode impregnasi $AlCl_3$ pada pendukung AM adalah metode basah dengan menggunakan etanol sebagai pelarutnya. Dilakukan variasi jumlah $AlCl_3$ sebesar 1, 5, 10 dan 15% b/b untuk mengetahui kapasitas pendukung AM. Padatan hasil sintesis (AM dan $AlCl_3/AM$) dikarakterisasi menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) dan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui struktur padatan, uji *leaching* untuk mengetahui kapasitas pendukung AM, dan adsorpsi-desorpsi nitrogen untuk mengetahui luas permukaan, dan ukuran pori padatan. Hasil karakterisasi menunjukkan $AlCl_3/AM$ yang terbentuk mempunyai fasa utama amorf, diameter pori 3-4 nm dan luas permukaan 236-307 m²/g. Uji *leaching* menunjukkan bahwa proses *leaching* hanya terjadi pada katalis 15% $AlCl_3/AM$ yaitu sebesar 0,293% b/b.

Kata kunci: Aluminosilikat mesopori, $AlCl_3$, Impregnasi, *Leaching*

PENDAHULUAN

Katalis $AlCl_3$ tergolong katalis homogen, karena saat digunakan pada reaksi kondensasi indola dengan isatin akan larut sehingga katalis dan reaktan berada dalam fasa yang sama. Katalis homogen memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi dibandingkan katalis heterogen. Namun, saat ini katalis heterogen lebih banyak digunakan dalam dunia industri karena memiliki kelebihan seperti tidak perlu melakukan pemisahan, katalis bisa diregenerasi dengan mudah, dan bisa dilakukan dengan sistem reaksi yang terus-menerus (*continuous reaction*), sedangkan pada katalis homogen diperlukan pemisahan lebih lanjut (Nur, 2006). Heterogenisasi katalis homogen dapat menghasilkan suatu katalis heterogen yang memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi. Proses ini dapat dilakukan dengan melapisi katalis homogen pada permukaan padatan (impregnasi), enkapsulasi, dan immobilisasi (Choplin dan Quignard, 1998). Katalis $AlCl_3$ dilaporkan berhasil diimpregnasikan pada MCM-41 (Hudik, 2001) dan zeolit NaX (Sridevi dkk, 2001). Pada penelitian ini pendukung yang akan digunakan untuk impregnasi $AlCl_3$ adalah aluminosilikat mesopori.

Aluminosilikat mesopori memiliki luas permukaan yang tinggi dan struktur pori yang baik sehingga dapat digunakan pada proses pemisahan dan katalisis, khususnya untuk reaksi dengan molekul besar (Li dkk, 2006). Secara umum aluminosilikat mesopori memiliki dinding pori yang amorf. Dengan adanya luas permukaan yang tinggi dan ukuran pori yang lebih besar, diharapkan katalis $AlCl_3$ dapat terdispersi secara sempurna walaupun pada jumlah yang banyak dan tidak terjadi efek pemblokiran pori.

METODOLOGI

Sintesis Katalis Aluminosilikat Mesopori

Sintesis katalis aluminosilikat mesopori menggunakan gabungan metode yang dilakukan oleh Goncalves dkk (2008) dan Eimer dkk (2008). Natrium aluminat dilarutkan dalam larutan TEOS kemudian diaduk selama 30 menit. Larutan yang terbentuk ditambahkan larutan TPAOH yang terdiri TPAOH dan aquades, sehingga campuran yang diperoleh mempunyai perbandingan mol 1 SiO_2 : 0,05 Al_2O_3 : 0,2 TPAOH: 38 H_2O . Campuran diaduk selama 15 jam. Selanjutnya campuran yang terbentuk didiamkan dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah didiamkan, ditambahkan CTAB dengan rasio molar $SiO_2/CTAB = 3,85$ dan diaduk sampai tercampur sempurna dengan waktu kurang lebih 30 menit. Selanjutnya campuran didiamkan selama 3 jam dan disaring. Padatan hasil penyaringan

kemudian dicuci dengan aquades sampai pHnya netral. Padatan tersebut dikeringkan pada 60°C selama 24 jam. Selanjutnya padatan kering dikalsinasi pada suhu 550°C selama 1 jam dengan dialiri N₂ dan dilanjutkan dengan kalsinasi tanpa N₂ selama 6 jam sehingga terbentuk aluminosilikat mesopori. Aluminosilikat mesopori yang telah dibuat, selanjutnya ditukar ion dengan amonium asetat (>98 %, Merck) 0.5 N. Amonium asetat 7,708 gram dilarutkan ke dalam aquades 100 ml, kemudian ditambahkan 10 gram aluminosilikat mesopori kedalam campuran. Campuran yang terbentuk direfluk pada suhu 60°C selama 3 jam. Padatan dalam larutan kemudian disaring, dikeringkan pada suhu 100 °C dan dikalsinasi pada suhu 550°C selama 1 jam dengan dialiri N₂ dan dilanjutkan dengan kalsinasi tanpa N₂ selama 6 jam, sehingga diperoleh sampel aluminosilikat mesopori yang disebut sebagai AM.

Sintesis AlCl₃/Aluminosilikat Mesopori (AlCl₃/AM)

Heterogenisasi katalis AlCl₃ dapat dilakukan dengan impregnasi AlCl₃ pada padatan aluminosilikat mesopori. Impregnasi AlCl₃ mengacu pada penelitian Sridevi dkk (2001). Padatan AM direfluks dengan AlCl₃ dalam 5 mL etanol selama 4 jam pada suhu 65°C. Selanjutnya, larutan dievaporasi untuk menghilangkan alkoholnya. Partikel katalis yang telah diimpregnasi AlCl₃ dikeringkan pada suhu 100°C selama 6 jam dan dikalsinasi pada suhu 350 °C selama 6 jam. Jumlah AlCl₃ yang diimpregnasikan pada AM divariasi 1; 5; 10; dan 15% (b/b) sehingga dihasilkan 1% AlCl₃/AM, 5% AlCl₃/AM, 10% AlCl₃/AM, dan 15% AlCl₃/AM.

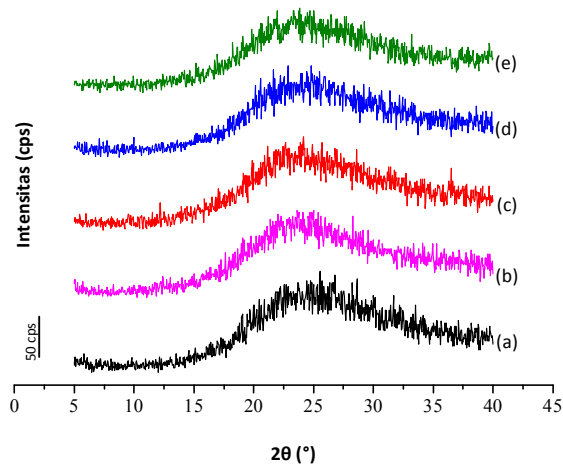
Karakterisasi Katalis

Katalis AM, 1% AlCl₃/AM, 5% AlCl₃/AM, 10% AlCl₃/AM, dan 15% AlCl₃/AM dikarakterisasi dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) untuk identifikasi fase kristal dan kekristalan katalis. Spektrum inframerah direkam menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metoda pelet KBr. Uji *leaching* dilakukan dengan mencampurkan 0,05 gram katalis 1% AlCl₃/AM, 5% AlCl₃/AM, 10% AlCl₃/AM, dan 15% AlCl₃/AM dalam 10 mL asetonitril dan diaduk selama 2,5 jam pada suhu kamar. Setelah itu campuran disaring. Larutan yang dihasilkan kemudian diuapkan hingga volum minimum dan selanjutnya diencerkan dengan aquades hingga volum 10 mL. Hasil pengenceran ini diuji kandungan aluminiumnya (Al) dengan ICP. Adsorpsi nitrogen digunakan untuk analisis struktur pori. Sampel sebanyak 0,4 gram dipanaskan pada suhu 250°C selama 2,5 jam dan didinginkan untuk adsorpsi dan desorpsi nitrogen pada suhu 77 K.

PEMBAHASAN

Difraksi Sinar-X

Teknik difraksi sinar-X digunakan untuk identifikasi fasa pada padatan AM yang telah disintesis. Gambar 1 menunjukkan hasil difraktogram padatan AM sebelum diimpregnasi AlCl₃ dan setelah diimpregnasi AlCl₃ dengan variasi jumlahnya sebesar 1, 5, 10, dan 15 %b/b. Pola XRD pada Gambar 1 memperlihatkan adanya puncak lebar pada 2θ mulai 15 sampai 35° yang berpusat pada 21-25° untuk semua sampel. Munculnya puncak lebar ini menunjukkan bahwa semua sampel merupakan padatan amorf. Puncak lebar tersebut mirip dengan puncak dari silika amorf sebagaimana yang telah dilaporkan oleh Xia dan Mokaya (2006). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa semua sampel padatan tersebut merupakan material yang amorf.

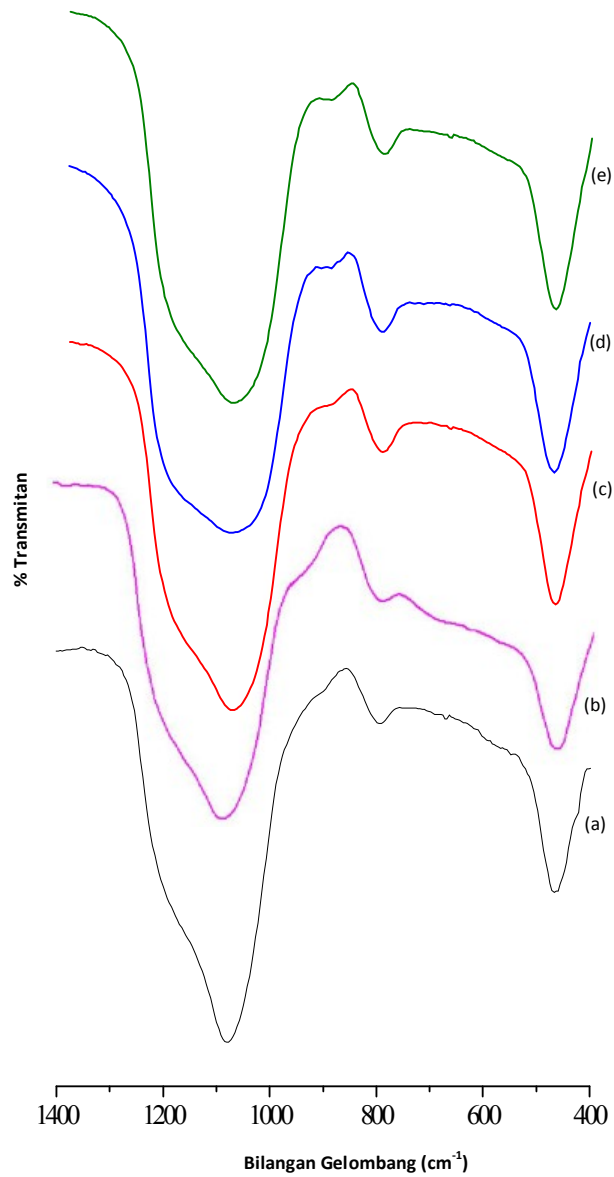


Gambar 1. Pola XRD dari aluminosilikat mesopori (AM) (a), 1% AlCl_3/AM (b), 5% AlCl_3/AM (c), 10% AlCl_3/AM (d), dan 15% AlCl_3/AM (e).

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektra FTIR dari sampel ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, semua sampel baik aluminosilikat mesopori (AM) dan AlCl_3 AM memiliki pita serapan vibrasi pada bilangan gelombang 1090, 900, 790 dan 460 cm^{-1} . Pita serapan pada bilangan gelombang 1090, 790 dan 450 cm^{-1} tersebut merupakan mode vibrasi kisi yang berasosiasi dengan ikatan internal dalam SiO_4 atau AlO_4 tetrahedral yang tidak sensitif terhadap perubahan struktur (Flanigen dkk, 1973). Pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1090 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi asimetris Si-O-Si, sedangkan vibrasi simetris muncul di daerah bilangan gelombang sekitar 780 cm^{-1} . Selanjutnya, pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 900 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi Si-OH ataupun Al-OH atau Si-O-M (M = logam) sebagaimana yang dilaporkan oleh Kytökivi dan Haukka (1997) pada sampel silika yang direaksikan dengan AlCl_3 . Adanya puncak ini juga menunjukkan bahwa sampel merupakan padatan amorf yang banyak mengandung gugus hidroksil sebagaimana yang didapati pada bahan mesopori MCM-41 (Beck dkk, 1992). Puncak yang lebar pada 466 cm^{-1} juga menunjukkan T-O-T amorf dimana T adalah Si atau Al (Di dkk, 2003). Hal ini mendukung hasil karakterisasi XRD, dimana semua sampel adalah padatan amorf.

Tabel 1 menunjukkan vibrasi setiap sampel pada bilangan gelombang 1090 cm^{-1} , 900 cm^{-1} , 790 cm^{-1} dan 450 cm^{-1} . Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa impregnasi AlCl_3 pada sampel AM menyebabkan pergeseran bilangan gelombang pada daerah sekitar 1090 cm^{-1} yaitu dari bilangan gelombang 1080,17 cm^{-1} menjadi 1087,89 cm^{-1} . Pergeseran bilangan gelombang menjadi lebih besar mengindikasikan adanya logam-logam yang telah tergabung pada kerangka silika (Selvaraj dkk, 2005). Hal ini menunjukkan adanya ikatan antara aluminosilikat mesopori dan AlCl_3 yang telah diimpregnasikan. Puncak yang lebar pada 466 cm^{-1} menunjukkan vibrasi T-O-T dimana T adalah Si atau Al. Puncak ini identik dengan aluminosilikat amorf (Di dkk, 2003). Penambahan AlCl_3 pada padatan aluminosilikat menyebabkan puncak pada 900 cm^{-1} semakin jelas. Puncak ini menunjukkan adanya vibrasi antara Si-O-Al dari aluminosilikat dan AlCl_3 (Moghaddam dkk, 2009). Puncak ini tidak muncul pada sampel AM dan 1% AlCl_3/AM , tetapi mulai terlihat adanya lembah yang mengindikasikan terbentuknya puncak.



Gambar 2. Spektra FTIR dari AM (a), 1% AlCl₃/AM (b), 5% AlCl₃/AM (c), 10% AlCl₃/AM (d), dan 15% AlCl₃/AM (e)

Tabel 1. Bilangan gelombang dari spektra FTIR sampel (cm⁻¹)

Sampel	Regangan TO ₄		Tekuk T-O	Vibrasi Si-OH/Si-O-M
	Asimetrik	Simetrik		
AM	1080,17	794,70	466,79	-
1% AlCl ₃ /AM	1083,99	794,54	466,93	-
5% AlCl ₃ /AM	1087,89	798,56	466,79	893,26
10% AlCl ₃ /AM	1087,89	794,70	466,79	895,00
15% AlCl ₃ /AM	1087,89	794,70	466,79	898,86

Uji Leaching

Uji *leaching* dilakukan untuk melihat keberhasilan dalam langkah heterogenisasi AlCl_3 pada sampel AM. Kadar Al yang terbaca oleh ICP merupakan kadar AlCl_3 yang tidak berikatan dengan padatan AM. AlCl_3 yang merupakan katalis homogen yang akan larut dalam asetonitril sedangkan padatan AM tidak larut dalam asetonitril.

Hasil pengukuran ICP ditunjukkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dilihat jumlah AlCl_3 yang terdapat pada padatan AM secara teori yaitu hasil perhitungan dari jumlah AlCl_3 yang ditambahkan saat impregnasi dengan mengasumsikan semua AlCl_3 berinteraksi dengan padatan AM dalam 0,05 g katalis, sedangkan jumlah AlCl_3 yang *ter-leaching* merupakan hasil perhitungan berdasarkan data analisis ICP yaitu dengan mengkonversi jumlah Al yang didapat dari pengukuran ICP menjadi jumlah AlCl_3 menggunakan perbandingan massa relatif antara Al dan AlCl_3 . Data dari Tabel 3 menunjukkan bahwa proses *leaching* AlCl_3 hanya terjadi pada sampel 15% AlCl_3/AM sebesar 0,022 mg atau 0,293% b/b. Hal ini menunjukkan bahwa pada sampel 15% AlCl_3/AM terdapat AlCl_3 yang berlebih. AlCl_3 tersebut tidak berikatan dengan permukaan aluminosilikat mesopori (AM). Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa jumlah maksimum AlCl_3 yang diimpregnasikan pada aluminosilikat mesopori (AM) adalah 10% b/b. Adanya AlCl_3 yang tidak terikat pada permukaan aluminosilikat mesopori (AM) menyebabkan sampel 15% AlCl_3/AM masih bersifat sebagai katalis homogen. Ketika terjadi *leaching* pada katalis heterogen meskipun dalam jumlah yang sedikit, katalis homogen yang *ter-leaching* tersebut akan mendominasi reaksi katalisisnya (Deng dkk, 2000).

Proses heterogenisasi AlCl_3 pada katalis aluminosilikat mesopori (AM) dapat dilakukan pada loading antara 1 sampai 10%. Padatan AlCl_3 yang merupakan katalis homogen (larut dalam asetonitril) telah berubah menjadi katalis heterogen yang tidak larut dalam asetonitril jika diimpregnasikan pada padatan aluminosilikat mesopori pada jumlah AlCl_3 tidak lebih dari 10%.

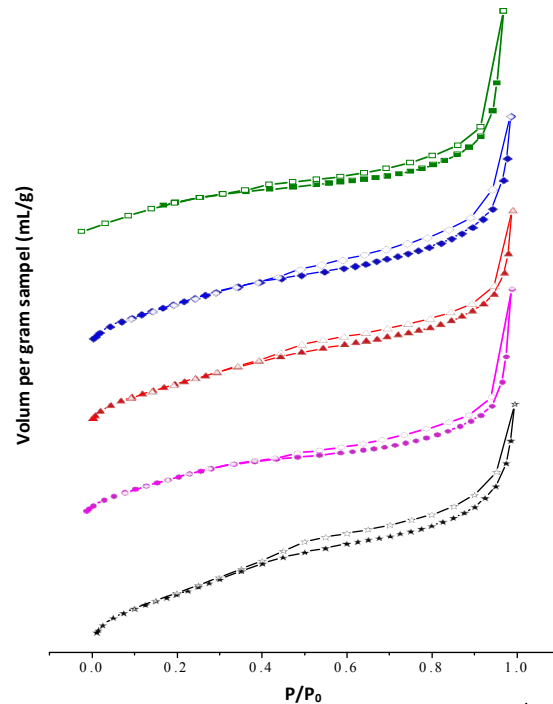
Tabel 2. Hasil uji *leaching* AlCl_3 pada katalis AlCl_3/AM

Sampel	Jumlah Al ^a		Jumlah AlCl_3 yang <i>ter-leaching</i> (mg)	Jumlah AlCl_3 pada 0,05 g katalis (mg) ^b	% <i>Leaching</i> (b/b)
	ppm	mg			
1% AlCl_3/AM	-	-	-	0,5	-
5% AlCl_3/AM	-	-	-	2,5	-
10% AlCl_3/AM	-	-	-	5	-
15% AlCl_3/AM	0,448	0,00448	0,022	7,5	0,293

Adsorpsi-Desorpsi Nitrogen (N_2)

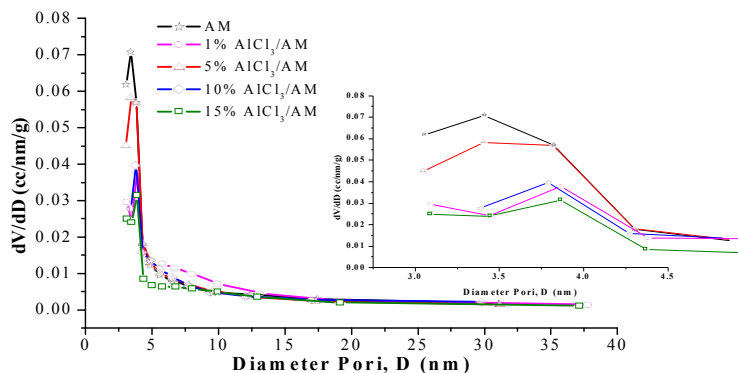
Isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen merupakan adsorpsi fisik yang digunakan untuk menentukan distribusi pori dan total luas permukaan suatu padatan (Haber dkk, 1995). Gambar 3 merupakan isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 dari padatan AM sebelum terimpregnasi AlCl_3 dan setelah terimpregnasi AlCl_3 dengan variasi jumlah sebesar 1, 5, 10, dan 15 %b/b.

Keseluruhan tipe isoterm adsorpsi-desorpsi memperlihatkan adanya *loop* histeresis pada daerah pertengahan yang identik dengan tipe isoterm adsorpsi-desorpsi tipe IV yaitu jenis adsorpsi dari padatan mesopori, yang memiliki ukuran diameter pori 2-50 nm (Gregg dan Sing, 1982). Adanya pori pada permukaan padatan akan menyebabkan terjadinya fenomena kondensasi kapiler. Kondensasi kapiler inilah yang menyebabkan terjadinya *loop* histeresis (Adamson, 1997). *Loop* histeresis pada tekanan relatif yang hampir sama dari 0,55 sampai 0,8, yang berarti distribusi ukuran diameter porinya hampir identik pada kisaran 3-6 nm (Choi dkk, 2008).



Gambar 3. Grafik isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 dari sampel AM (\star), 1% $AlCl_3/AM$ (\circ), 5% $AlCl_3/AM$ (\triangle), 10% $AlCl_3/AM$ (\diamond) dan 15% $AlCl_3/AM$ (\square). Adsorpsi (tertutup), desorpsi (terbuka).

Pembuktian terhadap adanya mesopori pada permukaan sampel dapat dilihat dari data distribusi ukuran pori pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa adanya histerisis pada seluruh sampel padatan disebabkan adanya pori berukuran meso. Hal ini juga ditunjukkan oleh grafik distribusi ukuran pori yang menunjukkan adanya puncak pada diameter pori lebih dari 2 nm (sekitar 3-4 nm).



Gambar 4. Distribusi ukuran pori sampel katalis dari sampel AM, 1% $AlCl_3/AM$, 5% $AlCl_3/AM$, 10% $AlCl_3/AM$, dan 15% $AlCl_3/AM$.

Puncak yang tinggi pada diameter pori 3-4 nm menunjukkan bahwa ukuran diameter pori yang paling dominan adalah 3-4 nm. Selain itu, pada Gambar 4 juga disajikan grafik distribusi ukuran pori pada rentang diameter pori sebesar 3-5 sehingga terlihat jelas ukuran pori dominan untuk tiap-tiap sampel. Jumlah pori pada 1% $AlCl_3/AM$, 5% $AlCl_3/AM$, 10% $AlCl_3/AM$, dan 15% $AlCl_3/AM$ lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah pori pada AM. Hal ini menandakan bahwa $AlCl_3$ yang diimpregnasikan pada aluminosilikat mesoporus (AM) akan terdistribusi di dalam pori. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Khodakov dkk (2005) yang menyebutkan bahwa kobalt nitrat yang diimpregnasikan pada MCM-41 dan SBA-15 akan terdistribusi di dalam pori.

Hasil analisis permukaan dan struktur pori dengan adsorpsi-desorpsi nitrogen ditunjukkan pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa penambahan AlCl_3 pada sampel AM berpengaruh pada luas permukaan totalnya. Dengan adanya penambahan AlCl_3 pada permukaan sampel AM menyebabkan luas permukaan totalnya berkurang. Padatan AlCl_3 yang diimpregnasikan pada padatan AM akan menutupi permukaannya. Hal inilah yang menyebabkan luas permukaan katalis menurun. Semakin banyak jumlah AlCl_3 yang diimpregnasikan pada AM maka semakin besar penurunan luas permukaan mesopori. Padatan 1% AlCl_3/AM memiliki luas permukaan yang hampir sama dengan padatan AM yaitu pada kisaran $300 \text{ m}^2/\text{g}$, hal ini dikarenakan jumlah AlCl_3 yang ditambahkan sedikit sehingga tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan padatan. Sedangkan pada padatan 5% AlCl_3/AM , luas permukaannya berkurang sebesar $22 \text{ m}^2/\text{g}$. Hal yang sama juga terjadi pada padatan 10% AlCl_3/AM , luas permukaannya juga menurun menjadi $236 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chen dkk (2001) yang menyebutkan bahwa impregnasi S- ZrO_2 yang tinggi akan terdispersi merata pada permukaan MCM-41. Tetapi pada padatan 15% AlCl_3/AM , luas permukaan totalnya lebih besar dibandingkan padatan 10% AlCl_3/AM yang menandakan adanya penambahan luas permukaan pada padatan. Penambahan ini dapat disebabkan adanya pembentukan permukaan baru akibat adanya AlCl_3 yang berlebih. Adanya kelebihan AlCl_3 pada padatan 15% AlCl_3/AM dibuktikan dengan adanya sejumlah Al yang terdeteksi pada uji *leaching*. Menurut penelitian Reddy dkk (2007), adanya penambahan silika berlebih pada SBA-15 akan menghasilkan dinding silika yang tipis, yang menyebabkan permukaan SBA-15 bertambah luas.

Tabel 3. Hasil analisis luas permukaan dan diameter pori dari sampel AM, 1% AlCl_3/AM , 5% AlCl_3/AM , 10% AlCl_3/AM , dan 15% AlCl_3/AM .

Padatan	Diameter Pori (nm)	Luas Permukaan Total (m^2/g)
AM	3-4	293
1% AlCl_3/AM	3-4	307
5% AlCl_3/AM	3-4	278
10% AlCl_3/AM	3-4	236
15% AlCl_3/AM	3-4	289

KESIMPULAN

Katalis $\text{AlCl}_3/\text{aluminosilikat}$ mesopori dengan variasi jumlah 1, 5, 10, dan 15% b/b, telah berhasil disintesis. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa semua sampel yang disintesis memiliki fasa utama amorf. Uji *leaching* menunjukkan bahwa proses *leaching* hanya terjadi pada katalis 15% AlCl_3/AM , yaitu sebesar 0,293 % yang menunjukkan bahwa katalis 15% AlCl_3/AM masih memiliki sifat katalis homogen sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas aluminosilikat mesopori sebagai pendukung AlCl_3 hanya sampai jumlah AlCl_3 10% b/b. Penambahan AlCl_3 pada aluminosilikat mesopori menyebabkan luas permukaan mesopori katalis menurun, tetapi tidak menyebabkan terjadinya pemblokiran pori. Diameter pori pada semua sampel berkisar 3-4 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W., dan Gast, A. P., (1997), *Physical Chemistry of Surfaces*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Beck, J.S. Vartuli, J.C. Roth, W.J. Leonowicz, M.E. Kresge, C.T. Schmitt, K.D. Chu, C.T-W. Olson, D.H. Sheppard, E.W. McCullen, S.B. Higgins, J.B. Schlenker, J.L. (1992), "A New Family of Mesoporous Molecular Sieves Prepared with Liquid Crystal Templates", *Journal American Chemical Society*, Vol. 114, hal. 10834-10843.
- Chen, C. Li, T. Cheng, S. Lin, H. Bhongale, C.J. dan Mou, C. (2001), "Direct Impregnation Method for Preparing Sulfated Zirconia Supported on Mesoporous Silica", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 50, hal. 201-208.
- Choi, J. Kim, J. Yoo, K.S. dan Lee, T.G. (2008), "Synthesis of mesoporous $\text{TiO}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ composite granules with different sol composition and calcination temperature", *Powder Technology*, Vol. 181, hal. 83-88.

- Chopin, A. dan Quignard, F. (1998), "From Supported Homogeneous Catalysts to Heterogeneous Molecular Catalysts", *Coordination Chemistry Reviews*, Vol. 178–180, hal. 1679-1702.
- Deng, Y. Lettmann, C. dan Maier, W.F. (2001), "Leaching of Amorphous V- and Ti-Containing Porous Silica Catalysts in Liquid Phase Oxidation Reactions", *Applied Catalysis A: General*, Vol. 214, hal. 31-45
- Di, Y. Yu, Y. Sun, Y. Yang, X. Lin, S. Zhang, M. Li, S. dan Xiao, F. (2003), "Synthesis, Characterization, and Catalytic Properties of Stable Mesoporous Aluminosilicates Assembled from Preformed Zeolite L Precursors", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 62, hal. 221–228.
- Eimer, G. A., Diaz, I., Sastre, E., Casuscelli, G. S., Crivello, M. E., Herrero, E. R., Perez-Pariente, J. (2008), "Mesoporous Titanosilicates Synthesized from TS-1 Precursors with Enhanced Catalytic Activity in The α -Pinene Selective Oxidation", *Applied Catalysis A : General*, Vol. 343, hal. 77-86.
- Flanigen. E. M. (1976), "Structural Analysis By Infrared Spectroscopy". In: Rabo, J. A.ed. *Zeolite chemistry and catalysis*, ACS Monograph 171: 80-117.
- Goncalves, M.L., Ljubomir D.D., Maura H.J., Martin W., Ernesto A.U., (2008), "Synthesis of ZSM-5 mesopori by Crystallisation of Aged Gels in The Presence of Cetyltrimethylammonium Cations", *Catalysis Today*, Vol. 133-135, hal. 69-79.
- Gregg, S.J. dan Sing, K.S.W. (1982), "*Adsorption, Surface Area and Porosity*", 2nd Edition, London: Academic Press.
- Haber, J. Block, J.H. dan Delmon B. (1995), "Manual of Methods and Procedures for Catalyst Characterization", *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 67, hal 1257-1306.
- Hu, X. Chuah, G.K. dan Jaenicke, S. (2001), "Room Temperature Synthesis of Diphenylmethane over MCM-41 Supported AlCl₃ and other Lewis Acids", *Applied Catalysis A: General*, Vol. 217, hal. 1-9.
- Khodakov, A.Y. Zholobenko, V.L. Bechara, R. dan Durand, D. (2005), "Impact of Aqueous Impregnation on The Long-Range Ordering and Mesoporous Structure of Cobalt Containing MCM-41 and SBA-15 Materials", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 79, hal. 29-39.
- Kytökiivi, A. dan Haukka, S. (1997), "Reactions of HMDS, TiCl₄, ZrCl₄, and AlCl₃ with Silica As Interpreted from Low-Frequency Diffuse Reflectance Infrared Spectra", *Journal of Physical Chemistry B*, Vol. 101, No. 49, hal. 10365-10372.
- Li, Y. Yang, Q. Yang, J. dan Li, C. (2006), "Mesoporous Aluminosilicates Synthesized with Single Molecular Precursor (sec-BuO)₂AlOSi(OEt)₃ as Aluminum Source", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 91, hal. 85-91.
- Moghaddam, F.M. Akhlaghi, M. Hojabri, L. dan Dekamin, M.G. (2009), "A New Eco-Friendly and Efficient Mesoporous Solid Acid Catalyst for the Alkylation of Phenols and Naphthols Under Microwave Irradiation and Solvent-Free Conditions" *Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 16, No. 2, hal. 81–88.
- Nur, H. (2006), *Heterogeneous Chemocatalysis: Catalysis by Chemical Design*, Ibnu Sina Institute for Fundamental Science Studies Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru.
- Reddy, S.S. Kumar, V.S. Padmasri, A.H. Satyanarayana C.V.V. Raju B.D. dan Rao K.S.R. (2007), "Beneficial Role of SiO₂ Plugging in AlCl₃ Heterogenized Plugged Hexagonal Templated Silica (PHTS) for The Isopropylation of *m*-cresol", *Catalysis Communications*, Vol. 8, hal. 1080-1087.
- Selvaraj, M. dan Lee, T.G. (2005), "t-Butylation of Toluene with t-butyl Alcohol over Mesoporous Zn-Al-MCM-41 Molecular Sieves", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 85, hal. 59-74.
- Sridevi, U. Rao, B.K.B. dan Pradhan, N.C. (2001), "Kinetics of Alkylation of Benzene with Ethanol on AlCl₃-impregnated 13X Zeolites", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 83, hal. 185-189.
- Xia, Y. dan Mokaya, R. (2006), "Molecularly Ordered Layered Aluminosilicate-Surfactant Mesophases and Their Conversion to Hydrothermally Stable Mesoporous Aluminosilicates", *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 94, hal. 295–303.

PERBANDINGAN METODE DESTRUKSI BASAH DAN KERING PADA PENENTUAN BESI TOTAL DALAM ENDAPAN *FILTER LAYER* CANDI BOROBUDUR DENGAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM

Y. Rohyami¹, Y. Safitri¹, I.M. Siregar²

¹Program Studi Analis Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia

²Laboratorium Kimia Balai Konservasi Borobudur

Email : rohyami@uii.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan perbandingan metode destruksi basah dan kering pada penentuan besi total dalam sampel endapan *filter layer* Candi Borobudur dengan spektrofotometri serapan atom. Sampel dipersiapkan melalui destruksi basah dengan campuran asam klorida, asam nitrat dan air. Destruksi kering dilakukan dengan pengabuan menggunakan katalis kalium natrium karbonat. Hasil destruksi ditentukan kandungan besinya dengan spektrofotometri serapan atom menggunakan metode kurva kalibrasi standar.

Berdasarkan hasil pengujian dapat ditunjukkan bahwa kandungan besi total dalam sampel endapan *filter layer* yang didestruksi dengan destruksi basah yaitu untuk sampel yang diambil dari sisi Barat dan Timur rata-rata 3,83 % dan 3,46 % sedangkan yang didestruksi dengan destruksi kering sebesar 6,72 % dan 5,84 %. Berdasarkan data pengujian, besarnya % RSD metode destruksi basah pada sampel dari sisi Barat dan Timur adalah 8,76 % dan 13,34 %. Data ini memberikan presisi yang baik, dengan nilai % RSD lebih kecil dari % KV Horwitz, yaitu 13,07 % dan 13,27 %. Metode destruksi kering juga menunjukkan presisi yang baik untuk sampel dari sisi Barat dengan % RSD 5,03 % (% Horwitz-nya = 12,01 %), tetapi pada sampel dari sisi Timur, presisinya kurang baik dengan % RSD = 18,19 % (%KV Horwitz = 12,27 %). Secara statistika, hasil uji F dengan taraf kepercayaan 95 %, metode destruksi basah dan kering memberikan perbedaan presisi hasil pengujian yang baik tetapi berdasarkan uji t, ada perbedaan rata-rata hasil pengujian yang signifikan pada metode destruksi basah dan kering.

Kata kunci : besi total, *filter layer* Candi Borobudur, destruksi basah, destruksi kering, spektrofotometri serapan atom

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Destruksi merupakan salah satu langkah penting dalam pengujian kimia, salah satunya dalam pengujian besi dalam endapan lapisan penyaring (*filter layer*) Candi Borobudur. Pengujian parameter logam dalam endapan *filter layer* ini menjadi salah satu pemantauan rutin untuk mengetahui adanya pengikisan material penyusun Candi Borobudur. Kandungan logam besi dalam endapan tersebut ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Besi ditentukan sebagai besi total, sehingga pengujian ini memerlukan prosedur destruksi yang tepat sehingga besi yang terdapat dalam sampel endapan dapat diubah menjadi besi terlarut yang dapat diukur dengan SSA.

Preparasi dalam pengujian logam besi total dalam endapan *filter layer* yang selama ini digunakan adalah metode destruksi kering. Destruksi kering menjadi langkah yang banyak digunakan dalam berbagai pengujian kimia terutama pada pengujian logam pada sampel tanah, sedimen dan batuan mineral. Meena et al. (2011) menggunakan metode destruksi kering dengan teknik pengabuan pada penentuan Pb, Cd, Ni, dan Zn dalam sampel tanah. Destruksi ini juga digunakan Sembiring (2004) dalam melakukan preparasi sampel tanah pada pengujian Cu dan Fe dengan menggunakan destruksi kering pada suhu 500 °C selama 6 jam.

Sampel pada pengujian besi dalam endapan *filter layer* memerlukan proses destruksi untuk mengubah semua spesies besi menjadi ion besi(III) yang stabil dan mempunyai kelarutan yang baik. Destruksi kering yang dilakukan dengan proses pengabuan pada temperatur 900°C menggunakan

katalis kalium natrium karbonat. Metode ini memerlukan waktu yang relatif lama dan membutuhkan temperatur yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya volatilisasi komponen yang terdapat dalam sampel.

Salah satu langkah destruksi yang akan dilakukan adalah dengan metode destruksi basah dengan menggunakan asam mineral maupun asam oksidator seperti asam sulfat, asam perklorat, asam nitrat, asam klorida dan asam fluorida maupun berbagai kombinasi dari campuran asam. Destruksi ini juga menjadi prosedur yang digunakan dalam beberapa pengujian dan penelitian. Ruaneny dkk (2012) menggunakan metode ini dalam mendestruksi sampel ikan pada pengujian Pb, Cu, dan Zn menggunakan HNO₃ 65 % dan akuades.

Teknik dalam destruksi basah dapat dilakukan dengan berbagai cara. Yi et al. (2007) melakukan ekstraksi kadmium dalam sampel tanah dengan menggunakan asam nitrat 2 mol/L. Baranowska et al. (2002) melakukan destruksi dengan teknik mineralisasi. Destruksi juga dapat dilakukan dengan pemanasan dan penguapan. Trisunaryanti et al. (2002) menggunakan kombinasi aqua regia-H₂SO₄ untuk melarutkan cuplikan katalis hidrogen yang mengandung Ni dan Pd, residu tak larut. Pemilihan asam menjadi salah satu faktor penting dalam metode destruksi basah. Asam nitrat maupun campuran asam nitrat dan asam klorida (aqua regia) merupakan jenis asam yang relatif aman dan mampu mendestruksi dengan baik.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan antara metode destruksi basah yang akan diusulkan dengan metode destruksi kering yang telah digunakan dalam pengujian besi total dalam endapan *filter layer*. Sampel endapan *filter layer* yang telah dikeringkan dan dihaluskan hingga diperoleh sampel yang lolos dalam ayakan 45 mesh. Sampel didestruksi dengan dua metode cara basah dan kering.

Destruksi basah dilakukan dengan melarutkan 1 gram sampel dengan 3 mL HCl pekat dan 1 mL HNO₃ pekat dan 26 mL akuabides. Campuran diaduk hingga homogen dan dipanaskan sampai tersisa 5 - 10 mL dan sampel endapan larut. Larutan tersebut kemudian didinginkan sampai suhu ruangan dan disaring menggunakan kertas saring whatman 41 serta diencerkan dengan akuabides sampai 100 mL. Sebanyak 1 mL sampel diambil dan diencerkan menjadi 100 mL.

Destruksi kering dilakukan dengan mengabukan 1 gram sampel endapan *filter layer* yang telah dicampur dengan 4 gram KNaCO₃ pada suhu 900°C. Hasil pengabuan dilarutkan dalam 50 mL HCl 2 mol/liter dan disaring menggunakan kertas saring whatman 41. Filtrat dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuabides sampai 100 mL. Sebanyak 1 mL sampel diambil dan diencerkan menjadi 100 mL.

Sampel yang telah dipersiapkan dengan destruksi basah dan kering kemudian ditentukan kandungan besi totalnya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom dengan metode kurva kalibrasi standar. Kandungan besi total ditentukan menggunakan faktor koreksi kadar air. Nilai presisi ditentukan dengan cara melakukan pengulangan masing sampel sebanyak 7 kali dengan menentukan prosentase *relatif standar deviation* (% RSD) dan prosentase koefisien variansi Horwitz (% KV Horwitz). Signifikansi kedua metode ini juga ditentukan uji t serta nilai F. **PEMBAHASAN**

Pengaruh metode destruksi dengan presisi hasil penentuan besi total

Hasil penentuan besi total dalam dua sampel yang diambil dari endapan *filter layer* Candi Borobudur dengan tujuh kali pengulangan dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penentuan kandungan besi total menggunakan metode destruksi basah dan destruksi kering

Sampel	Kandungan besi total (%)	
	Destruksi basah	Destruksi kering
Endapan <i>filter layer</i> sisi Barat	3,42	6,70
	4,15	6,39
	3,63	6,75
	3,83	6,81
	4,17	7,39
	3,44	6,38
	4,14	6,65

	3,43	4,81
	3,28	6,17
Endapan	4,05	6,84
<i>filter layer</i>	2,73	6,11
sisi Timur	3,96	7,17
	3,62	5,54
	3,16	4,21

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa hasil penentuan kandungan besi total pada sampel dari endapan *filter layer* sisi Barat dan Timur dengan spektrofotometri serapan atom menggunakan metode destruksi basah diperoleh rata-rata 3,83 dan 3,46 % dan dengan metode destruksi kering diperoleh rata-rata 6,72 dan 5,84 %. Data pengukuran tersebut menunjukkan bahwa metode destruksi basah dan kering memberikan hasil pengukuran yang berbeda.

Presisi hasil penentuan besi total dengan spektrofotometri serapan atom dengan metode destruksi basah dan destruksi kering dapat dilihat dari prosentase *relative standar deviation* (% RSD) dan prosentase koefisien variansi *Horwitz* (% KV *Horwitz*). Prosentase *relative standar deviation* pada penentuan besi total dengan metode destruksi basah untuk sampel endapan *filter layer* yang diambil pada sisi Barat dan Timur adalah 8,76 % dan 13,34 %. Data tersebut menunjukkan bahwa metode destruksi basah pada penentuan besi total memberikan presisi yang baik. Besarnya prosentase *relative standar deviation* lebih kecil dari prosentase koefisien variansi *Horwitz*, masing-masing 13,07 dan 13,27 %. Data ini memberikan gambaran bahwa metode destruksi basah mampu memberikan presisi hasil pengukuran yang baik.

Presisi data penentuan kandungan besi total dengan metode destruksi kering juga menunjukkan presisi yang baik untuk sampel endapan *filter layer* yang diambil dari sisi Barat dengan prosentase *relative standar deviation* 5,03 % yang nilainya lebih kecil dari prosentase koefisien variansi *Horwitznya* yaitu 12,01 %. Berbeda halnya dengan pengujian pada sampel yang diambil dari sisi Timur, yang memberikan data presisi yang kurang baik dengan prosentase *relative standar deviation* 18,19 %, lebih besar dari prosentase koefisien variansi *Horwitznya*, yaitu 12,27 %. Hal ini juga didukung

metode destruksi tersebut tidak mempengaruhi kecermatan hasil pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, metode destruksi basah tidak mempengaruhi presisi hasil penentuan besi total dalam endapan *filter layer* dengan spektrofotometri serapan atom. Metode ini dapat digunakan tetapi perlu dikaji kembali terutama dalam pemilihan jenis asam atau campuran asam yang digunakan sehingga mampu mendestruksi besi dengan baik. Apabila dibandingkan dengan metode destruksi kering, metode destruksi basah dengan menggunakan campuran asam nitrat, asam klorida, dan air dengan perbandingan volume 1 : 3 : 26, belum mampu mendestruksi besi dengan baik. Metode destruksi basah memberikan kandungan besi rata-rata 3,83 dan 3,46 %. Nilai cukup berarti bila dibandingkan hasil penentuan kandungan besi total yang dengan menggunakan metode destruksi kering dengan hasil rata-rata 6,72 dan 5,84 %.

Pengaruh metode destruksi terhadap rata-rata hasil penentuan besi total

Data hasil penentuan besi total pada sampel endapan *filter layer* pada Tabel 1 menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata hasil pengujian antara dua metode destruksi yang digunakan. Hasil pengujian besi rata-rata pada metode destruksi basah lebih rendah apabila dibandingkan dengan metode destruksi kering. Rata-rata hasil penentuan besi total dengan metode destruksi basah pada sampel yang diambil baik dari sisi Barat maupun Timur adalah 3,64 % sedangkan dengan metode destruksi kering 6,28 %. Berdasarkan hasil uji statistika, nilai t_{tabel} dengan taraf signifikansi 95 % untuk 14 sampel (dengan derajat kebebasan $n - 1$) = 2,53 maka dari hasil pengujian sampel menggunakan metode destruksi basah memberikan perbedaan hasil rata-rata pengujian yang signifikan dengan $t_{hitung} = 2,06$.

Data pengujian menggunakan destruksi basah dari 14 sampel yang diambil dari sisi Barat dan Timur dengan interval konfidensi $3,64 \pm 0,2920$ % belum memberikan hasil destruksi yang baik bila dibandingkan dengan destruksi kering yang memiliki interval konfidensi $6,28 \pm 0,5998$ %. Hasil

pengujian sampel dengan destruksi basah berada pada kisaran 2,73 – 4,15 % dan pada destruksi kering berada pada kisaran 4,21 – 7,39 %. Perbedaan angka ini cukup berarti dalam pengujian besi total dengan metode spektrofotometri serapan atom dengan sensitivitas instrumentasi yang baik.

Destruksi basah belum mampu mengubah besi menjadi spesies besi yang terlarut sehingga ada sebagian besi yang belum terukur oleh spektrofotometer serapan atom. Adanya perbedaan rata-rata hasil pengujian yang signifikan pada kedua metode destruksi ini menunjukkan belum optimalnya proses pelarutan besi dalam campuran asam dan kemampuan asam yang digunakan untuk mendestruksi semua logam besi dari sampel endapan *filter layer* yang komposisinya lebih kompleks.

Berbeda dengan metode destruksi kering, adanya proses oksidasi hingga temperatur 900 °C dengan katalis kalium natrium karbonat mampu mengubah besi menjadi oksida besi (III). Besi bahkan mampu didestruksi dengan temperatur yang lebih rendah, yaitu pada 500 °C (Sembiring, 2004). Oksida besi yang diperoleh dari proses pengabuan ini lebih stabil sehingga besi dapat larut dengan baik dalam asam klorida 2 mol/liter. Kelarutan besi yang lebih besar dari hasil destruksi kering ini memberikan data pengujian dengan spektrofotometri serapan atom dengan hasil rata-rata pengujian yang lebih besar bila dibandingkan dengan rata-rata pengujian menggunakan destruksi basah.

Meskipun metode destruksi basah belum mampu memberikan hasil pengujian yang baik, tetapi metode ini cukup memberikan presisi hasil yang baik. Pemilihan asam dan kombinasi campuran asam perlu mendapatkan perhatian dalam teknik ini, seperti kombinasi asam nitrat, asam klorida dan asam sulfat yang mampu melarutkan sampel dengan baik (Trisunaryanti et al., 2002). Pemilihan asam juga sangat tergantung pada jenis sampel, seperti halnya sampel biologis, logam dapat didestruksi dengan asam nitrat (Ruaeny dkk, 2012). Teknik destruksi juga menentukan kemampuan asam dalam melarutkan spesies sampel, seperti asam nitrat yang dapat digunakan ekstraksi logam dari suatu sampel tanah (Yi et al., 2007) atau dengan metode mineralisasi (Baranowska et al., 2002).

Oleh karena itu, metode destruksi basah untuk pengujian besi total pada sampel endapan *filter layer* Candi Borobudur yang diambil dari sisi Barat dan Timur mampu memberikan presisi hasil yang baik tetapi jenis dan kombinasi asam serta teknik destruksinya perlu dikaji lebih lanjut. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang baik, destruksi kering menjadi metode destruksi yang mampu memberikan perolehan rata-rata pengujian yang baik, meskipun masih terdapat sampel yang belum menunjukkan presisi pengujian yang cukup baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kandungan besi total dalam sampel endapan *filter layer* yang dilakukan dengan destruksi basah untuk sampel yang diambil dari sisi Barat dan Timur masing-masing sebesar 3,83 % dan 3,46 % sedangkan yang dipersiapkan dengan destruksi kering sebesar 6,72 % dan 5,84 %. Berdasarkan data pengujian, besarnya % RSD metode destruksi basah pada sampel dari sisi Barat dan Timur adalah 8,76 % dan 13,34 %. Data ini memberikan presisi yang baik, dengan nilai % RSD lebih kecil dari % KV *Horwitz*, yaitu 13,07 % dan 13,27 %. Data penentuan kandungan besi total dengan metode destruksi kering juga menunjukkan presisi yang baik untuk sampel dari sisi Barat dengan % RSD 5,03 % (% *Horwitz-nya* = 12,01 %), tetapi pada sampel dari sisi Timur, presisinya yang kurang baik dengan % RSD 18,19 % (%KV *Horwitz* = 12,27 %). Secara statistika, dengan uji F dengan taraf kepercayaan 95 %, metode destruksi basah dan kering mampu memberikan presisi hasil yang baik, tetapi berdasarkan uji t, ada perbedaan rata-rata hasil pengujian yang signifikan pada metode destruksi basah dan kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Baranowska, I., Srogi, K., Włochowicz, A., Szczepanik, K., 2002, *Determination of Heavy Metal Contents in Samples of Medicinal Herbs*, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 11, No. 5, pp : 467-471
- Meena, O.P, Garg, A., Singh, M., Pandey, R., 2011, *Determination of Toxic Trace Metals Pb, Cd, Ni, and Zn in Soil by Polarographic Method*, International Journal of ChemTech Research, Vol. 3, No.2, pp 599-604

- Ruaeny, T.A., Soegianto, A., Hariyanto, S., 2012, *Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Lima Jenis Ikan yang Dikonsumsi yang Diambil dari Tempat Pelelangan Ikan Muncar-Banyuwangi*, Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Vol. 15, No. 2, Juli 2012, hal 57 – 60
- Sembiring, T., 2004, Analisis Logam Transisi dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit setelah Perlakuan Land Apilcation, Jurnal Sains Kimia Vol.8, No.1, hal : 19-21
- Trisunaryanti, W., Mudasir, Saroh, S., 2002, *Study of Matrix Effect on The Analysis of Ni and Pd by AAS in Destruats of Hydrocracking Catatysts Using Aqua Reagia and H₂SO₄*, Indonesian Journal of Chemistry, 2002, 2 (3), pp : 177-185
- Yi, L., Hong, Y., Wang, D., Zhu, Y., 2007, *Determination of Free Heavy Metal Ion Concentrations in Soils Around a Cadmium Rich Zinc Deposit*, Geochemical Journal, Vol. 41, pp. 235 – 240

ANALISIS PROFIL VERTIKAL KONSENTRASI OZON DALAM UPAYA MENINGKATKAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP DI JAWA TIMUR

Dian Yudha Risdianto

Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek, LAPAN

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis konsentrasi ozon dalam upaya meningkatkan pengelolaan lingkungan hidup di Jawa Timur, terhadap pelestarian fungsi atmosfer berbasis kondisi profil vertikal konsentrasi ozon. Penelitian menggunakan sensor ozonesonde dan radiosonde yang diterbangkan dengan balon. Pengolahan data dilakukan dengan membuat profil perlevel ketinggian dari hasil pengukuran, analisis dilakukan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi ozon. Dari data penelitian didapatkan bahwa profil vertikal konsentrasi ozon terbesar pada lapisan troposfer diperoleh pada ketinggian 50m-5km, dengan nilai minimum 5,65 mPa, maksimum 9,64 mPa dan rata-rata 6,70 mPa. Lapisan tropopause selama periode tersebut berada pada ketinggian sekitar 16 km. Untuk konsentrasi ozon terbesar pada lapisan stratosfer diperoleh pada level ketinggian 25-30 km dengan nilai minimum 14,95 mPa, maksimum 18,37 mPa dan rata-rata 16,39 mPa. Dari hasil analisis data, perlu ditingkatkan pengelolaan dan perlindungan hutan di Jawa Timur terutama dalam menjaga hutan akibat deforestasi dan kebakaran hutan, serta meningkatkan peran pemerintah dan masyarakat dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup untuk perlindungan lapisan ozon.

Kata kunci: ozon, lingkungan, watukosek

PENDAHULUAN

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Indonesia sebagai negara maritim memiliki kawasan laut dan hutan yang sangat luas serta menerima energi matahari rata-rata lebih banyak dari wilayah lain, dipercaya sebagai sumber penghasil dan sekaligus penghancur ozon yang sangat besar. Ozon merupakan unsur minoritas di atmosfer, akan tetapi sangat berperan penting bagi kehidupan di bumi dalam melindungi dari paparan radiasi ultraviolet yang berbahaya. Ozon juga berperan dalam menentukan struktur termal lapisan stratosfer, penelitian ozon di wilayah ini menjadi sangat penting mengingat kondisi alam dan geografinya yang unik, perilaku pada dua musim yang berbeda, kemarau dan penghujan, posisi pergerakan matahari dan kondisi perubahan hutan di Indonesia. Menurut UU No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada pasal 1 ayat 2 menyebutkan bahwa, perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Menurut pasal 57 ayat 1 Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa, pemeliharaan lingkungan hidup dilakukan melalui upaya pelestarian fungsi atmosfer, yaitu meliputi upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim, upaya perlindungan lapisan ozon dan upaya perlindungan terhadap hujan asam.

Ada dua hal yang menjadi penyebab perubahan kesetimbangan radiasi, yaitu aktifitas matahari dan perubahan ekosistem bumi. Salah satu perubahan ekosistem bumi disebabkan deforestasi, atau perubahan lahan hutan menjadi lahan non hutan. Selain deforestasi hutan, kebakaran hutan terlebih yang melalui proses pembakaran biomasa sangat kompleks dampaknya. Berbagai gas rumah kaca, trace gases, dan partikel terlontar ke atmosfer yang berpengaruh pada perubahan permukaan bumi dan perubahan nilai kesetimbangan radiasi, baik skala lokal maupun global, dalam

waktu sesaat maupun selamanya. Salah satu parameter yang menunjukkan perubahan iklim adalah perubahan temperatur atmosfer yang berkaitan erat dengan kesetimbangan radiasi dalam sistem bumi, yang meliputi bumi dan atmosfer. Dalam pelestarian fungsi atmosfer salah satunya adalah upaya perlindungan lapisan ozon, maka peningkatan pengelolaan hutan harus ditingkatkan, hal ini dikarenakan hutan merupakan penghasil oksigen yang berperan dalam peningkatan lapisan ozon di stratosfer, selain itu hutan juga dapat membantu menurunkan temperatur di permukaan bumi. Mengingat akan pentingnya lapisan ozon bagi kehidupan di bumi, maka upaya meningkatkan pengelolaan lingkungan hidup di Jawa Timur terhadap pelestarian fungsi atmosfer sebagai wujud dari pemeliharaan lingkungan hidup dapat dilakukan dengan menganalisis profil vertikal konsentrasi ozon.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas pulau Jawa, tepatnya berada di Balai Pengamatan Dirgantara Watukosek (LAPAN Watukosek) yang berada di Gempol Pasuruan Jawa Timur. LAPAN Watukosek berada pada koordinat $7,5^{\circ}$ LS dan $112,6^{\circ}$ BT dengan ketinggian 50 m di atas permukaan laut. Data hasil peluncuran *ozonesonde* ini mencapai radius 300 km sehingga dapat mewakili wilayah provinsi Jawa Timur. Peluncuran *ozonesonde* untuk mengukur kondisi ozon secara vertikal sudah dilakukan sejak tahun 1993 hingga saat ini, kegiatan ini bekerja sama dengan Tokyo University dan NASDA-Jepang. Pada Tahun 1998, Watukosek menjadi bagian dari program SHADOZ (*Southern Hemisphere Additional Ozonesonde*) dan merupakan salah satu dari 13 titik pengamatan ozon dunia. Data set ozon dari program SHADOZ sudah digunakan untuk validasi satelit TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) dan TTO (*Tropospheric Total Ozone*). Pada Desember 2004 data *ozonesonde* Watukosek dari SHADOZ ini digunakan pula untuk validasi *Ozone Monitoring Instrumen* (OMI) yang dibawa satelit EOS-AURA (LAPAN, 2009).

Sumber Data

Sumber data konsentrasi ozon yang diperoleh dari penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari kantor LAPAN Watukosek dari hasil pengukuran tahun 2000-2010. Data pengukuran ini meliputi data temperatur, data tekanan udara, data ketinggian, data kelembaban dan data ozon. Data konsentrasi ozon yang diperoleh dari sensor *ozonesonde* dalam tekanan parsial dengan satuan milipascal (mPa). Untuk data curah hujan adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur tahun 2000-2010, dengan lokasi pengukuran di Porong Sidoarjo Jawa Timur.

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data ozon yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini sudah melalui proses pemilihan dan seleksi yang dianggap dapat mewakili kegiatan penelitian. Seleksi data dilakukan dengan mengambil data yang mempunyai ketinggian minimum 25 km, langkah ini dimaksudkan bahwa pada ketinggian tersebut sudah diperoleh lapisan tropopause dan lapisan ozonosfer serta mendapatkan konsentrasi maksimum dan minimum dari profil vertikal ozon. Asumsi ini didasarkan pada konsentrasi ozon yang mencapai maksimum pada ketinggian berkisar 25 km sampai dengan 30 km (O'Mara, 1980). Data ozon rusak/error tidak digunakan dalam penelitian ini, kriteria data rusak/error adalah :

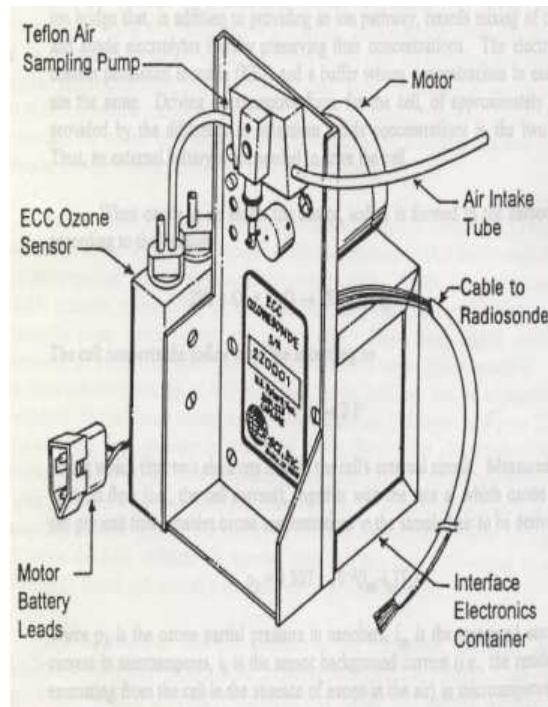
1. Sensor *ozonesonde* rusak sehingga menghasilkan data error.
2. Data hasil pengukuran menunjukkan nilai tak terhingga.

Seleksi pada pengambilan data curah hujan pada penelitian ini berdasarkan jumlah total bulanan dari hasil rekapitulasi setiap tahunnya. Jumlah bulanan menunjukkan nilai total curah hujan harian pada bulan tersebut, nilai 0 (nol) menunjukkan bahwa pada bulan tersebut tidak ada hujan atau jumlah hujan kurang dari 0,5 mm. Penentuan bulan basah/hujan berdasarkan jumlah total curah hujan bulanan yang paling besar selama setahun, pada beberapa data curah hujan pemilihan bulan basah dan bulan kering dipergunakan untuk disesuaikan dengan waktu kegiatan pada saat ada pengukuran konsentrasi ozon.

Teknik Pengambilan Data

Salah satu cara untuk mengukur profil vertikal ozon di atmosfer adalah dengan meluncurkan balon yang dilengkapi dengan sensor pengukur ozon. Sensor yang diluncurkan dengan balon ini

disebut *ozonesonde* yang datanya memperlihatkan perilaku struktur dinamika atmosfer. Pengukuran profil vertikal ozon menggunakan *ozonesonde* dengan sensor *ECC (Electrochemical Concentration Cell)* ini berdasarkan metoda yang dikembangkan oleh Kobayashi, dan Komhyr. *Ozonesonde* mengukur konsentrasi ozon atmosfer dengan reaksi kimia. Instrumen ini dipasang pada balon meteo dan mengukur konsentrasi ozon per lapisan ketinggian. Sensor *ECC ozonesonde* di tunjukkan pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Sensor *ECC Ozonesonde*

Analisis Data

Pengolahan awal dalam kegiatan penelitian dimaksudkan sebagai bahan untuk mengetahui profil vertikal konsentrasi ozon. Pengolahan awal dilaksanakan dengan membuat profil pada tiap-tiap hasil kegiatan pengukuran ozon, profil ozon dibuat dengan menggunakan data ketinggian, data temperatur dan data konsentrasi ozon. Diharapkan dari pengolahan awal ini akan didapatkan prosedur untuk melakukan analisis. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan seleksi data ozon yang mempunyai ketinggian minimum 25 km. Setelah dilakukan seleksi data ozon, langkah berikutnya dicari profil vertikal konsentrasi ozon dan dianalisis. Untuk mencari konsentrasi ozon perlevel ketinggian, analisis dilakukan dengan membagi level ketinggian mulai dari 50 m – 5 km, 5 – 10 km, 10 – 15 km, 15 – 20 km, 20 – 25 km, 25 – 30 km, 30 – 35 km dan 35 – 40 km. Setelah melakukan pengolahan data ozon, langkah selanjutnya adalah menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi ozon tersebut mulai dari lapisan troposfer sampai dengan lapisan stratosfer. Setelah melakukan analisis data, maka akan dapat dihasilkan suatu kesimpulan mengenai analisis vertikal konsentrasi ozon selama 11 tahun dalam upaya meningkatkan pengelolaan lingkungan hidup di Jawa Timur.

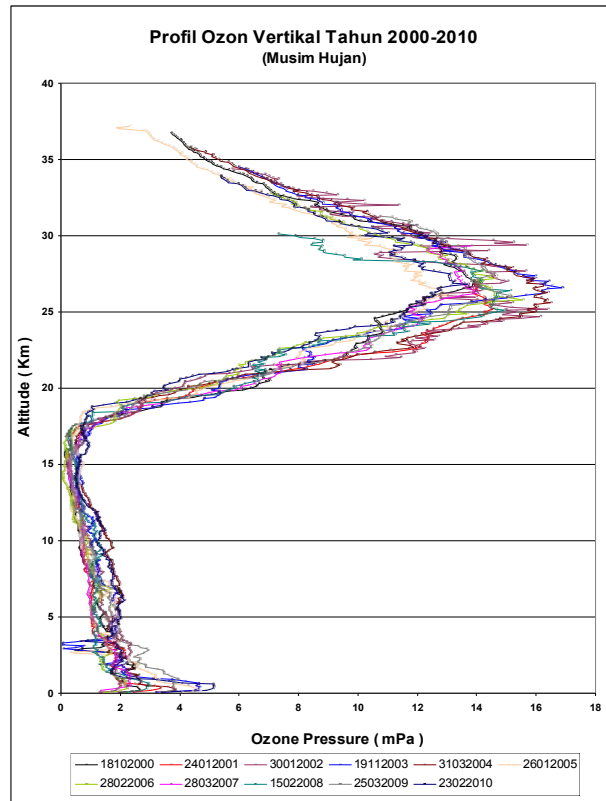
PEMBAHASAN

Data curah hujan pada penelitian ini meliputi informasi jumlah total bulanan dari hasil rekapitulasi setiap tahunnya, jumlah bulanan menunjukkan nilai total curah hujan harian pada bulan tersebut, nilai 0 (nol) menunjukkan bahwa pada bulan tersebut tidak ada hujan atau jumlah hujan kurang dari 0,5 mm. Mulai tahun 2000-2010 diperoleh 11 buah profil data curah hujan, dari hasil yang diperoleh analisis dapat dilakukan untuk menentukan bulan basah atau bulan kering.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2000-2010

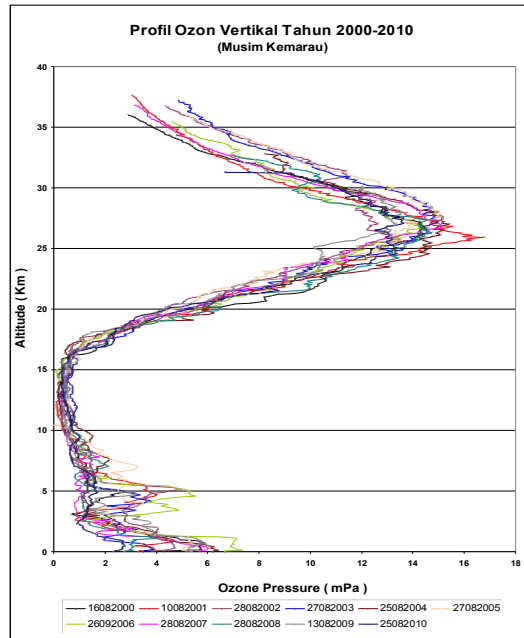
TAHUN	BULAN												TAHUNAN	
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	Total (mm/thn)	R ₂₄ (mm)
2000	376	433	414	133	0	0	0	0	0	454	111	59	1980	133
2001	281	191	369	140	35	0	0	0	0	55	181	166	1418	63
2002	421	188	199	116	37	0	0	0	0	0	5	88	1054	52
2003	335	287	209	9	267	0	0	0	0	25	376	274	1782	98
2004	271	276	556	57	199	19	0	0	0	0	77	126	1581	132
2005	469	216	324	251	16	138	0	0	0	0	155	467	2036	95
2006	248	396	198	167	137	0	0	0	0	0	0	145	1291	95
2007	64	263	225	98	68	14	53	0	0	10	35	145	975	70
2008	241	302	170	53	59	25	0	0	0	7	238	275	1370	77
2009	246	307	313	75	130	85	0	0	0	7	50	47	1260	117
2010	469	320	176	387	140	111	59	7	73	196	139	319	2396	75
Max	469,0	433,0	556,0	387,0	267,0	138,0	59,0	7,0	73,0	454,0	376,0	467,0	2396,0	133
Rerata	311,0	289,0	286,6	135,0	98,9	35,6	10,2	0,6	6,6	68,5	124,3	191,9	1558,3	92
Min	64,0	5	170,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	975,0	52

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi ozon meliputi tekanan udara (hPa), ketinggian (m), temperatur ($^{\circ}$ C), kelembaban (%), konsentrasi ozon dalam tekanan parsial (mPa), dan ozon mixing ratio (ppmv). Penelitian dilakukan dengan mengolah data tahun 2000-2010, seleksi data dilakukan dengan mengambil satu kegiatan pengukuran pada tiap bulan yang dianggap mewakili pada periode tersebut. Apabila tidak ada kegiatan pengukuran pada suatu bulan selama periode tersebut, maka dianggap tidak ada data. Dari serangkaian peluncuran *ozonesonde* yang dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan periode 2000-2010 di Watukosek, diperoleh 101 buah profil vertikal ozon dengan ketinggian di atas 25 km. Dari hasil yang diperoleh ini, analisis dapat dilakukan pada lapisan troposfer, di sekitar tropopause, dan dilapisan stratosfer. Selama tahun 2000 sampai dengan 2010, curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2010 sebesar 2396 mm/thn, urutan kedua adalah tahun 2005 dengan nilai sebesar 2036 mm/thn, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2007 dengan nilai sebesar 975 mm/thn. Selama kurun waktu 2000-2010 nilai curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 556 mm, dan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 7 mm, sedangkan nilai rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 311 mm.



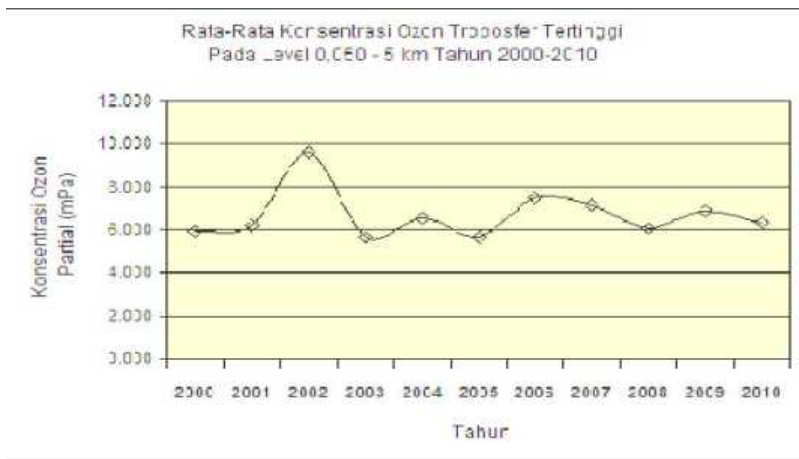
Gambar 2. Rekap Profil Ozon Vertikal Musim Hujan Tahun 2000-2010

Selama kurun waktu tahun 2000-2010, profil ozon vertikal musim kemarau pada lapisan troposfer bawah saat balon dilepaskan diperoleh nilai konsentrasi ozon terkecil pada tahun 2010 sebesar 2,371 mPa dan konsentrasi terbesar pada tahun 2006 sebesar 6,66 mPa. Nilai maksimum konsentrasi ozon pada lapisan stratosfer dari hasil pengukuran selama musim kemarau diperoleh nilai terkecil pada tahun 2009 sebesar 13,52 mPa, sedangkan nilai konsentrasi ozon terbesar diperoleh pada tahun 2001 sebesar 16,75 mPa. Rekap profil ozon vertikal musim kemarau selama kurun waktu tahun 2000-2010 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rekap Profil Ozon Vertikal Musim Kemarau Tahun 2000-2010

Pada lapisan troposfer, umumnya konsentrasi ozon menurun secara perlahan seiring dengan naiknya ketinggian. Minimum dari konsentrasi ini terdeteksi di tropopause (ketinggian sekitar 17 km), di mana suhu udara paling rendah di atmosfer bumi. Mulai dari lapisan ini atau memasuki lapisan stratosfer, konsentrasi ozon meningkat dengan cepat sesuai dengan peningkatan ketinggiannya, dan mencapai nilai maksimum pada ketinggian sekitar 25 – 28 km, setelah itu konsentrasi ozon akan turun lagi secara perlahan.



Gambar 4. Rerata Konsentrasi Ozon Troposfer Bawah

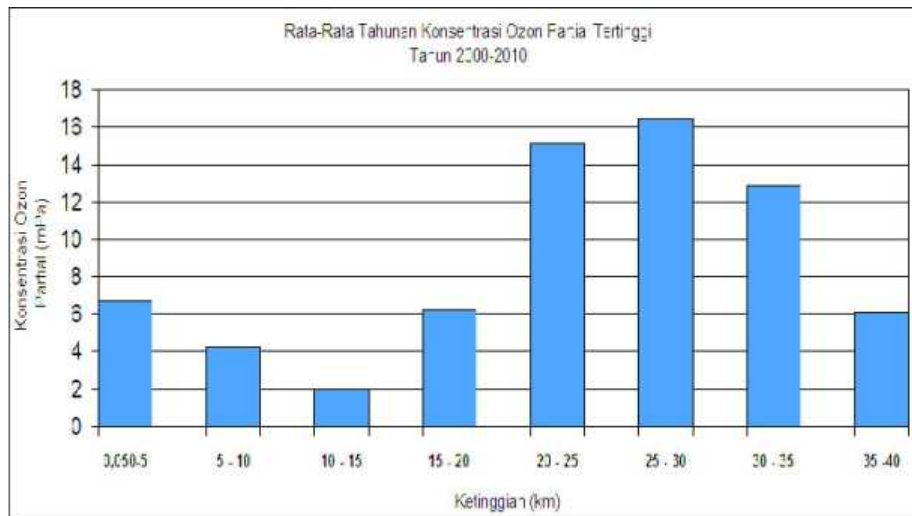
Berdasarkan data olahan luas kebakaran hutan di Propinsi Jawa Timur tahun 1999-2009, tahun 2002 terjadi kebakaran yang besar yaitu 2.089,89 Ha. Dampak dari kebakaran ini bila dihubungkan dengan hasil pengukuran ozon di Watukosek mampu menaikkan konsentrasi ozon di troposfer pada ketinggian 50 m – 5 km dari 6,23 mPa menjadi 9,64 mPa.

Tabel 2. Maksimum Konsentrasi Ozon Tahun 2000-2010

Ketinggian (km)	Data Konsentrasi Ozon Tahun 2000-2010											Rerata	Min	Max
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
0,050-5	5,94	6,23	9,64	5,65	6,53	5,69	7,51	7,15	6,07	6,91	6,35	6,70	5,65	9,64
5 – 10	4,49	3,78	5,54	4,93	4,55	3,53	5,33	4,66	3,30	3,43	2,42	4,18	2,42	5,54
10 – 15	2,80	1,63	1,85	2,45	1,65	1,15	2,02	2,30	2,67	1,81	1,51	1,98	1,15	2,80
15 – 20	8,19	5,88	6,82	5,53	6,34	5,36	5,64	6,58	6,76	5,34	6,16	6,24	5,34	8,19
20 – 25	13,61	17,02	16,17	16,17	16,11	13,88	16,54	13,55	15,70	13,64	13,87	15,11	13,55	17,02
25 – 30	15,06	17,91	16,37	17,10	16,47	16,75	16,33	18,37	15,88	15,15	14,95	16,39	14,95	18,37
30 – 35	13,38	12,98	13,24	14,25	12,39	13,58	11,12	13,01	11,89	12,86	12,88	12,87	11,12	14,25
35 – 40	5,88	6,15	6,75	6,41	5,39	6,09	5,74	4,58	*	*	7,36	6,04	4,58	7,36

*) tidak ada data

Pada Tabel 2 di atas dapat dijelaskan bahwa selama periode 2000-2010 konsentrasi ozon maksimum diperoleh di stratosfer pada ketinggian 25 – 30 km, yaitu berkisar pada nilai 14,95 – 18,37 mPa dengan rata-rata 16,39 mPa. Untuk profil vertikal konsentrasi ozon perlevel ketinggian selama periode 2000-2010 di tunjukkan pada Gambar 5. Nilai ini merupakan olahan yang diambil perlevel ketinggian dari nilai konsentrasi maksimum tiap pengukuran, nilai maksimum pertahun dan di rata-rata selama periode tersebut.



Gambar 5. Rerata Konsentrasi Ozon Perlevel Ketinggian

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Konsentrasi ozon terbesar pada lapisan troposfer diperoleh pada level ketinggian 50m-5km, dengan nilai minimum 5,65 mPa, maksimum 9,64 mPa dan rata-rata 6,70 mPa. Lapisan tropopause berada pada ketinggian sekitar 16 km, konsentrasi ozon terbesar pada lapisan

stratosfer diperoleh pada level ketinggian 25-30 km dengan nilai minimum 14,95 mPa, maksimum 18,37 mPa dan rata-rata 16,39 mPa.

2. Upaya pengelolaan lingkungan hidup di Jawa Timur terhadap pelestarian fungsi atmosfer berbasis profil vertikal konsentrasi ozon, dapat dilakukan dengan cara meningkatkan pengelolaan dan perlindungan hutan terutama dalam menjaga hutan akibat deforestasi dan kebakaran hutan.

REKOMENDASI

1. Melihat data hasil penelitian, kecenderungan konsentrasi ozon stratosfer menurun dalam jangka waktu panjang. Upaya pelestarian fungsi atmosfer dalam upaya perlindungan lapisan ozon perlu dilakukan secara optimal, terpadu dan dikelola secara khusus, mengingat kecenderungan konsentrasi ozon di ekuator menurun selama periode tertentu karena pengaruh dinamika atmosfer yang mengakibatkan terjadinya transfer dari lintang rendah ke lintang yang lebih tinggi.
2. Pengawasan terhadap penerapan peraturan perundang-undangan di Propinsi Jawa Timur dalam kaitan dengan fungsi pengelolaan dan perlindungan hutan perlu ditingkatkan mengingat arti penting hutan bagi pelestarian fungsi atmosfer dalam upaya perlindungan lapisan ozon.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, (1996), SPC Operations Manual Ozonesonde User's Guide, *SPC Science Pump Corporation*, Vaisala, Japan.
- Anonymous, (1999), Operator's Manual Model 6A ECC Ozonesonde, *SPC Science Pump Corporation*, Vaisala, Japan.
- Anonymous, (2008), *Eksekutif Data Strategis Kehutanan 2008*, Departemen Kehutanan.
- Anonymous, (2009), *Eksekutif Data Strategis Kehutanan 2009*, Departemen Kehutanan.
- Anonymous, (2008), Rekayasa Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2008, *Pusat Inventarisasi Dan Peta Hutan, Badan Planologi Kehutanan*, Departemen Kehutanan.
- Anonymous, (2008), Statistik Kehutanan Indonesia, *Forestry Statistics of Indonesia 2007*, Departemen Kehutanan.
- Bayong, Tjasyono HK., (2004), *Klimatologi*, ITB, Bandung.
- Bayong, Tjasyono HK., (2006), *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, ROSDA, Bandung.
- Bayong, Tjasyono HK., (2008), *Meteorologi Terapan*, ITB, Bandung.
- Brown, H.J.M., (1979), *Environmental Chemistry of the Elements*, London Academic press.
- Crutzen, P.J. dan M.O. Andreae, (1990), *Biomass Burning in the tropics: Impact on the atmosphere chemistry and biogeochemical cycles. Science 250: 1669-1678.*
- Crutzen, P.J., (1995), The Role of Methane in Atmospheric Chemistry and Climate. Ruminant Physiology: Digestion, Growth and Reproduction, *Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology*, p.291-315.
- Departemen Kehutanan, (1992), Keadaan dan Permasalahan Kebakaran Hutan Indonesia, *Workshop on the Transboundary pollution and Haze in Asian Countries.*
- Hao, M.W., M.H. Liu, dan P.J. Crutzen, (1990), Estimate of Annual and Regional Release of the Atmosphere from Fire in Tropic, *Based on the FAO Statistics for the period 1975 and 1980: J.G. Goldammer (editor) Fire in the Tropical Biota (Ecological Studies 84) springer, New York, p. 440-460.*
- Houghton, J. T, Jenkins, G. J, dan Ephraums, J. J, (1990), *Climate Change, the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press.
- IPCC, (1994), Draft Greenhouse Gas Inventory.
- Kempler, Steve., (1999), Nasa Official, *Atmospheric Chemistry Data & Resources*, <http://daac.gsfc.nasa.gov>.

-
- Kobayashi, J. dan Toyama, Y (1966), On various methods of measuring the vertical distribution of atmospheric ozone (III) carbon-iodine type chemical ozonesonde, *Pap. Meteorol. Geophys.*, 17, 113–126.
- Komhyr, W. D., Barnes, R. A., Brothers, G. B., Lathrop, J.A., and Opperman, D. P (1995), Electrochemical concentration cell ozonesonde performance evaluation during STOIC 1989, *J. Geophys.Res.*, 100, 9231–9244.
- LAPAN, (2009), *Annual Report 2009, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, Jakarta.
- Lelivield, J., dan P.J. Crutzen, (1993), Methane Emissions into the Atmosphere on Overview. *Proceeding CH4 and N2O Methods in National Emissions, Inventories, and Option for Control. Netherlands.* p.1725.
- Lobert, J.M., D.H. Scharffe, W.M. Hao, P.J. Crutzen, dll., (1991), *Experimental of Biomass Burning Emission : Nitrogen and carbon Containing Compound : J.S. Levine (editor) Global Biomass Burning : Atmospheric Climatic, and Biospheric Implication*, p.289-304.
- Lobert, J.M. dan Wartnaz, (1993), Emission from Combustion process in Vegetation: P.J. Crutzen dan J.G. Goldammer (editor) *Fire in the Environmental: The Ecological, Atmospheric, And Climate Importance of Vegetation Fires. John Willey and sons*, p.15-35.
- Myers, N., (1991), Tropical Forests:Present status and future outlook. *Climatic Change 19:3-32*, Netherlands.
- O'Mara A.H., (1980), Solar Activity And Variations of Meteorological Parameter, *Proceeding of the International Conference on Sun and Climate*, Toulouse France.
- Retnowati E., (1996), *Climate Change and the role of forest as carbon sinks in Indonesia*.
- Soenarmo, S.H., (2004), Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan, *Diklat Diklat Aplikasi Klimatologi, September 2004*, LAPAN, Bandung.
- Suparto, Wijoyo, (2005), *Refleksi Matarantai Pengaturan Hukum Pengelolaan Lingkungan Secara Terpadu*, Surabaya.
- Tabazadeh, A., dan Cordero, EC., (2004), *New Directions: Stratospheric ozone recovery in a changing Atmosphere, Atmospheric Environment*, 38, 647–649.
- Thompson, A. M., Witte, J. C., McPeters, R. D., Oltmans, S. O., et al (2003), Southern Hemisphere Additional Ozonesondes (SHADOZ) 1998–2000 tropical ozone climatology – 1: Comparison with Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) and ground-based measurements, *J. Geophys. Res.*, 108, 8238, doi:10.1029/2001JD000967.
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH).
- Ward, D. E., (1990), Factors influencing the emissions of gases and particulate matter from biomass burning. In J. G. Goldammered., *Fire in the tropical biota. Ecosystem Processes and Global Challenges Ecological Studies 84. Springer-Verlag. Berlin. Germany.* p. 418-436.
- Wardle, D.I., Kerr, J.B., Elroy Mc. and Francis, D.R., (1997), *Ozone Chemistry : Simulation and Depletion, ozone Science: A Canadian Perspective on the changing ozone layer*, p.15.
- Yudha Risdianto, D., Husnan W. L, (2010), Aplikasi Radiosonde Vaisala RS-80 Dalam Pengamatan Atmosfer Hidrostatik di Atas Watukosek, *Prosiding Seminar Nasional SENTIA 2010*.
- Yudha Risdianto, D., Ribut Supriyanto, E., Susi Hardini, A., (2010), Analisis Profil Konsentrasi Ozon Vertikal Dari Hasil Observasi Watukosek Tahun 2008, *Prosiding Seminar Nasional SNPS X 2010*.

HIDROGENASI KATALITIK TERHADAP SENYAWA METIL ESTER

Dewi Yuanita Lestari

Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Kajian ini ditujukan untuk mempelajari hidrogenasi katalitik terhadap senyawa metil ester. Reduksi terhadap senyawa metil ester dari asam lemak merupakan reaksi yang cukup penting diantaranya untuk menghasilkan senyawa *fatty alcohol* dan turunannya yang sangat penting dalam proses industri. Bahan ini merupakan intermediet yang sangat penting dalam produksi bahan kimia. Selain itu, reduksi metil ester adalah salah satu tahapan dalam keseluruhan mekanisme reaksi konversi minyak nabati menjadi biobensin. Untuk skala besar, hidrogenasi katalitik adalah metode yang paling banyak digunakan untuk reduksi gugus karbonil dalam aldehid, keton atau ester menjadi alkohol. Reduksi dilakukan dalam pelarut inert atau dalam cairan murni dengan menggunakan katalis Ni, Pd, atau Pt. Katalis-katalis tersebut merupakan katalis yang baik untuk adisi hidrogen pada ikatan rangkap karbon-heteroatom. Hidrogenasi gugus karbonil jauh lebih lambat dari hidrogenasi ikatan rangkap karbon-karbon. Reduksi terhadap gugus karbonil membutuhkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan reduksi ikatan rangkap biasa. Hal tersebut mengakibatkan perlunya pengaturan kondisi reaksi yang tepat dalam melakukan hidrogenasi tersebut. Kondisi yang perlu diatur antara lain meliputi jenis dan jumlah katalis, temperatur, tekanan, serta jenis umpan.

Kata kunci: Hidrogenasi, katalis, metil ester

PENDAHULUAN

Reduksi terhadap senyawa metil ester dari asam lemak merupakan reaksi yang cukup penting diantaranya untuk menghasilkan senyawa *fatty alcohol*. Alkohol dari asam lemak (*fatty alcohol*) dan turunannya merupakan bahan yang sangat penting dalam proses industri. Bahan ini merupakan intermediet dalam berbagai produksi bahan kimia. *Fatty alcohol* dengan rantai karbon C₆ sampai C₂₂ digunakan secara luas sebagai intermediet dalam pembuatan detergen dan kosmetik. Permintaan terhadap alkohol dari asam lemak (*fatty alcohol*) terus meningkat secara signifikan sehingga memacu produsen untuk mendapatkan proses yang lebih murah namun lebih berkualitas.

Selain itu, reduksi metil ester adalah salah satu tahapan dalam keseluruhan mekanisme reaksi konversi minyak nabati menjadi biobensin. Konversi minyak nabati menjadi biobensin merupakan proses yang penting untuk memperoleh sumber energi alternatif yang terbarukan mengingat cadangan sumber energi berupa bensin dari minyak sudah semakin menipis. Konversi minyak nabati menjadi bensin dengan metode hidrogenasi katalitik terjadi melalui beberapa tahap. Tahapan tersebut diawali dengan transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester. Dengan proses hidrogenasi menggunakan katalis, metil ester akan bereaksi membentuk *fatty alcohol*. Selanjutnya, *fatty alcohol* akan mengalami hidrogenasi lebih lanjut membentuk alkana rantai panjang. Dengan reaksi hidrogenasi, alkana rantai panjang akan terkonversi menjadi alkana rantai panjang. Tahapan terakhir adalah perengkahan alkana rantai panjang menjadi alkana rantai pendek.

Kuantitas dan kualitas produk reduksi metil ester sangat ditentukan oleh metode yang digunakan. Seperti halnya senyawa organik lainnya, ester dapat direduksi dengan 2 cara yaitu dengan reduksi kimia menggunakan pereaksi LiAlH₄, atau logam Na dan hidrogenasi katalitik menggunakan molekul hidrogen. Reduksi ini akan mengubah ester menjadi suatu alkohol primer (Morrison dan Boyd, 1973). Biasanya untuk skala industri, alkohol dari asam lemak (*fatty alcohol*) diproduksi dengan keberadaan katalis hidrogenasi melalui reduksi secara katalitik menggunakan hidrogen terhadap material awal seperti lemak, minyak, ataupun asam lemak. Alkohol dari asam lemak (*fatty alcohol*) yang dihasilkan dari proses tersebut biasanya masih harus dimurnikan dengan proses destilasi (Namba dan Sakamoto, 2007). Dalam hidrogenasi katalitik perlu diperhatikan beberapa kondisi dalam proses yang antara lain meliputi temperatur, tekanan, laju alir hidrogen, jenis katalis,

rasio katalis/umpan, umur katalis. Menurut Mashkina *et al.* (2008), aktivitas katalis dipengaruhi oleh waktu kontak katalis. Waktu kontak katalis diatur dengan cara melakukan variasi laju alir dan variasi volume katalis. Menurut Logunova dan Chernyak (2007), dalam reaktor *fixed-bed*, rasio tinggi katalis dalam reaktor terhadap diameter mempengaruhi distribusi aliran melewati katalis.

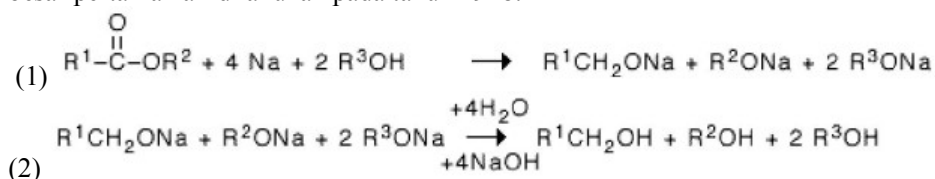
PEMBAHASAN

Reduksi ester dengan litium aluminium hidrida

Untuk skala laboratorium, kompleks logam hidrida merupakan metode yang paling sering digunakan untuk reduksi senyawa dengan gugus karbonil menjadi alkohol. Reagen ini berperan sebagai sumber ion hidrida sebagai agen pereduksi. Pereaksi ini jarang digunakan dalam skala besar karena harganya yang mahal. Litium aluminium hidrida adalah pereduksi yang kuat, sangat reaktif dan dapat mereduksi secara cepat dan efisien gugus karbonil dari aldehid, keton, asam karboksilat serta turunan asam karboksilat. Pereduksi ini sangat sensitive terhadap kelembaban sehingga biasanya prosedur dilakukan dalam pelarut eter.

Reduksi ester dengan natrium

Reduksi ester dengan natrium pertama kali dijelaskan oleh Bouveault dan Blanc. Proses dengan skala besar pertama kali dilakukan pada tahun 1928.

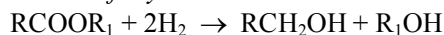


Lelehan natrium didispersikan dalam suatu pelarut inert kemudian ditambahkan ester yang telah bebas air serta alkohol. Setelah reaksi berlangsung, alkoksida dipisahkan dengan penambahan air selanjutnya alkohol dicuci dan didestilasi. Alkohol yang ditambahkan (R^3OH), biasanya alkohol sekunder, berperan sebagai donor hidrogen. Karena adanya reaksi samping, konsumsi natrium dapat mencapai 20% di atas kebutuhan secara stoikiometris. Reduksi berlangsung secara selektif tanpa menghasilkan hidrokarbon serta tanpa ada isomerisasi maupun ataupun hidrogenasi ikatan rangkap.

Reduksi Ester dengan Hidrogenasi Katalitik

Untuk skala besar, hidrogenasi katalitik adalah metode yang paling banyak digunakan untuk reduksi aldehid dan keton menjadi alkohol. Reduksi dilakukan dalam pelarut inert atau dalam cairan murni dengan menggunakan katalis Ni, Pd, atau Pt. Katalis-katalis tersebut merupakan katalis yang baik untuk adisi hidrogen pada ikatan rangkap karbon-heteroatom. Hidrogenasi gugus karbonil jauh lebih lambat dari hidrogenasi ikatan rangkap karbon-karbon. Besarnya ΔH untuk hidrogenasi $\text{C}=\text{C}$ adalah -30 kkal sedangkan untuk hidrogenasi $\text{C}=\text{O}$ adalah -12 kkal (Allinger *et al.*, 1976). Hidrogenasi ikatan $\text{C}=\text{C}$ secara termodinamika lebih disukai dari hidrogenasi $\text{C}=\text{O}$ (Li *et al.*, 2006).

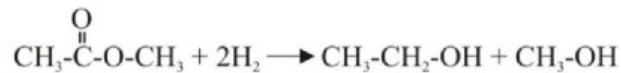
Hidrogenasi katalitik ester menjadi alkohol telah banyak diaplikasikan secara luas dalam proses industri terutama untuk membuat *fatty alcohol* dari ester asam lemak.



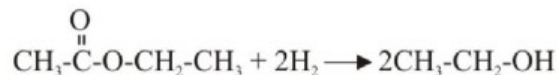
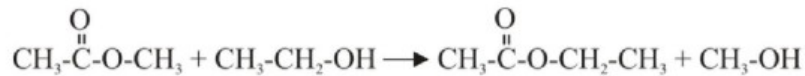
Hidrogenasi langsung terhadap trigliserida juga dapat dilakukan namun hasilnya kurang efisien karena titik didih trigliserida yang tinggi. Metil ester asam lemak merupakan bahan baku pembuatan *fatty alcohol* yang paling sering digunakan. Metil ester asam lemak biasanya dibuat dari transesterifikasi terhadap trigliserida menggunakan metanol.

Hidrogenolisis ester asam lemak secara komersial biasanya menggunakan katalis berbasis tembaga dan dilakukan pada temperatur 200 sampai 120°C pada tekanan 200 sampai 300 bar. Katalis yang sering digunakan adalah campuran tembaga dan kromium oksida kadang-kadang diberi tambahan dengan aditif seperti barium. Katalis yang dipreparasi dengan cara yang berbeda akan menghasilkan aktivitas dan selektivitas yang berbeda (Rieke *et al.*, 1997). Proses hidrogenolisis pada tekanan rendah merupakan target utama kalangan industri. Hal ini menyebabkan fokus penelitian yang dikembangkan saat ini adalah untuk mencari katalis yang dapat digunakan pada tekanan rendah selain itu juga bersifat bebas kromium agar dapat mengurangi polusi.

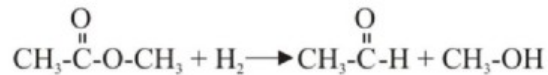
Untuk studi katalitik, metil asetat merupakan model yang sesuai untuk C₁₂-C₁₈. Reaksi hidrogenolisis untuk metil asetat adalah:



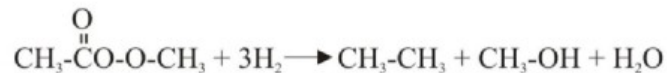
Selain produk utama etanol dan metanol, beberapa senyawa lain seperti etil asetat, etanal, dan etana dimungkinkan untuk terbentuk. Dalam reaksi hidrogenasi metil ester terdapat beberapa reaksi samping yang dipengaruhi oleh kondisi reaksi (Rieke *et al.*, 1997). Etil asetat terbentuk oleh transesterifikasi metil asetat dan etanol. Etil asetat ini akan bereaksi lebih lanjut dengan hidrogen membentuk dua etanol:



Etanal terbentuk akibat hidrogenasi ester yang tidak sempurna atau dari dehidrogenasi etanol:



Etana terbentuk dari reaksi ester dengan tiga hidrogen:



Menurut Chen dan Chang (1997), Cu-B₂O₃/SiO₂ adalah katalis yang efektif untuk sintesis *fatty alcohol* dari hidrogenolisis ester asam lemak. Boron oksida tidak hanya berperan sebagai *textural promoter* meningkatkan dispersi tembaga tetapi juga sebagai *structural promoter* untuk menurunkan energi aktivasi hidrogenolisis 10kJ/mol. Penambahan boron oksida yang optimum adalah sekitar 6,4% berat. Katalis tembaga bebas kromium ini tujuh kali lebih aktif daripada katalis tembaga kromat dalam proses hidrogenolisis metil ester pada kondisi 240°C, 110 bar. Cu-B₂O₃/SiO₂ adalah katalis yang menjanjikan untuk hidrogenolisis pada tekanan di bawah 150 bar.

Iwasa *et al.* (2001) melakukan hidrogenolisis metil format yang dilakukan dengan katalis Pt dan Pd pada berbagai pengemban. Performa katalis Pd dan Pt untuk hidrogenolisis metil format sangat meningkat dengan pembentukan alloy Pd dan Pt. Pada alloy Pd dan Pt, metil format terhidrogenolisis secara selektif menjadi metanol sedangkan pada Pd dan Pt metalik metil format terkarbonilasi menjadi metanol dan karbonmonoksida.

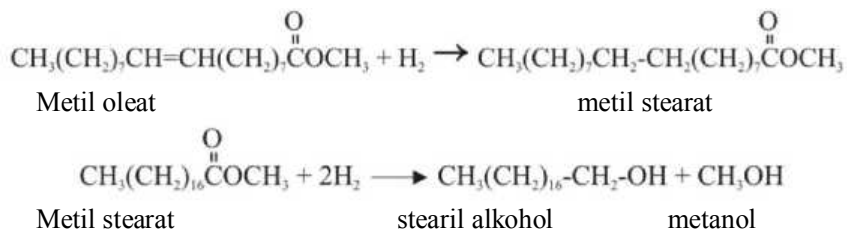
Katalis yang biasa digunakan dalam hidrogenasi ester adalah Cu-Cr. Hattori *et al.* (2000) mengembangkan katalis baru pengganti katalis konvensional Cu-Cr yang dapat melepaskan Cr heksavalen yang bersifat toksik. Katalis yang dikembangkan adalah katalis yang bebas Cr yaitu katalis oksida Cu-Fe-Al. Besi mempunyai efek promosi yang kuat yang hampir sama dengan Cr dan penambahan Al akan meningkatkan durabilitas secara signifikan. Analisis *powder-XRD* terhadap katalis yang digunakan menunjukkan bahwa penambahan Al menekan transformasi komponen CuFe₂O₄ menjadi α-Fe. Stabilitas CuFe₂O₄ selama proses reduksi ternyata meningkatkan durabilitas katalis. Setelah diujicobakan dalam skala industri ternyata katalis oksida Cu-Fe-Al memiliki kemampuan yang sama baiknya dengan katalis Cu-Cr konvensional. Brands *et al.* (2002) melakukan hidrogenolisis metil palmitat menggunakan *supercritical butane*. Penggunaan *supercritical butane* akan memudahkan pemisahan antara produk dengan pelarut.

Hidrogenasi terhadap metil ester dengan ikatan C=C dan C=O

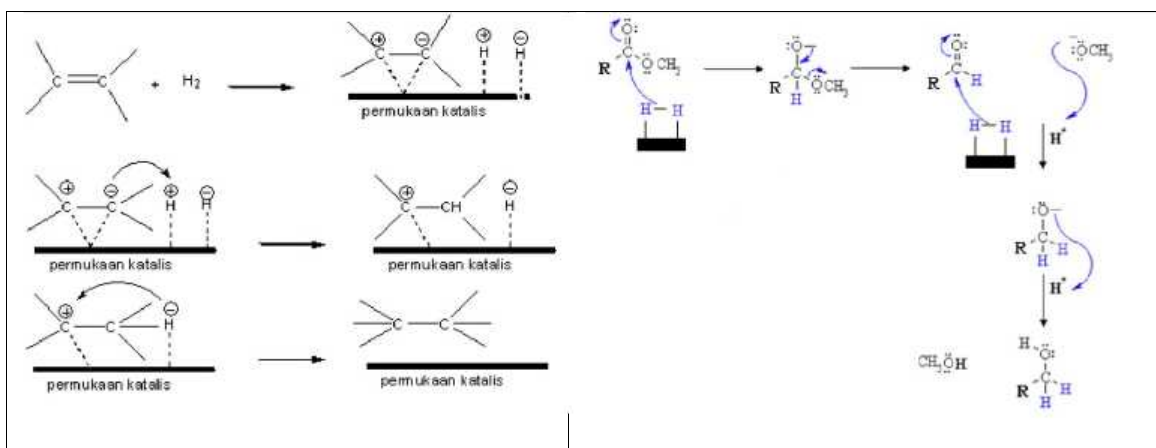
Hidrogenasi metil oleat merupakan gambaran hidrogenasi terhadap metil ester dengan ikatan C=C dan C=O. Dewi Yuanita (2009) melakukan hidrogenasi terhadap metil oleat menggunakan katalis ni/zeolit alam aktif menggunakan sistem *fixed bed*. Umpan metil oleat dalam fasa uap bersama dengan gas hidrogen dialirkan ke dalam reaktor yang berisi katalis sehingga akan terjadi reaksi pada permukaan katalis untuk menghasilkan produk. Mula-mula terjadi difusi atau perpindahan reaktan

metil oleat dan hidrogen dari fasa alir ke situs aktif katalis melalui pori katalis, diteruskan adsorpsi reaktan tersebut pada situs aktif, kemudian terjadi reaksi kimia reaktan teradsorpsi untuk mendapatkan produk stearil alkohol. Setelah itu produk akan mengalami desorpsi dari situs aktif dan akhirnya terjadi difusi atau pemindahan produk melalui struktur pori katalis ke fasa alir. Produk yang masih berada dalam fasa gas kemudian akan berubah menjadi cair lalu berubah menjadi padat setelah melewati pendingin sehingga akan diperoleh produk berupa padatan berwarna putih.

Proses hidrogenasi katalitik metil oleat diperkirakan diawali dengan proses hidrogenasi terhadap ikatan rangkap C=C baru kemudian berlanjut dengan hidrogenasi terhadap ikatan C=O pada molekul metil oleat. Menurut Allinger *et al.* (1976), hidrogenasi gugus karbonil jauh lebih lambat dari hidrogenasi ikatan rangkap karbon-karbon. Penjenuhan ikatan C=C terjadi pada kondisi yang lebih *mild* sehingga ikatan C=C akan terhidrogenasi terlebih dulu sebelum gugus karbonil (Hark *et al.*, 1999)



Proses yang terjadi pada reaksi hidrogenasi ikatan rangkap C=C mengikuti mekanisme hidrogenasi Horiuti-Polanyi (Gambar 1a), diawali dengan peristiwa adsorpsi hidrogen pada permukaan logam dan ikatan σ pada hidrogen putus sehingga terbentuk ikatan logam-hidrogen. Selanjutnya alkena teradsorpsi pada permukaan logam dengan ikatan π yang berinteraksi dengan orbital d yang kosong dari logam tersebut. Molekul-molekul alkena kemudian bergerak pada permukaan logam sampai menumbuk atom H yang terikat pada logam sehingga terjadi reaksi dan produk lepas dari permukaan katalis sebagai produk reaksi hidrogenasi (Augustine, 1996).



Gambar 1a. Mekanisme hidrogenasi ikatan rangkap C=C (Augustine, 1996)

1.b. Mekanisme hidrogenasi metil oleat (C₁₇H₃₅) menjadi stearil alcohol (Carey dan Sunberg, 2001)

Proses hidrogenasi ikatan rangkap C=O diawali dengan adsorpsi molekul hidrogen pada permukaan katalis. Seperti halnya pada hidrogenasi ikatan C=C, mekanisme reaksinya mengikuti mekanisme Horiuti-Polanyi (Augustine, 1996). Molekul hidrogen ini kemudian akan mengalami disosiasi. Selanjutnya ion hidrida H⁻ akan menyerang gugus karbonil pada metil oleat kemudian diikuti dengan eliminasi ion alkoksida menghasilkan aldehyd. Selanjutnya aldehyd tersebut akan tereduksi oleh hidrida membentuk stearil alkohol yaitu alkohol primer (Mc Murry, 2000). Faktanya, aldehyd lebih elektrofilik daripada ester sehingga begitu sejumlah aldehyd terbentuk maka hidrida akan cenderung menyerang aldehyd daripada ester. Tahap terakhir reaksi adalah adisi asam pada O⁻ sehingga terbentuk alkohol. Hasilnya adalah metil oleat tereduksi menjadi stearil alkohol (alkohol

primer) di mana atom karbon ester menjadi atom karbon alkohol. Mekanisme hidrogenasi metil oleat ($C_{17}H_{35}$) menjadi stearil alkohol tersaji pada Gambar 1.b

Menurut Dewi Yuanita (2009), hidrogenasi terhadap metil oleat ini dipengaruhi oleh laju alir gas hidrogen serta rasio katalis umpan. Katalis yang telah dipakai berulang kali akan mengalami penurunan aktivitas (mengalami deaktivasi). Deaktivasi ini sangat dipengaruhi oleh kemurnian umpan, jenis dan jumlah katalis, laju alir gas. Umur katalis Ni/zeolit alam pada proses hidrogenasi metil oleat dapat diprediksi dengan cara membuat grafik konversi metil oleat menjadi stearil alkohol terhadap perulangan. Umur pakai katalis Ni/zeolit alam untuk proses hidrogenasi metil oleat menjadi stearil alkohol adalah sebanyak 46 proses atau 1380 menit (pada masing-masing proses selama 30 menit).

KESIMPULAN

Reduksi terhadap gugus karbonil membutuhkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan reduksi ikatan rangkap biasa. Hal tersebut mengakibatkan perlunya pengaturan kondisi reaksi yang tepat dalam melakukan hidrogenasi tersebut. Kondisi yang perlu diatur antara lain meliputi jenis dan jumlah katalis, temperatur, tekanan, serta jenis umpan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allinger, N., Cava, M., De Jongh, D., Johnson, C., and Lebel, N., 1976, *Organic Chemistry*, second edition, Worth publishers Inc., New York, 474-476
- Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for Chemist*, Marcel Dekker Inc., New York, 9-11, 190, 195-203
- Brand, D.S., Poels, E. K., Dimian, A. C., and Blik, A., 2002, Solven-Based Fatty Alcohol Synthesis Using Supercritical Butane. Thermodynamic Analysis. *JAOCS*, vol. 79, No. 1, 75-83
- Carey, F. A., and Sunberg, R., 2001, *Advanced Organic Chemistry*, fourth edition, Plenum publisher, New York, 252-254
- Chen, Y. Z., and Chang, C. L., 1997, Cu-B₂O₃/SiO₂ an Effective Catalyst for Synthesis of Fatty Alcohol from Hydrogenolysis of Fatty Acid Esters, *Catal. Lett.*, No.48, 101-104
- Dewi yuanita. 2009. Hidrogenasi Katalitik Terhadap Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* Jurdik Kimia UNY.
- Hark, S., Harrod, M., and Moller, P., 1999, Hydrogenation of Fatty Acid Methyl Ester to Fatty Alcohol at Supercritical Condition, *JAOCS*, Vol. 76., No. 11, 1363-1369
- Hattori, Y., Yamamoto, K., Kaita, J., Matsuda, M., and Yamada, S., 2000, The Development of nonchromium catalyst for fatty alcohol production. *JAOCS* vol 77 No.12, 1283-1286
- Iwasa, N, Terashita, M., Arai, M., and Takezawa, N., 2001, New Catalytic Functions of Pd and Pt Catalytic for Hydrogenolysis of Methyl Formate. *React. Kinet. Catal. Lett.* Vol.74 No.1, 93-97
- Li, Y., Zhou, R., and Lai, G., 2006, Effect of Transition Metals (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, and Cu) on Selective Hydrogenation of Cinnamaldehyde over Pt/CNTs Catalyst. *React. Kinet. Catal. Lett.*, Vol. 88, No 1, 105-110
- Logunova, E., and Chernyak, A., 2007, Fixed-Bed Catalytic Reactors for Hydrogenation Process, *Chem. Petr. Eng.*, Vol. 43, No. 3, 197-200
- Mashkina, A. V., Krivoruchko, O. P., and Khairulina, L. N., 2008, Activity of Cobalt Sulfide Catalyst in the Hydrogenolysis of Dimethyl Disulfide to Methanethiol: Effects of the Nature of a Support and the Procedure of Supporting a Cobalt Precursor, *Kinet. Catal.*, vol. 49, No. 1, 103-109

-
- Mc Murry, J., 2000, *Organic Chemistry*, fifth edition, Brooks/Cole, New York, 213-214
- Molero, H., Stacchiola, D., and Tysoe, W., 2005, The Kinetics of Ethylene Hydrogenation Catalyzed by Metallic Palladium, *Catal. Lett.*, Vol 101, No 3, 145-148
- Morrison, R. T., and Boyd, R. N., 1973, *Organic Chemistry*, third edition, Allyn and Bacon, Boston, 683-684
- Namba, M., and Sakamoto, T., 2007, Process for Producing Fatty Alcohol, *US Patent 7208643*
- Rajeshwer, D., Padmavathi, G., Sreenivasa Rao, G., Subrahmanyam, N., Krishnamurthy, K. R. and Rachh, J., 2006, Kinetics of Liquid-Phase Hydrogenation of Straight Chain C₁₀ to C₁₃ Diolefin Over Ni/Al₂O₃ Catalysts, *IJCRE*, Vol.4, 1-14
- Rieke, R.D., Thakur, D., Roberts, B., and White, T., 1997, Fatty Methyl Ester Hydrogenation to Fatty Alcohol Part I: Correlation Between Catalyst Properties and Activity/Selectivity, *JAOCS*, vol. 74, No.4, 333-339

AKTIVITAS ANTIBAKTERI LIGNAN ARIL NAFTALENOLID DARI DAUN TUMBUHAN
Phyllanthus Myrtifolius Moon.

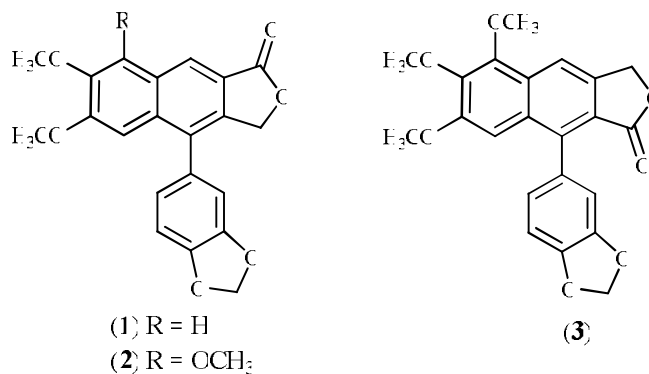
Neneng Windayani^{1,2}, Yana M. Syah¹, Euis H. Hakim¹

¹Kelompok Keahlian Kimia Organik Bahan Alam Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung

²Prodi Pend. Kimia FTK UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. AH. Nasution No.105 Bandung
e-mail: nwkimuin@gmail.com

ABSTRAK

Tumbuhan genus *Phyllanthus* (Euphorbiaceae) terdistribusi luas di daerah tropis dan subtropis serta telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi sakit kepala, demam, mual, mulas, pencahar, sakit kuning dan obat luka. Informasi fitokimia dari literatur menunjukkan tumbuhan genus *Phyllanthus* menghasilkan metabolit sekunder turunan alkaloid, flavonoid, triterpenoid, dan lignan. Tiga senyawa turunan lignan dengan kerangka aril naftalenolid, retrojustisidin B (1), filamirisin A (2), dan filamirisin C (3) telah berhasil diisolasi dari ekstrak metanol daun *Phyllanthus myrtifolius* Moon. Ketiga lignan tersebut diperoleh melalui pemisahan dengan teknik kromatografi vakum cair serta kromatografi radial menggunakan eluen *n*-heksana – etil asetat. Elusidasi struktur ketiga senyawa di atas ditetapkan berdasarkan analisis spektrum NMR 1D (¹HNMR, ¹³CNMR) serta spektrum NMR 2D (¹HSQC, ¹HMBC, dan NOESY). Hasil uji aktivitas antimikroba senyawa 1 terhadap bakteri *B. subtilis*, *E.aerogenes*, *E.coli*, *V.cholera*, *P. aeruginosa* dan *S. dysentriae* menunjukkan nilai MIC 37,5 µg/mL, sedangkan terhadap bakteri *S. thypii* dan *S. aureus* masing-masing 75 dan 125 µg/mL.



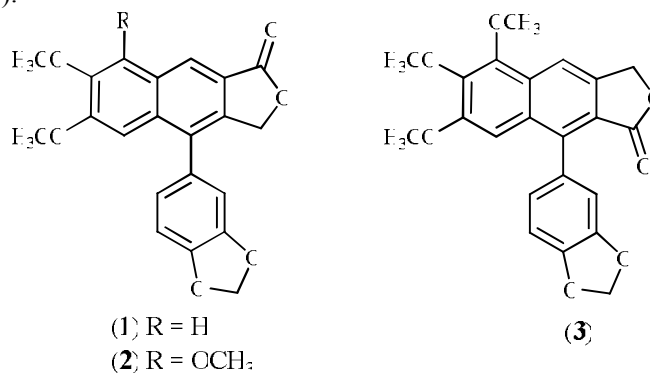
Kata kunci : *Phyllanthus myrtifolius*, ekstrak daun, lignan aril naftalenolid, aktivitas antibakteri

A. PENDAHULUAN

Phyllanthus merupakan salah satu genus besar dari tumbuhan famili Euphorbiaceae, dengan penyebarannya meliputi wilayah tropis dan subtropis, antara lain Asia, Afrika, dan Amerika Selatan (Cronquist, 1981; Calixto, 1998; de Padua, 1999). Secara tradisional, tumbuhan genus *Phyllanthus* telah digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi sakit kepala, demam, mual, mulas (kolik), pencahar, diuretik, dan obat luka. Bagian tumbuhan yang dipergunakan meliputi akar, batang, kulit batang, daun, dan buah (Heyne, 1987). Kajian fitokimia terhadap kelompok tumbuhan ini masih relatif jarang, baru 29 dari 400 spesies *Phyllanthus* yang telah dikaji, dua sampel diantaranya berasal dari Indonesia. Dari kajian tersebut terungkap bahwa genus ini merupakan penghasil berbagai jenis golongan metabolit sekunder, diantaranya golongan lignan, alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, dan asam fenolat. Pada golongan lignan, kelompok-kelompok dibenzilbutan, siklolignan ariltetralin,

dibenzilbutirolakton, neolignan, dan arilnaftalenolid, telah berhasil diisolasi dan diidentifikasi; sementara pada golongan triterpenoid meliputi jenis-jenis eufan, lupan, oleanan, friedelan, dan glutinan. Alkaloid yang telah diisolasi dan diidentifikasi merupakan turunan kuinolizidin, yang terbatas kepada turunan sekurin (Calixto, 1998; de Padua 1999; Achmad *et al.*, 2008). Selain kajian fitokimia, para peneliti juga telah mengkaji sifat biologis tumbuhan genus *Phyllanthus*, baik pada tingkat ekstrak ataupun senyawa-senyawa murni, membuktikan bahwa kelompok tumbuhan ini potensial sebagai antimikroba (Raghu, 2010; Adegoke, 2010), antioksidan (Chulorajmontri, 2005), antivirus (Lee, 1996), antiinflamasi dan antitumor (Yamashita, 2002).

Phyllanthus myrtifolius Moon. merupakan tanaman hias berupa perdu yang berasal dari India dan Srilangka. Penelitian terhadap seluruh bagian tanaman ini telah dilaporkan sebelumnya dimana sembilan senyawa lignan berhasil diisolasi dan menunjukkan aktivitas anti-HIV (Lee, 1996). Kajian fitokimia terhadap ekstrak metanol daun *P. myrtifolius* Moon. (ex. Bogor), telah berhasil diisolasi tiga senyawa lignan dengan kerangka aril naftalenolid yaitu retrojustisidin B (**1**), filamirisin A (**2**) dan filamirisin C (**3**). Pada kesempatan ini akan dilaporkan penentuan struktur ketiga senyawa serta sifat antimikroba senyawa (**1**).



B. PERCOBAAN

Umum. Spektrum UV dan IR ditetapkan dengan spektrometer Cary Varian 100 Conc. dan Perkin Elmer FT-IR Spectrum One. Spektrum ¹H dan ¹³C NMR ditentukan dengan spektrometer Varian NMR System 500 MHz (¹H, 400 Mhz; ¹³C, 100 MHz) menggunakan residu pelarut CDCl₃ (δ_H 7,26 ppm) dan (δ_C 77,1 ppm). Kromatografi vakum cair (KVC) menggunakan Si-gel 60 GF₂₅₄ (Merck), kromatografi radial menggunakan Si-gel 60 PF₂₅₄ (Merck Art. 7749) analisa kromatografi lapis tipis (KLT) menggunakan plat Kieselgel 60 F₂₅₄ 0,25 mm (Merck). Pelarut yang digunakan seluruhnya berkualitas teknis yang didestilasi.

Bahan tanaman. Bahan tanaman berupa daun *P. myrtifolius* Moon. yang dikumpulkan dari daerah Bogor, Jawa Barat. Spesimen tumbuhan diidentifikasi di Herbarium Bandungense, Institut Teknologi Bandung.

Ekstraksi dan isolasi. Serbuk kering daun *P. myrtifolius* Moon. (1,5 kg) dimaserasi dengan metanol sebanyak tiga kali. Ekstrak metanol yang diperoleh dipekatkan dengan alat penguap bertekanan rendah sehingga diperoleh ekstrak berupa padatan sebanyak 150 g. Selanjutnya ekstrak metanol diekstraksi ulang menggunakan pelarut aseton sehingga diperoleh ekstrak aseton (65 g). Sepertiga dari ekstrak tersebut (20 g) selanjutnya difraksinasi dengan metode KVC yang dielusi dengan *n*-heksana:etilasetat (9:1; 8:2; 7:3; 6:4; 1:1; 3:7; 2:8) menghasilkan 7 fraksi (F1-F7). Penyederhanaan komposisi F3 (961 mg) dilakukan dengan kromatografi radial (eluen *n*-heksana:etilasetat = 8:2) diperoleh 14 fraksi, dimana pada pencucian F3₆ (143,6 mg) dengan metanol menghasilkan filamirisin A (**2**) (16,3 mg). Sedangkan penyederhanaan terhadap F3₈ dan F3₁₀ dengan kromatografi radial masing-masing menghasilkan senyawa retrojustisidin B (**1**) (20 mg) dan filamirisin C (**3**) (13,6 mg).

Retrojustisidin B (1), berupa padatan berwarna putih dengan titik leleh 223-224°C; UV(MeOH) λ_{maks}: 352, 317, 297, 256, 230 nm ; IR (KBr) ν_{maks} 2940, 1750(C=O, lakton), 1620, 1503, 1482, 1438,1385, 1342, 1263, 1240, 1230, 1160, 1152,1040,1007, 930, 910 cm⁻¹; data¹H NMR (500 MHz, CDCl₃): lihat Tabel 1; data ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): 124,17 (C-1); 121,34(C-2), 171,59 (C-2a),

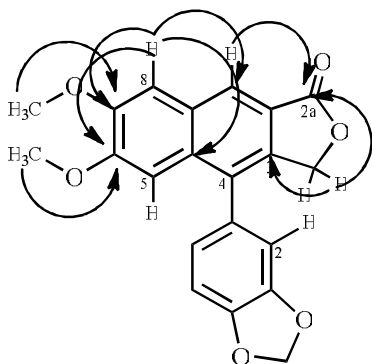
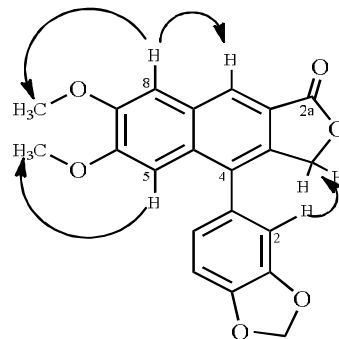
69,50 (C-3a), 137,94(C-3), 131,62 (C-4), 104,02(C-5),153,01 (C-6), 55,90 (MeO-C-6), 150,02(C-7), 56,04 (MeO-C-7),107,6 (C-8), 129,89(C-1'),109,51 (C-2'),148,26 (C-3'), 147,63(C-4'), 109,02 (C-5'), 122,72 (C-6'), 101,29 (O-CH₂-O); data korelasi HMBC (¹H↔¹³C) lihat gambar 1, data NOESY (CDCl₃) H-1↔H-8, H-3a↔H-2', MeO-6↔H-5, MeO-7↔H-8.

Filamirisin A (2) padatan berwarna putih, memiliki titik leleh 231-232°C; UV (MeOH) λ_{maks} (log ε) 354 (sh, 3.63), 326 (3.94,295 (3.79), 259 (4.69), 228 (4.36) nm; IR (KBr) ν_{maks} 3004, 3000, 2950, 1765(C=O,lakton),1615,1498,1482,1400,1348,1270,237,1200,1156,1120,1108,1088,1030,1000,938,924 crn⁻¹; data ¹H NMR (500 MHz, CDCl₃) lihat Tabel 1; data ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): 120,7 (C-1); 120,8(C-2), 171,7 (C-2a), 69,4 (C-3a), 137,94(C-3), 131,8 (C-4), 100,1(C-5),155,6 (C-6), 55,92 (MeO-C-6), 141,1(C-7), 61,2 (MeO-C-7),149,1 (C-8), 61,7 (MeO-C-8) 129,6(C-1'),109,4 (C-2'),148,3 (C-3'), 147,63(C-4'), 109,02 (C-5'), 122,72 (C-6'), 101,4 (O-CH₂-O); data korelasi HMBC (¹H↔¹³C) lihat tabel 1, data NOESY (CDCl₃):H-1↔MeO-8,MeO-7↔MeO-8,H-3a↔H-6',MeO-6↔MeO-7,MeO-6↔H-5.

Filamirisin C (3) serbuk berwarna kekuningan titik leleh 190-191 °C; UV (MeOH) λ_{maks} (log ε) 361 (3.62), 316(sh, 3.83),290 (3.93), 259 (4.64), 230 (4.37) nm; IR (KBr) ν_{maks} 3010,2930, 1759(C=O, lakton), 1620,1595, 1505, 1482, 1460, 1338, 1355, 1230,1216, 1170, 1038, 1005, 930, 860 cm⁻¹ data ¹H NMR (500 MHz, CDCl₃) lihat Tabel 1; data ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): 114,06 (C-1); 138,64(C-2), 68,33 (C-2a), 169,89 (C-3a), 130,37(C-3), 139,69 (C-4), 119,95 (C-4a),102,16(C-5),153,37 (C-6), 55,83 (MeO-C-6), 143,06 (C-7), 61,59 (MeO-C-7),147,31 (C-8) 61,19 (MeO-C-8), 128,29(C-1'),110,51 (C-2'),147,53 (C-3'), 147,58(C-4'), 108,03 (C-5'), 123,4 (C-6'), 101,4 (O-CH₂-O); data korelasi HMBC (¹H↔¹³C) lihat tabel 1, data NOESY (CDCl₃):H-1↔MeO-8, H-1↔H-2a,MeO-6↔H-5.

Tabel 1. Data ¹HNMR (500 Hz) senyawa 1-3 dalam CDCl₃ (δ dalam ppm)

No. H	δ _H (multiplisitas, <i>J</i> dalam Hz)			HMBC Senyawa	
	1	2	3	2	3
1	8,29(s)	8,68(s)	8,14(s)	C-2a,C-8,C-3	C-2a,C-8,C-3,C-4
2a	-	-	5,42(s)	-	C-8,C-3,C-3a,C-2
3a	5,21(s)	5,14(s)	-	C-2a, C-3	-
5	7,09(s)	6,82(s)	6,94(s)	C-4,C-6,C-7,C-1'	C-4,C-6,C-7,C-1'
MeO-6	3,86(s)	3,77(s)	3,81(s)	C-6	C-6
MeO-7	4,05(s)	3,93(s)	4,03(s)	C-7	C-7
MeO-8	-	4,04(s)	4,10(s)	C-8	C-8
8	7,29(s)	-	-	-	-
2'	6,85(d,1)	6,82(d,1)	6,82(d, 1,4)	C-4, C-1',C-4',C-6'	C-4, C-1',C-4',C-6'
5'	6,98(dd,1;7,5)	6,75(dd 1; 2,5)	6,99(dd, 1; 7,0)	C-6', C-1'	C-6', C-1'
6'	6,83(d, 7,5)	6,77(d, 2,5)	6,82(d,7,0)	C-5', C-2'	C-5', C-2'
O-CH ₂ -O	6,08(d, 1,5)	6,01(d, 1,5)	6,06(d, 2,5)	C-4'	C-4'
	6,11(d,1,5)	6,04(d, 1,5)	6,11(d, 2,5)	C-3'	C-3'

Gambar 1. Korelasi HMBC ($^1\text{H} \leftrightarrow ^{13}\text{C}$)Gambar 2. Korelasi NOESY ($^1\text{H} \leftrightarrow ^1\text{H}$)

Uji Antibakteri. Senyawa (1) selanjutnya diuji sifat antibakterinya terhadap delapan spesies bakteri patogen dengan metode mikrodilusi (Eldeen, 2011). Aktivitas antibakteri dinyatakan dengan MIC, yaitu konsentrasi minimal sampel yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri, yang dilanjutkan dengan penentuan MBC untuk memastikan konsentrasi minimum sampel yang dapat membunuh/mematikan bakteri. Caranya dengan menambahkan 10 μL suspensi bakteri ke dalam seri konsentrasi larutan uji pada *microplate*, selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada 37°C. Pertumbuhan bakteri selanjutnya diamati dengan menggunakan *microplate reader* BioRad pada panjang gelombang 600 nm untuk menentukan MIC. Sedangkan penentuan MBC dilakukan dengan menggosokkan 3 contoh larutan uji dari *microplate* yang telah diketahui MIC-nya di atas media agar padat MHA (*Mueller Hinton Agar*) 3,8% pada cawan petri kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Percobaan diulang sebanyak 2 kali. Nilai MBC ditentukan dengan melihat pertumbuhan bakteri pada medium agar. Keaktifan senyawa terhadap bakteri ditentukan berdasarkan besarnya harga MIC dimana nilai $< 8 \mu\text{g/mL}$ bersifat sensitif, dan nilai $> 32 \mu\text{g/mL}$ menunjukkan resisten (Lalitha, 2004).

C. PEMBAHASAN

Senyawa 1-3 diperoleh sebagai kristal amorf berwarna putih dan kekuningan. Spektrum UV dari ketiga senyawa menunjukkan serapan maksimum pada λ 260 nm, serta serapan berikutnya berturut-turut pada λ 355, 310, 290, dan 225 nm, hal ini menunjukkan karakteristik jenis senyawa arilnaftalen (Lee, 1995). Data spektrum IR menunjukkan adanya gugus (C=O) lakton yang khas pada 1750 cm^{-1} , hal ini diperkuat dengan data spektrum $^1\text{HNMR}$ dan $^{13}\text{CNMR}$ yang menunjukkan sinyal khas metilen lakton (δ_{H} 5,10-5,40 ppm dan δ_{C} sekitar 70 ppm) serta konsisten pula dengan adanya sinyal karbon lakton pada δ_{C} sekitar 170 ppm. Data lainnya yang mengarah pada struktur yang diusulkan yaitu adanya serapan pada spektrum IR pada 930 cm^{-1} sebagai ciri gugus metilendioksi serta $^1\text{HNMR}$ dan $^{13}\text{CNMR}$ pada δ_{H} 6,00-6,10 ppm, dan δ_{C} 101,00 ppm.

Analisis terhadap data spektrum IR, UV, dan $^1\text{HNMR}$ dan $^{13}\text{CNMR}$ ternyata memiliki kemiripan satu sama lain. Hasil penentuan struktur menunjukkan pola oksigenasi berupa gugus metoksi terletak pada posisi yang sama pada C-6 dan C-7 serta gugus metilendioksi pada C-3'-C-4'.

Senyawa 1 memiliki 6 proton singlet, dua sinyal (δ 7,29 dan 7,09) proton aromatik dengan pola *splitting* ABX, 2 sinyal metoksi (δ 3,86 dan 4,05), satu sinyal metilen singlet (δ 5,219) serta sinyal metilendioksi doublet (δ 6,08 dan 6,11, $J = 1,5$). Data tersebut mengarahkan pada senyawa arilnaftalen tersebut terdimetoksilasi, mengikat gugus lakton dan metilendioksi. Berdasarkan data korelasi HMBC seperti pada gambar 1 serta analisis terhadap spektrum NOESY (CDCl_3) menunjukkan bahwa H-1 \leftrightarrow H-8, H-3a \leftrightarrow H-2', MeO-6 \leftrightarrow H-5, MeO-7 \leftrightarrow H-8 mengarahkan pada keyakinan bahwa senyawa 1 merupakan suatu γ -lakton 3-hidroksimetil-6,7-dimetoksi-4- (3,4-metilendioksisfenil)-2-naftoat atau retrojustrisidin B, suatu lignan dengan kerangka aril naftalen seperti yang pernah disintesis oleh Petler (1982).

Spektrum ¹HNMR senyawa **2** dibandingkan dengan senyawa **1**, keduanya memiliki kemiripan, kecuali terdapat tambahan 1 sinyal proton singlet (δ 4,04 ppm) yang berkorelasi HMBC dengan C-1 dan C-8. Konsisten dengan data tersebut, mengarahkan pada senyawa γ -lakton 3-hidroksimetil-6,7,8-trimetoksi-4- (3,4-metilendioksifenil)-2-naftoat atau filamirisin A. Senyawa ini pertama kali diisolasi Lin *et al.* (1995) dari spesies yang sama.

Perbandingan spektrum ¹HNMR senyawa **3** dengan senyawa **1** menunjukkan perbedaan yang berkebalikan dengan senyawa **2** sehingga keduanya merupakan isomer posisi gugus fungsi, hal ini dibuktikan dengan korelasi NOESY metilen (δ 5,42) pada C-2a dengan H-1, sehingga senyawa ini merupakan γ -lakton 2-hidroksimetil-6,7-dimetoksi-4- (3,4-metilendioksifenil)-3-naftoat atau filamirisin C (Lin, 1995).

Hasil uji antibakteri senyawa **1** menunjukkan nilai MIC dan MBC sebesar 37,5 μ g/mL terhadap 4 spesies bakteri yaitu *B.subtilis*, *E. coli*, *V. cholerae*, *S. dysentriae*. Sedangkan nilai MIC terhadap bakteri *P.aeruginosa*, *E. aerogenes*, *S. typhii* dan *S.aureus*, berturut-turut 37,5, 75 dan 125 μ g/mL, dengan nilai MBC > 75 μ g/mL.

D. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil diisolasi 3 senyawa lignan dengan kerangka arilnaftalen yaitu γ -lakton 3 hidroksimetil-6,7-dimetoksi-4-(3,4-metilendioksifenil)-2-naftoat atau retrojustisidin B (**1**), γ -lakton 3-hidroksimetil-6,7,8-trimetoksi-4- (3,4-metilendioksifenil)-2-naftoat atau filamirisin A (**2**), serta γ -lakton 2-hidroksimetil-6,7-dimetoksi-4- (3,4-metilendioksifenil)-3-naftoat atau filamirisin C (**3**). Hasil pengujian aktivitas antibakteri senyawa **1** terhadap *B.subtilis*, *E. coli*, *V. cholerae*, *S. dysentriae* menunjukkan nilai MIC/MBC 37,5 μ g/mL, sedangkan terhadap *P.aeruginosa*, *E. aerogenes*, *S. typhii* dan *S.aureus* memiliki MIC 37,5-125 μ g/mL dengan MBC >75 μ g/mL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Dirjen DIKTIS KemenAg RI yang telah memberikan beasiswa S3 BS 2010.

DAFTAR RUJUKAN

- Achmad, S.A., Hakim, E.H., Makmur, L. Syah, Y. M., Juliawaty, L.D., Mujahidin D. (2008). *Ilmu Kimia dan Kegunaan Tumbuhan-tumbuhan Obat Indonesia. Jilid I*, Penerbit ITB, Bandung.
- Adegoke, A. A ., P A Iberi, D. A. Akinpelu, O. A. Aiyegoro, C. I. Mboto. (2010). Studies on phytochemical screening and antimicrobial potentials of *Phyllanthus amarus* against multiple antibiotic resistant bacteria, *Int. J. Applied Res. in Nat. Prod.*, 3, 6-12.
- Calixto, J.B., Adair R. S. Santos, Valdir C. F., Rosendo A. Y. (1998). A review of the plants of the genus *Phyllanthus*: Their chemistry, pharmacology, and therapeutic potential, *Medicinal Research Reviews*, 18 (4), 225–258.
- Chularojmontri L., Wattanapitayakul S.K., Herunsalee A., Charuchongkolwongse S., Niumsukul S., Srichairat S. (2005). Antioxidative and cardioprotective effects of *Phyllanthus urinaria* L. on doxorubicin-induced cardiotoxicity, *Biol Pharm Bull.*, 28(7), 1165-71.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York.
- de Padua, L.S., N. Bunyaphattara, R.H.M.J. Lemmens. (1999). *Plant Resource of South-East Asia Medicinal and Poisonous Plants* (1), Backhuys Publisher, Leiden.
- Eldeen I.M.S., E-M. Seow, R. Abdullah, S.F. Sulaiman. (2011). *In Vitro* Antibacterial, Antioxidant, Total Phenolic Contents And Anti-HIV-1 Reverse Transcriptase Activities Of Extracts Of Seven *Phyllanthus* sp., *South African Journal of Botany*, 77(1), 75-79.
- Heyne, K. (1987), “*Tumbuhan Berguna Indonesia*”, Jilid I Yayasan Sarana Wanajaya, Jakarta.
- Lalitha, M.K. (2004). *Manual on Antimicrobial Susceptibility Testing*, Christian College, Vellore, Tamil Nadu.

- Lee, Shoei-Sheng, Mei-Tsu Lin, Chao-Lin Liu, Yung-Yaw Lin, and Karin C. S. Chen Liu. (1996). Six Lignans from *Phyllanthus myrtifolius*. *J. Nat. Prod.*, 59 (11), 1061–1065.
- Lin, Mei-Tsu., Shoei-Sheng Lee, Karin C. S. Chen Liu. (1995). Phyllamyricins A-C, Three Novel Lignans from *Phyllanthus myrtifolius*. *J. Nat. Prod.*, 58 (2), 244–249.
- Pelter, A., R.S. Ward, P. Satyanarayana.(1982).*P.collins*,*Tetrahedron Lett.*, 23, 571.

ANALISIS KEMAMPUAN BERARGUMEN MAHASISWA MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN ADI (*ARGUMENT DRIVENT INQUIRY*) PADA KONSEP HIDROLISIS GARAM

Risa Rahmawati S

Prodi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. AH. Nasution No. 105 Cibiru Bandung

Abstrak

Konsep hidrolisis garam merupakan konsep abstrak, yang dapat dibuktikan melalui percobaan di laboratorium. Hasil studi pendahuluan memperlihatkan sebanyak 17% mahasiswa Pendidikan Kimia tingkat I sering melakukan kegiatan praktikum ketika di SMA, sisanya jarang melakukan praktikum. Oleh sebab itu diperlukan adanya model pembelajaran yang bisa membantu meningkatkan kemampuan belajar dan kecakapan praktikum serta berargumen mahasiswa. Model pembelajaran *ADI* dapat membantu mahasiswa belajar dari pengalaman sekaligus dapat meningkatkan kecakapan praktikum dan kemampuan berargumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam berargumen pada tahapan model pembelajaran *ADI*. Berdasarkan tujuan tersebut, metode yang digunakan adalah metode penelitian kelas. Subjek pada penelitian ini adalah mahasiswa Pendidikan Kimia Semester II UIN Sunan Gunung Djati Bandung sebanyak 81 mahasiswa. Perolehan data kuantitatif diolah secara statistik dan perolehan data kualitatif diolah secara deskriptif. Nilai rata-rata pada tahap membuat *argument tentative* sebesar 87,7, tahap adu argument sebesar 56,7, tahap membuat laporan sebesar 76. Hal ini menunjukkan model pembelajaran *ADI* dapat meningkatkan keaktifan mahasiswa dalam berargumen dan kemampuan mahasiswa dalam membuat laporan praktikum.

Kata kunci : *ADI (Argument Drivent Inquiry)*, *Argument tentative*, adu argumen

PENDAHULUAN

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa belajar dari pengalaman akan memberikan memori jangka panjang yang lebih kuat dibandingkan dengan membaca, atau mendengarkan penjelasan dari guru. Hal ini sesuai dengan kompetensi pembelajaran kimia Dasar. Adapun kompetensi matakuliah Kimia Dasar II adalah: Memperoleh pengalaman dalam melakukan cara-cara eksperimen dan mengamati gejala-gejala kimia, terampil menggunakan alat-alat gelas, zat kimia dan instrumen. Dapat menganalisis data dan menuliskan laporan serta memperoleh motivasi dalam melakukan eksperimen.

Berdasarkan hasil kuisioner yang dilakukan pada mahasiswa pendidikan kimia tingkat 1 diketahui bahwa dari 81 orang mahasiswa, 14 orang (17%) mahasiswa sering melakukan praktikum ketika di SMA, 39 orang (48%) mahasiswa jarang melakukan praktikum, dan 28 orang (34%) mahasiswa tidak pernah melakukan praktikum waktu di SMA. Hal ini cukup mengawatirkan, mengingat bahwa mahasiswa pendidikan kimia merupakan calon guru kimia di masa depan, tetapi kecakapan dalam kegiatan praktikumnya masih kurang, terutama dalam berargumen.

Salah satu jenis praktikum yang cocok bagi mahasiswa adalah praktikum berbasis *inquiry*. Praktikum berbasis *inquiry* bertujuan agar mahasiswa membangun pengetahuannya berdasarkan penemuan. Model pembelajaran inkuiri diyakini dapat meningkatkan hasil belajar dan juga dapat meningkatkan kemampuan berargumen mahasiswa karena pada model pembelajaran inkuiri proses pembelajaran bersifat *student centered*, sedangkan guru atau dosennya bertugas sebagai motivator dan fasilitator. Pengetahuan yang diperoleh dari menemukan sendiri gejala-gejala yang timbul dalam percobaan akan memberikan pengalaman yang lebih sukar untuk dilupakan, dan membantu mahasiswa menemukan konsep sendiri.

Suatu model pembelajaran inkuiri terbaru diterapkan untuk dapat meningkatkan pemahaman ilmu kimia, yaitu model pembelajaran *ADI (Argument driven inquiry)*. *ADI* merupakan salah satu

model pembelajaran yang dikembangkan dari model pembelajaran *inquiry* yang bertujuan untuk meningkatkan efektifitas proses dan hasil pembelajaran.

Model Pembelajaran *ADI* adalah model pembelajaran yang memungkinkan guru untuk mengubah aktivitas laboratorium tradisional menjadi sebuah unit instruksional yang terpadu (Sampson *et al.* 2009). Pembelajaran ini juga memberikan mahasiswa kesempatan untuk meningkatkan kemampuan menuliskan dan keterampilan komunikasi verbal berargumentasi, pemahaman mereka tentang proses menulis, dan kemampuan mereka untuk menafsirkan bukti dan alasan secara ilmiah. *ADI* membantu memupuk pemahaman ilmiah mahasiswa dan memungkinkan mahasiswa untuk mengembangkan kebiasaan berpikir ilmiah, memberikan bukti untuk penjelasan, berpikir kritis tentang argumen yang didiskusikan, dan diharapkan mahasiswa mampu menghubungkan konsep-konsep kimia dengan kehidupan sehari-harinya.

Tahapan model pembelajaran *ADI* yang pertama adalah tahap identifikasi tugas dan pertanyaan oleh guru. Tahap kedua adalah mengumpulkan dan menganalisis data. Tahap ketiga adalah tahap pembuatan *argument tentative*. Tahap ke empat dari model pembelajaran *ADI* adalah adu argumen. Tahap ke lima adalah menuliskan laporan. Tahap ke enam adalah tahap *Double blind peer-review*. Tahap ke tujuh adalah diskusi eksplisit dan reflektif. Tahap terakhir dari model pembelajaran *ADI* adalah revisi laporan. Tetapi pada penelitian ini hanya difokuskan pada tahapan-tahapan yang mengukur kemampuan berargumentasi mahasiswa baik secara verbal maupun non verbal.

Hidrolisis garam merupakan salah satu subkonsep dari konsep larutan pada mata kuliah Kimia Dasar II. Dalam konsep Hidrolisis terdapat dua macam persamaan yaitu persamaan matematika dan persamaan reaksi kimia. Apabila kedua persamaan ini bisa dikuasai oleh mahasiswa maka konsep hidrolisis akan lebih mudah untuk dipelajari. Selain itu, penanaman konsep hidrolisis juga perlu dikuatkan dengan praktikum dan pemodelan secara mikroskopik. Hal ini menyebabkan konsep hidrolisis menjadi salah satu konsep yang sulit dipahami oleh mahasiswa.

Berdasarkan latar belakang di atas maka telah dilakukan penelitian dengan judul **PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *ADI* (*ARGUMENT DRIVEN INQUIRY*) PADA KONSEP HIDROLISIS GARAM** (Penelitian Kelas terhadap mahasiswa UIN sunan Gunung Djati Bandung tingkat I semester II).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode penelitian kelas. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Deskripsi Pembelajaran
2. LKM
3. Format Penilaian *Peer-Review*

LKM digunakan untuk mengetahui kemampuan kognitif mahasiswa pada tiap tahap pembelajaran. Maka, dilakukan pengolahan dan analisis data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan skor masing-masing tahap LKM dan butir soal.
- b. Mengidentifikasi skor mahasiswa pada masing-masing kelompok (Tinggi, sedang, rendah) pengelompokan mahasiswa berdasarkan nilai Kimia Dasar sebelumnya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung mean (rata-rata) dengan rumus:

$$X = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dengan, X = nilai rata-rata

$\sum x_i$ = jumlah skor total ; n = jumlah mahasiswa

(Sudjana, 2005: 67)

Tabel 1 Klasifikasi Interpretasi Rata-rata

Nilai	Predikat
80-100	Sangat baik
70-79	Baik
60-69	Cukup
50-59	Kurang Baik
0-49	Gagal

(Arikunto, 2002:245)

PEMBAHASAN

Berikut ini adalah analisis hasil belajar mahasiswa secara terperinci mengenai tahap pembelajaran *ADI* pada konsep hidrolisis garam.

Tahap Membuat *Argument Tentative*

Pada tahap ini adalah tahap pembuatan *argument tentative*, atau argumen sementara. Pada tahap ini mahasiswa membuat argumen sementara berdasarkan fakta-fakta yang ditemukan selama proses praktikum. Selain itu mahasiswa juga mendapatkan arahan dari soal-soal yang terdapat dalam LKM. Analisis hasil belajar mahasiswa pada tahap ini dilakukan berdasarkan kelompok belajar dan kelompok prestasi. Tabel 2 di bawah ini merupakan tabel nilai rata-rata *Argument Tentative* berdasarkan kelompok belajar

Tabel 2 Nilai Rata-rata *Argument Tentative* Berdasarkan Kelompok Belajar

Kelompok Belajar	Skor
1	100.0
2	100.0
3	100.0
4	67.0
5	100.0
6	100.0
7	100.0
8	100.0
9	67.0
10	67.0
11	67.0
12	67.0
13	67.0
14	100.0
15	67.0
16	100.0
Rata-rata	85.6

Berdasarkan Tabel 2 bisa dilihat bahwa hampir semua kelompok mampu membuat *argument tentatif* dengan baik. Nilai Rata-rata tertinggi pada tahap ini mencapai nilai maksimal yaitu 100, sedangkan nilai terendahnya yaitu 67. Korelasi antara argumen dengan fakta harus sesuai karena argumen yang dibuat haruslah didukung oleh fakta yang relevan. Pembuatan *argument tentative* dilakukan secara berkelompok setelah kelompok tersebut berdiskusi mengenai fakta-fakta yang akan telah dipilih sebagai penguat argumen.

Tahap Melakukan Adu Argumen

Tahap keempat dari model pembelajaran *ADI* adalah tahap adu argumen. Pada tahap ini mahasiswa mempresentasikan argumennya di depan kelas. Sedangkan kelompok lain menanggapi argumen yang disampaikan kelompok penyaji.

Analisis hasil belajar mahasiswa berdasarkan tahap adu argumen didasarkan pada kelompok prestasi karena dalam prakteknya penilaian pada tahap ini dilakukan secara perorangan. Analisis hasil belajar mahasiswa berdasarkan kelompok prestasi bisa dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Nilai Rata-rata Mahasiswa Pada Tahap Adu Argumen

Kelompok Prestasi	Presentasi	Tanggapan	Rata-rata
Tinggi	64.7	60.8	62.8
Sedang	55.5	55.0	55.3
Rendah	57.3	52.5	54.9
Rata-rata	59.2	56.1	57.6

Berdasarkan Tabel 3 bisa dilihat bahwa kelompok prestasi tinggi memperoleh nilai tertinggi diantara kelompok yang lain, nilai yang diperoleh yaitu 62,8. Sedangkan nilai terendah diperoleh kelompok prestasi rendah dengan nilai 54,9. Apabila kita menganalisis satu persatu, nilai tertinggi pada tahap presentasi diraih oleh kelompok prestasi tinggi dengan nilai rata-rata 64,7 sedangkan nilai terendah diraih oleh kelompok prestasi sedang dengan nilai rata-rata 55,5. Tahap tanggapan nilai rata-rata tertinggi diraih oleh kelompok prestasi tinggi dengan nilai rata-rata 60,8 dan nilai terendah diraih oleh kelompok prestasi rendah dengan nilai rata-rata 52,5.

Tahap Membuat Laporan Investigasi dan Tahap *Double Blind Peer Review*

Tahap terakhir dalam model pembelajaran ADI adalah membuat laporan investigasi. Meskipun dalam praktikum mahasiswa bekerja secara berkelompok, tetapi dalam pembuatan laporan, mahasiswa mengerjakannya secara perorangan. Tahap ini dikerjakan di rumah dengan format laporan yang telah diberikan peneliti sebelumnya. Secara teknis tahap ini tidak mendapatkan penilaian secara kuantitatif karena penilaian laporannya dilakukan pada tahap *double blind peer review* yang dilakukan oleh mahasiswa sendiri. Oleh sebab itu dalam analisisnya tahap membuat laporan dan tahap *double blind peer review* ini disatukan.

Analisis belajar mahasiswa pada tahap membuat laporan dan tahap *double blind peer review* juga didasarkan kelompok prestasi karena pembuatannya dilakukan secara perorangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauhmana mahasiswa dapat membuat laporan dengan baik, sebagaimana tujuan dari penerapan model ADI yaitu kemampuan menggunakan penjelasan ilmiah dalam pemecahan masalah. Analisis hasil belajar mahasiswa berdasarkan kelompok prestasi pada tahap membuat laporan dan *double blind peer review* bisa dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Nilai Rata-rata Mahasiswa Berdasarkan Kelompok Prestasi

Kelompok Prestasi	Skor
Tinggi	79
Sedang	77
Rendah	72
Rata-rata	76

Berdasarkan Tabel 4 bisa dilihat bahwa kelompok prestasi tinggi memperoleh nilai terbesar yaitu 79, sedangkan kelompok prestasi rendah mendapatkan nilai terkecil yaitu 72. Hasil rata-rata perolehan nilai bisa dilihat bahwa hampir semua kelompok belum menyajikan laporan dengan nilai terbaik. Hal ini bisa dilihat dari nilai rata-rata setiap kelompok kurang dari nilai minimum yang telah di tentukan peneliti.

KESIMPULAN

Hasil analisa kemampuan berargumen mahasiswa berdasarkan tahap pembelajaran model pembelajaran ADI yaitu membuat *argument tentative*, melakukan adu argumen, membuat laporan dan melakukan *double blind peer-review* telah menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki kemampuan berargumen yang cukup baik. Nilai tertinggi terdapat pada tahap membuat *argument tentative*, yakni 88 dan nilai terendah terdapat pada tahap melakukan adu argumen yakni 57,6.

Berdasarkan keseluruhan kegiatan penelitian yang telah dilakukan, penulis mengajukan beberapa saran, antara lain:

Bagi pendidik/ guru, hendaknya dalam menyajikan materi hidrolisis garam disertai dengan kegiatan praktikum yang relevan dan penggunaan media pendukung, yang dapat membantu pemahaman siswa secara lebih mendalam.

Bagi mahasiswa dan Universitas, model pembelajaran *ADI* dapat dijadikan sebagai salahsatu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan berargumen dan penulisan karya ilmiah (lapanoran praktikum).

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Mulyati. *et al.* 2002. *Strategi Belajar Mengajar Kimia*. Bandung: UPI
- Arikunto, Suharsimi. 2009. *Prosedur Penelitian (Pendekatan Praktik)*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas Jilid 1, Edisi Kelima*. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Philips walker, Joi. (2009). “*Argument Driven Inquiry: An Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs*”.
- Purwanto, Ngalim. 2006. *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sampson, V. 2009. “A Way to Promote Learning During Laboratory Activities.” *Paper presented at the Science Teacher*.
- Susanti, Nina. 2005. *Pengaruh Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (Guide Inquiry) dan Inkuiri Tidak Terbimbing (Free Inquiry) Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Pada Konsep Struktur Tumbuhan*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar 2*. Bandung : Penerbit ITB

PROFIL NILAI IPA (KIMIA) PADA PEMBINAAN INTERNASIONAL YUNIOR SCIENCE OLYMPIAD (IJSO) DI TINGKAT NASIONAL

Yunita

(Dosen Kimia Fakultas Tarbiyah UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Pembina) Internasional Yunior Science Olimpiad (IJSO), Abuja Nigeria, Desember 2010)

Abstrak

Visi Pendidikan ilmu pengetahuan Alam (IPA) di tingkat SMP diharapkan dapat mempersiapkan siswa yang melek sains dan teknologi dalam memahami dirinya dan lingkungan sekitar melalui pengembangan keterampilan proses, sikap ilmiah, keterampilan berpikir, penguasaan konsep sains yang esensial dari kegiatan teknologi dengan upaya pengelolaan lingkungan secara bijaksana dipertegas lagi dengan tuntutan kurikulum KTSP, mampu mengamati perubahan alam, bersikap ilmiah, memahami proses pembentukan ilmu melalui pengamatan, dan memanfaatkan sains untuk menjelaskan prinsip sains pada produk teknologi di sekitarnya dan mampu merancang produk teknologi sederhana dengan menerapkan prinsip sains dan mampu mengelola lingkungan dan memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana.

Fakta di lapangan bahwa mutu pendidikan sains masih rendah, selama dua puluh tahun terakhir di tingkat Nasional menunjukkan rata-rata nilai UN di SMP pada mata pelajaran Matematika dan IPA masih tidak mencapai angka 6 dari yang seharusnya pada skala 10. Menurut informasi dari Trend in Mathematics and Science Study (TIMSS) menunjukkan kualitas pendidikan di Indonesia khususnya pendidikan dasar dan menengah kurang memuaskan dengan kata lain Pendidikan di Indonesia kemampuan IPA berada di urutan 32 dari 38 negara. Adanya kesenjangan antara hasil yang diharapkan dengan fakta di lapangan, perlu adanya usaha kearah peningkatan hasil belajar siswa, untuk menjembatannya perlu diikuti sertakan olimpiade sains ditingkat Internasional agar siswa termotivasi.

Ide awalnya diadakan olimpiade sains salah satunya mutu pendidikan terhadap sains di Indonesia supaya merata, maka pemerintah memprogramkan untuk mengikut sertakan olimpiade Internasional Yunior Science Olimpiad (IJSO) yang digagas oleh Indonesia pada tahun 2004 dalam bidang IPA: fisika, kimia, biologi dan matematika di tingkat SMP pada usia 15 tahun sebagai usaha untuk mendorong siswa-siswi muda dalam meraih prestasi, bakat dan mencintai ilmu pengetahuan alam yang dapat mengembangkan komunikasi. Tujuan dari IJSO adalah menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains. Lingkup materi yang diberikan merujuk pada silabus IJSO yang disampaikan secara bertahap dari konsep sederhana sampai ke tingkat yang sulit (setingkat SMA di Indonesia). Metode yang digunakan teknik analisis CIPP(Contac Input Process Product). Hasil seleksi dilanjutkan pada tahap kedua untuk mewakili Indonesia pada ajang IJSO. Hasil seleksi didapat 6 orang siswa dari 45 orang siswa. Hasilnya siswa dapat menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains terbukti berprestasi dalam mata pelajaran Sains di tingkat Internasional Yunior Science Olimpiad (IJSO) pelajar Sekolah Menengah Pertama (SMP) Indonesia telah mengharumkan nama bangsa pada ajang kompetisi tahunan ini meraih medali emas, perak dan perunggu diikuti oleh Siswa-siswa dari 33 negara.

Kata kunci: Nilai IPA (Kimia), Pola Pembinaan, Internasional Yunior Science Olimpiad (IJSO)

I. PENDAHULUAN

Visi Pendidikan ilmu pengetahuan Alam (IPA) di tingkat SMP diharapkan dapat mempersiapkan siswa yang melek sains dan teknologi dalam memahami dirinya dan lingkungan sekitar melalui pengembangan keterampilan proses, sikap ilmiah, keterampilan berpikir, penguasaan konsep sains yang esensial dari kegiatan teknologi dengan upaya pengelolaan lingkungan secara bijaksana dipertegas lagi dengan tuntutan kurikulum KTSP, mampu mengamati perubahan alam, bersikap ilmiah, memahami proses pembentukan ilmu melalui pengamatan, dan memanfaatkan sains untuk menjelaskan prinsip sains pada produk teknologi di sekitarnya dan mampu merancang produk

teknologi sederhana dengan menerapkan prinsip sains dan mampu mengelola lingkungan dan memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana.

Fakta di lapangan bahwa mutu pendidikan sains masih rendah, selama dua puluh tahun terakhir di tingkat Nasional menunjukkan rata-rata nilai UN di SMP pada mata pelajaran Matematika dan IPA masih tidak mencapai angka 6 dari yang seharusnya pada skala 10. Menurut informasi dari Trend in Mathematics and Science Study (TIMSS) menunjukkan kualitas pendidikan di Indonesia khususnya pendidikan dasar dan menengah kurang memuaskan dengan kata lain Pendidikan di Indonesia kemampuan IPA berada di urutan 32 dari 38 negara. Adanya kesenjangan antara hasil yang diharapkan dengan fakta di lapangan, perlu adanya usaha kearah peningkatan hasil belajar siswa, untuk menjembatannya perlu diikuti sertakan olimpiade sains ditingkat Internasional agar siswa termotivasi.

Ide awalnya diadakan olimpiade sains salah satunya mutu pendidikan terhadap sains di Indonesia supaya merata, maka pemerintah memprogramkan untuk mengikut sertakan olimpiade yang bertujuan untuk memacu siswa untuk berprestasi dalam mata pelajaran Sains di tingkat Internasional. Internasiona Junior Science Olimpiad (IJSO) digagas oleh Indonesia pada tahun 2004 dalam bidang IPA: fisika, kimia, dan biologi dan matematika di tingkat SMP, dengan mengutamakan siswa berusia 15 tahun atau kelas VII dan VIII. Tujuan dari IJSO adalah menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains sebagai usaha untuk mendorong siswa-siswi muda dalam meraih prestasi bakat dan mencintai Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang dapat mengembangkan komunikasi dan menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains. Sejarah penyelenggaraan dan Kompetisi berturut-turut diadakan 1). Tahun 2004 (Result of 1st IJSO): Jakarta, Indonesia (5 Desember 2004). Tahun berikutnya (Result of 2st IJSO): Jogjakarta, Indonesia (4 Desember 2005) Tahun 2006 (Result of 3st IJSO): Sao Paulo, Brazil (3 Desember 2006). Tahun 2007 (Result of 4st IJSO): Cina Taipei (2 Desember 2007). Tahun 2008 (Result of 5st IJSO): Geong-Nam, Republik of Korea (7 Desember 2008). Tahun 2009 (Result of 6st IJSO): Baku, Ajerbaijan (2 Desember 2009). Tahun 2010 (Result of 7st IJSO): Abuja, Nigeria (2 Desember 2010). Dalam rangka persiapan keikutsertaan Indonesia pada kegiatan International Junior Science Olympiad (IJSO). Direktorat Pembinaan SMP mempersiapkan tim siswa IJSO yang akan menjadi wakil Indonesia, untuk mempersiapkannya maka, dilaksanakan kegiatan pembinaan calon siswa. Tujuan dari kegiatan pembinaan adalah meningkatkan kemampuan penguasaan materi siswa sebagai persiapan mengikuti pembinaan tahap selanjutnya dan kematangan kepribadian dan kesiapan mental siswa untuk mengikuti International Junior Science Olympiad (IJSO) serta menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains.

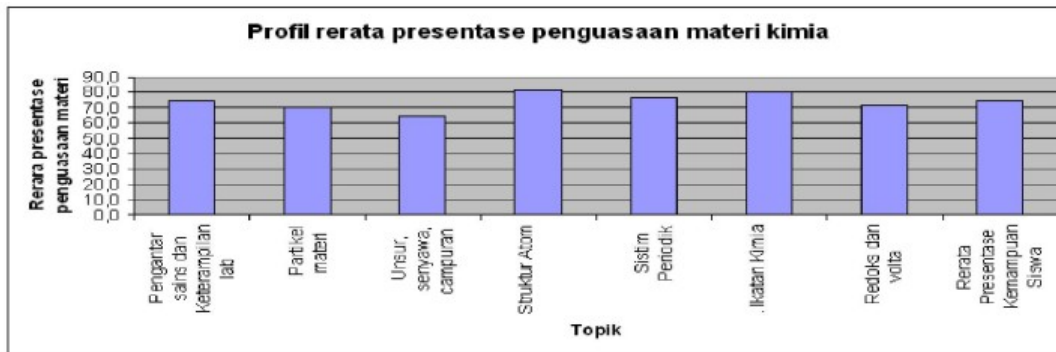
Metode yang digunakan teknik analisis CIPP(Contac Input Process Product). Mekanisme seleksi pada tahap awal meliputi: 1). Sekolah, ketingkat kabupaten/kota, propinsi, nasional, dan internasional, 2). Di tingkat nasional siswa diseleksi yang terbaik, dan 3). Pembinaan siswa dikarantina selama beberapa bulan melalui seleksi jalur Olimpiade Sains Nasional (OSN) dari mulai tingkat sekolah, kabupaten/kota, propinsi hingga tingkat nasional. Sasaran pembinaan calon siswa IJSO dengan melakukan seleksi terhadap 45 siswa SMP tahap pertama yang berhasil lolos seleksi tahun 2010, kemudian hasil seleksi untuk keajng internasional sebanyak 6 orang. Kegiatan pembinaan ini sebagai strategi untuk memilih siswa terbaik dan sekaligus mempersiapkan siswa yang terpilih untuk mengikuti IJSO di Abuja Nigeria pada bulan Desember tahun 2010

Mekanisme Pembinaan pada tahap pertama merupakan critical point dalam kegiatan pembinaan dan seleksi. Tahap ini semua siswa akan mendapatkan materi teori maupun praktik. Materi yang diberikan terdiri dari biologi, fisika, dan kimia. Hasil seleksi dilanjutkan pada tahap kedua untuk mewakili Indonesia pada ajang IJSO. Ketepatan pemilihan merupakan *point* penting yang menentukan keberhasilan pembinaan. Kegiatan dilakukan dengan metode pembelajaran di kelas oleh pengajar berupa penjelasan langsung, diskusi dan demonstrasi. Pendalaman penguasaan materi juga diberikan berupa pembelajaran mandiri yang didampingi oleh oleh 2 tutor sebagai partner dan narasumber.

Tim Pembina IJSO pada tahap kedua terdiri dari: Team Leader, Koordinator Mata Pelajaran, Dosen Pengajar Ahli, dan Dosen Tutor masing-masing dengan mata pelajaran kimia, fisika, dan biologi. Bentuk pertemuan di kelas: (klasikal, pelayanan kelompok, penjelasan konsep, diskusi, praktik, dan simulasi tes praktik untuk latihan soal: Pemahaman konsep, problem solving), dan simulasi. Pendampingan: Pelayanan individual. Tugas Mandiri: Latihan dan evaluasi hasil

pembelajaran. Lingkup Materi merujuk pada Syllabus IJSO disampaikan secara bertahap dari konsep sederhana sampai ke tingkat yang sulit (setingkat SMA di Indonesia). Evaluasi proses pembelajaran dilakukan setiap tatap muka dan mingguan. (soal-soal A level dan KimDas PT). Evaluasi kesiapan simulasi, diberikan secara internal oleh tim pembina dan tim independen yang kompeten dan berpengalaman. Tahap simulasi dilakukan dua kali. Tahap awal dibuat oleh tim pengajar, sedangkan pada tahap akhir diberikan oleh tim independen. Tujuan diberikan tes ini untuk mengetahui pemahaman materi, kualitas pemahaman materi yang telah dikuasai dan ketelitian siswa dalam mengerjakan soal IJSO, juga yang lebih penting memberikan pengalaman dalam menyelesaikan soal-soal komprehensif (gabungan fisika, kimia, dan biologi) serta menguji kesiapan mental dalam menghadapi semua tahapan pengujian tes. Bentuk Simulasi sesuai dengan ruang lingkup materi silabus terdiri dari: a) tes kompetisi, b) tes teoritikal, dan c) tes eksperimen, dengan kategori yaitu: Tes kompetisi bentuk: PG (konsep dengan dilengkapi stimulus berupa gambar, data eksperimen, tabel, pernyataan, diagram dan pernyataan). Nilai maksimum 30, aturan jawaban: Benar: 1,0. Salah: - 0,25. Tidak menjawab: 0,0. Tes teoritikal: Nilai maksimum 30 dengan aturan bentuk tes jawaban singkat dari bacaan dengan ketentuan setiap soal mempunyai nilai tersendiri tergantung dari tingkat kesulitannya, dan tes eksperimen terdiri dari tes psikomotor), ke terampilan dalam menggunakan alat dan bahan dengan nilai maksimum 40 dengan ketentuan kelompok berdasarkan hasil dan analisa data.

Berdasarkan data hasil analisis rerata penguasaan Profil Hasil belajar kimia siswa tahap pertama sebagai berikut:

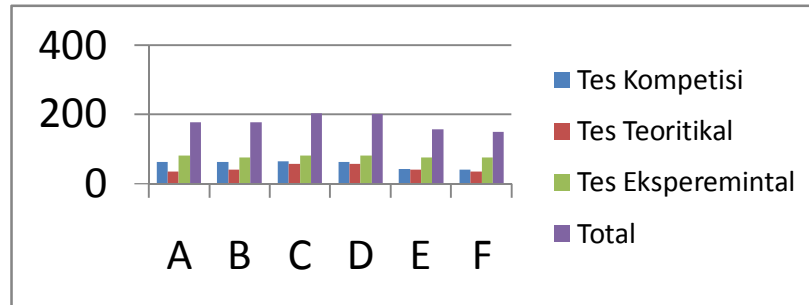


Berdasarkan data di atas, rerata persen penguasaan dari tujuh materi mencapai rerata 74% cukup. Adapun rincian pada ketujuh tersebut terdiri dari: materi pengantar sains dan keterampilan laboratorium mencapai rerata 74% dengan katagori cukup. Hal ini menggambarkan pada umumnya pemahaman siswa tentang pengertian sains, hakikat sains, sikap saintis dan keterampilan tentang laboratorium cukup baik. Partikel materi reratanya mencapai 70%, artinya pemahaman tentang Unsur, senyawa dan campuran 62%, masih belum maksimal karena diantara ketujuh materi rerata siswa belum begitu baik, berbeda dengan materi struktur atom rerata siswa mencapai 80%, termasuk katagori baik, artinya semua siswa pada umumnya lebih menguasai materi ini walaupun materi ini termasuk abstrak, untuk sistim periodik rerata siswa mencapai 75%, termasuk kategori cukup artinya siswa tidak terlalu menganggap sukar terhadap materi ini, sedangkan materi Ikatan kimia rerata siswa mencapai 80% termasuk katagori baik, dan reaksi redoks dan sel volta 70% termasuk katagori cukup, artinya siswa tidak mendapat kesukaran dalam memahami reaksi redoks dan aplikasinya. Berikut Profil rerata penguasaan Konsep Kimia tiap siswa.

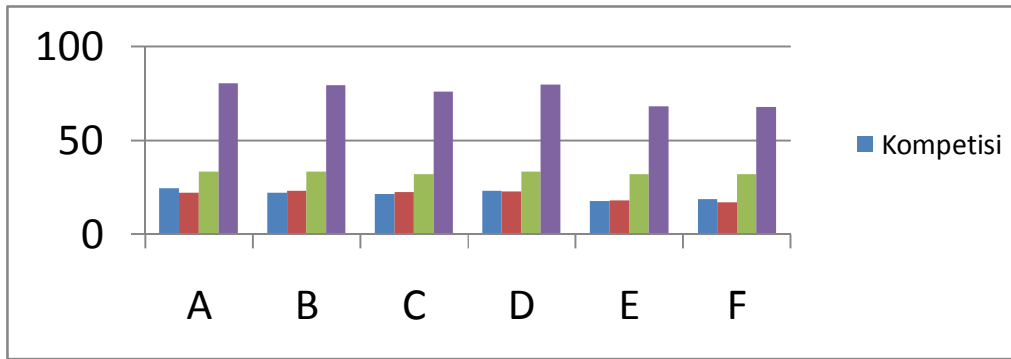


Berdasarkan data di atas, rerata penguasaan konsep pada topik kimia setiap siswa mencapai 74% pada umumnya baik dalam mengikuti ketujuh materi tersebut. Rincian nilai tiap siswa dalam menguasai konsep kimia sebagai berikut: siswa A: 76% dengan katagori cukup. Siswa B dalam menguasai konsep kimia 73% dengan katagori cukup. Siswa C dalam menguasai konsep kimia 72% dengan katagori cukup. Siswa D dalam menguasai konsep kimia 70% dengan katagori cukup. Siswa E dalam menguasai konsep kimia sebagai berikut: siswa A: 82% dengan katagori sangat baik, dan Siswa F dalam menguasai konsep kimia 70% dengan katagori cukup.

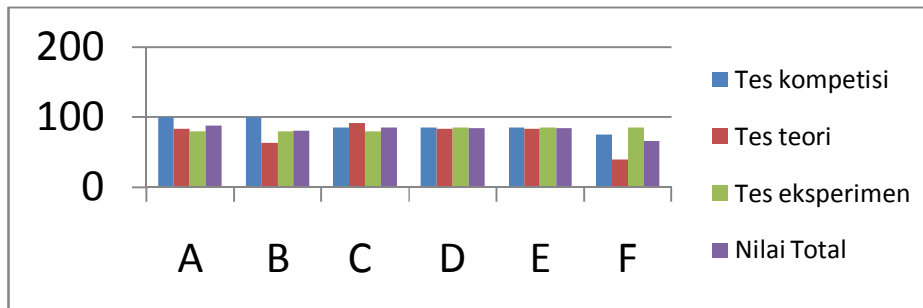
Berikut pencapaian hasil pembelajaran berdasarkan evaluasi Simulasi pertama yang terdiri dari 3 jenis tes yaitu tes kompetisi, tes teori dan tes eksperimen.



Berdasarkan hasil test simulasi IJSO pertama ternyata sebaran yang paling menonjol diantara ketiga tes adalah tes teori. Hal ini disebabkan karena kemampuan siswa dalam mengkaji wacana belum optimal, sehingga belum dapat menghubungkan antara wacana dengan teori yang telah dimilikinya. Secara komponen tes yang dilakukan, dapat dianalisa dan diberikan penjelasan bahwa pendekatan dalam Simulasi pertama masih belum komprehensif karena baru pertama dilakukan. Bentuk soal yang diberikan pada tes kompetisi tidak menghitung tapi berupa konsep dalam bentuk gambar, diagram, pernyataan, tabel, dan data eksperimen, dan hasilnya belum maksimal. Jika dibandingkan dari ketiga macam tes. Bentuk tes kompetisi lebih tinggi dibandingkan teori dan eksperimen. Hal ini disebabkan bentuk soal yang diberikan berupa penalaran. Pada umumnya siswa belum dapat menalar dengan baik, selain itu siswa belum terbiasa mengerjakan soal secara komprehensif (beberapa materi pokok). Siswa terbiasa dengan mengerjakan soal satu pokok materi saja. Solusinya tiap minggu diberikan soal seluruh pokok materi berupa tes mingguan, diperbanyak soal-soal dalam bentuk penalaran dan bentuk soal bervariasi dari guru pengajar dan team independen. Bentuk soal teori berupa wacana hasilnya belum mencapai maksimum dikarenakan pada umumnya siswa belum dapat mengaplikasikan antara konteks wacana dengan pemahaman konsep yang dikuasai masing-masing siswa. Bentuk soal eksperimen pertanyaan yang mengacu pada data eksperimen, hasilnya masih belum mencapai maksimal (100%). Hal ini disebabkan pada umumnya siswa belum maksimal dalam menuliskan persamaan reaksi, dan menuliskan bahasa simbol padahal dalam menyelesaikan perhitungan kimia kedua komponen tersebut sangatlah penting. Hasil Simulasi Kedua merupakan tahap evaluasi kesiapan siswa dilakukan untuk mengukur tingkat kemampuan siswa menguasai materi setelah disampaikan 100%.



Berdasarkan pencapaian tersebut dapat ditunjukkan bahwa pencapaian berkisar antara 67,84 sampai dengan 80,59 dari nilai maksimal 100. Hal ini menunjukkan peningkatan prestasi, walaupun tidak terlalu signifikan karena belum mencapai nilai $\geq 85,00$ (target nilai minimum meraih MEDALI EMAS). Hasil Simulasi (internal) merupakan tahap evaluasi kesiapan siswa akhir secara internal setelah pembinaan selesai dilakukan untuk mengukur tingkat kesiapan siswa dalam menguasai materi setelah penguatan materi pembinaan dan hasil evaluasi Simulasi Independen dilakukan. Hasil simulasi dapat disajikan sebagai berikut ini.



Berdasarkan pencapaian di atas dapat ditunjukkan bahwa pencapaian berkisar antara 66,80 sampai dengan 85,00 dari nilai maksimal 100. Berdasarkan pencapaian tersebut dapat ditunjukkan bahwa pencapaian berkisar antara 67,84 sampai dengan 80,59 dari nilai maksimal 100. Hal ini menunjukkan peningkatan prestasi, walaupun sudah ada salah satu siswa yang mampu mencapai nilai $\geq 85,00$. Evaluasi kesiapan siswa pada simulasi independen indikatornya meliputi: (1) Tingkat Pencapaian Materi, (2) Latihan Soal (*Problem Solving*), (3) Kemampuan Individu dan Spesialisasi, (4) Kemampuan Bekerjasama dalam Tim. Evaluasi kesiapan siswa untuk mengikuti kompetisi olimpiade IJSO 2010 Nigeria, selain melalui mekanisme evaluasi internal juga dilakukan simulasi Independen. Tahap evaluasi ini mengukur kesiapan siswa dengan ruang lingkup materi sesuai Silabus IJSO 2010 dan Statuta IJSO 2009. Simulasi Independen dilakukan tanpa melakukan evaluasi Eksperimen karena sudah secara lengkap dilakukan sebelumnya

Simpulan:

Hasilnya siswa dapat menciptakan hubungan persahabatan secara Internasional dalam bidang sains. Hal ini terbukti berprestasi dalam mata pelajaran Sains di tingkat Internasional Yunior Science Olimpiad (IJSO) pelajar Sekolah Menengah Pertama (SMP) Indonesia telah mengharumkan nama bangsa pada ajang kompetisi meraih medali emas, perak dan perunggu diikuti oleh Siswa-siswa dari 33 negara.

Daftar Pustaka.

- Abdullah Syaib (2010) Modul Teori Dan Tugas Mandiri Kimia. Persiapan IJSO 2010. REXa Education Centre.
- Anshory, I (1988). Mudah Memahami Kimia SMA IB. Bandung: Armico.

-
- Anshory, I (1988). Penuntun Pelajaran Kimia Untuk SMA Kelas II. Bandung: Ganesa Exact.
- Anshory, I (2000). Acuan Pelajaran Kimia SMU Jilid 3. Jakarta: Erlangga
- Brady, J.E (1999) Kimia Universitas Asas & Struktur. Edisi Kelima jilid satu. Jakarta.
- Chang, R. (1998) Chemistry, Sixth Education Printed in the United State of America: Mc grow-hill
- Cheng L.W (2002) Pass GCE O Level Science Chemistry. Shenglee, Singapore.
- Dokumen Direktorat Pembinaan SMP, Direktorat Jendral Managemen Pendidikan Dasar dan Menengah Kemendiknas 2010.
- Eksi, B.Y, Aydin M. Celik (2006)) Chemical Reaction Compounds. Zambak Istambul Turkey
- Depdiknas (2001). Kurikulum Berbasis Kompetensi Mata Pelajaran Kimia SMU. Jakarta: Pusat Kurikulum.
- Nazli, A. dkk (2006) Hydrocarbons. Zambak Istambul Turkey.
- Nazli, A. dkk (2006) Chemical Reaction Compounds. Zombak Istambul Turkey.
- Yunita, (2005). Permainan Kimia jilid I . Pudak Scientific. Bandung.
- Yunita, (2007). Permainan Kimia jilid II. Pudak Scientific. Bandung
- Yunita, (2009). Panduan Pengelolaan Laboratorium Kimia. Cv Insan Mandiri. Bandung

**METODE *SCIENCE TECHNOLOGY AND SOCIETY (STS)* DENGAN EKSPERIMEN DAN
PROYEK PADA MATERI ELEKTROKIMIA DITINJAU DARI
EMOTIONAL QUOTIENT (EQ) SISWA**

Panji Hidayat

*Pendidikan Guru Sekolah Dasar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui: (1) pengaruh metode *STS* dengan eksperimen dan proyek terhadap prestasi belajar kimia siswa. (2) pengaruh *EQ* siswa yang rendah, sedang, dan tinggi terhadap prestasi belajar kimia siswa. (3) Interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* siswa terhadap prestasi belajar kimia siswa.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, populasi adalah seluruh kelas XII SMK Jurusan Mesin Perkakas, sejumlah 3 kelas. Sampel diambil dengan teknik kluster random sampling sejumlah 2 kelas. Teknik pengambilan data prestasi belajar kognitif menggunakan metode tes, prestasi belajar afektif dan *EQ* menggunakan angket, sedangkan prestasi belajar psikomotorik digunakan lembar observasi. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis variansi dua jalan dengan sel tidak sama.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan: (1) terdapat pengaruh metode *STS* dengan eksperimen dan proyek terhadap prestasi belajar kimia pada pokok bahasan elektrokimia. Hal ini dibuktikan dengan nilai *F* hitung 6.479 dengan probabilitas 0.013. Metode *STS* dengan eksperimen lebih baik daripada metode *STS* dengan proyek; (2) terdapat pengaruh *EQ* tinggi, *EQ* sedang, dan *EQ* rendah terhadap prestasi belajar kimia pada pokok bahasan elektrokimia. Hal ini dibuktikan dengan *F* hitung 77.236 dengan probabilitas 0.000. Siswa yang mempunyai kemampuan *EQ* tinggi cenderung mempunyai prestasi yang tinggi dibandingkan dengan siswa yang mempunyai kemampuan *EQ* sedang. Orang yang mempunyai *EQ* sedang mempunyai prestasi yang tinggi dibandingkan dengan siswa yang mempunyai *EQ* rendah; (3) tidak terdapat interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* peserta didik terhadap prestasi belajar kimia pada pokok bahasan elektrokimia. Hal ini ditunjukkan dengan *F* hitung 2.404 dengan probabilitas 0.098. Hal ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang berbeda yang disampaikan oleh guru tidak akan merubah kategori atau tingkat *EQ* siswa dalam belajar kimia.

Kata kunci: *STS*, Proyek, Eksperimen, *EQ*, dan Elektrokimia

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan kejuruan identik dengan pendidikan pekerjaan yang berkaitan langsung dengan penyiapan peserta didik dalam memasuki dunia kerja dan menyiapkan karier yang lebih tinggi. Pendidikan kejuruan berbeda dengan pendidikan umum. Substansi pelajaran sekolah selalu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan masyarakat dan lapangan kerja. Tujuan pendidikan kejuruan yang berkaitan langsung dengan kepentingan peserta didik di antaranya adalah: (1) membekali peserta didik dengan keterampilan yang berguna agar ia dapat menopang kehidupannya; (2) membantu peserta didik agar tetap memiliki keterampilan yang sesuai dengan pekerjaan yang diinginkan; dan (3) meningkatkan kualitas hidup peserta didik.

Dalam proses kehidupan dan banyak kegiatan khususnya masyarakat Kudus yang menggunakan konsep dasar kimia seperti penyepuhan, pemurnian logam, pembuatan kerajinan dari logam dan yang berhubungan dengan sel-sel kimia. Konsep dasar tersebut masuk ke dalam sub kompetensi elektrokimia pada anak Sekolah Menengah Kejuruan khususnya jurusan Mesin Perkakas yang kesehariannya selalu bersinggungan dengan bahan-bahan logam. Elektrokimia sangat penting

ditekankan pada peserta didik agar selain mereka menguasai teknik mesin bubut, mesin *fraise*, *scrap*, *bor milling*, mengelas, dan menggerinda diharapkan mereka dapat membuat *enterpreneurship* sendiri setelah lulus dari sekolah nanti.

Metode *Science Technology and Society (STS)* merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang cukup menjanjikan untuk memenuhi harapan dan tuntutan untuk membentuk negara Industri pada Tahun 2025. Dengan metode *STS* dimaksudkan untuk menjembatani kesenjangan antara kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, membanjirnya informasi ilmiah dalam dunia pendidikan, dan nilai-nilai ilmu pengetahuan serta teknologi itu sendiri dalam kehidupan masyarakat sehari-hari mengenai materi elektrokimia agar peserta didik terdorong berpikir kreatif, menguasai pengetahuan, dan manfaatnya. Metode *STS* pada pembelajaran kimia merupakan start yang baik untuk menyongsong industri masa depan yang implikasinya negara-negara di dunia akan semakin kompetitif dalam semua lini kehidupan. Apabila tidak dimulai dari sekarang ini maka negara ini akan terpuruk dan mungkin akan mudah dikendalikan oleh pihak asing yang menguasai teknologi dengan baik.

Proses pendidikan sangat tergantung pada kurikulum sehingga dibutuhkan kurikulum yang tepat di samping para pendidik yang handal. Kurikulum yang seharusnya digunakan adalah kurikulum "*linking be linking*". *Linking* berarti lulusan mampu memahami dan mampu mengaitkan persoalan di masyarakat. *Be linking* berarti lulusan mengetahui dan mampu untuk keluar mengambil jarak dengan realitas untuk memecahkan masalah dengan lebih obyektif. Dengan demikian peserta didik dapat menciptakan peluang untuk diri sendiri dan mungkin memberi lapangan kerja orang lain. Di samping itu, kecerdasan seseorang juga diperlukan untuk membantu mereka dalam proses pendidikan.

Kecerdasan menurut Ahmad Sudrajad merupakan salah satu anugerah besar dari Allah SWT kepada manusia dan menjadikannya salah satu kelebihan manusia dibandingkan dengan makhluk lainnya. Menurut Daniel Goleman dalam Syahmuharnis dan Sidharta (2007:15) *IQ* hanya menentukan 20% dari perjalanan hidup seseorang. Sisanya adalah kemampuan yang terkait dengan masalah emosional. *EQ* atau *emotional quotient* merupakan kemampuan untuk mengendalikan, mengatur dan menggunakan emosi (suasana hati) pada arah kegiatan belajar untuk mencapai hasil optimal. *EQ* ini menuju ke arah yang positif. *EQ* yang baik akan memengaruhi prestasi seseorang dalam menggapai kebahagiaan di dunia ini. *EQ* dianggap sebagai faktor penting yang dapat mempengaruhi terhadap prestasi seseorang. *EQ* membawa orang pada kesuksesan. Keinginan manusia ingin selalu menjadi orang sukses dan baik. Bagi peserta didik harus mengoptimalkan *EQ* agar menjadi orang sukses, tetapi ada ungkapan "*It's nice to be important, but it's more important to be nice*". Baik juga kalau bisa menjadi orang penting atau sukses, tetapi lebih penting menjadi orang baik.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Apakah ada pengaruh metode *STS* dengan eksperimen dan proyek terhadap prestasi belajar peserta didik pada materi elektrokimia?
2. Apakah ada pengaruh *EQ* peserta didik yang rendah, sedang, dan tinggi terhadap prestasi belajar kimia peserta didik pada materi elektrokimia?
3. Apakah ada interaksi metode *STS* dengan eksperimen dan proyek dengan *EQ* peserta didik terhadap prestasi belajar peserta didik pada materi elektrokimia?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh metode *STS* dengan eksperimen dan proyek terhadap prestasi belajar elektrokimia peserta didik.
2. Mengetahui pengaruh *EQ* peserta didik yang rendah, sedang, dan tinggi terhadap prestasi belajar elektrokimia peserta didik.
3. Mengetahui interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* peserta didik terhadap prestasi belajar elektrokimia peserta didik.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat Teoritis dalam penelitian ini adalah:

1. sebagai media pembelajaran yang baik untuk mata diklat kimia sekolah menengah kejuruan;
2. sebagai wahana untuk menambah "greget" peserta didik dalam memahami mata diklat kimia dengan memperhatikan *EQ* peserta didik;

3. sebagai bahan untuk penerapan mata diklat kimia dalam kehidupan masyarakat, sains, dan teknologi; dan
4. sebagai bahan pustaka bagi penelitian yang sejenis.

Sedangkan manfaat praktis dalam penelitian ini adalah:

1. menjadikan pembelajaran dengan metode *STS* dalam proses belajar mengajar pada kompetensi tertentu;
2. menjadi bahan pemikiran untuk memperhatikan perbedaan *EQ* dalam pelaksanaan pembelajaran;
3. mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh dalam pelaksanaan belajar pada peserta didik; dan
4. meningkatkan profesionalisme penulis sebagai seorang guru.

E. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Dengan menggunakan anava 2 jalan, rancangan faktorial 2 x 3. Faktor pertama adalah metode *STS* dengan eksperimen dan proyek. Faktor kedua adalah *EQ* siswa yang dikategorikan menjadi *EQ* rendah, *EQ* sedang, dan *EQ* tinggi. Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Rancangan Penelitian

<i>EQ</i>	Metode <i>STS</i>	
	Eksperimen(A_1)	Proyek (A_2)
Rendah (B_1)	A_1B_1	A_2B_1
Sedang (B_2)	A_1B_2	A_2B_2
Tinggi (B_3)	A_1B_3	A_2B_3

Keterangan:

- A_1 : Metode *STS* dengan Eksperimen
- A_2 : Metode *STS* dengan Proyek
- B_1 : *EQ* rendah
- B_2 : *EQ* sedang
- B_3 : *EQ* tinggi
- A_1B_1 : Pengajaran Metode *STS* dengan eksperimen pada *EQ* siswa rendah
- A_1B_2 : Pengajaran Metode *STS* dengan eksperimen pada *EQ* siswa sedang
- A_1B_3 : Pengajaran Metode *STS* dengan eksperimen pada *EQ* siswa tinggi
- A_2B_1 : Pengajaran Metode *STS* dengan proyek pada *EQ* siswa rendah
- A_2B_2 : Pengajaran Metode *STS* dengan proyek pada *EQ* siswa sedang
- A_2B_3 : Pengajaran Metode *STS* dengan proyek pada *EQ* siswa tinggi

F. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dengan menggunakan *cluster random sampling*, yaitu dengan cara mengundi kelas yang akan jadi eksperimen dalam penelitian. Dalam penelitian ini hasil pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengambilan Sampel

Kelas	Penelitian
XII MP1	Metode <i>STS</i> dengan cara eksperimen
XII MP2	Metode <i>STS</i> dengan cara proyek

G. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variabel penelitian dibedakan antara variabel bebas dan variabel terikat. Adapun sebagai variabel bebas yaitu metode pembelajaran dan *Emotional Quotient (EQ)*. Kemudian sebagai variabel terikat yaitu prestasi belajar pada materi elektrokimia.

H. Pembahasan Hasil Analisis

Pengukuran *EQ* dilakukan sebelum pembelajaran yang berupa angket *EQ*. Selama berlangsung pembelajaran dilakukan pengambilan prestasi belajar psikomotorik. Setelah selesai pembelajaran dilakukan *post test* untuk mengukur aspek kognitif dan mengisi angket afektif. Metode *STS* adalah suatu metode yang mencakup seluruh aspek pendidikan yaitu, tujuan, topik masalah yang akan dieksplorasi, strategi pembelajaran, evaluasi, dan persiapan kinerja pendidik. Metode ini melibatkan peserta didik dalam menentukan tujuan, prosedur pelaksanaan, pencarian informasi, dan evaluasi.

1. Hipotesis pertama

Kesimpulan yang diperoleh pada hipotesis pertama adalah terdapat pengaruh antara metode dengan prestasi belajar kimia siswa. Meskipun metode yang digunakan sama dengan pola yang berbeda yaitu melalui eksperimen dan proyek akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil prestasi belajar kimia siswa.

Hasil perhitungan statistik anava dua jalan Metode STS dengan eksperimen dan metode STS dengan proyek diperoleh F hitung 6.479 dengan probabilitas 0.013. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka ini berarti ada perbedaan pengaruh antara pembelajaran menggunakan metode STS dengan eksperimen dan pembelajaran menggunakan STS dengan proyek terhadap prestasi belajar kimia.

Metode STS dengan eksperimen akan lebih baik dilakukan pada siswa yang mempunyai kemampuan kognitif dan afektif yang tinggi, sedangkan metode STS dengan proyek akan lebih baik diterapkan pada siswa yang mempunyai kemampuan motorik yang tinggi. Menurut Schoenherr yang dikutip oleh Palendeng (2003:81) metode eksperimen adalah metode yang sesuai untuk pembelajaran sains, karena metode eksperimen mampu memberikan kondisi belajar yang dapat mengembangkan kemampuan berfikir dan kreativitas secara optimal. Peserta didik diberi kesempatan untuk menyusun sendiri konsep-konsep dalam struktur kognitifnya, selanjutnya dapat diaplikasikan dalam kehidupannya. Menurut penulis sebetulnya metode eksperimen yang dilakukan siswa di dalam kelas tidak akan mengembangkan kreativitas siswa karena seakan-akan siswa ada yang dipantau. Ini terlihat bahwa mereka seakan canggung melakukan sesuatu yang baru.

Suatu fakta yang ditemukan penulis yang menyatakan mereka kurang kreatif dalam mengembangkan proses elektrokimia adalah mereka tidak pernah mencoba hal yang lain seperti penggunaan aki yang lebih dari 12 volt atau kurang dari 12 volt, proses menggoyang-goyang alat elektrokimia juga tidak dilakukan, dan juga lama waktu penyepuhan. Ini disebabkan peserta didik hanya mengandalkan segi kognitif dan afektifnya saja.

Peralatan yang digunakan sangat sederhana bahkan kurang, tetapi di dalam kelas ada guru yang selalu memonitoring siswa, maka kegiatan eksperimen berjalan dengan baik. Mereka menanyakan langsung kepada guru yang bersangkutan tentang segala sesuatu yang dianggap menyimpang dari eksperimen yang dilakukan. Peserta didik akan antusias karena mereka dekat dengan seorang fasilitator. Produk yang dihasilkan dalam eksperimen kurang begitu mengkilap meskipun telah menganut aturan yang telah ditentukan oleh guru. Untuk membuat aki dari aki bekas cukup bagus dapat menghasilkan arus listrik dengan mengganti plat-plat timbal yang telah disediakan sekolah.

Berbeda dengan metode proyek, peserta didik sangat bebas karena jauh dari pengawasan guru. Hal tersebut yang membuat mereka kurang sopan dan kadang terlihat seperti anak yang kurang terdidik menurut pengamatan pemilik pabrik. Dengan bebasnya siswa menyulut rokok bersama para pekerja. Meskipun demikian kemampuan psikomotorik anak cukup bagus untuk melakukan tugas yang diberikan oleh guru dalam artian mereka sangat aplikatif daripada kemampuan teoritis. Dengan alat yang lengkap dan besar peserta didik langsung bekerja kepada buruh yang bekerja tentang proses elektrokimia yang terjadi. Peserta didik mengadakan pengamatan dan meminta kepada para pekerja untuk memberikan tips jitu yang merupakan resep elektrokimia yang dirahasiakan oleh pemilik pabrik dalam skala kecil.

Siswa kemudian membeli resep tersebut berupa bahan-bahan seperti nikel sulfat, nikel sulfat, *boric acid*, yang ketiga zat tersebut berupa sebuk, *bright tinner* (pengkilap), plat nikel, air akuades. Sedangkan bahan untuk krom biasa adalah cromid archid, 0,2 liter asam sulfat, air akuades, plat timbal. Produk yang dihasilkan dari proyek tersebut sangat bagus dibandingkan dengan eksperimen. Apabila proyek yang dilakukan siswa dilakukan dengan sepenuh hati dan pengawasan dari pihak koordinator sekolah terjamin, mungkin metode STS dengan proyek akan lebih bagus daripada metode STS dengan eksperimen. Mengacu pada hal tersebut dari segi pengalaman metode STS dengan proyek memberikan pemahaman kepada siswa secara langsung meskipun dari segi teoritis mereka sangat kurang. Dengan kemampuan psikomotorik yang bagus akan membangun *life skill* siswa yang nantinya akan membuat siswa menciptakan peluang dalam dunia usaha.

2. Hipotesis Kedua

Berdasarkan perhitungan statistik anava dua jalan STS dengan eksperimen dan STS dengan proyek diperoleh F hitung 77.236 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka ini berarti ada perbedaan pengaruh siswa yang mempunyai tingkat EQ rendah, tingkat EQ sedang dan tingkat EQ tinggi terhadap prestasi belajar kognitif siswa. Hasil perhitungan pasca anava dengan

dengan metode Tukey terdapat perbedaan secara signifikan kemampuan *EQ* rendah, *EQ* sedang, dan *EQ* tinggi terhadap prestasi belajar kimia siswa. Menurut Daniel Goleman 80% keberhasilan seseorang dipengaruhi oleh orang yang mempunyai Tingkat *EQ* yang tinggi. Kecerdasan emosional atau *Emotional Quotient (EQ)* yakni kemampuan memotivasi diri sendiri, mengatasi frustrasi, mengontrol desakan hati, mengatur suasana hati (*mood*), berempati serta kemampuan bekerja sama.

Menurut pengalaman penulis, orang yang mempunyai *EQ* yang tinggi selalu melekat pada *IQ* yang tinggi. *EQ* diperlukan bukan hanya untuk pelajar tetapi bagi orang yang telah bekerja untuk menjalin relasi yang tersirat dari latar belakang Goleman dalam mengungkapkan kecerdasan emosional. Justru sekolah merupakan sistem yang dapat meningkatkan *EQ* anak yang merupakan salah satu tugas dari pendidikan karakter yang membuat peserta didik lebih baik dari sebelumnya, dengan kata lain menyeimbangkan antara *EQ* dan *IQ*. Pendidikan yang tidak seperti itu dianggap gagal dalam mendidik peserta didik apabila output yang dihasilkan ternyata lemah dalam menghadapi tantangan jaman yang serba kompetitif.

Seseorang yang mempunyai kecerdasan emosional yang baik akan dapat dikenali dengan lima komponen dasar, yaitu: (1) *self-awareness* (pengenalan diri), adalah kemampuan untuk mengenali emosi dan penyebab dari pemicu tersebut. Jadi, siswa mampu mengevaluasi dirinya sendiri dan mendapatkan informasi untuk melakukan suatu tindakan; (2) *self-regulation* (penguasaan diri), seseorang yang mampu mengenali diri yang baik dapat lebih terkontrol dalam membuat tindakan agar lebih hati-hati. Seseorang juga akan berusaha agar tidak impulsif, akan tetapi, perlu diingat hal ini bukan berarti orang tersebut menyembunyikan emosinya melainkan memilih untuk tidak diatur oleh emosinya; (3) *self-motivation* (motivasi diri), ketika sesuatu berjalan tidak sesuai dengan rencana, seseorang yang mempunyai kecerdasan emosional yang tinggi tidak akan bertanya “Apa yang salah dengan saya atau kita?”. Sebaliknya ia bertanya “Apa yang dapat kita lakukan agar kita dapat memperbaiki masalah ini?”; (4) *empathy* (empati), kemampuan untuk mengenali perasaan orang lain dan merasakan apa yang orang lain rasakan jika dirinya sendiri yang berada pada posisi tersebut; *effective relationship* (hubungan yang efektif), dengan adanya empat kemampuan tersebut, seseorang akan dapat berkomunikasi dengan baik secara efektif. Kemampuan untuk memecahkan masalah bersama-sama lebih ditekankan dan bukan konfrontasi yang tidak penting yang sebenarnya dapat dihindari. Orang yang mempunyai kemampuan intelegensi emosional yang tinggi mempunyai tujuan yang konstruktif dalam pemikirannya.

3. Hipotesis Ketiga

Berdasarkan perhitungan statistik anava dua jalan *STS* dengan eksperimen dan *STS* dengan proyek diperoleh *F* hitung 2.404 dengan probabilitas 0.098. Oleh karena probabilitas > 0.05 , maka ini berarti tidak ada interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* terhadap prestasi belajar elektrokimia siswa. Hal ini dimungkinkan karena banyak faktor yang memengaruhi prestasi belajar elektrokimia siswa baik faktor dari dalam maupun luar diri siswa maupun di luar metode yang digunakan dalam metode penelitian ini. Di samping itu peneliti tidak dapat mengontrol faktor-faktor yang ada di luar penelitian ini. Peserta didik adalah manusia yang unik yang berbeda satu sama lain yang harus diperhatikan karakter dan kepribadiannya satu sama lain dan tidak bisa diberi perlakuan yang sama untuk setiap anak. Kelas yang secara komprehensif terlibat dalam pendidikan karakter menunjukkan perilaku yang negatif pada siswa yang dapat menghambat keberhasilan dalam mencapai prestasi.

STS merupakan suatu metode yang sangat relevan dengan siswa SMK yang membutuhkan praktek langsung di lapangan karena pendidikan SMK mencetak generasi yang siap kerja tanpa memperhatikan kecerdasan emosi yang dimiliki siswa, karena manusia merupakan manusia yang unik, yang selalu menjadi orang yang sukses dalam setiap hal. Dengan demikian tidak ada interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* siswa terhadap prestasi belajar elektrokimia siswa.

I. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Terdapat pengaruh metode *STS* dengan eksperimen dan metode *STS* dengan proyek terhadap prestasi belajar pada materi elektrokimia. Hal ini dibuktikan dengan nilai *F* hitung 6.479 dengan probabilitas 0.013. Dengan metode *STS* tersebut siswa cenderung merasa bahwa materi kimia adalah pelajaran yang menyenangkan apabila diaplikasikan langsung ke lapangan. Metode *STS* dengan eksperimen lebih baik daripada metode *STS* dengan proyek. Hal ini ditunjukkan dengan

rata-rata prestasi siswa menggunakan metode *STS* dengan eksperimen adalah 81.87 sedangkan rata-rata prestasi siswa menggunakan metode *STS* dengan proyek adalah 79.00.

2. Terdapat pengaruh *EQ* tinggi, *EQ* sedang, dan *EQ* rendah terhadap prestasi belajar kimia pada pokok bahasan elektrokimia. Hal ini dibuktikan dengan F hitung 77.236 dengan probabilitas 0.000. Siswa yang mempunyai kemampuan *EQ* tinggi cenderung mempunyai prestasi yang tinggi dibandingkan dengan siswa yang mempunyai kemampuan *EQ* sedang. Orang yang mempunyai *EQ* sedang mempunyai prestasi yang tinggi dibandingkan dengan siswa yang mempunyai *EQ* rendah. Hal ini dibuktikan dengan Uji lanjut tes Tukey pada Tabel *Post Hoc Test EQ Homogeneous Subsets* memberikan hasil tiga kolom (*subsets*) yang berbeda dengan nilai subset *EQ* rendah < *EQ* sedang < *EQ* tinggi yang ditunjukkan dengan angka berturut-turut adalah 75.44 < 82.68 < 90.13. Hal tersebut dikarenakan peserta didik yang ber-*EQ* tinggi mempunyai karakteristik yang lebih unggul dalam segala hal dibandingkan dengan peserta didik yang mempunyai *EQ* rendah.
3. Tidak terdapat interaksi antara metode *STS* dengan *EQ* peserta didik terhadap prestasi belajar elektrokimia. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung 2.404 dengan probabilitas 0.098. Hal ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang berbeda yang disampaikan oleh guru tidak akan merubah kategori atau tingkat *EQ* siswa dalam belajar elektrokimia.

J. Saran

Berdasarkan kesimpulan dan implikasi dalam penelitian ini, maka penulis mengajukan saran-saran sebagai berikut.

1. Dalam menggunakan metode *STS* dengan menggunakan eksperimen sebaiknya sekolah memberikan fasilitas laboratorium kimia yang menunjang pembelajaran tersebut dengan alat-alat dan bahan-bahan elektrokimia yang cukup memadai.
2. Dalam menggunakan metode *STS* dengan menggunakan proyek pada materi elektrokimia ada wujud kerjasama dari sekolah agar nantinya siswa-siswa yang lain dapat belajar di tempat tersebut pada waktu-waktu yang lain.
3. Sebaiknya guru memperhatikan *EQ* siswa dalam menyampaikan materi pembelajaran, khususnya materi elektrokimia.
4. *EQ* siswa perlu ditingkatkan dengan pembentukan karakter agar mempunyai prestasi yang baik dengan menyarankan kepada peserta didik untuk mengikuti ekstrakurikuler dalam sekolah seperti pramuka, PKS, PMR, KIR, dan kegiatan *Outbound*.
5. Perlu dilakukan penelitian-penelitian yang lain yang berpengaruh pada prestasi siswa, supaya menambah pengetahuan guru dalam meningkatkan prestasi belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Goleman, Daniel. 1999. *Working With Emotional Intelligence*. (Terj. Alex Tri Kancono Widodo). Jakarta : PT Gramedia.
- Husein Umar. 2005. *Riset Sumber Daya Manusia Dalam Organisasi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Imam Syafii. 2000. *Konsep Ilmu Pengetahuan dalam Alqur'an*. Yogyakarta: UII Press
- La Maronta Galib. *Pendekatan Sains-Teknologi-Masyarakat dalam Pembelajaran Sains di Sekolah*. Jurnal
- Nana Sudjana. 2008. *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Nana Sudjana dan Ahmad Rivai. 2007. *Teknologi Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru Algensindo
- Palendeng. 2003. *Metode Eksperimen*, www.google.com. Diakses tanggal 5 Mei 2008.
- Rumansyah dan Yudha Irhasyuarna. *Implementasi Pendekatan Sains-Teknologi-Masyarakat dalam Pembelajaran Kimia di SMU Negeri Kota Banjarmasin*. Jurnal
- Suparlan Suhartono. 2007. *Filsafat Pendidikan*. Yogyakarta: Ar ruzz Media

- Sutari Imam Barnadib. 1984. *Pengantar Ilmu Pendidikan Sistematis*. Yogyakarta: FIP IKIP Yogyakarta
- Syahmuharnis & Sidharta. 2007. *Trancendental Quotient Kecerdasan diri Terbaik*. Jakarta Selatan: Republika
- Syamsu Yusuf LN. 2001. *Psikologi Perkembangan Anak dan Remaja*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Umar Tirtarahardja dan La Sulo. 2005. *Pengantar Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Yager, Robert, E. 1996. *Science Technology Society Providing Useful and Appropriate Science For All*. Makalah disampaikan dalam Seminar Sains Teknologi Masyarakat tanggal 10 Juni 1996 di Bandung
- Zakiah Daradjat. 1971. *Membina Nilai-nilai Moral di Indonesia*. Jakarta: Bulan Bintang.

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA BERBASIS REPRESENTASI KIMIA UNTUK SISWA SMA KELAS XI IPA

Noor Fadiawati

Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat pembelajaran kimia pada topik kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia (makroskopis, simbolis, dan submikroskopis), untuk siswa SMA kelas XI IPA. Desain penelitian yang digunakan adalah model Penelitian dan Pengembangan, yang terdiri atas tahap pengumpulan informasi dan perencanaan, perancangan produk, pengembangan, dan diseminasi; namun pada penelitian ini hanya dibatasi pada tahap pengembangan. Sumber data diperoleh dari guru bidang studi kimia, siswa SMA kelas XI IPA, pakar pendidikan kimia, buku-buku teks pelajaran kimia, Lembar Kerja Siswa (LKS), yang digunakan di sekolah, media animasi yang ada di dunia maya dan *compact disc* (CD) pembelajaran yang beredar di pasaran, dan instrumen asesmen yang digunakan oleh guru. Hasil yang diperoleh berupa prototipe perangkat pembelajaran kimia pada topik kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia, yang terdiri atas modul untuk siswa, LKS, media animasi, dan instrumen asesmen.

Kata Kunci: Pengembangan, perangkat pembelajaran, kesetimbangan kimia, representasi kimia

PENDAHULUAN

Ilmu kimia mengkaji tentang zat atau materi ditinjau dari komposisi, struktur, dan sifat; perubahan, dinamika, dan energetika (BSNP, 2006). Berdasarkan aspek yang dikaji, dapat dikatakan bahwa sebagian besar konsep-konsep di dalam ilmu kimia merupakan konsep abstrak dan kompleks sehingga sulit bagi siswa (Ben-Zvi *et al.*, 1986; Johnstone, 1991; Nakhleh, 1992), karena melibatkan partikel-partikel yang sangat kecil (mikroskopis) dan proses-proses yang tidak dapat diamati, demikian pula konsep-konsep pada topik kesetimbangan kimia. Fenomena kesetimbangan kimia yang teramati sebenarnya akibat dari proses-proses yang terjadi dalam level mikroskopis, sehingga dalam ilmu kimia terdapat tiga (3) dimensi, yaitu dimensi makroskopis, mikroskopis, dan simbolis (Johnstone dalam Chittleborough, 2004). Oleh karena itu dalam pembelajaran kimia seharusnya menghadirkan ketiga dimensi tersebut melalui tiga (3) level representasi (Johnstone dalam sunyono, 2012), yaitu representasi makroskopis untuk dimensi makros-kopis, representasi simbolis untuk dimensi simbolis, dan representasi submikroskopis untuk dimensi mikroskopis. Agar dapat membelajarkan kimia dengan 3 jenis representasi dan mengases proses dan hasil belajar kimia, maka diperlukan perangkat pembelajaran yang berbasis representasi kimia, antara lain modul, LKS, media, dan instrumen asesmen.

Menurut Winkel (Dewi, 2010), modul adalah suatu program belajar mengajar terkecil yang dipelajari oleh siswa sendiri kepada dirinya sendiri (*self instructional*) setelah siswa menyelesaikan yang satu dan melangkah maju dan mempelajari satuan berikutnya. Komponen-komponen modul menurut Santyasa (2009): (1) bagian pendahuluan, (2) bagian Kegiatan Belajar, dan (3) daftar pustaka. Bagian pendahuluan terdiri atas penjelas-an umum mengenai modul, sasaran umum pembelajaran, dan sasaran khusus pembelajar-an. Bagian Kegiatan Belajar mengandung uraian isi pembelajaran, rangkuman, tes, kunci jawaban, dan umpan balik.

Menurut Suhartanto (2008) aspek yang dinilai pada buku teks/modul meliputi kelayakan isi, kelayakan bahasa, kelayakan penyajian, dan kelayakan kegrafikaan. Aspek kelayakan isi, berkaitan dengan relevansi, adekuasi, keakuratan, dan proporsionalitas dalam penyajian materinya. Aspek penyajian materi berkaitan dengan penyajian bahan secara lengkap, sistematis, sesuai dengan tuntutan pembelajaran yang berpusat pada siswa, dan cara penyajian yang membuat enak dibaca dan dipelajari.

Aspek grafika, berkenaan dengan fisik buku, meliputi ukuran buku, jenis kertas, cetakan, ukuran huruf, warna, dan ilustrasi, yang membuat siswa menyenangi buku yang dikemas dengan baik dan akhirnya juga meminati untuk membacanya. Keterbacaan buku pelajaran merupakan istilah yang digunakan untuk menyelidiki beberapa aspek bahan tertulis yang mengacu pada tingkat kesukaran pemahaman bahan bacaan tersebut (Ambruster dan Anderson dalam Widodo, 1993).

Lembar Kerja Siswa. Menurut Sriyono (1992), LKS adalah salah satu bentuk program yang berlandaskan atas tugas yang harus diselesaikan dan berfungsi sebagai alat untuk mengalihkan pengetahuan dan keterampilan sehingga mampu mempercepat tumbuhnya minat siswa dalam mengikuti proses pembelajaran. Menurut Hidayah (2007), isi pesan LKS harus memperhatikan unsur-unsur penulisan media grafis, hirarki dan pemilihan pertanyaan-pertanyaan sebagai stimulus yang efisien dan efektif.

Media merupakan alat bantu yang dapat mempermudah pekerjaan (Sukiman, 2012). Salah satu multimedia pembelajaran yang dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran adalah media animasi. Animasi adalah susunan gambar diam yang dibuat efek sehingga tampak bergerak. Animasi adalah proses bagaimana menggerakkan suatu obyek yang disebut menganimasikan (Yudhiantoro, 2006). Menurut Levie dan Lentz (Arsyad, 2005), media pembelajaran visual memiliki empat fungsi yaitu fungsi atensi, fungsi afeksi, fungsi kognitif dan fungsi kompensatoris.

Instrumen merupakan alat bantu untuk mengumpulkan data atau informasi (Arikunto, 2002). Asesmen merupakan proses penentuan informasi yang diperlukan, pengumpulan serta penggunaan informasi tersebut untuk melakukan pertimbangan sebelum keputusan (Firman, 2000), menurut Subali (2010), asesmen merupakan suatu proses yang sistematis yang dilaksanakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan efisiensi dari program yang bersangkutan. Dalam hal ini termasuk di dalamnya untuk mengetahui keberhasilan seluruh subyek belajar yang menempuh suatu program. Menurut Subali (2010) ada beberapa hal penting terkait teknik pembuatan instrumen asesmen yaitu: (a) butir-butir soalnya tidak bermakna ganda (*ambiguity*), (b) bahasanya benar dan disesuaikan dengan kondisi peserta ujian, (c) petunjuk pengerjaannya jelas termasuk cara koreksinya juga harus dikemukakan, (d) antar butir tidak tumpang tindih atau bergantung satu dengan yang lain, (e) diurutkan dari yang mudah ke yang sukar, (f) waktu untuk mengerjakan memadai, (g) tiap butir soal mengukur kemampuan yang diinginkan dan sudah sesuai dengan spesifikasi kemampuan yang akan diukur, dan (h) sudah disiapkan bagaimana teknik interpretasi hasil yang diperoleh nantinya, yakni menggunakan interpretasi acuan norma atau interpretasi acuan patokan.

Rumusan masalah: (1) bagaimanakah karakteristik perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan? (2) bagaimanakah tanggapan guru dan siswa terhadap perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan? Tujuan penelitian: (1) mengembangkan perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia; (2) mendeskripsikan karakteristik perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan; (3) mendeskripsikan tanggapan guru dan siswa terhadap perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan. Manfaat penelitian: (1) produk pengembangan dapat dimanfaatkan oleh guru dan siswa, sehingga mempermudah guru dalam pembelajaran topik kesetimbangan kimia; (2) memberi pengalaman yang utuh kepada siswa, sehingga diharapkan keterampilan berpikir siswa lebih terasah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*, disingkat R & D) menurut Borg dan Gall (1983), yang terdiri atas Tahapan R & D menurut Borg & Gall (1983) meliputi: penelitian dan pengumpulan informasi, perencanaan, perancangan produk, uji coba awal atau terbatas, revisi produk utama, uji coba skala luas, revisi produk operasional, uji coba lapangan, revisi produk akhir, dan diseminasi. Tahapan tersebut dapat diringkas menjadi empat tahapan, yaitu pengumpulan informasi dan perencanaan, perancangan produk, pengembangan produk, dan diseminasi. Pada penelitian ini dibatasi pada tahap pengembangan.

Tahap pengumpulan informasi dan perencanaan, atau sering disebut analisis kebutuhan. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan berbagai informasi, yang dilakukan melalui studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur berkaitan dengan studi dokumen dan bahan lain yang diperlukan pada

pembuatan rancangan produk. Kegiatan yang dilakukan berkaitan dengan studi literatur adalah: menganalisis Standar Isi, melakukan analisis konsep, menganalisis perangkat pembelajaran yang digunakan guru dan siswa di sekolah berkaitan dengan representasi kimia, menganalisis teori dan temuan berkaitan dengan representasi kimia. Studi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang perangkat pembelajaran yang digunakan oleh guru dan siswa (buku teks pelajaran kimia, LKS kimia, media pembelajaran, instrumen asesmen), laboratorium, keterlaksanaan praktikum (khususnya pada topik kesetimbangan kimia), sarana pembelajaran (komputer/laptop, LCD), dan pengetahuan guru tentang representasi kimia. Pada studi lapangan ini dilakukan observasi dan wawancara terhadap guru dan siswa dari 6 sekolah menengah atas negeri (SMAN) di Kota Bandar Lampung, dari 17 SMAN yang ada.

Tahap perancangan produk. Hasil-hasil yang diperoleh pada studi literatur dan studi lapangan digunakan sebagai bahan untuk merancang produk awal atau draf perangkat pembelajaran kesetimbangan kimia berbasis representasi makroskopis, submikroskopis, dan simbolis (modul, LKS, media animasi, dan instrumen asesmen). Pada tahap pengembangan, draf modul, draf LKS, draf instrumen asesmen, dan *storyboard* (draf I) direvisi dan divalidasi oleh pakar menggunakan lembar validasi. Validasi ini dilakukan untuk menilai aspek konstruksi, kesesuaian isi dengan kurikulum, penyajian materi, dan aspek grafika. Selanjutnya draf-draf tersebut direvisi sehingga menghasilkan draf II. Langkah selanjutnya, draf II hasil revisi pertama disebarakan kepada guru kimia dan 20 siswa SMA kelas XI IPA di salah satu SMA Negeri di Bandar Lampung, untuk mengetahui kelayakan bahan ajar, melalui penilaian terhadap aspek-aspek dalam pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Kemudian dilakukan revisi terhadap draf II, sehingga dihasilkan prototipe perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Produk modul, LKS, dan instrumen asesmen disajikan dalam bentuk *print out*, sedangkan media animasi disajikan dalam bentuk CD Pembelajaran.

Pada penelitian ini, produk yang dikembangkan adalah perangkat pembelajaran pada materi kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia untuk siswa SMA, yang terdiri atas modul, lembar kerja siswa (LKS), media animasi, dan instrumen asesmen. Sumber data dari penelitian ini adalah siswa SMA kelas XI IPA, guru bidang studi kimia, dan pakar pendidikan kimia. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pedoman wawancara untuk guru dan siswa, instrumen validasi kesesuaian isi, instrumen keterbacaan dan kemenarikan, angket tanggapan guru dan angket tanggapan siswa tentang produk yang dikembangkan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data-data dalam penelitian ini diperoleh dari lembar validasi dan angket.

A. Modul

1. Hasil validasi ahli

Tabel 1. Hasil validasi ahli terhadap modul yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian (%)	Kategori
1	Konstruksi	98	Sangat tinggi
2	Kesesuaian isi dengan kurikulum	100	Sangat tinggi
3	Penyajian materi	94,11	Sangat tinggi
4	Grafika	93,92	Sangat tinggi

Berdasarkan hasil validasi ahli, dapat dinyatakan bahwa modul yang dikembangkan secara umum sudah sesuai dari aspek konstruksi, kesesuaian isi dengan kurikulum, cara penyajian materi, dan grafika.

2. Rekomendasi dan revisi

Berdasarkan hasil validasi ahli, rekomendasi yang diberikan adalah: (a) pada aspek konstruksi, umpan balik yang diberikan dapat membantu siswa untuk mengontrol proses belajar, namun paragraf pertama pada umpan balik sebaiknya dipindahkan menjadi kalimat awal pada tes formatif; (b) pada aspek penyajian materi, pada beberapa bagian, representasi makroskopik dan submikroskopik perlu diperbaiki dan diperjelas; (c) pada aspek grafika, ukuran gambar pada cover diperbesar agar lebih

Berdasarkan hasil validasi ahli, dapat dinyatakan bahwa media animasi yang dikembangkan secara umum sudah sesuai dari aspek kesesuaian isi dengan kurikulum, penyajian materi, kualitas animasi, dan kemenarikan/keterbacaan.

2. Rekomendasi dan revisi

Berdasarkan hasil validasi ahli, rekomendasi yang diberikan adalah: (a) pada aspek kesesuaian isi, pada materi pengaruh konsentrasi perlu ditambahkan reaksi keseluruhan antara FeCl_3 dengan KSCN yang menghasilkan ion FeSCN^{2+} , 2 ion Cl^- dan larutan KCl . Untuk penambahan larutan Na_2HPO_4 secara submikroskopik seharusnya partikel D tidak hilang melainkan berikatan dengan partikel Fe^{3+} atau partikel A, saran berikutnya adalah diperlukan penambahan harga K_c yang tetap agar siswa dapat mengetahui harga K_c dari reaksi tersebut, saran untuk perbaikan pada materi pengaruh suhu adalah pertanyaan untuk membangun konsep siswa yang dinilai sedikit ambigu; (b) pada aspek kemenarikan dan keterbacaan, jenis huruf pada media animasi sebaiknya diganti dengan huruf yang lebih jelas terlihat dan perlu perbaikan pada penulisan huruf dengan cetak miring, perbaikan selanjutnya diperlukan pada warna gambar dengan warna background sebaiknya lebih diperjelas agar kekontrasan pada media animasi menjadi lebih baik. Berdasarkan saran dari validator, kemudian dilakukan revisi terhadap draf media animasi I.

3. Hasil penilaian guru dan siswa

Tabel 6. Hasil penilaian guru dan siswa terhadap media animasi yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata skor (%)	Kategori
1	Kesesuaian isi dengan kurikulum	100,00	Sangat tinggi
2	Penyajian materi	95,30	Sangat tinggi
3	Kualitas animasi	97,50	Sangat tinggi
4	Kemenarikan dan keterbacaan	97,23	Sangat tinggi

Aspek kesesuaian isi dengan kurikulum, penyajian materi, dan kualitas animasi dinilai oleh guru, sedangkan aspek keterbacaan dan kemenarikan dinilai oleh siswa. Hasil penilaian menunjukkan bahwa media animasi yang dibuat telah memenuhi aspek-aspek pengembangan media animasi

D. Instrumen Asesmen

1. Hasil validasi ahli

Tabel 7. Hasil validasi ahli terhadap instrumen asesmen yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian (%)	Kategori
1	Kesesuaian isi dengan kurikulum	86,21	Sangat Tinggi
2	Konstruksi	100,00	Sangat Tinggi
3	Keterbacaan	95,56	Sangat Tinggi

Berdasarkan hasil validasi ahli, dapat dinyatakan bahwa instrumen asesmen yang dikembangkan secara umum sudah sesuai dari aspek kesesuaian isi dengan kurikulum, konstruksi, dan keterbacaan.

2. Rekomendasi dan revisi

Berdasarkan hasil validasi ahli, rekomendasi yang diberikan adalah: (a) pada aspek konstruksi, jumlah soal terlalu banyak untuk alokasi waktu yang disediakan; pada aspek keterbacaan, perbaiki kalimat pada soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar. Berdasarkan saran dari ahli kemudian dilakukan revisi terhadap draf instrument asesmen I.

3. Hasil penilaian guru dan siswa

Tabel 8. Hasil penilaian guru dan siswa terhadap instrumen asesmen yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian (%)	Kategori
1	Kesesuaian isi dengan kurikulum	80,00	Tinggi
2	Keterbacaan	80,89	Sangat Tinggi

Aspek kesesuaian isi dengan kurikulum dinilai oleh guru, sedangkan aspek keterbacaan dinilai oleh siswa. Hasil penilaian menunjukkan bahwa instrumen asesmen yang dibuat telah memenuhi aspek-aspek pengembangan instrumen asesmen

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik modul kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan: (a) modul terdiri atas pendahuluan, isi, dan penutup; (b) bagian pendahuluan terdiri atas SK dan KD, deskripsi modul, waktu penggunaan modul, prasyarat, petunjuk penggunaan modul, dan tujuan akhir modul; (c) bagian isi terdiri atas empat kegiatan pembelajaran, pada setiap kegiatan pembelajaran terdapat instrumen, uraian materi, latihan, rangkuman, tes formatif, kunci jawaban, umpan balik dan tindak lanjut; (d) menyajikan representasi simbolik, makroskopik dan submikroskopik yang sesuai dalam setiap kegiatan pembelajaran yang disajikan; (e) tulisan maupun gambar di dalam modul disajikan dengan warna-warna yang harmonis dan sesuai fakta; (f) bagian penutup berisi daftar pustaka.
2. Karakteristik LKS kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan: (a) LKS terdiri atas pendahuluan, isi, dan penutup; (b) bagian pendahuluan terdiri atas judul, identitas (mata pelajaran, kelas/semester, alokasi waktu, materi, SK, KD, indikator); (c) bagian isi terdiri atas empat kegiatan pembelajaran, pada setiap kegiatan pembelajaran terdiri atas orientasi masalah, masalah, hipotesis, pengujian hipotesis, pertanyaan-pertanyaan untuk diskusi, kesimpulan; (d) pada setiap bagian diberi ruang agar siswa dapat menuliskan hasil pekerjaannya; (e) menyajikan representasi simbolik, makroskopik dan submikroskopik yang sesuai dalam setiap kegiatan pembelajaran yang disajikan; (f) tulisan maupun gambar di dalam modul disajikan dengan warna-warna yang harmonis dan sesuai fakta; (g) bagian penutup berisi daftar pustaka.
3. Karakteristik media animasi pada topik faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia berbasis representasi kimia yang dikembangkan: (a) media animasi terdiri atas pembukaan dan menu utama; (b) pada bagian pembukaan ditampilkan judul media animasi pembelajaran, tombol *play*, waktu dan tanggal; (c) pada bagian menu utama ditampilkan judul materi, tombol-tombol submenu (prakata, SK, KD, dan Instrumen pembelajaran, petunjuk penggunaan media animasi, materi pengantar, pengaruh konsentrasi, pengaruh suhu, pengaruh tekanan), dan tombol keluar; (d) menyajikan representasi makroskopis, submikroskopis, dan simbolis yang simultan dan dapat menunjukkan proses; (e) penggunaan tombol navigasi yang jelas pada setiap tampilan sehingga mudah digunakan; (f) penyajian dengan warna-warna yang kontras dan sesuai dengan faktanya.
4. Karakteristik instrumen asesmen yang dikembangkan: (a) asesmen terdiri atas pilihan jamak dan esay; (b) sebagian besar butir soal disajikan dalam representasi kimia; (c) representasi makroskopis dan submikroskopis menggunakan warna-warna yang sesuai dengan faktanya; (d) soal-soal keterampilan proses sains lebih menonjol dibandingkan soal-soal penguasaan konsep.
5. Tanggapan guru dan siswa terhadap produk yang dikembangkan: Berdasarkan hasil penilaian dari guru dan siswa secara umum menunjukkan bahwa terhadap perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi aspek-aspek pengembangan perangkat pembelajaran.

Saran

1. Perlu dikembangkan perangkat pembelajaran berbasis representasi kimia pada konsep-konsep kimia yang lain
2. Perlu dilakukan uji coba secara luas terhadap produk perangkat pembelajaran yang dikembangkan, sehingga dihasilkan produk yang benar-benar tervalidasi secara empiris

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, A. (2005). *Media Pembelajaran*. Jakarta : Raja Grafindo Persada

Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik (Edisi Revisi)*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Badan Standar Nasional Pendidikan. (2006). *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*. 63, 64-66.
- Borg, W & V.Gall, M.D . 1983 . *Educational Research An Introduction (4nd ed)*. New York : Longman
- Chittleborough, G. D. (2004). *The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing students' Metal Models of Chemical Phenomena*. Curtin University of Technology.
- Dewi, A. L. (2010). *Pengaruh Penerapan Pembelajaran Sistem Modul Terhadap Hasil Belajar Warga Belajar Paket B Di PKBM Sumber Arum (Studi Eksperimen pada Mata Pelajaran Ekonomi Program Paket B Kelas VIII di PKBM Sumber Arum)*. Bandung: Skripsi Jur. Pendidikan Luar Sekolah, UPI. [Tidak diterbitkan].
- Firman, H. 2000. *Evaluasi Pembelajaran Kimia*. Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI. Bandung.
- Hidayah. (2007). *Workshop Pendidikan Matematika 2*. Semarang: Jurusan Matematika UNNES
- Johnston, A.H.. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. I, 75-83.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*. 69, 191-196.
- Sunyono. (2012). Kajian teoretik model pembelajaran kimia berbasis multiple representasi (SiMaYang) dalam membangun model mental pebelajar. *Prosiding Seminar Nasional Sains 2012 "Reorientasi Pembelajaran Sains"*
- Sukiman. (2012). *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta : Pustaka Insan Madani
- Subali, B. 2010. *Penilaian, Evaluasi, dan Remediasi*. FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Santyasa, I W. (2009). *Metode Penelitian Pengembangan dan Teori Pengembangan Modul*. FMIPA Universitas Ganesha. Universitas Ganesha.
- Suhartanto, H. (2008). Standar Penilaian Buku Teks Pelajaran. Tersedia <http://hsuhartanto.wordpress.com/standar-penilaian-buku-teks-pelajaran-ppt.html> [8 Oktober 2009].
- Sriyono. (1992). *Teknik Belajar Mengajar dalam CBSA*. Jakarta: Rineka Cipta
- Widodo, T. A. (1993). *Tingkat Keterbacaan Teks: Suatu Evaluasi Terhadap Buku Teks Ilmu Kimia Kelas I Sekolah Menengah Atas*. Disertasi. Jakarta: IKIP Jakarta.
- Yudhiantoro, Dhani. (2006). *Macromedia Flash Professional 8* . Yogyakarta : Penerbit Andi

**MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS
SISWA PADA MATERI LAJU REAKSI**

Ila Rosilawati

Program Studi Pendidikan kimia FKIP Unila

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan penguasaan konsep. Metode penelitian menggunakan kuasi eksperimen dengan Non-equivalent Control Group Design. Dengan teknik purposive sampling diperoleh sampel penelitian adalah siswa SMAN 7 Bandar Lampung kelas XI IPA 3 dan XI IPA 4. Peningkatan keterampilan mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan penguasaan konsep dianalisis dengan N-Gain. Efektifitas pembelajaran dianalisis dengan uji t (uji perbedaan dua rata-rata). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi efektif dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan penguasaan konsep siswa kelas XI IPA SMA Negeri 7 Bandar Lampung.

Kata kunci : model pembelajaran inkuiri terbimbing, keterampilan proses sains

PENDAHULUAN

Ada dua hal yang berkaitan dengan ilmu kimia yang tidak terpisahkan, yaitu kimia sebagai produk (pengetahuan kimia berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) dan kimia sebagai proses (kerja ilmiah). Oleh sebab itu pembelajaran kimia harus memperhatikan karakteristik kimia sebagai proses dan produk.

Faktanya, pembelajaran kimia di sekolah cenderung hanya memberikan konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori saja, sehingga yang diperoleh siswa hanya kimia sebagai produk saja tanpa memperhatikan bagaimana proses ditemukannya konsep, hukum, dan teori tersebut, sehingga tidak tumbuh sikap ilmiah dalam diri siswa. Akibatnya pembelajaran kimia menjadi kehilangan daya tariknya dan lepas relevansinya dengan dunia nyata yang seharusnya menjadi objek ilmu pengetahuan tersebut (Depdiknas, 2003).

Untuk menumbuhkan sikap ilmiah dalam pembelajaran kimia, diperlukan suatu pendekatan. Pendekatan keterampilan proses sains bukan tindakan instruksional yang berada di luar kemampuan siswa. Pendekatan keterampilan proses sains dimaksudkan untuk mengembangkan kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa. Funk dalam Dimiyati dan Mudjiono (2006) membagi keterampilan proses menjadi dua kelompok besar yaitu keterampilan dasar (*basic skill*) dan keterampilan terintegrasi (*grated skill*). Keterampilan dasar terdiri atas enam keterampilan yakni: mengamati, mengklasifikasi, memprediksi, mengukur, mengkomunikasikan, dan menyimpulkan.

Salah satu materi kimia yang diajarkan di SMA adalah laju reaksi. Materi laju reaksi sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Misalnya; menyalakan tumpukan kayu gelondongan untuk api unggun terlebih dahulu membakar serpihan kayu yang akan lebih cepat terbakar daripada kayu gelondongan; memakan obat maag dianjurkan supaya dikunyah terlebih dahulu agar cepat bereaksi dan sembuh. Pentingnya menghubungkan materi laju reaksi ini dengan kehidupan sehari-hari sebagai landasan pendekatan pembelajaran yang ditujukan untuk memotivasi belajar siswa, melatih berpikir kritis dan kreatif, serta mengem-bangkan keterampilan proses.

Dengan melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, siswa melakukan pengamatan langsung. Siswa diharapkan mampu menggambar data empiris dengan grafik, tabel, atau diagram; mampu menjelaskan hasil percobaan, dan mampu membuat kesimpulan. Pada materi laju reaksi ini dapat dikembangkan keterampilan mengkomunikasikan dan keterampilan inferensi.

Untuk membekali siswa dengan suatu keterampilan berpikir dan bertindak melalui pengembangan KPS diperlukan suatu model pembelajaran. Salah satu model pembelajaran yang dapat memfasilitasi hal tersebut dan mampu mengembangkan KPS siswa saat proses penemuan konsep adalah dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Model pembelajaran inkuiri terbimbing selaras dengan pendekatan konstruktivisme. Inkuiri dapat diartikan sebagai proses bertanya dan mencari tahu jawaban terhadap pertanyaan ilmiah yang diajukannya. Dengan kata lain, inkuiri adalah suatu proses untuk memperoleh dan mendapatkan informasi dengan melakukan observasi dan atau eksperimen untuk mencari jawaban atau memecahkan masalah terhadap pertanyaan atau rumusan masalah (Ibrahim, 2000).

Gulo (Trianto, 2010) menyatakan langkah-langkah model pembelajaran inkuiri terbimbing yaitu mengajukan masalah atau pertanyaan oleh guru, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, dan membuat kesimpulan. Melalui kegiatan praktikum dan diskusi kelompok dan LKS konstruktif, siswa dilatih untuk dapat memahami konsep laju reaksi dengan menggunakan kemampuan sains yang telah dimiliki oleh siswa itu sendiri dan pengetahuan itu akan lebih mudah untuk diingatkannya.

Pembelajaran inkuiri terbimbing dapat membentuk dan mengembangkan "Self-Concept" pada diri siswa, sehingga siswa dapat mengerti tentang konsep dasar dan ide-ide yang lebih baik, membantu dalam menggunakan ingatan dan transfer pada situasi proses belajar yang baru, mendorong siswa untuk berpikir, bekerja atas inisiatifnya sendiri, bersikap obyektif, jujur dan terbuka, situasi proses belajar menjadi lebih aktif, dapat mengembangkan bakat atau kecakapan individu, memberi kebebasan siswa untuk belajar sendiri (Roestiyah, 1998).

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimanakah efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, inferensi, dan penguasaan konsep pada materi laju reaksi?". Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan penguasaan konsep. Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberi manfaat pengalaman belajar bagi siswa dalam mengkonstruksi materi laju reaksi dengan melatih keterampilan proses sains.

METODE PENELITIAN

Populasi penelitian ini adalah semua siswa kelas XI IPA SMA Negeri 7 Bandar Lampung Tahun Pelajaran 2011-2012 yang berjumlah 158 siswa dan tersebar dalam empat kelas. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *sampling purposif* yaitu dengan pertimbangan kemampuan akademik dan aktivitas relatif sama. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI IPA 4 sebagai kelas eksperimen yang mengalami pembelajaran inkuiri terbimbing, dan kelas XI IPA 3 sebagai kelas kontrol yang mengalami pembelajaran konvensional.

Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *non equivalent control group design* yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Desain penelitian

Kelas	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Kelas eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kelas kontrol	O ₁		O ₂

(Sugiyono 2006,)

Keterangan:

X₁: Pembelajaran kimia dengan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing

O₁: Kelas eksperimen dan kelas kontrol diberi *pretest*

O₂: Kelas eksperimen dan kelas kontrol diberi *posttest*

Variabel dalam penelitian ini adalah: (1) Variabel bebas adalah penggunaan model pembelajaran inkuiri terbimbing dan model pembelajaran konvensional. (2) Variabel terikat adalah keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep pada materi laju reaksi.

Instrumen penelitian ini berupa perangkat pembelajaran yang berbasis inkuiri terbimbing. Perangkat pembelajaran yang disusun adalah: (1) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), (2) Lembar kerja siswa (LKS), (3) Kisi-kisi butir soal pretes dan postes, (4) Soal pretes dan postes, dan (5) Lembar observasi aktivitas siswa dan kinerja guru. Validasi instrumen menggunakan *judgment*

Data keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep diperoleh dengan teknik tes. Data aktivitas siswa dan kinerja guru selama proses pembelajaran dikumpulkan dengan teknik observasi.

Data hasil pretes dan postes yang diperoleh dianalisis dengan menghitung N-gain yang selanjutnya digunakan untuk menguji normalitas, homogenitas dua varians, dan uji perbedaan dua rata-rata (uji t).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Rata-rata N-Gain keterampilan mengkomunikasikan, inferensi, dan penguasaan konsep pada materi laju reaksi kedua kelas ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Nilai N-gain keterampilan proses sains dan penguasaan konsep pada materi laju reaksi

Kelas	Mengkomunikasikan	Menyimpulkan	Penguasaan konsep
Eksperimen	0,58	0,57	0,48
Kontrol	0,34	0,45	0,25

Berdasarkan data Tabel 2 menunjukkan kelas eksperimen mempunyai peningkatan rata-rata nilai N-Gain keterampilan mengkomunikasikan, menyimpulkan, dan penguasaan konsep yang lebih tinggi daripada kelas kontrol.

Hasil uji normalitas ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil uji normalitas keterampilan mengkomunikasikan

Kelas	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	7,17	9,49	Normal
Kontrol	6,07	7,81	Normal

Tabel 4. Hasil uji normalitas keterampilan menyimpulkan

Kelas	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	7,10	7,81	Normal
Kontrol	1,91	7,81	Normal

Tabel 5. Hasil uji normalitas penguasaan konsep

Kelas	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	1,60	7,81	Normal
Kontrol	2,91	7,81	Normal

Berdasarkan data pada Tabel 3, 4, dan 5, dengan kriteria uji terima H₀ jika $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel}$ pada taraf kepercayaan (α) = 0,05; dapat disimpulkan bahwa N-gain keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep baik kelas eksperimen maupun kelas kontrol berdistribusi normal.

Hasil uji homogenitas ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil uji homogenitas keterampilan mengkomunikasikan

Kelas	Varians	F_{Hitung}	F_{Tabel}	Keterangan
Eksperimen	0,02	1,0425	1,80	homogen
Kontrol	0,02085			

Tabel 7. Hasil uji homogenitas keterampilan menyimpulkan

Kelas	Varians	F_{Hitung}	F_{Tabel}	Keterangan
Eksperimen	0.020935	1.02	1.8	Homogen
Kontrol	0.020571			

Tabel 8. Uji homogenitas penguasaan konsep

Kelas	Varians	F_{Hitung}	F_{Tabel}	Keterangan
Eksperimen	0,017111	1,0478	1,80	Homogen
Kontrol	0,017929			

Berdasarkan data pada Tabel 6,7, dan 8, dengan kriteria uji terima H_0 jika $F_{Hitung} < F_{Tabel}$ pada taraf kepercayaan (α) = 0,05; dapat disimpulkan bahwa N-gain keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep baik kelas eksperimen maupun kelas kontrol mempunyai varians yang homogen.

Hasil uji t ditunjukkan pada Tabel 11, 12, dan 13 berikut ini.

Tabel 9. Hasil uji t keterampilan mengkomunikasikan

Kelas	\bar{x}	S^2	t_{Hitung}	t_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	0,58	0,02	7,87	1,67	Tolak H_0
Kontrol	0,32	0,02085			

Tabel 10. Hasil uji-t untuk keterampilan menyimpulkan

Kelas	\bar{x}	S^2	t_{Hitung}	t_{Tabel}	Keterangan
Eksperimen	0,61	0,15	13,63	1,67	Tolak H_0
Kontrol	0,44	0,14			

Tabel 11. Hasil uji t penguasaan konsep

Kelas	\bar{x}	S^2	t_{Hitung}	t_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	0,49	0,017111	2,94	1,67	Tolak H_0
Kontrol	0,25	0,017929			

Berdasarkan data pada Tabel 9, 10, dan 11, dengan kriteria uji terima H_0 jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ dengan derajat kebebasan (dk) = $n_1 + n_2 - 2 = 36 + 36 - 2 = 70$ pada taraf kepercayaan (α) = 0,05; maka hipotesis H_0 untuk keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep ditolak dan terima H_1 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi laju reaksi efektif dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep pada siswa SMAN 7 Bandar Lampung.

B. Pembahasan

Berikut ini merupakan temuan-temuan yang diperoleh pada setiap tahap pembelajaran di kelas eksperimen selama penelitian berlangsung.

Tahap 1. Mengajukan pertanyaan atau permasalahan.

Mengajukan fakta untuk memunculkan masalah yang berkaitan dalam kehidupan sehari-hari, memotivasi siswa untuk terlibat dalam pemecahan masalah dengan pengetahuan awal yang mereka

miliki. Permasalahan yang harus mereka selesaikan ada dalam LKS berisi pertanyaan-pertanyaan yang dapat melatih KPS. Dengan mendiskusikan permasalahan yang terdapat dalam LKS, siswa lebih terlatih untuk berfikir berdasarkan keterampilan sains yang mereka miliki sehingga mereka dapat lebih mudah memahami konsep. Melalui diskusi terjalin komunikasi dan interaksi antar kelompok, saling berbagi ide atau pendapat, serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk bebas mengungkapkan pendapatnya.

Tahap 2. Merumuskan hipotesis.

Awalnya siswa mengalami kesulitan dalam merumuskan hipotesis, hal ini terlihat dari rumusan hipotesis tiap kelompok yang tidak sesuai dengan teori yang akan mereka pelajari. Melalui proses pembimbingan, siswa mampu merumuskan hipotesis dengan baik. Perkembangan ini terlihat jelas pada pertemuan keempat, dimana setiap kelompok telah mampu merumuskan hipotesis dengan baik berdasarkan pengetahuan awal yang mereka miliki. Hipotesis yang dikemukakan, kemudian diuji kebenarannya melalui kegiatan lainnya seperti eksperimen dan data percobaan, sehingga siswa benar-benar yakin bahwa jawaban sementara itu cocok dengan fakta yang ada.

Tahap 3. Mengumpulkan Data

Pada tahap ini, Guru membimbing siswa untuk mengumpulkan data dengan melakukan percobaan dan mengamati data hasil percobaan, siswa mulai melakukan pemecahan masalah dari hipotesis yang mereka kemukakan, sesuai dengan petunjuk percobaan pada LKS yang berbasis KPS. Seperti yang dikemukakan oleh Ibrahim (2000) bahwa:

Suatu proses untuk memperoleh dan mendapatkan informasi dengan melakukan observasi dan atau eksperimen untuk mencari jawaban atau memecahkan masalah terhadap pertanyaan atau rumusan masalah.

Dalam tahap ini, siswa bebas menuliskan hasil pengamatan dalam bentuk tabel. Pada pertemuan I, sebagian besar siswa kesulitan untuk menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk tabel, karena hal ini baru bagi siswa, dimana pada pembelajaran sebelumnya tidak pernah dilatihkan. Melalui latihan rutin dan evaluasi yang diberikan, terlihat bahwa tiap kelompok pada pertemuan kedua berangsur-angsur mampu menyajikan hasil pengamatan dengan baik.

Tahap 4. Analisis Data

Siswa berdiskusi dalam kelompoknya menganalisis data hasil percobaan. Hal tersebut sesuai dengan teori yang dikemukakan Trianto (2007) :

Pembelajaran muncul dari konsep bahwa siswa akan lebih mudah menemukan dan memahami konsep yang sulit jika mereka saling berdiskusi dengan temannya.

Setelah membuat tabel hasil pengamatan, siswa dalam kelompok diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan singkat terkait informasi dalam tabel tersebut. Adapun pertanyaan ini diajukan agar siswa memikirkan tentang kelayakan hipotesis. Melalui jawaban-jawaban dari pertanyaan yang diberikan tersebut, akhirnya siswa sampai pada tahap pemecahan masalah. Dalam tahap ini siswa diberi kesempatan menyimpulkan hasil temuan bersama kelompoknya untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Rumusan penyelesaian masalah yang semula tidak berkaitan dengan masalah yang diberikan berangsur-angsur terarah dan pada akhirnya

Tahap 5. Membuat Kesimpulan.

Pada tahap ini guru membimbing siswa membuat kesimpulan berdasarkan hasil percobaan dan analisis data yang telah diperoleh. Setelah siswa telah menemukan jawaban dari permasalahan pada akhirnya dapat membuat kesimpulan dari pemecahan masalah tersebut. Menurut Esler dan Esler dalam Hartono (2007) melalui tahap ini:

Siswa dilatih untuk dapat memberikan penjelasan sederhana atas materi yang telah dipelajari berdasarkan pengetahuan dan pengalaman belajarnya dan membuat kesimpulan dari data dan fakta terbatas.

Kesimpulan yang dibuat semula tidak berkaitan dengan materi yang diberikan, akan tetapi terlihat pada pertemuan ketiga dengan bimbingan guru berangsur-angsur kesimpulan yang dibuat oleh siswa menjadi terarah dan sesuai dengan masalah yang diberikan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data penelitian dapat disimpulkan: Model pembelajaran inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan menyimpulkan, dan penguasaan konsep pada materi laju reaksi pada siswa SMAN 7 Bandar Lampung.

SARAN

Bagi peneliti yang tertarik melakukan penelitian serupa, dalam memberi masalah harus lebih tepat sesuai materi, dan menyesuaikan diri terhadap gaya belajar siswanya sehingga pengelolaan waktu belajar menjadi lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Depdiknas. 2003. *Pedoman Khusus Pengembangan Silabus dan Penilaian Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Dimiyati dan Moedjiono. 2006. *Belajar dan Pembelajaran*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Hartono. 2007. Profil Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Program Pendidikan Jarak Jauh SI PGSD Universitas Sriwijaya. *Seminar Proceeding of The International Seminar of Science Education, 27 Oktober 2007*. Bandung.
- Ibrahim, dkk. 2000. *Pembelajaran Kooperatif*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Roestiyah. 1998. *Strategi Belajar Mengajar*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Trianto. 2007. *Model-model Pembelajaran inovatif Berorientasi konstruktivisme*. Prestasi Pustaka Publisher. Jakarta.
- _____. 2010. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Prenada Media Group. Jakarta.

ANALISIS KEMAMPUAN MAHASISWA MENGHUBUNGKAN TIGA LEVEL REPRESENTASI KONSEP HIDROLISIS GARAM PADA PEMBELAJARAN BERBASIS WEB

Ida Farida¹, dan Liliyasi²

¹Prodi Pendidikan Kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung (farchemia65@gmail.com)

²Prodi Pendidikan IPA Sekolah Pasca Sarjana UPI (liliyasi@upi.edu)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan mahasiswa menghubungkan tiga level representasi pada konsep hidrolisis garam melalui perkuliahan yang menggunakan lingkungan belajar berbasis web. Dengan menggunakan desain: one group pretest-posttest, pembelajaran dilakukan terhadap 37 mahasiswa calon guru di salah satu LPTK di Bandung. Hasil penelitian menunjukkan: kemampuan mahasiswa menghubungkan tiga level representasi pada topik hidrolisis garam mengalami peningkatan yang signifikan. Mahasiswa cenderung lebih mampu menyelesaikan masalah dengan pola interkoneksi diawali dari makroskopik menuju submikroskopik dan simbolik, dibandingkan yang diawali dari submikroskopik menuju simbolik dan makroskopik. Mahasiswa mengalami perbaikan kemampuan pada level submikroskopik dan kemampuan memecahkan masalah dari makroskopik – simbolik menjadi enam pola keterhubungan (interkoneksi) serta terjadi perbaikan dalam pola belajar mahasiswa.

Kata kunci : Kemampuan menghubungkan tiga level representasi kimia, Hidrolisis garam, Pembelajaran berbasis web

PENDAHULUAN

Pengetahuan kimia memiliki karakteristik esensial yang mencakup tiga level representasi, yaitu makroskopik, submikroskopik dan simbolik, sehingga hubungan antara ketiga level ini harus secara eksplisit diajarkan (Harrison & Treagust, 2002; Treagust & Chandrasegaran, 2009). Konsep hidrolisis garam merupakan salah satu materi kimia yang mencakup tiga level representasi. Konsep ini berkaitan dengan perilaku spesi-spesi kation dan anion dalam sistem kesetimbangan berpelarut air yang merujuk pada konsep asam-basa Bronsted-Lowry. Kecenderungan sifat asam-basa dan kekuatan relatif kation dan anion yang merupakan asam konjugat dan basa konjugat dapat diprediksi dengan menggunakan konsep asam-basa Bronsted-Lowry. Temuan beberapa penelitian menunjukkan pebelajar sering mengalami miskonsepsi mengenai kekuatan asam antara lain: menggunakan kriteria nilai pH dari larutan untuk membedakan asam lemah dan asam kuat (Barke, 2008).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan di salah satu LPTK di Bandung terhadap 77 orang mahasiswa semester VI menunjukkan sebagian besar mahasiswa calon guru kimia mengalami kesulitan dalam memberikan eksplanasi mengenai representasi submikroskopik yang diberikan berdasarkan representasi makroskopik dan simbolik pada materi hidrolisis garam. Mahasiswa cenderung memecahkan masalah hanya menggunakan level transformasi makroskopik ke simbolik atau sebaliknya dan belum dapat menggunakan model/gambar (representasi submikroskopik) untuk menjelaskan fenomena makroskopik dan mentransformasikannya ke representasi simbolik. Diduga lemahnya kemampuan representasi mahasiswa calon guru, karena perkuliahan yang dilaksanakan cenderung memisahkan ketiga level representasi dan juga dipengaruhi proses pembelajaran yang mereka alami di Sekolah Menengah Atas (Farida, et.al, 2010). Dengan dilandasi pemikiran bahwa efektifitas pembelajaran kimia di sekolah tergantung pada kemampuan guru, maka dipandang relevan upaya terbentuknya kompetensi profesional mahasiswa calon guru melalui pembekalan kemampuan menghubungkan tiga level representasi kimia. Diharapkan mereka kelak dapat memfasilitasi siswa mengkonstruksi pengetahuan dan mengembangkan kemampuan representasionalnya.

Penggunaan pembelajaran berbasis web digunakan agar dapat mengatasi berbagai kendala yang dihadapi pada pembelajaran tatap muka, di antaranya ; 1) keluasan cakupan materi tidak

berimbang dengan waktu tatap muka yang tersedia ; 2) terbatasnya pengekplorasian *tools* pembelajaran yang dapat membantu peningkatan kemampuan representasi, seperti animasi/simulasi dan software pendukung ; 3) kesulitan mahasiswa mengkomunikasikan permasalahan secara individual dan *men 'sharing'* pengetahuannya secara kolaboratif serta; 4) adanya perbedaan kecepatan dan gaya belajar antar mahasiswa (Farida, 2010)

Melalui penelitian ini dipaparkan hasil analisis bagaimana kemampuan mahasiswa sebagai calon guru dalam menghubungkan representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik mengenai hidrolisis garam sebelum dan setelah mereka mendapatkan pengayaan pembelajaran melalui sistem manajemen belajar berbasis web.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bagian dari penelitian dan pengembangan (R&D), yaitu tahap implementasi model dengan menggunakan desain *one group pretest-posttest*. Subyek penelitian melibatkan 31 mahasiswa di salah satu LPTK di Bandung. Pembelajaran dilakukan melalui web yang memiliki karakteristik berikut ini : a) Konten dan aktifitas belajar berlandaskan masalah (*problem-based*) dan didorong pertanyaan (*question-driven*); b). bahan pembelajaran bersifat multi-modal representasi, ; berupa teks, gambar, grafik, animasi, simulasi dan *tools* representasi *chemsense* yang ditujukan untuk memfasilitasi pengembangan kemampuan menghubungkan tiga level representasi. Penggunaannya terintegrasi dalam aktifitas belajar melalui web; c) Penciptaan iklim sosial melalui keterlibatan aktif mahasiswa untuk membangun makna dan merefleksikan kemampuannya melalui forum diskusi *online*.

Instrumen untuk mengukur kemampuan mahasiswa menghubungkan tiga level representasi adalah tes pilihan berganda tipe *two-tier multiple choice* yang mengukur delapan indikator kemampuan menghubungkan tiga level representasi. Tes diberikan sebelum dan sesudah mahasiswa menyelesaikan pembelajaran. Pengembangan kemampuan mahasiswa dibantu dengan memberikan tugas berkaitan dengan hidrolisis garam menggunakan *tools representasi chemsense* dan animasi. Dari analisis tugas dapat diketahui perkembangan kemampuannya dan kesulitan-kesulitan yang dihadapi, sehingga dapat diberikan bimbingan melalui forum diskusi online agar kemampuan mereka dapat meningkat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembelajaran ada dua macam tugas yang harus diselesaikan mahasiswa yaitu tugas A dan tugas B. Untuk penyelesaian tugas mahasiswa diberi data K_a atau K_b dari lima macam senyawa garam yang dilarutkan ke dalam air. Pada tugas A, mahasiswa ditugaskan untuk memprediksi dan merepresentasikan secara submikroskopik dan simbolik masing-masing keadaan larutan dari kelima senyawa garam tersebut.

Berdasarkan analisis, sebagian besar dari kelompok kerja mahasiswa dapat membandingkan kekuatan asam-basa dari kation-anion pembentuk garam dengan menggunakan harga K_a - K_b . Separuh dari kelompok kerja mahasiswa dapat mendeskripsikan (secara verbal) dengan tepat, proses yang terjadi pada pelarutan garam. Namun hanya sebagian kecil saja yang dapat mendeskripsikan proses hidrolisis garam $AlCl_3$. Kemampuan ini hampir sejalan dengan kemampuannya menuliskan persamaan reaksi lengkap hidrolisis garam. Pada tabel 1 disajikan resume hasil analisis tugas A.

Pada tugas B, mahasiswa diminta untuk menggambar dan membuat animasi proses hidrasi dan hidrolisis garam dengan menggunakan *Chemsense Animator*. Hasil kerja mahasiswa tersebut diunggah dengan format file berekstensi *mov*. Untuk menganalisis tugas B, digunakan kriteria penilaian sebagai berikut: Kategori baik diberikan bila, mahasiswa dapat membuat animasi yang memenuhi kriteria sebagai berikut: 1) Orientasi spesi yang direpresentasikan terhadap molekul air benar; 2) Proses transfer proton direpresentasikan dengan benar; 3) Dilengkapi dengan *caption* untuk menjelaskan proses; 4) Pengaturan *frame speed* tepat, sehingga gerakan spesi-spesi tidak terlalu cepat; 5) Jumlah frame tepat dan tahapan terjadinya hidrasi dan hidrolisis ditampilkan jelas. Kategori cukup baik diberikan bila: 1) Orientasi spesi dan proses transfer proton direpresentasikan dengan benar serta dilengkapi dengan *caption*, namun pengaturan *frame speed* dan Jumlah frame kurang tepat. Kategori kurang baik diberikan bila ; salah satu dari kriteria orientasi spesi, proses transfer proton direpresentasikan kurang tepat tanpa *caption*, pengaturan *frame speed* dan jumlah frame kurang tepat.

Tabel 1. Resume analisis tugas A pada topik Hidrolisis garam

No	Aspek yang dinilai	% Jawaban benar
1	Membandingkan kekuatan asam-basa dari kation-anion pembentuk garam berdasarkan data K_a - K_b :	
	a. NaCl	89
	b. $AlCl_3$	89
	c. NH_4Cl	89
	d. NaF	89
	e. NH_4CN	89
2	Mendeskripsikan kemungkinan terjadinya hidrolisis kation/anion setelah proses pelarutan (hidrasi) garam disertai alasan:	
	a. NaCl	56
	b. $AlCl_3$	22
	c. NH_4Cl	56
	d. NaF	56
	e. NH_4CN	56
3.	Menuliskan persamaan reaksi lengkap dengan fasa dan mengidentifikasi asam, basa dan pasangan asam-basa konjugat:	
	a. NaCl	67
	b. $AlCl_3$	22
	c. NH_4Cl	67
	d. NaF	67
	e. NH_4CN	56
4.	Menurunkan persamaan untuk menghitung pH dari 0,1 M larutan garam:	
	a. NaCl	100
	b. $AlCl_3$	83
	c. NH_4Cl	83
	d. NaF	83
	e. NH_4CN	83

Pada tabel 2 disajikan resume hasil analisis tugas B. Sebagian besar kelompok kerja mahasiswa cukup baik menggambarkan dan membuat animasi proses hidrolisis garam dengan menggunakan tools representasi *Chemsense animator*, kecuali pada hidrolisis garam $AlCl_3$.

Tabel 2. Resume analisis tugas B pada topik Hidrolisis garam

No	Aspek yang dinilai	% Kelompok Kerja Mahasiswa		
		Baik	Cukup	Kurang
1	Menggambarkan representasi submikroskopik kesetimbangan larutan:			
	a. NaCl	33	50	17
	b. $AlCl_3$	17	28	55
	c. NH_4Cl	17	50	33
	d. NaF	17	50	33
	e. NH_4CN	17	50	33
2	Membuat animasi terjadinya proses pelarutan dan/atau hidrolisis dari larutan:			
	a. NaCl	33	50	17
	b. $AlCl_3$	17	28	55
	c. NH_4Cl	22	61	17
	d. NaF	22	61	17
	e. NH_4CN	33	52	17

Tools representasi *ChemSense animator* menyediakan teknik pemodelan partikel dan proses dari yang sederhana hingga kompleks untuk mengilustrasikan reaksi kimia dan membantu mahasiswa calon guru untuk memvisualisasikan dan menjelaskan fenomena kimia (Toplis, 2008). Animasi proses kimia dapat dikonstruksi sendiri menggunakan toolbox sederhana secara *frame by frame*, sehingga dapat mendukung penalaran dan diskusi tentang perubahan submikroskopik yang terjadi selama reaksi.

Diduga kesulitan merepresentasikan aspek submikroskopik larutan garam AlCl_3 , karena terjadinya transfer proton berbeda dengan hidrolisis kation NH_4^+ . Perbaikan kemampuan representasi mahasiswa untuk hidrolisis garam dibantu dengan menyajikan animasi-animasi yang berkaitan dengan proses hidrolisis. Animasi-animasi ini diberikan setelah mereka selesai mengerjakan tugas. Mereka diminta untuk membahasnya pada forum diskusi. Terungkap dari hasil diskusi, awalnya mereka bingung, karena pada topik hidrolisis garam tidak ada konten pembelajaran yang dapat mereka akses seperti *lesson activity* pada topik Kesetimbangan asam-basa. Namun selanjutnya mereka dapat mengikuti, bahwa pembelajaran dilakukan dengan mengeksplorasi dahulu dengan menyelesaikan tugas sesuai kemampuan mereka dan bila terdapat ketidakmengertian atau kesalahan, mereka dapat saling berbagi informasi melalui diskusi. Pola pembelajaran cara ini dimaksudkan agar mahasiswa terlibat aktif mengkonstruksi pengetahuan secara individual dan berkolaborasi (Stocker, 2010). Mahasiswa didorong melalui tugas untuk mengeksplanasi fenomena makroskopik tersebut pada level submikroskopik. Level representasi submikroskopik ini dikonstruksi mahasiswa berdasarkan hasil diskusi dan refleksi dibantu visualisasi level submikroskopik (berupa animasi), selanjutnya mahasiswa menghubungkannya dengan level representasi simbolik. Pola pembelajaran ini juga sejalan dengan pemikiran Tasker & Dalton (2006).

Sweller (2006) menyatakan suatu desain pembelajaran yang efektif harus meminimalkan jumlah beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik dengan menggunakan alat visualisasi yang dapat memfasilitasi eksternalisasi pemikiran, pemrosesan informasi, dan terjadinya kolaborasi. Temuan penelitian ini menunjukkan penggunaan animasi sebagai alat visualisasi disertai dengan pertanyaan-pertanyaan yang menggali pengetahuan dan diskusi cukup efektif meningkatkan kemampuan menghubungkan tiga level representasi mahasiswa.

Pada tabel 3 disajikan hasil pretes-postes setiap kategori mahasiswa untuk topik Hidrolisis garam.

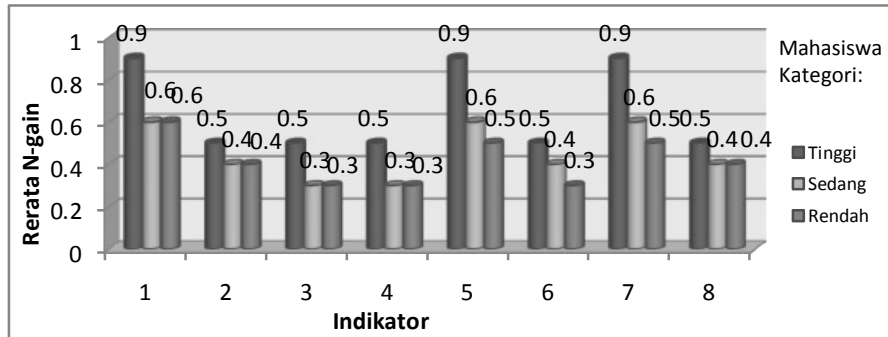
Tabel 3. Rerata % skor pretes-postes setiap kategori mahasiswa untuk topik Hidrolisis garam

Kategori Mahasiswa	Rerata skor (%)		Rerata Gain	Rerata N-gain	Tafsiran
	Pretes	Postes			
Tinggi	24	76	52	0,7	Tinggi
Sedang	18	55	37	0,5	Sedang
Rendah	20	51	31	0,4	Sedang
Rerata	21	61	40	0.5	Sedang

Berdasarkan tabel 3. dapat diinterpretasikan, bahwa: secara keseluruhan, rerata peningkatan kemampuan mahasiswa termasuk sedang. Mahasiswa kategori tinggi mencapai peningkatan paling tinggi, sedangkan mahasiswa kategori sedang dan rendah hampir sebanding dengan peningkatan yang termasuk taraf sedang.

Pada gambar 1 disajikan grafik rerata N-gain untuk setiap indikator pada topik Hidrolisis garam berdasarkan kategori prestasi mahasiswa. Berdasarkan grafik pada gambar 1 dapat diinterpretasikan mengenai kemampuan mahasiswa menghubungkan tiga level representasi, yaitu: 1) Peningkatan kemampuan menghubungkan tiga level representasi termasuk tinggi pada indikator 1, 5 dan 7 untuk mahasiswa semua kategori. Ketiga indikator ini memiliki pola interkoneksi makroskopik-submikroskopik-simbolik dan makroskopik-simbolik-submikroskopik; 2) Pencapaian peningkatan menghubungkan tiga level representasi paling rendah untuk mahasiswa kategori sedang terjadi pada indikator 3 dan 4, sedangkan untuk mahasiswa kategori rendah terjadi pada indikator 3, 4 dan 6. Ketiga indikator ini memiliki pola interkoneksi submikroskopik-simbolik-makroskopik. Dari analisis tersebut, ditemukan suatu kecenderungan, bahwa: mahasiswa semua kategori mengalami peningkatan yang lebih baik untuk pola interkoneksi makroskopik-simbolik-submikroskopik atau

makroskopik-submikroskopik-simbolik. Mahasiswa kategori sedang dan rendah cenderung belum dapat mengalami peningkatan yang optimal untuk pola interkoneksi submikroskopik-simbolik-makroskopik.



Gambar 1. Grafik rerata N-gain untuk setiap indikator menghubungkan tiga level representasi pada topik Hidrolisis garam berdasarkan kategori mahasiswa

Keterangan :

- 1= Menjelaskan terjadinya hidrolisis anion dengan memberikan alasan representasi submikroskopik yang tepat.
- 2= Memprediksi kation logam yang terhidrolisis berdasarkan representasi submikroskopik kation terhidrasi.
- 3= Memprediksi reaksi transfer proton pada hidrolisis total berdasarkan representasi submikroskopik.
- 4= Representasi simbolik hidrolisis kation berdasarkan representasi submikroskopik.
- 5= Menjelaskan reaksi hidrolisis kation dengan memberikan representasi submikroskopik
- 6= Membandingkan kekuatan anion yang terhidrolisis berdasarkan representasi submikroskopik
- 7= Menjelaskan terjadinya hidrolisis total dengan memberikan alasan representasi submikroskopik.
- 8= Menentukan pH dan K_h dari larutan garam yang anionnya mengalami hidrolisis berdasarkan representasi submikroskopik

Diduga keberhasilan pada pola interkoneksi makroskopik simbolik-submikroskopik atau makroskopik-submikroskopik-simbolik ini merupakan perluasan dari kebiasaan mahasiswa yang terbiasa mendapatkan pola pembelajaran atau pemecahan masalah dari level makroskopik ke submikroskopik sebagaimana temuan Sopandi dan Murniati (2007); Farida et.al. (2010) dan Savec, et.al.(2006). Masih lemahnya, mahasiswa terutama pada mahasiswa kategori sedang dan rendah dalam memecahkan permasalahan yang memiliki pola interkoneksi diawali submikroskopik menunjukkan lemahnya kemampuan mahasiswa menginterpretasikan fitur-fitur hidrolisis garam yang direpresentasikan oleh model-model partikel. Kelemahan mahasiswa seperti ini, menurut Keig & Rubba (dalam Özmen, 2008) adalah karena terbatasnya pengetahuan konseptual dan lemahnya kemampuan *visual-spatial*. Sejalan dengan itu, Chittleborough & Treagust (2007) menyatakan pebelajar kurang mengapresiasi penggunaan model-model kimia untuk dihubungkan dengan dua target real, yaitu level submikroskopik dan level makroskopik., karena seringkali model-model hanya dipandang sebagai simbolisasi yang dimaknai dalam konteks matematik atau perhitungan. Berdasarkan pernyataan itu, dapat diindikasikan bahwa kesulitan mahasiswa menghubungkan setiap level representasi menunjukkan unit-unit level representasi masih terpisah-pisah dalam struktur kognitif. Konstruksi asosiasi mental antara level-level representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik dengan menggunakan berbagai mode representasi berbeda belum sepenuhnya dapat dikembangkan, terutama pada mahasiswa kategori sedang dan rendah. Mereka masih pada tahap transisi dari pemahaman instrumental menuju pemahaman relasional (Treagust et al. 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan dan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa : Mahasiswa menunjukkan peningkatan kemampuan menghubungkan tiga level representasi melalui pembelajaran berbasis web secara signifikan pada materi hidrolisis garam. Mahasiswa lebih mampu menyelesaikan masalah dengan pola interkoneksi makroskopik-submikroskopik-simbolik atau makroskopik-simbolik-submikroskopik dibandingkan dengan pola interkoneksi submikroskopik-simbolik-makroskopik atau submikroskopik-makroskopik-simbolik. Mahasiswa mengalami perbaikan kemampuan pada level submikroskopik dan kemampuan memecahkan masalah dari makroskopik – simbolik menjadi enam pola keterhubungan (interkoneksi) serta terjadi perbaikan dalam pola belajar mahasiswa.

Untuk pengembangan yang lebih optimal, sebaiknya disediakan jumlah soal yang lebih banyak dan variatif untuk mengukur setiap indikator, agar mahasiswa dapat mengembangkan kemampuannya dengan pola interkoneksi yang berbeda. Perlu dikembangkan sistem *scanning* untuk kata-kata tertentu dan gambar submikroskopik sebagai kunci jawaban, sehingga mempermudah skoring soal *essay*.

DAFTAR RUJUKAN

- Barke, H. D., Hazari A. & Yitbarek S. (2008). *Misconception in Chemistry*. Berlin: Springer.
- Chittleborough, G. D. & Treagust D.F. (2007). The modeling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, **8**:274-292.
- Devetak, Iztok, et.al. (2004). Submicroscopic Representations As A Tool For Evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chim. Slov.*, 51, 4, 799:814.
- Farida, Ida, Liliarsari, Widyantoro & Wahyu Sopandi (2010). Representational competence's profile of pre-service chemistry teachers in chemical problem solving. *Proceeding The 4th International Seminar on Science Education*. SPS UPI Bandung
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. In Gilbert, J.K et.al (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kozma & Russell. (2004). Multimedia Learning of Chemistry. In *Richard Mayer (Ed.). Cambridge Handbook of Multimedia Learning* . On-line version.
- Michalchik, et.al (2008). Representational Resources for Constructing Shared Understandings In The High School Chemistry Classroom. In : Gilbert & Nakhleh (Eds.). *Visualization : Theory and Practice In Science Education. Models and Modelling In Science Education* . Vol :3. Dordrecht: Springer.
- Özmen, Haluk. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, **9**, 225–233
- Orgill, et.al (2008). Undergraduate Chemistry Students' Perceptions Of And Misconceptions About Buffers And Buffer Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **9**, 131–143.
- Toplis, Rob (2008). Probing student teachers' subject content knowledge in chemistry: case studies using dynamic computer models. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2008,**9**, 11-17
- Savec, Vesca, F., et.al. (2006). In-service and pre-service teachers' opinion on the use of models in teaching chemistry. *Acta Chim. Slov.* **53**:381–390.
- Stocker, Vincent Lee (2010). *Science Teaching With Moodle 2.0*. Brimingham : Packt Pub. Ltd (Tersedia online : www.packtpub.com).

- Sweller, John (2006). Discussion of emerging topics in cognitive load research: using learner & information characteristics in the design of powerful learning environments. *Applied Cognitive Psychology*. **20**, 353–357.
- Sopandi, W. dan Murniati. (2007). Microscopic Level Misconceptions on Topic Acid Base, Salt, Buffer, and Hydrolysis: A Case Study at a State Senior High School, *Proceeding The 1st International Seminar on Science Education*. SPS UPI Bandung.
- Tasker, Roy & Rebecca Dalton. (2006). Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, 141-159.
- Treagust & Chandrasegaran, (2009). The Efficacy Of An Alternative Instructional Programme Designed To Enhance Secondary Students' Competence In The Triplet Relationship. In: Gilbert & Treagust (Eds.). *Multiple Representation In Chemical Education. Models and Modelling In Science Education* . Vol :4. Dordrecht: Springer.
- Treagust, Chittleborough & Mamiala (2003). The Role Of Submicroscopic And Symbolic Representations In Chemical Explanations. *Int. J. Sci. Educ.*, 20, Vol. 25 (11)

INTEGRASI MATEMATIKA DAN KIMIA DASAR UNTUK MENINGKATKAN TRANSFER BELAJAR ALJABAR

Fahyuddin¹, Liliarsari², Jozua Sabandar³

¹Pendidikan Kimia, FKIP Unhalu; ²Jurusan Kimia, FMIPA UPI

³Jurusan Matematika, FMIPA UPI

ABSTRAK

Penelitian ini dimulai dengan mengeksplorasi konsep-konsep dasar matematika yang dibutuhkan untuk kelancaran belajar kimia dasar yang bersifat kuantitatif. Sifat kuantitatif merujuk pada materi atau konsep yang direpresentasikan dalam model matematik, tabel numerik, dan grafik. Tahap selanjutnya, materi kimia dasar kuantitatif dijadikan konteks dalam aplikasi konsep aljabar dalam perkuliahan matematika kimia. Penetapan konsep aljabar berdasarkan hasil tes kemampuan mahasiswa menggunakan dua instrumen tes, yaitu tes matematika dasar dan tes materi kimia dasar yang menunjukkan bahwa kemampuan aljabar masih tergolong rendah. Responden penelitian terdiri atas 42 mahasiswa pendidikan kimia yang sedang memprogramkan mata kuliah matematika kimia. Kemampuan aljabar diuji menggunakan tes matematika dalam konteks kimia bentuk pilihan ganda dengan penjelasan singkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan dalam tranfer aljabar untuk kelompok mahasiswa pada level berpikir formal. Mahasiswa pada level berpikir konkrit tidak memperoleh manfaat dalam pembelajaran integrasi matematika dan kimia. Untuk mahasiswa level berpikir praformal yang memiliki pemahaman konsep kimia yang baik dapat melakukan transfer belajar aljabar untuk pemecahan masalah kimia, sedangkan dengan pemahaman konsep kimia yang rendah tidak dapat melakukan transfer belajar aljabar. Penelitian ini mengindikasikan bahwa tranfer aljabar akan lebih efektif ketika mahasiswa memahami konteks aplikasi aljabar secara konseptual.

Kata kunci: Integrasi matematika dan kimia, transfer pengetahuan, aljabar

PENDAHULUAN

Secara umum telah diketahui bahwa materi kimia dapat direpresentasikan kedalam tiga jenis, yaitu: makro, submikro, dan simbolik. Ekspresi simbolik, misalnya penggunaan simbol unsur, senyawa, dan persamaan kimia. Selain itu, jumlah relatif zat dalam suatu sistem dan hubungan kuantitatif zat selalu diekspresikan secara simbolik. Representasi secara simbolik untuk materi kimia yang bersifat kuantitatif umumnya menggunakan ekspresi matematik yang menggambarkan hubungan antara variabel pembentuk konsep. Menurut Bangas dan Mustafa (2002), bidang keahlian dalam kimia yang banyak menggunakan representasi model matematik adalah kimia analitik, anorganik, kimia lingkungan, dan kimia fisik.

Pada perkuliahan kimia dasar terdapat sejumlah materi kimia kuantitatif yang direpresentasikan kedalam model matematik, seperti hukum-hukum dasar kimia, stoikiometri larutan, dan kesetimbangan. Jumlah variabel dalam persamaan matematik menunjukkan tingkat kesukaran dalam memberikan interpretasi makna dan hubungan antara variabel. Persamaan dengan dua variabel merupakan model matematik yang paling sederhana, seperti menghitung mol zat yang hanya menggunakan variabel massa zat dan konstanta massa molekul relatifnya. Dengan demikian, untuk memahami konsep kimia dasar dalam representasi simbolik, mahasiswa membutuhkan kemampuan matematik, khususnya konsep aljabar. Hukum-hukum aljabar akan memberikan pemahaman kepada mahasiswa hubungan antara variabel yang menyusun konsep kimia dalam ekspresi matematik. Misalnya, ekspresi matematika konsep molaritas (pers 1) yang menghubungkan molaritas larutan dengan massa zat yang larut, dan konsep pH larutan buffer (pers 2) yang menghubungkan variabel pH dengan konsentrasi asam lemah/garamnya. Mahasiswa dengan kemampuan aljabar yang kurang, tidak akan sampai pada pemahaman konseptual yang mendalam pada materi molaritas dan topik

konsentrasi larutan secara umum. Untuk memahami konsep larutan bufer, mahasiswa membutuhkan kemampuan aljabar dan aturan-aturan logaritma.

$$M = \frac{\text{massa zat}}{Mr} \times \frac{1}{\text{Volume larutan}} \quad (\text{pers 1})$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{Garam}]}{[\text{Asam}]} \quad (\text{pers 2})$$

Sejumlah penelitian melaporkan bahwa mahasiswa kimia mengalami kesulitan memahami materi kimia yang membutuhkan kemampuan matematika (seperti, Potgieter, *et al.*, 2008; Bangas dan Mustafa, 2002 ; Rylands dan Cody, 2009). Donovan & Wheland (2009), mahasiswa yang mendapat predikat A dan B dalam kuliah awal matematika adalah berkorelasi kuat dengan tingkat kesuksesan dalam kimia dibandingkan dengan mahasiswa yang memperoleh nilai C dalam kuliah awal matematik. Bahkan siswa yang memperoleh nilai C sama tingkat kesuksesannya dalam kimia dengan siswa yang gagal atau tidak mengikuti kuliah matematika. Menurut Wu, *et al.*, (2001), banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami representasi simbolik. Siswa tidak dapat memberikan makna dari persamaan matematik. Fahyuddin, (2011), menemukan bahwa terdapat sekitar 60% mahasiswa kimia yang salah konsep pada hukum-hukum aljabar. Kesalahan konsep pada aljabar terjadi pada sejumlah aturan seperti asosiasi dan transposisi persamaan. Mahasiswa secara rata-rata tidak mampu memahami arti fisis dari persamaan aljabar. Mereka tidak dapat membedakan variabel dependen dan independen dalam suatu persamaan matematika yang mengandung konstanta dan peubah. Faktor lain yang mempengaruhi prestasi belajar kimia kuantitatif adalah kemampuan transfer pengetahuan matematik dan tingkat kognitif mahasiswa.

Untuk meningkatkan kemampuan matematika, mahasiswa pendidikan kimia pada semester pertama mendapatkan kuliah wajib matematika dasar. Akan tetapi, masih banyak mahasiswa yang tidak dapat mentransfer pengetahuan matematika yang diperoleh kedalam pemecahan masalah kimia dasar yang bersifat kuantitatif. Hal tersebut diperkuat oleh Witten (2005) yang melaporkan bahwa banyak mahasiswa kimia yang telah mengambil mata kuliah matematika, tetapi tidak dapat membedakan variabel dan konstanta dalam suatu persamaan kimia. Hasil penelitian lain mendukung bahwa keahlian yang dipelajari secara terisolasi tidak dapat ditransfer secara efektif ketika menyelesaikan masalah dalam situasi baru (Boaler, 2002).

Kesuksesan belajar kimia dipengaruhi juga oleh faktor kognitif (McFate & Olmsted, 1999). Lewis and Lewis (2007) menyatakan bahwa level kognitif merupakan faktor yang mempengaruhi kapasitas mental dan kemampuan berpikir formal mahasiswa. Mahasiswa yang belum sampai pada tahap berpikir formal akan mengalami kesulitan memahami materi kimia dasar yang bersifat abstrak. Mahasiswa harus mempunyai kemampuan berpikir logis yang merupakan kemampuan menggunakan penalaran operasi formal (Lawson, 1985).

Kenyataan di atas menunjukkan bahwa mahasiswa kimia sebaiknya mempelajari konsep-konsep aljabar dalam konteks kimia dasar. Mahasiswa akan langsung mengaplikasikan hukum-hukum aljabar dalam menyelesaikan masalah kimia dasar seperti hukum perbandingan Proust dan hukum Avogadro. Untuk itu, dalam penelitian ini akan mengintegrasikan konsep aljabar dengan konsep kimia dasar yang relevan pada perkuliahan matematika kimia. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektifitas kemampuan transfer belajar konsep aljabar dalam pemecahan masalah kimia dasar. Mahasiswa khususnya kelompok level kognitif konkrit dan praformal diharapkan dapat lebih memahami aljabar dan aplikasinya pada pemecahan masalah kimia dasar. Permasalahan dalam penelitian adalah “bagaimana transfer belajar konsep aljabar untuk pemecahan masalah kimia dasar yang membutuhkan keahlian aljabar pada kelompok mahasiswa dengan level kognitif berbeda”?

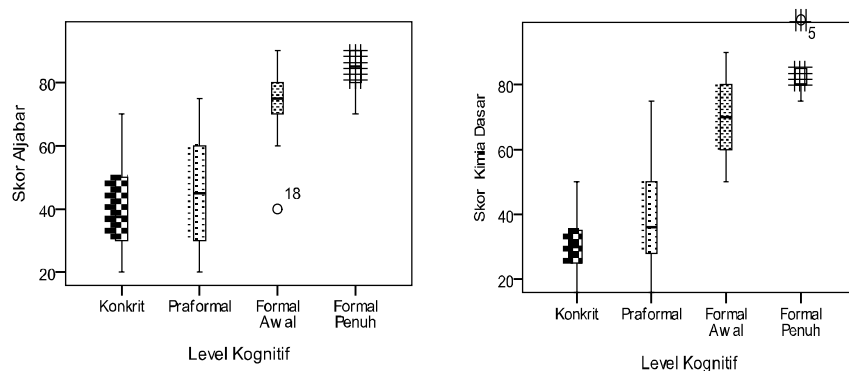
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksplorasi dan eksperimen. Konsep-konsep kimia dasar yang membutuhkan pemahaman matematika dieksplorasi untuk diintegrasikan dengan konsep aljabar pada pembelajaran mata kuliah matematika. Hukum-hukum aljabar dijelaskan kemudian diaplikasikan kedalam pemecahan masalah kimia dasar kuantitatif. Responden dalam penelitian ini terdiri atas 42 mahasiswa pendidikan kimia semester dua yang memprogramkan mata kuliah matematika kimia. Instrumen yang digunakan terdiri atas tes matematika untuk mengukur pemahaman konsep aljabar dan tes kimia dasar untuk mengukur transfer pemahaman aljabar dalam

penyelesaian konsep kimia. Jenis instrumen untuk masing-masing tes adalah pilihan ganda beralasan sebanyak lima nomor dan esai terstruktur satu nomor untuk setiap jenis tes. Instrumen matematika menggunakan simbol yang umum digunakan dalam matematika (tanpa konteks kimia), sedangkan instrumen kimia menggunakan konteks kimia dasar, seperti hukum proust, larutan buffer, dan kesetimbangan. Setiap mahasiswa akan mendapatkan dua jenis instrumen tersebut dan mengerjakannya selama 80 menit. Variabel dependen dalam penelitian adalah prestasi belajar aljabar dan prestasi belajar kimia dasar yang membutuhkan konsep aljabar. Variabel independen adalah level kognitif mahasiswa yang terdiri atas empat kategori, yaitu: tahap konkrit (K), praformal (Pr), formal awal (Fa), dan formal penuh (Fp). Kemampuan berpikir logis mahasiswa diakses menggunakan tes kemampuan berpikir logis (TKBL) dalam konteks kimia yang dikembangkan oleh fahyuddin (2013) yang terdiri atas lima jenis penalaran, yaitu, penalaran proporsional, pengendalian variabel, peluang, korelasi, dan penalaran kombinatorial. Pengkategorian mahasiswa kedalam level kognitif menggunakan kaidah menurut valanides (1998 dan 1997) berdasarkan hasil tes TKBL, yaitu: tahap konkrit (nilai 0 dan 1), tahap para formal (nilai 2 dan 3), tahap formal awal (nilai 4 sampai7), dan formal penuh (nilai 8,9 dan 10). Setiap kelompok level kognitif akan dideskripsikan prestasi belajar aljabar dan kemampuan pemahaman intgerasi konsep aljabar dan kimia dasar. Selain itu akan diperbandingkan kemampuan masing-masing kelompok level kognitif dalam pembelajaran integrasi matematika kimia pada skor tes aljabar dan skor tes kimia dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mahasiswa dengan level kognitif berbeda akan menerima materi matematika kimia dengan kemampuan dan kapasitas yang berbeda. Kelompok mahasiswa yang sudah mencapai tahap formal secara logis akan memperoleh skor hasil tes kemampuan aljabar dan kimia dasar yang lebih tinggi dari kelompok mahasiswa tahap konkrit atau praformal seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Mahasiswa dengan level kognitif konkrit dan praformal memperoleh skor kimia dasar yang rendah (secara berturut turut 38 dan 31) dibandingkan skor tes aljabar (secara berturut turut 45 dan 41). Untuk mahasiswa pada tahap formal penuh memperoleh skor kimia dasar (84) yang lebih tinggi dari skor aljabar (83). Selain itu, mahasiswa dengan level formal awal dan formal penuh mempunyai varians skor tes yang rendah pada tes aljabar dan kimia dasar, sedangkan kelompok level konkrit dan praformal memperoleh varian skor tes yang lebar. Tingginya keragaman hasil tes pada kelompok level praformal dan konkrit menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa dapat mengoptimalkan kemampuannya sehingga dapat memperoleh skor yang lebih tinggi dibandingkan skor rata-rata kelompoknya (Gambar 1). Hasil skor tes kimia dasar pada level formal penuh terdapat satu orang mahasiswa, yaitu responden no 5 yang memperoleh skor lebih tinggi dibandingkan skor rata-rata kelompoknya. Hal tersebut dapat terjadi pada mahasiswa dengan kemampuan yang jauh lebih tinggi dari yang lainnya dalam satu kelas belajar.



Gambar 1. Grafik sebaran skor aljabar dan kimia dasar setiap level kognitif

Hasil analisis korelasi antara skor tes aljabar dan skor tes kimia dasar pada Tabel 1 terlihat bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara skor tes aljabar dan skor tes kimia dasar secara total dan pada semua kelompok level kognitif kecuali kelompok mahasiswa pada level formal penuh.

Korelasi yang signifikan pada level kognitif konkrit, praformal, dan formal awal menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami secara tuntas konsep aljabar yang dibutuhkan dalam kimia. Berdasarkan sebaran skor kimia dasar pada kelompok level formal awal dan praformal pada Gambar 1, menunjukkan bahwa terdapat sebagian mahasiswa pada kelompok tersebut yang telah dapat mentransfer pemahaman aljabarnya karena memperoleh skor kimia dasar yang jauh lebih tinggi dari skor rata-rata kelompoknya. Hasil tersebut berbeda dengan yang diperoleh Hofstein & Mandler, (1985) yang menemukan bahwa terdapat korelasi yang sangat lemah antara skor kemampuan berpikir logis dengan prestasi belajar dalam sains dan matematika. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan bahwa Hofstein & Mandler menghitung korelasi antara skor tes berpikir logis dengan skor tes matematika dan sains, sedangkan penelitian ini menghitung skor tes matematika (aljabar) dan skor tes kimia dasar. Tahap kognitif mahasiswa mempengaruhi prestasi belajar dalam matematika dan kimia dasar yang banyak mengandung konsep abstrak. Aljabar merupakan konsep yang abstrak, sehingga mahasiswa yang belum sampai pada tingkat penalaran formal akan mengalami kesulitan paling serius dalam pembelajaran dengan materi abstrak (Tsitsipis, *et al.*, 2010). Korelasi yang tidak signifikan antara skor aljabar dan kimia dasar pada kelompok mahasiswa level formal penuh menunjukkan bahwa mereka dapat meningkatkan kemampuan aljabar dan kimia dasarnya dengan pembelajaran integrasi. Selain itu, mereka dapat mentransfer pemahaman aljabar ke dalam pemecahan masalah kimia kuantitatif.

Tabel 1. Hasil analisis korelasi antara skor aljabar dan skor kimia dasar pada setiap level

Nilai Aljabar Setiap Level Kognitif	Nilai Korelasi dan Signifikansi		Keterangan
	Korelasi (r)	Sig.	
Konkrit	.821	.004	Signifikan
Praformal	.857	.000	Signifikan
Formal Awal	.748	.003	Signifikan
Formal Penuh	.280	.649	Tidak Signifikan
Total	.914	.000	Signifikan

Ket: taraf signifikansi pada $\alpha = 0,05$ (tingkat kepercayaan 95%)

Tabel 2. Hasil analisis perbedaan skor aljabar dan skor kimia dasar pada setiap level kognitif

Level Kognitif	Nilai t dan Signifikansi			Keterangan
	t	Df	Sig.	
Konkrit	3.353	9	.008	Signifikan
Praformal	2.709	13	.018	Signifikan
Formal Awal	1.720	12	.111	Tidak signifikan
Formal Penuh	-2.206	4	.847	Tidak signifikan
Total	3.909	41	.000	Signifikan

Ket: taraf signifikansi pada $\alpha = 0,05$ (tingkat kepercayaan 95%)

Hasil uji korelasi diperkuat juga dengan hasil uji perbedaan nilai rata-rata antara skor aljabar dan skor kimia dasar. Nilai uji t dan signifikansi pada Tabel 2 menggambarkan besarnya perbedaan kedua skor tes terhadap standar deviasinya. Nilai signifikansi yang lebih kecil dari taraf kepercayaan (0,05) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang berarti (perbedaan signifikan antara kedua skor rata-rata). Secara keseluruhan terdapat perbedaan yang signifikan antara skor aljabar dan skor kimia dasar (nilai $t = 3,909$; $sig = 0,000 < 0,05$). Untuk kelompok mahasiswa dengan level kognitif formal awal dan formal penuh menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan antara skor tes aljabar dengan skor tes kimia dasar. Pada kelompok level kognitif praformal terdapat perbedaan yang signifikan antara skor tes aljabar dan skor tes kimia dasar. Perbedaan performans antara level kognitif sesuai dengan teori Piaget (dalam Valanides, 1997) bahwa tingkat penalaran pada setiap level kognitif berbeda secara kualitatif. Mahasiswa pada level formal dapat mengaplikasikan dengan baik pengetahuan aljabar yang diperoleh dibandingkan kelompok mahasiswa pada level konkrit. Perbedaan nilai yang signifikan pada kelompok level konkrit dan praformal menunjukkan bahwa kemampuan aljabar tidak dapat ditransfer ke dalam penyelesaian masalah kimia dasar. Kesimpulan tersebut diperoleh secara logika menggunakan dua premis. Premis pertama:

“mahasiswa yang dapat mentransfer pengetahuannya dari domain pertama ke domain kedua akan memperoleh skor yang sama dari kedua domain (tidak berbeda signifikan)”. Premis kedua: “hasil analisis menunjukkan bahwa skor tes mahasiswa pada kedua domain berbeda secara signifikan”. Kesimpulan yang dapat diambil secara logika adalah “mahasiswa tidak dapat mentransfer kemampuan aljabarnya (domain pertama) ke dalam pemecahan masalah kimia dasar (domain kedua). Jika mahasiswa dapat mentransfer kemampuan aljabarnya dalam penyelesaian masalah kimia dasar, maka seharusnya tidak terdapat perbedaan nilai yang berarti pada kedua skor tes. Penyebab lain adalah konteks kimia yang belum dipahami dengan baik oleh mahasiswa kelompok level konkrit dan praformal, sehingga menghambat terjadinya transfer belajar. Ketika konteks menjadi penyebab terhambatnya transfer belajar, maka pembelajaran integrasi harus memberikan penekanan yang seimbang pada kedua konsep atau lebih yang diintegrasikan. Oleh karena itu, pembelajaran integrasi akan lebih meningkatkan transfer belajar jika mahasiswa memahami dengan baik kedua konsep yang dipelajari. Kelemahan pada konsep aljabar akan berimplikasi pada pemahaman kimia dasar kuantitatif yang banyak direpresentasikan dengan persamaan aljabar. Selain itu, pemahaman konsep aljabar merupakan dasar untuk memahami konsep matematika yang lain seperti grafik. Brassel dan Rowe (1993) menemukan bahwa siswa dengan kemampuan aljabar rendah tidak memahami sifat dasar dan fungsi grafik dalam mewakili hubungan antar variabel.

Perbedaan kemampuan transfer belajar antara mahasiswa pada kelompok level formal dan belum formal sesuai dengan hasil penelitian lain yang berfokus pada kemampuan berpikir logis siswa. Niaz, (1996) ; BouJaoude, *et al.*, (2004), melaporkan bahwa kemampuan berpikir logis sangat berpengaruh pada performans siswa dalam sains dan matematika. Senada dengan itu, Lawson (1985) membuat kesimpulan bahwa kekurangan dalam penalaran formal menyebabkan kekurangan dalam prestasi belajar sains dan matematika. Kelompok level konkrit dan praformal yang tidak dapat mentransfer belajar sesuai dengan hasil Matthews, *et al.*, (2009), yang menemukan bahwa siswa dengan kemampuan matematika awal yang lemah akan memperoleh sedikit keuntungan dari pendekatan integrasi dan cenderung tidak berminat belajar dibandingkan dengan siswa yang dengan kemampuan dasar matematika yang kuat. Untuk dapat menginterpretasi variabel dan pola-pola kecenderungan yang terdapat dalam suatu persamaan menggunakan keterampilan penalaran formal dan kemampuan tersebut merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Hasil penelitian yang diperoleh mengindikasikan bahwa masih banyak mahasiswa pendidikan kimia yang tidak dapat mengoperasikan kemampuan berpikir formalnya. Fakta tersebut diperkuat oleh Herron (1975) bahwa mahasiswa yang diterima di perguruan tinggi kurang dari 50% yang mampu mengoperasikan kemampuan berpikir formalnya. Bahkan Herron (1975) juga menemukan ada individu yang seumur hidupnya tidak mampu mengoperasikan kemampuan berpikir abstraknya. Salah satu penyebab sebagian individu gagal menggunakan kemampuan berpikir abstraknya atau tidak dapat mencapai tahap kemampuan penalaran formal adalah tidak adanya latihan selama hidupnya untuk meningkatkan kemampuan berpikir. Mereka tidak pernah tertantang untuk menyelesaikan masalah yang dapat meningkatkan struktur kognitif.

KESIMPULAN

Mahasiswa yang sudah mencapai tahap kognitif formal dapat mentransfer pemahaman aljabar dalam penyelesaian masalah kimia dasar yang membutuhkan keterampilan aljabar. Kelompok level kognitif formal dapat memperoleh manfaat dari pembelajaran integrasi matematika dan kimia pada perkuliahan matematika kimia. Kelompok mahasiswa pada tahap kognitif konkrit dan praformal tidak dapat mentransfer pengetahuan aljabar pada penyelesaian masalah kimia dasar. Sebagian mahasiswa dengan tahap kognitif praformal yang mempunyai pemahaman konsep kimia dasar yang memadai dapat mentransfer pemahaman aljabar.

SARAN

Pembelajaran di perguruan tinggi harus memperhatikan tahap kognitif mahasiswa. Banyak mahasiswa yang belum mencapai tahap berpikir formal, sehingga pendekatan pembelajaran harus disesuaikan. Mahasiswa yang masih dalam tahap kognitif konkrit kesulitan memahami materi abstrak yang umumnya diajarkan di perguruan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangash, F.K., & Mustafa, S. (2002). Essentials of Mathematics in Teaching Chemistry. *Proceedings of 10th IOSTE Symposium*, 2, Foz do Iquaso, Parana, Brazil.
- Boaler, J. (1998). Open and closed mathematics: Students' experiences and understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 41–62.
- Boujaoude, S. B., Salloum, S. and Abd-El-Khalick, F. (2004). Relationship between selective cognitive variables and students' ability to solve chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 26, pp.63-84,
- Donovan, W.J. & Wheland, E.R. (2009). Comparisons of Success and Retention in A General Chemistry Course Before and After The Adoption of A Mathematics Prerequisite. *Journal of School Science and Mathematics*, 109, (7), pp. 371-382.
- Fahyuddin, (2011). *Analisis Kemampuan Transfer Pengetahuan Matematik Kedalam Pemecahan Masalah dalam Konteks Kimia*. Hasil Studi Pendahuluan untuk Pengembangan Bahan Ajar kemampuan matematika Spesifik Kimia. (Tidak dipublikasikan).
- Fahyuddin (2013). Pengembangan Tes Diagnosis Penalaran Formal Dalam Konteks. *Prosiding, Seminar Nasional Pendidikan* (2013). Palembang: Prodi Pendidikan matematika FKIP dan Ilmu Pendidikan Unsri.
- Herron, J.D., 1975, Piaget for Chemist; Explaining What Good Student Cannot Understand, *Journal of Chemical Education*, 52, pp. 146 – 150.
- Hofstein, A. and Mandler, V. (1985). The use of Lawson's test of formal reasoning in the Israeli science education context. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, pp. 141-152.
- Lawson, A.E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, pp. 569-617
- Lewis, S. E., & Lewis, J. E. (2007). Predicting at-risk Students in General Chemistry: Comparing Formal Thought to A General Achievement Measure. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, (1), pp. 32–51.
- Matthews, K.E., Adams, P., & Goos, M. (2009). Putting it Into Perspective: Mathematics in The Undergraduate Science Curriculum. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, (40), (7), pp. 891-902.
- McFate, C., & Olmsted, J. (1999). Assessing Student Preparation Through Placement Tests. *Journal of Chemical Education*, 76, (4), pp. 562–565.
- Niaz, M. (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18, (5), pp. 525–541
- Potgieter M, Harding A, Engelbrecht J, 2008. Transfer of Algebraic and Graphical Thinking between Mathematics and Chemistry, *Journal Of Research In Science Teaching* , 45,(2), pp 197–218 (2008).
- Rylands, L. J. and Coady, C. (2009). Performance of Students with Weak Mathematics in First-year Mathematics and Science. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40, (6), pp. 74 1–753.
- Tsitsipis, G., Stamovlasis, D., and Papageorgiou, G. (2010). The Effect of Three Cognitive Variables on Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter and its Changes of State. *International Journal of Science Education*, 32,(8), pp. 987–1016.
- Witten, G.Q. (2005). Designing a mathematics course for chemistry and geology students. *Educational Studies in Mathematics*, 58, 1–19.
- Wu, H.K., Krajcik, J.S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *International Journal of Science Educatio* , 38, 821–842.
- Valanides, N. (1997). Formal Reasoning Abilities and School Achievement. *Studies in Educational Evaluation*, 23, (2), pp. 169-185
- Valanides, N. (1998). Formal Operational Performance and Achievement of Lower Secondary School Students. *Studies in Educational Evaluation*, 24,(1), pp. 1-23

**PEMBELAJARAN ELEKTROLISIS BERBANTUAN MULTIMEDIA
UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN REPRESENTASI
SUBMIKROSKOPIK MAHASISWA CALON GURU KIMIA**

Euis Nursa'adah¹ dan Liliasari²

¹*Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung*

²*Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia*

Abstrak

Students' difficulties in learning chemistry particularly on the topic of electrolysis deal with the complexity to understand the transfer of electron and ion, as well as reaction in anode and cathode. The problem occurred as inability of students to visualize submicroscopic interconnected with macroscopic level of representation. The attempt to visualize the microscopic phenomenon is using multimedia computer animation. Role of multimedia is a connector between abstract concept and macroscopic representation. Derived from this view, this study is aimed to design a teaching multimedia of electrolysis that can improve the pre-service chemistry teachers' understanding of submicroscopic representation (PRS). This study used quasi-experimental method with control group pretest- posttest design. The normalized gain (N-Gain) of control and experimental groups are analyzed to identify the progress of students in each group. The result of this study showed that teaching using the multimedia can improve PRS (N-Gain 36.87 %) of pre-service chemistry teachers in middle category N-Gain. The limitation of this study is the developed animation is only give few models of the of electrolysis process, therefore it is needed to make more complete multimedia.

Keyword: *Multimedia, electrolysis, understanding of submicroscopic representation*

A. PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yaitu mempelajari gejala alam. Dalam mempelajari gejala alam, ilmu kimia mengkhususkan pembahasannya pada struktur dan komposisi zat, perubahan materi dan energi yang menyertai perubahan tersebut (Liliasari, 1996). Struktur dan komposisi zat menggambarkan bagaimana partikel-partikel penyusun zat seperti atom, ion, dan molekul bergabung satu sama lain membentuk suatu materi yang berukuran makro sehingga perubahan yang terjadi pada materi dapat diamati secara langsung. Materi yang terbentuk dari gabungan partikel-partikel penyusunnya memiliki komposisi tertentu yang dapat diungkapkan dalam bentuk simbol-simbol kimia yang telah disepakati.

Para ilmuwan kimia mengarahkan penjelasan fenomena kimia pada tiga representasi kimia yang meliputi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik untuk memahami fenomena kimia secara utuh (Johnstone dalam Treagust *et al*, 2002). Representasi kimia adalah cara untuk menjelaskan fenomena, objek, kejadian, konsep abstrak, ide-ide, proses, mekanisme, dan bahkan sistem dalam menjelaskan ilmu kimia (Hung Chiu & Wu: 2009). Herron (dalam Sanger, 2005) Menjelaskan representasi makroskopik melibatkan observasi atau deskripsi kualitatif yang dibuat para ilmuwan menggunakan kelima inderanya, representasi simbolik melibatkan penggunaan simbol-simbol untuk objek-objek yang terlalu abstrak untuk dilihat atau disentuh, dan representasi submikroskopik menjelaskan proses-proses kimia dalam tingkatan atom, molekul, dan ion serta interaksinya.

Kenyataan pembelajaran kimia di lapangan hanya dibatasi pada representasi makroskopik dan simbolik saja tanpa menyentuh representasi submikroskopiknya (Sirhan, 2007). mahasiswa dibiarkan mengembangkan sendiri representasi submikroskopik (representasi molekuler) dengan melihat gambar-gambar dua dimensi yang ada dalam *text book* tanpa pengarahan dari dosennya. Kondisi tersebut ternyata malah menimbulkan kesulitan bagi mahasiswa dalam memahami ilmu kimia secara utuh bahkan cenderung miskonsepsi, sebagai akibat dari ketidakmampuan mahasiswa memvisualisasikan fenomena kimia di tingkat submikroskopik (Tasker, 2006).

Teori yang melandasi pembelajaran dengan menggunakan multimedia adalah teori pemrosesan informasi yang dikemukakan oleh Johnstone dan Mayer (dalam Tasker, 2006). Sistem pemrosesan informasi pada saat belajar menggunakan multimedia yang melibatkan stimulus verbal dan visual yang diterima oleh sensori memori, yang kemudian melewati seleksi untuk masuk ke memori kerja. Pemrosesan dan penggabungan informasi verbal dan visual pada memori kerja terbatas, sehingga informasi tersebut harus disimpan dalam memori jangka panjang (*long term memory*), untuk mengefisienkan ketika pemanggilan kembali dan mentransfernya pada keadaan yang berbeda.

Salah satu materi kimia yang dianggap sulit dan cenderung miskonsepsi adalah topik elektrolisis. Miskonsepsi yang sering terjadi pada topik elektrolisis mengenai pergerakan elektron dan aliran listrik, dan penentuan reaksi di katode dan anode. Untuk membantu mahasiswa meningkatkan pemahaman representasi submikroskopik dan mengatasi miskonsepsi yang selama ini terjadi, adalah dengan cara menggambarkan dan memvisualisasikan proses yang terjadi di tingkat molekuler dengan bantuan multimedia (Sanger, 1999). Penggunaan multimedia dapat memberikan informasi yang berharga bagi dosen tentang bagaimana pelajar menyimpulkan, menghubungkan, dan mengintegrasikan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Ardac dan Akaygun, 2004). Gilbert (dalam Wu, 2009) menyatakan bahwa visualisasi melalui multimedia dapat menggabungkan *mental imaginary* mahasiswa yang terbentuk ketika proses penerimaan suatu materi pelajaran yang dapat dilihat, di dengar, atau di sentuh sehingga diharapkan pengetahuan yang diterima dapat bertahan dalam *long term memory* mahasiswa. Multimedia dapat memvisualisasikan interaksi dan pergerakan dinamik yang terjadi dalam proses kimia dengan menampilkan simbol-simbol dan persamaan dalam bentuk tiga dimensi (3D) yang tidak dapat ditampilkan oleh media yang lainnya. Multimedia elektrolisis yang telah dikembangkan selama ini umumnya kurang menjelaskan fenomena submikroskopik dari proses elektrolisis. Oleh sebab itu dalam penelitian ini peneliti bermaksud mengembangkan multimedia yang dapat menjelaskan proses elektrolisis dari aspek submikroskopiknya dengan menyajikan beberapa contoh proses elektrolisis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model pembelajaran elektrolisis berbantuan multimedia yang dapat meningkatkan pemahaman representasi submikroskopik mahasiswa calon guru kimia.

B. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen (*quasi experiment*) dengan *control group pretest posttest design*. Penelitian dilaksanakan di salah satu perguruan tinggi di kota Bandung. Untuk pengumpulan data digunakan 2 jenis instrumen, yaitu soal tes dan angket. Soal tes digunakan untuk mendapatkan data peningkatan pemahaman representasi submikroskopik dan angket digunakan untuk mendapatkan data tanggapan mahasiswa mengenai pembelajaran elektrolisis dengan menggunakan multimedia. Implementasi pembelajaran di kelas kontrol menggunakan metode konvensional dan di kelas eksperimen menggunakan bantuan multimedia. Sebelum implementasi pembelajaran dilakukan tes awal (pre-tes) dan pelaksanaan praktikum elektrolisis pada kelas kontrol dan eksperimen. Setelah implementasi pembelajaran dilakukan tes akhir (pos-tes) pada kedua kelas tersebut. Hasil pre-tes dan pos-tes diolah dan dianalisis untuk mengetahui peningkatan pemahaman representasi submikroskopik mahasiswa.

Untuk mengetahui peningkatan pemahaman representasi submikroskopik sebelum dan sesudah pembelajaran pada kelas kontrol dan eksperimen dilakukan uji N-Gain, dihitung dengan rumus : $N\text{-gain} = \frac{S_{Post} - S_{Pre}}{S_{max} - S_{Pre}} \times 100\%$, Tingkat perolehan skor dikategorikan atas tiga kategori Hake (dalam Cheng *et al* 2004), yaitu : Tinggi : $g > 0,7$; Sedang : $0,3 < g < 0,7$; Rendah : $g < 0,3$. Untuk mengetahui perbedaan rerata perolehan N-gain dilakukan uji statistika parametrik (uji t) jika data terdistribusi normal dan homogen, jika data tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji non parametrik.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Multimedia Elektrolisis

Multimedia elektrolisis menyajikan animasi dan simulasi proses elektrolisis, hukum Faraday, dan aplikasi proses elektrolisis dalam penyepuhan logam. Penyajian ketiga konsep tersebut dalam multimedia didasarkan pada analisis konsep yang dilakukan terlebih dahulu pada topik elektrolisis,

dimana 50% konsep berdasarkan prinsip, 34% konsep yang menyatakan proses, 8% konsep abstrak dengan contoh konkret, dan 8% konsep konkret.

Multimedia yang dikembangkan menggunakan metode CAT (*Computer Assisted Teaching*) dimana dosen memegang kendali dalam pembelajaran, dan dapat membantu mahasiswa mengulang-ulang konsep, memecahkan masalah untuk konsep yang abstrak dan rumit (Doganay dalam Tosun *et al.*, 2006).

Dengan metode CAT yang digunakan, dosen dapat membantu mahasiswa meletakkan prinsip dasar topik elektrolisis dihubungkan dengan fenomena makroskopik yang mahasiswa alami ketika melakukan praktikum dan multimedia membantu memvisualisasikan proses elektrolisis tersebut di level submikroskopik. Hal ini memudahkan mahasiswa memahami konsep elektrolisis dibanding mereka menelaah atau membaca sendiri dari *text book*.

Berdasarkan temuan hasil analisis konsep pada topik elektrolisis diketahui bahwa konsep-konsep pada topik elektrolisis 50% merupakan konsep berdasarkan prinsip yaitu untuk konsep penentuan reaksi reduksi atau oksidasi di elektrode *inert* atau tak *inert*. Konsep-konsep tersebut diduga akan sulit dipelajari oleh mahasiswa tanpa bantuan dosen. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Garnet dan Treagust (1992) yang menyatakan bahwa umumnya pelajar mengalami kesulitan bahkan cenderung miskonsepsi ketika menentukan reaksi di anode dan katode dalam sel elektrolisis. Oleh sebab itu dengan metode CAT ini dosen dapat meletakkan prinsip yang kuat mengenai prinsip reaksi redoks di sel elektrolisis, sedangkan multimedia membantu memvisualisasikan proses reaksi redoks secara mikroskopik.

Visualisasi yang disajikan dalam multimedia elektrolisis ini berupa animasi-animasi yang menggambarkan elektrolisis larutan atau lelehan zat elektrolit yang pengamatan secara langsungnya sudah mereka lakukan ketika melakukan praktikum. Pelaksanaan praktikum bertujuan agar mahasiswa dapat menghubungkan fenomena makroskopik dengan fenomena submikroskopik sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan pengetahuannya dapat bertahan di *long term memory* mahasiswa. Hal ini sesuai dengan yang disarankan oleh Tasker dan Dalton (2006) yang menyarankan perlunya pengembangan desain pembelajaran yang dilandasi oleh model sistem pemrosesan informasi. Sistem pemrosesan informasi audiovisual diawali dengan masuknya informasi verbal dan visual melalui saluran terpisah pada sensori motor (sesuai asumsi dual *channel*), kemudian terjadi seleksi melalui persepsi informasi verbal dan visual selanjutnya terintegrasi dan mengalami pemrosesan dalam memori kerja yang memiliki kapasitas terbatas, dan informasi ini mengalami pengkodean sehingga menjadi pengetahuan baru yang tersimpan dalam memori jangka panjang mahasiswa.

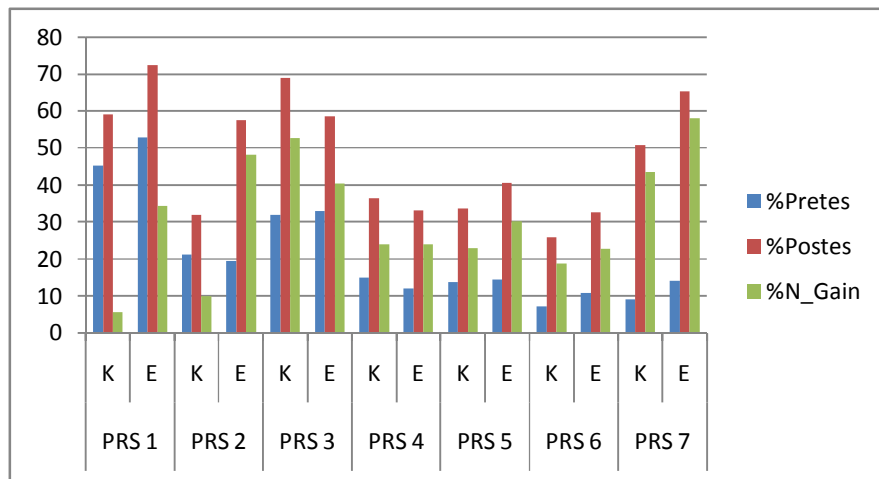
Setelah animasi ditampilkan, disajikan pertanyaan-pertanyaan yang mengarahkan pada perumusan konsep yang benar. Pertanyaan-pertanyaan tersebut bertujuan untuk memusatkan perhatian mahasiswa pada tujuan pembelajaran yang dilakukan. Menurut Tasker dan Dalton (2006), memusatkan perhatian siswa pada atribut kritis di tingkat molekular sebelum atau sesudah melihat animasi dapat meningkatkan penggunaan media visualisasi. Mahasiswa sebagai responden penelitian menyatakan sangat termotivasi dalam mengikuti perkuliahan elektrolisis dengan bantuan multimedia. Pengakomodasian pengamatan langsung, daya imajinasi dan sifat keingintahuan menyebabkan para mahasiswa merasa termotivasi dengan pembelajaran yang dilakukan. Mahasiswa umumnya setuju bahwa dengan bantuan multimedia dapat memodelkan konsep yang bersifat abstrak sehingga memudahkan mahasiswa memahami konsep elektrolisis termasuk penjelasan topik elektrolisis di tingkat submikroskopik.

2. Peningkatan Pemahaman Representasi Submikroskopik (PRS)

Pada penelitian ini, pemahaman representasi submikroskopik yang dikaji meliputi merepresentasikan: 1) Pergerakan elektron pada sel elektrolisis, 2) Pergerakan ion-ion pada sel elektrolisis, 3) Pergerakan elektron dan ion yang menyebabkan reaksi reduksi, 4) Pergerakan ion dan elektron yang menyebabkan reaksi oksidasi dalam sel elektrolisis, 5) Reaksi redoks dalam sel elektrolisis dengan elektrode *inert*, 6) Reaksi redoks dalam sel elektrolisis dengan elektrode tak *inert*, 7) Proses penyepuhan logam. Hasil peningkatan pemahaman representasi submikroskopik mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Data Pretes, Postes, dan N-Gain Pemahaman Representasi Submikroskopik

Pemahaman Representasi Submikroskopik	Kelas Kontrol (%)			Kelas Eksperimen (%)		
	Pretes	Postes	N-gain	Pretes	Postes	N-gain
PRS 1	45	59	6	53	72	34
PRS 2	21	32	10	19	57	48
PRS 3	32	69	53	33	59	40
PRS 4	15	36	24	12	33	24
PRS 5	14	34	23	14	41	30
PRS 6	7	26	19	11	33	23
PRS 7	9	51	43	14	65	58

**Gambar 2.** Persentase pencapaian skor rata-rata pretes, postes dan N-gain pemahaman representasi submikroskopik mahasiswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol

Keterangan: K: Kontrol, E: Eksperimen, PRS 1: Pergerakan elektron dalam sel elektrolisis, PRS 2: Pergerakan ion dalam sel elektrolisis, PRS 3: Reaksi Reduksi di katode, PRS 4: Reaksi Oksidasi di anode, PRS 5: Reaksi Redoks di elektrode *inert*, PRS 6: Reaksi redoks di elektrode tak *inert*, PRS 7: Proses penyepuhan logam

Terhadap perolehan N-Gain PRS tersebut dilakukan uji perbedaan rerata yang sebelumnya dilakukan uji normalitas dan homogenitas. Hasil uji t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara PRS mahasiswa kelas eksperimen dengan kelas kontrol dengan $p = 0,005$, jadi lebih kecil dari taraf nyata $0,05$. Hasil uji statistik untuk masing-masing indikator PRS dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Statistik Terhadap Setiap Indikator Pemahaman Representasi Submikroskopik

No	Pemahaman Representasi Submikroskopik	Uji Normalitas ($\alpha=0,05$)				Uji t/ uji non parametric	
		Taraf signifiikasi		Keterangan		Taraf signifikansi	Ket
		K.Kont	K.Eksp	K.Kont	K.Eksp		
1	PRS 1	0,03	0,36	Normal	Tidak normal	0,09	Tidak signifikan
2	PRS 2	0,203	0,860	Normal	Normal	0.000	Signifikan
3	PRS 3	0,27	0,289	Normal	Normal	0,283	Tidak signifikan
4	PRS 4	0,478	0,221	Normal	Normal	0,963	Tidak signifikan
5	PRS 5	0,994	0,636	Normal	Normal	0,243	Tidak Signifikan
6	PRS 6	0,023	0,134	Tidak normal	Normal	0,015	Signifikan
7	PRS 7	0,056	0,037	Tidak normal	Tidak normal	0,024	Signifikan

Berdasarkan Gambar 1 dan hasil analisis data pada perolehan N-Gain kelas kontrol dan kelas eksperimen maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran elektrolisis dengan bantuan multimedia berpengaruh lebih baik terhadap pemahaman representasi submikroskopik dibanding dengan pembelajaran konvensional. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan peningkatan pemahaman representasi submikroskopik pada kelas eksperimen diantaranya adalah penggunaan multimedia dalam pembelajaran. Dengan bantuan multimedia mahasiswa dapat mengamati pemodelan-pemodelan yang disajikan dengan mudah dibanding harus membaca dari *text book*. Selain itu pembelajaran dengan multimedia dapat meningkatkan jumlah penerimaan fitur kunci mahasiswa dan mengembangkan gambaran mental yang lebih hidup tentang fenomena-fenomena kimia molekuler dari pengamatan makroskopik mahasiswa (Tasker dan Dalton, 2006). Penggunaan interaktivitas dalam visualisasi molekuler juga dapat meningkatkan pemahaman konsep dan representasi, serta pemodelan konsep-konsep abstrak menjadi lebih efektif. (Venkataraman, 2009).

Teknik visualisasi dapat digunakan untuk membantu mahasiswa memahami topik elektrolisis ditingkat mikroskopik, menurut Jose dan Williamson (2005) berbagai teknik visualisasi untuk membantu memvisualkan partikel dan mengembangkan pembentukan model mental mahasiswa diantaranya dapat dilakukan dengan penggunaan model fisik, gambar animasi, dan media komputer interaktif. Animasi yang memvisualkan konsep-konsep molekuler tersebut dapat membantu mahasiswa membangun model mental mereka mengenai konsep elektrolisis yang bersifat mikroskopik menjadi lebih jelas. Animasi yang disajikan menggambarkan proses-proses elektrolisis yang dicoba pada saat praktikum, sehingga mahasiswa dapat dengan mudah memahami dan menghubungkan antara fenomena yang mereka alami secara langsung dengan fenomena submikroskopiknya. Hal ini diakui oleh mahasiswa bahwa mereka lebih tertarik untuk belajar elektrolisis karena pembelajarannya menjadi lebih bermakna.

Perolehan N-Gain tertinggi pada indikator PRS menggambarkan proses penyepuhan logam. Proses penyepuhan logam ini merupakan aplikasi prinsip elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari. Mahasiswa umumnya sudah mengenal proses penyepuhan, ketika mereka sudah mengetahui prinsipnya pembelajaran menjadi lebih bermakna dan lebih menarik bagi mahasiswa. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Zohar (1994) bahwa keterampilan berpikir dapat dikembangkan melalui bahan kajian yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari mahasiswa.

Perolehan N-Gain terkecil pada indikator PRS menjelaskan proses elektrolisis dengan menggunakan elektrode tak *inert*. Perolehan terkecil pada indikator ini diindikasikan karena multimedia kurang menyajikan contoh proses elektrolisis yang menggunakan elektrode tak *inert*. Mahasiswa kesulitan menghubungkan hubungan spasial prinsip elektrolisis, sehingga mahasiswa

kurang dapat menjelaskan proses elektrolisis dengan menggunakan elektrode tak *inert* jika jenis elektrode tak *inert*-nya berbeda dengan yang disajikan di multimedia.

Meskipun secara keseluruhan perolehan N-gain kelas eksperimen lebih tinggi dibanding dengan kelas kontrol. Indikator PRS ke-3 menunjukkan hal yang sebaliknya. Perolehan N-gain kelas kontrol lebih tinggi dibanding kelas eksperimen begitupun untuk indikator PRS ke-4 perolehan N-gain kelas kontrol sama dengan kelas eksperimen (Tabel 3), berdasarkan hasil uji t pada kedua indikator ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Tabel 4). Faktor yang diduga menyebabkan hal tersebut adalah strategi pembelajaran dan soal yang diberikan untuk mengukur indikator ke-3 dan 4 tersebut.

Indikator pemahaman representasi submikroskopik 3 dan 4 merupakan pemahaman menggambarkan reaksi reduksi di katode dan reaksi di anode pada sel elektrolisis. Soal yang digunakan menyajikan data harga potensial sel reduksi dan oksidasi, sehingga mahasiswa kelas kontrol dapat dengan mudah menentukan spesi yang mengalami reaksi reduksi atau oksidasi berdasarkan data harga potensial reduksi yang disajikan, selain itu umumnya mahasiswa kelas kontrol menghapuskan reaksi reduksi-oksidasi pada sel elektrolisis. Sedangkan mahasiswa kelas eksperimen disamping mempertimbangkan data harga potensial selnya, juga mempertimbangkan fenomena mikroskopiknya dan berusaha menghubungkan dengan visualisasi yang pernah disajikan di multimedia. Jones L, *et al* (2005) menyatakan bahwa salah satu penyebab mahasiswa mengalami kesulitan memahami dan menggunakan kemampuan visualnya dalam mempelajari kimia adalah terdapatnya kerumitan visualisasi, kesulitan dalam menginterpretasikan hubungan spasial, abstraksi dan kedalaman konsepnya.

D. KESIMPULAN

Karakteristik multimedia elektrolisis meliputi; menyajikan konsep elektrolisis sampai aplikasi elektrolisis, dapat menjembatani konsep abstrak dengan fenomena makroskopik yang dialami mahasiswa sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Visualisasi, animasi-animasi, dan pertanyaan-pertanyaan yang disajikan dapat meningkatkan pemahaman representasi submikroskopik (PRS)

Pembelajaran dengan bantuan multimedia elektrolisis dapat meningkatkan pemahaman representasi submikroskopik mahasiswa calon guru kimia pada kategori sedang dengan N-gain 36,87%. Peningkatan kemampuan representasi submikroskopik tertinggi adalah menggambarkan proses penyepuhan logam, sedangkan yang mengalami peningkatan terendah adalah kemampuan menggambarkan reaksi redoks dalam sel elektrolisis dengan elektrode tak *inert*. Sehingga disarankan perlu dibuat multimedia yang menggambarkan proses elektrolisis dengan elektrode tak *inert* yang lebih bervariasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Ardac, D dan Akaygun, S. (2004). "Effectiveness of multimedia based instruction than emphasizes molecular representation student understanding of chemical change". *Journal of Research in Science Teaching*. 41(4). 317-337
- Cheng, et al. (2004). "Using online homeworks systems enhance student learning of physic concept in an introductory physics course". *American Journal of Physics*. 72(11). 1447-1453
- Hung Chiu dan Hsin-Kai Wu. (2009). "The role of multimedia in the teaching and learning of the triplet relationship in chemistry". *Model and Modeling in Science Education 4*. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8-12.
- Jones, L.L., Jordan. K.D. & Stillings. N.A. (2005). "Molecular visualization in chemistry education: The role of multidisciplinary collaboration". *Chemistry Education Research and Practice*. Vol.6. pp. 136-149.
- Jose. T. J., Williamson. V.M. (2005). "Molecular visualization in science education: An evaluation of an NSF-sponsored workshop". *Journal of Chemical Education*. Vol.82. pp. 937-943.
- Liliasari. (1996). *Beberapa Pola Berpikir dalam Pembentukan Pengetahuan oleh Siswa SMA. Sebuah Studi tentang Berpikir Konsep*. Disertasi. PPS IKIP Bandung.

- Sanger, Michael J. dan Thomas Greenbowe. (1999). "An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconception an errors in electrochemistry". *Journal of Science and Teaching Education*. Vol 76. No.6. PP. 853-60
- Sanger, M, J.(2005). "Evaluating student conceptual understanding og balanced equation and stoichiometric ratios using a particulate drawing". *Journal of Chemical Education*. 82(1). 131-134.
- Tasker, Roy dan Dalton, Rebecca. (2006). "Research into practice: visualization of the molecular world using animation". *Journal of Chemistry Education Research an Practice*. Vol.7. No.2. PP 141-159.
- Treagust, David F *et all*. (2002). "Constrain to the development of first year university chemistry student' mental models of chemical phenomena". *Teaching and Learning Forum 2002: Focusing on the Student*.
- Tosun, N. Sucsuz, N. Yigit, B. (2006). "The effect of computer assisted and computer based teaching methods on computer course success and computer using attitudes of student". *The Turkish Online Journal of Educational Technology*. 5, (3), 1303-6521
- Venkataraman, B. (2009). "Visualization and interactivity in the teaching of chemistry to science and non-science students". *Chemistry Education Research And Practice*. Vol 10.pp.62-69.
- Zohar, A. (1994). "The effect of biology critical thinking project on the development of critical thinking". *Journal of Research In Science Teaching*. 31(2),183-194.

PENTINGNYA PENERAPAN *JOYFUL LEARNING* DALAM PENCIPTAAN SUASANA BELAJAR YANG MENYENANGKAN

Das Salirawati

Juridik Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

ABSTRAK

Pada saat ini di berbagai negara sedang trend dan semangat mengembangkan *joyful learning* dan *meaningful learning*, yaitu dengan menciptakan kondisi pembelajaran sedemikian rupa sehingga anak didik menjadi betah di kelas karena pembelajaran yang dijalani menyenangkan dan bermakna. Penyampaian materi secara menyenangkan telah diserukan oleh Depdiknas melalui UU No. 20/2003 Pasal 40 dan PP No. 19/2005 tentang Standar Nasional Pendidikan Pasal 19 ayat 1. *Joyful learning* merupakan salah satu bentuk strategi pembelajaran yang sesuai dengan anjuran pada kedua peraturan tersebut yang dapat diterapkan seorang pendidik dalam menciptakan pembelajaran yang menyenangkan sekaligus memacu kreativitas mahasiswa dalam pembelajaran.

Berdasarkan pengamatan menunjukkan masih banyaknya proses pembelajaran di Perguruan Tinggi yang dikemas kurang menarik bagi mahasiswanya, sehingga *joyful learning* dapat menjadi salah satu alternatif dalam penciptaan pembelajaran yang menarik. Banyak bentuk *joyful learning* yang dapat dikembangkan, beberapa diantaranya mengajarkan materi yang dikemas dalam bentuk puisi dan lagu untuk menghafal konsep yang telah dipelajari, mengemas materi dalam bentuk teka-teki, permainan, drama, dan video pembelajaran.

Sebagai dosen calon pencetak guru sudah saatnya kita peduli dengan peningkatan kualitas perkuliahan agar dapat memberi contoh tauladan yang baik bagi mahasiswa, salah satunya dengan menerapkan berbagai strategi perkuliahan yang kreatif dan inovatif yang mampu mengimbangi perkembangan IPTEK dan situasi belajar saat ini. *Joyful learning* merupakan strategi atau model pembelajaran yang sesuai dengan era saat ini dimana anak didik sangat rawan stres, karena saratnya materi ajar yang harus dikuasai. Semua materi pelajaran dapat dibuat menjadi menyenangkan, tergantung niat dan kemauan pendidik untuk menciptakannya.

Kata kunci: *joyful learning*, suasana belajar menyenangkan

A. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan kebutuhan primer pada saat ini, apalagi sebagian besar masyarakat sudah menyadari pentingnya pendidikan dalam menata masa depan yang lebih baik. Oleh karena itu setiap negara senantiasa berusaha memajukan bidang pendidikan, di samping bidang yang lain dalam rangka mempersiapkan sumber daya manusia yang kompetitif dan berkualitas serta berusaha mengejar kemajuan negara lain.

Seorang pendidik penting untuk menciptakan paradigma baru untuk menghasilk-an praktik terbaik dalam proses pembelajaran (Carolin Rekar Munro, 2005). Oleh karena itu, ketika terjadi perubahan kurikulum dan terjadi pergeseran tuntutan hasil pendidikan yang berkaitan dengan tuntutan pasar kerja, maka pendidiklah yang harus berperan mewujudkan harapan itu.

Ronald Brandt (1993) menyatakan bahwa hampir semua usaha reformasi dalam pendidikan, seperti pembaharuan kurikulum dan penerapan metode pembelajaran baru akhirnya tergantung kepada pendidik. Tanpa pendidik yang mampu menguasai bahan ajar dan strategi pembelajaran, maka segala upaya peningkatan mutu pendidikan tidak akan mencapai hasil yang optimal. Hal ini berarti seorang pendidik tidak hanya diharapkan mampu menguasai bidang ilmu yang diajarkan, tetapi juga menguasai strategi belajar-mengajar. Saat ini dunia pendidikan telah banyak menghasilkan berbagai macam inovasi dan menghadirkan strategi/model pembelajaran. Hal ini semata-mata sebagai upaya menggairahkan minat belajar peserta didik, sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil belajar.

Mahasiswa di Perguruan Tinggi berada pada tahapan menghadapi masa depan dan cita-citanya dimana jurusan yang mereka pilih sudah merupakan pilihan dunia kerjanya setelah

menyelesaikan studi. Namun kenyataannya memori otaknya dipenuhi dengan tugas kuliah yang tidak pernah ada habisnya dan hafalan-hafalan materi yang bersifat teoretis tidak praktis yang tidak berguna bagi masa depannya. Mahasiswa menjadi “lupa” dengan rencana masa depannya dan berpikir tentang pekerjaan yang nantinya akan digelutinya. Dalam hal ini dosen tidak sepenuhnya dapat dipersalahkan, mengingat tuntutan kurikulum mengharuskan penyelesaian materi kuliah dalam waktu singkat.

Banyak mata kuliah di Perguruan Tinggi yang sebagian besar berisi konsep-konsep teoretis yang untuk menguasainya banyak memerlukan memori otak untuk menghafal, sehingga terkesan sebagai mata kuliah yang tidak menarik dan membosankan. Apalagi bagi mahasiswa yang tidak suka menghafal, mata kuliah yang demikian terasa sulit ditaklukkan dan akhirnya gagal memperoleh nilai yang memuaskan yang kemudian harus mengulang untuk memperbaiki nilai.

Melihat situasi yang demikian, perlu kiranya dilakukan suatu strategi pembelajaran yang mampu mengubah minat mahasiswa terhadap mata kuliah yang karakteristiknya demikian, salah satunya dengan menerapkan metode pembelajaran yang menyenangkan, atau sering disebut *joyful learning*. Banyak bentuk *joyful learning* yang dapat dikembangkan, beberapa diantaranya mengajarkan materi yang dikemas dalam bentuk puisi dan lagu untuk menghafal konsep yang telah dipelajari, mengemas materi dalam bentuk teka-teki, permainan, dan kuis berhadiah.

Penyampaian materi secara menyenangkan telah diserukan oleh Pemerintah kita, dalam hal ini Depdiknas melalui UU No. 20/2003 Pasal 40 yang menyatakan “guru dan tenaga kependidikan berkewajiban untuk menciptakan suasana pendidikan yang bermakna, menyenangkan, kreatif, dinamis, dan dialogis”. Hal ini ditandaskan lagi dalam PP No. 19/2005 tentang Standar Nasional Pendidikan Pasal 19 ayat 1 yang menyatakan “proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara inspiratif, interaktif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, memberikan ruang gerak yang cukup bagi prakarsa, kreativitas dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik dan psikologis peserta didik”. *Joyful learning* merupakan salah satu bentuk strategi pembelajaran yang sesuai dengan anjuran pada kedua peraturan tersebut yang dapat diterapkan seorang pendidik dalam menciptakan pembelajaran yang menyenangkan sekaligus memacu kreativitas mahasiswa dalam pembelajaran. Berdasarkan pengamatan menunjukkan masih banyaknya proses pembelajaran di Perguruan Tinggi yang dikemas kurang menarik bagi mahasiswanya, sehingga *joyful learning* dapat menjadi salah satu alternatif dalam penciptaan pembelajaran yang menarik.

B. PEMBAHASAN

1. Kondisi Pendidikan Kita Saat Ini

Seiring dengan kemajuan di bidang pendidikan, maka secara perlahan-lahan telah terjadi perubahan paradigma pendidikan, seperti perubahan dari *teacher centered* ke *student centered*; diterimanya pendekatan, metode, dan model pembelajaran baru yang inovatif; munculnya kesadaran bahwa informasi/pengetahuan dapat diakses lewat berbagai cara dan media oleh peserta didik; teknologi pembelajaran berbasis teknologi informasi (TI) mulai diterapkan; orientasi pendidikan bukan hanya pada pengembangan sumber daya manusia (*human resources development*), tetapi juga pada pengembangan kapabilitas manusia (*human capability development*); diperkenalkannya *e-learning*; *dependence* ke *independence*; individual ke *team work oriented*; dan *large group* ke *small class*.

Dampak perubahan tersebut juga dirasakan di lingkungan Perguruan Tinggi. Namun demikian kita masih melihat adanya proses pembelajaran di Perguruan Tinggi yang masih berpusat pada dosen dimana dosen masih aktif sebagai pemberi informasi dan mendominasi perkuliahan, sedangkan mahasiswa pasif sebagai penerima informasi. Meskipun mahasiswa tidak lagi dianggap objek pembelajaran, tetapi kenyataannya materi pembelajaran masih sangat ditentukan oleh dosen. Di sebagian besar Perguruan Tinggi, masih terlihat dosen kurang mengoptimalkan pengembangan kapabilitas mahasiswa, baik yang menyangkut cipta, rasa, dan karsa, serta mahasiswa kurang memiliki kesempatan untuk berpikir kritis, logis, kreatif, dan inovatif. Hal ini nampak terlihat pada mahasiswa S1, sedangkan untuk mahasiswa S2 dan S3 kemandirian belajar sudah terlihat dengan banyaknya tugas mandiri yang menuntut kemampuan komprehensif mahasiswa untuk menyelesaikannya.

Dengan kenyataan seperti itu, maka sudah saatnya bagi dosen untuk mencoba mengembangkan profesionalismenya melalui pengembangan model-model pembelajaran yang benar-

benar mampu mengaktifkan dan menciptakan kondisi pembelajaran yang aktif, inovatif, kreatif, efektif, dan sekaligus menyenangkan. Apalagi dengan menyandang gelar sebagai dosen tersertifikasi, tentunya harus mengimbangi dengan senantiasa mengembangkan keempat kompetensi, khususnya pengembangan kompetensi pedagogik melalui pengemasan pembelajaran yang menarik, menyenangkan, sekaligus mahasiswa dapat merasakan kebermaknaan belajar bagi hidup dan kehidupannya dan akhirnya *meaningful learning* akan terwujud pula.

2. Kompetensi Pedagogik

Secara substansi, kompetensi pedagogik mencakup kemampuan pemahaman terhadap mahasiswa, perancangan dan pelaksanaan pembelajaran, evaluasi hasil belajar, dan pengembangan kemampuan mahasiswa dalam mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya. Salah satu unjuk kompetensi pedagogik dosen adalah kemampuannya menerapkan berbagai metode pembelajaran yang kreatif dan inovatif dalam pembelajaran.

Menurut Amy J. Phelps & Cherin Lee (2003), seorang pendidik perlu selalu mengakses prakonsepsi tentang belajar-mengajar yang dilakukan oleh pendidik masa depan dan mengenali aturan mainnya. Hal ini karena, semakin majunya IPTEK berdampak pula pada kemajuan masyarakat, sehingga tuntutan masyarakat terhadap pelayanan pendidikan yang lebih baik semakin mendesak. Lebih lanjut dikemukakan bahwa mengajar adalah masalah bagaimana mengkomunikasikan subjek pelajaran dengan baik, maknanya seorang pendidik selain dituntut menguasai materi pelajaran dengan baik, juga harus mampu menyampaikan materi kepada anak didik dengan strategi yang baik, sehingga materi dengan mudah ditangkap dan dikuasai.

Penelitian yang dilakukan Rebecca A. Kruse & Gillian H. Roehrig (2005) menunjukkan sebagian besar pendidik merasa tidak berhasil dan kesulitan dalam mengajar, sehingga kemudian memerintahkan anak didiknya untuk menghafal. Hal ini menunjukkan kurangnya pemahaman pendidik tentang inti pedagogik yang mengharuskannya memiliki kemampuan menjelaskan materi kepada anak didiknya.

Colin Marsh (1996) menyatakan, pendidik harus memiliki kompetensi mengajar, memotivasi, membuat model instruksional, mengelola kelas, berkomunikasi, merencanakan pembelajaran, dan mengevaluasi yang semuanya mendukung keberhasilannya mengajar. Pendidik harus mengetahui bagaimana cara menyampaikan pengetahuan kepada anak didiknya, memiliki banyak variasi mengajar dan menghargai masukan dari anak didiknya (Jean Rudduck & Julia Flutter, 2004).

3. Model Pembelajaran

Model pembelajaran diartikan sebagai prosedur sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar. Jadi, sebenarnya model pembelajaran memiliki arti yang sama dengan pendekatan atau strategi pembelajaran. Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam model pembelajaran, dari yang sederhana sampai model yang agak kompleks dan rumit karena memerlukan banyak alat bantu dalam penerapannya.

Seorang pendidik diharapkan memiliki motivasi dan semangat pembaharuan dalam proses pembelajaran yang dijalannya. Menurut Sardiman (2004), pendidik yang kompeten adalah pendidik yang mampu mengelola program belajar-mengajar. Mengelola di sini memiliki arti yang luas yang menyangkut bagaimana seorang pendidik mampu menguasai keterampilan dasar mengajar, seperti membuka dan menutup pelajaran, menjelaskan, bervariasi media, bertanya, memberi penguatan, dan sebagainya, juga bagaimana pendidik menerapkan strategi, teori belajar dan pembelajaran, dan melaksanakan pembelajaran yang kondusif. Setiap pendidik harus memiliki kompetensi adaptif terhadap setiap perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan di bidang pendidikan, baik yang menyangkut perbaikan kualitas pembelajaran maupun segala hal yang berkaitan dengan peningkatan prestasi belajar peserta didiknya.

Kesemua keterampilan dasar mengajar tersebut tidak hanya harus dimiliki oleh pendidik di tingkat TK, SD, SMP, maupun SMA, tetapi seorang dosenpun harus memilikinya. Beberapa pendapat menyatakan bahwa seorang dosen tidak perlu menampilkan semua keterampilan dasar mengajar ketika melaksanakan perkuliahan, karena mahasiswa sudah dewasa dan tidak memerlukan apersepsi, penguatan, dan lain-lain. Pendapat ini tidak benar, karena siapapun yang berprofesi mengajar, keterampilan dasar mengajar harus dikuasai dan ditampilkan ketika proses transfer ilmu berlangsung, agar tujuan pembelajaran dapat tercapai sesuai yang ditetapkan.

4. Joyful Learning

Pada saat ini di berbagai negara sedang trend dan semangat mengembangkan *joyful learning* dan *meaningful learning*, yaitu dengan menciptakan kondisi pembelajaran sedemikian rupa sehingga anak didik menjadi betah di kelas karena pembelajaran yang dijalani menyenangkan dan bermakna. Mereka merasakan bahwa pembelajaran yang dijalani memberikan perbedaan dalam memandang dunia sekitar dan memperoleh sesuatu yang lebih dari apa yang telah dimilikinya selama ini. Penelitian di dunia yang diadakan UNESCO menunjukkan sebagian besar anak didik menginginkan belajar dengan situasi yang menyenangkan (Dedi Supriadi, 1999).

Penelitian menunjukkan bahwa ketika seorang pendidik menjelaskan suatu materi tanpa ada selingan, maka perhatian dan konsentrasi mereka akan menurun secara drastis setelah 20 menit. Keadaan ini semakin parah jika pembelajaran berjalan monoton dan membosankan (Tjipto Utomo dan Kees Ruijter, 1994). Hal dapat diatasi jika pendidik sadar dan segera mengubah pembelajarannya menjadi menyenangkan dengan cara memberi selingan aktivitas atau humor. Tindakan ini secara signifikan berpengaruh meningkatkan kembali perhatian dan konsentrasi anak didik yang relatif besar.

Pembelajaran menyenangkan (*joyful learning*) adalah pembelajaran yang membuat anak didik tidak takut salah, ditertawakan, diremehkan, tertekan, tetapi sebaliknya anak didik berani berbuat dan mencoba, bertanya, mengemukakan pendapat/gagasan, dan mempertanyakan gagasan orang lain. Dalam belajar pendidik harus menyadari bahwa otak manusia bukanlah mesin yang dapat disuruh berpikir tanpa henti, sehingga perlu pelepasan dan relaksasi.

Sesuai dengan pendapat Ausubel bahwa belajar akan bermakna jika peserta didik dapat mengaitkan konsep yang dipelajari dengan konsep yang sudah ada dalam struktur kognitifnya, dan pendapat Bruner yang menyatakan belajar akan berhasil lebih baik jika selalu dihubungkan dengan kehidupan orang yang sedang belajar. Mahasiswa akan belajar serius bila yang dipelajari ada kaitannya dengan kehidupan sehari-hari dan kata-kata atau kalimat yang didengar sudah *familiar* di pikirannya.

Seperti diketahui, otak kita terbagi menjadi dua bagian, yaitu kanan dan kiri. Pembelajaran saat ini umumnya hanya mengembangkan otak kiri yang berkaitan dengan logika, rasio, penalaran, kata-kata, matematika, dan urutan. Otak sebelah kanan adalah bagian yang berkaitan dengan imajinasi, estetika, intuisi, irama, musik, gambar, seni. Untuk menepis hal itu, kita dapat tunjukkan bahwa ilmu apapun mampu digunakan sebagai bahan untuk mengembangkan otak sebelah kanan, diantaranya dengan puisi, nyanyian, maupun permainan teka-teki.

Otak kita adalah bagian tubuh yang paling rawan dan sensitif. Otak sangat menyukai hal-hal yang bersifat tidak masuk akal, ekstrim, penuh warna, lucu, multisensorik, gambar 3 dimensi (hidup), asosiasi, imajinasi, simbol, melibatkan irama/musik, dan nomor/urutan. Berdasarkan hal ini, maka kita sebagai pendidik dapat merancang apa yang sebaiknya kita berikan kepada anak didik agar otak mereka menyukainya. Sebagai contoh mengemas pembelajaran dengan menggu-nakan puisi atau lagu, teka-teki jenaka, atau sosio drama.

Pembelajaran menyenangkan (*joyful learning*) merupakan model pembelajar-an yang tepat untuk mengatasi kejenuhan dan ketidakmenarikan ketika proses pembelajaran berlangsung. Belajar menyenangkan bukan hanya dambaan anak-anak TK sampai SMA, tetapi mahasiswa juga mendambakan, karena ilmu yang dipelajari lebih rumit sehingga sangat memerlukan relaksasi otak. Kenyataannya hal ini kurang disadari oleh sebagian dosen, mereka beranggapan mahasiswa tidak perlu dibawa dalam penciptaan suasana belajar yang menyenangkan, karena mahasiswa sudah dewasa dan dituntut keseriusan yang tinggi untuk belajar.

Suasana yang menyenangkan dalam proses pembelajaran dapat mendatangkan kebahagiaan bagi peserta didik, termasuk mahasiswa yang sudah dewasa yang justru memiliki banyak permasalahan dalam kehidupannya. Menurut Dr. Mary Bennett, peneliti dari Universitas Indiana State, AS, pemakaian humor dalam berbagai kesempatan dan suasana (termasuk suasana pembelajaran) dapat menjadi terapi efektif menurunkan stres dan memperbaiki *bad mood* (Safri HS, 2005). Stres dan *bad mood* merupakan dua masalah yang sering dihadapi mahasiswa yang dapat menghambat kelancaran belajar mereka. Oleh karena itu penting bagi seorang dosen menciptakan pembelajaran yang menyenangkan (*joyful learning*) sebagai strategi membantu mahasiswa menghilangkan hambatan tersebut.

Michael Miller, kardiolog dari Fakultas Kedokteran Universitas Maryland, AS (Safri HS, 2005) menganjurkan di era globalisasi saat ini dimana banyak orang stres menghadapi perubahan jaman yang demikian pesat, termasuk mahasiswa yang banyak menghadapi masalah dalam studi, sebaiknya diciptakan sebanyak mungkin tertawa lepas dalam setiap kesempatan, karena terbukti tertawa dapat meningkatkan mengembangnya pembuluh darah 22% lebih cepat dari keadaan normal kita. Seperti diketahui pembuluh darah yang sehat dapat dengan mudah mengembang dari keadaan normal. Lebih lanjut dijelaskan Miller, ketika tertawa tubuh menghasilkan 3 zat kimia yang menyebabkan rasa nyaman, senang, dan meningkatkan kekebalan tubuh, yaitu zat serotonin, melatonin, dan endorfin. Sebaliknya tertawa menekan 3 zat kimia yang menyebabkan tekanan darah dan detak jantung meningkat, cemas, gelisah, dan mudah marah, yaitu adrenalin, konisol, radikal bebas

Berdasarkan hasil jajak pendapat terhadap mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia setelah kepada mereka diterapkan pembelajaran mata kuliah Biokimia dengan cara mengemas materi dalam bentuk puisi dan lagu menunjukkan 35 dari 40 mahasiswa (87,5%) menyatakan menyukai dan senang dengan pembelajaran melalui puisi dan lagu. Alasan mereka bervariasi, diantaranya 35 mahasiswa menyatakan belajar menjadi terhibur (87,5%), 16 mahasiswa menyatakan lebih mudah menghafal (40%), dan 15 mahasiswa menyatakan materi menjadi lebih mudah dihafal (37,5%). Pada butir angket lainnya sebanyak 39 mahasiswa (97,5%) menyatakan penting mengembangkan *joyful learning*, 33 mahasiswa (82,5%) menyatakan yakin dengan belajar melalui *joyful learning*, khususnya dalam bentuk puisi dan lagu dapat membantu kelancaran belajar, dan 36 mahasiswa (90%) menyatakan keinginan untuk mencoba menerapkan jika mereka menjadi guru.

Selain itu seluruh mahasiswa (100%) menginginkan semua dosen mengajar dengan *joyful learning*, yakin bahwa dengan *joyful learning* peserta didik akan senang dan lebih mudah menerima materi, dan dapat merelaksasi pikiran peserta didik sehingga kembali berkonsentrasi. Sebanyak 22 mahasiswa (55%) menyatakan sangat penting dan 18 mahasiswa (45%) menyatakan penting untuk memberikan selingan humor sebagai salah satu bentuk termudah penerapan *joyful learning* dan tidak memakan waktu. Alasan terbanyak mereka adalah dengan selingan humor menyebabkan pembelajaran menjadi tidak tegang, rileks, menyenangkan, menarik, dan tidak membosankan. Adapun bentuk-bentuk *joyful learning* yang dikemukakan mahasiswa dalam jajak pendapat ini selain melalui puisi dan lagu adalah *games/* permainan, drama, penayangan film, mengaitkan materi dengan kehidupan, belajar di luar kelas, percobaan dan alat peraga yang menarik, selingan humor, diskusi kelas, teka-teki, dan *outbond*. Sebanyak 20 mahasiswa (50%) menyatakan tidak menyukai mata pelajaran kimia berawal dari pembelajaran di SMA yang tidak menyenangkan.

Secara umum hasil jajak pendapat ini memberikan isyarat kepada kita sebagai dosen calon pencetak guru untuk merenungkan pentingnya mencoba menerapkan *joyful learning* dalam perkuliahan sebagai bentuk kepedulian terhadap peningkatan kualitas perkuliahan agar dapat memberi contoh tauladan yang baik bagi mahasiswa.

C. PENUTUP

Dosen adalah sebutan guru di Perguruan Tinggi yang memiliki tugas dan peran yang sama dengan guru-guru di tingkat pendidikan yang lebih rendah. Sebagai pendidik yang mendidik calon guru, sudah saatnya dosen di Perguruan Tinggi pencetak guru (LPTK) memberikan tauladan penerapan berbagai strategi perkuliahan yang kreatif dan inovatif yang mampu mengimbangi perkembangan IPTEK dan situasi belajar saat ini. Era globalisasi yang menuntut dihasilkannya sumber daya manusia yang kompetitif dan komparatif memberikan himbauan kepada para dosen untuk mampu memberi bekal lebih kepada mahasiswanya, diantaranya dengan selalu memperkenalkan strategi pembelajaran baru yang menarik dan sesuai dengan jaman. *Joyful learning* merupakan strategi atau model pembelajaran yang sesuai dengan era saat ini dimana anak didik sangat rawan stres, karena saratnya materi ajar yang harus dikuasai. Semua materi pelajaran dapat dibuat menjadi menyenangkan, tergantung niat dan kemauan pendidik untuk menciptakannya.

DAFTAR PUSTAKA

Amy J. Phelps & Cherin Lee. (2003). *The power of practice : what students learn from how we teach*. Journal of Chemical Education, 80 (7), 829 – 832.

-
- Brandt, Ronald. (1993). *What do you mean professional*. Educational Leadership. Nomor 6 , 50, March.
- Carolin Rekar Munro. (2005). “*Best practices*” in *teaching and learning : Challenging current paradigms and redefining their role in education*. The College Quarterly. 8 (3), 1 – 7.
- Colin Marsh. (1996). *Handbook for beginning teachers*. Sydney: Addison Wesley Longman Australia Pty Limited.
- Dedi Supriadi. (1999). *Mengangkat citra dan martabat guru*. Yogyakarta : Adicita Karya Nusa.
- Depdiknas. (2003). *Undang-undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta: Depdiknas.
- _____ (2005). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan*. Jakarta: Depdiknas.
- Jean Rudduck & Julia Flutter. (2004). *How to improve your school*. New York: Continuum.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan
- Rebecca A. Kruse & Gillian H. Roehrig. (2005). *A comparison study : assessing teachers’ conceptions with the chemistry concepts inventory*. Journal of Chemical Education. 82 (8), 1246 – 1250.
- Safri, HS. (2005). *Tertawa itu sehat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sardiman, A. M. (2004). *Interaksi dan motivasi belajar-mengajar*. Jakarta: Rajawali.
- Tjipto Utomo dan Kees Ruijter. (1994). *Peningkatan dan pengembangan pendidikan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

PENERAPAN METODE *POGIL* (*PROCCES ORIENTED GUIDED INQUIRY LEARNING*) PADA PEMBELAJARAN TITRASI ASAM-BASA

Cucu Zenab Subarkah; Neneng Windayani; Bakhrudin Latief

Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

zenabsc@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini didasari oleh fakta bahwa siswa mengalami kesulitan dalam mempelajari Titrasi Asam-Basa karena mereka tidak terlibat aktif dalam proses pembelajarannya. Melalui penelitian ini ditelusuri aktivitas siswa selama proses pembelajaran dan hasil belajar untuk setiap tahapan metode *POGIL* pada materi Titrasi Asam-Basa. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian kelas dengan subjek penelitian 44 orang siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Bandung. Instrumen yang digunakan antara lain: lembar kerja siswa (LKS) dan lembar penilaian observasi aktivitas siswa. Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan statistik deskriptif, diketahui bahwa aktivitas siswa pada proses pembelajaran menunjukkan hasil dengan kategori baik, yaitu dengan nilai rata-rata 81. Nilai untuk setiap tahapan pembelajaran *POGIL* jugamemperlihatkan hasil dengan kategori baik yang ditunjukkan dengan nilai LKS pada tahap I, tahap II, dan tahap III secara berturut-turut sebesar 69, 80, 86. Hal tersebut menandakan bahwa pembelajara nmenggunakan metode *POGIL* dapat membantu siswa dalam memahami materi pelajaran dan meningkatkan aktivitas dan antusiasme dalam belajar.

Kata kunci : *POGIL* (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*), Pembelajaran, Titrasi Asam-Basa

A. PENDAHULUAN

Titrasi Asam-Basa merupakan salah satu subkonsep dalam konsep Asam-Basa yang dianggap sulit oleh sebagian siswa. Kesulitan tersebut tergambar dari penemuan Heck, *et al.* (2005:1) yang menyatakan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami perubahan nilai pH selama proses titrasi berlangsung. Selain itu, siswa juga mengalami kesulitan dalam membedakan titik ekuivalen dengan titik akhir titrasi. Kesulitan yang lain juga terjadi ketika siswa diminta untuk menjelaskan kurva titrasi. Penjelasan mereka mengungkapkan adanya ketidakpahaman mereka akan konsep larutan asam-basa, stoikiometri reaksi dan larutan penyangga (Sheppard, 2006:39).

Kesulitan siswa juga didukung oleh fakta bahwa guru masih menggunakan cara-cara konvensional dalam mengajar. Guru masih sangat dominan di dalam kelas sehingga kegiatan pembelajaran hanya berpusat pada guru (*teacher centered*). Berdasarkan hasil studi pendahuluan di SMA Bina Muda Cicalengka, diketahui bahwa siswa tidak terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran. Siswa hanya mendengarkan penjelasan guru sehingga mereka tidak memiliki kesempatan untuk menemukan konsep dan membangun pengetahuan dengan tangan mereka sendiri.

Menjawab permasalahan tersebut, Hanson (2006:1) mengisyaratkan inisiatif perubahan dengan memperluas keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, salah satunya melalui penerapan metode Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berorientasi Proses (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*, disingkat *POGIL*). Di dalam metode *POGIL*, siswa bekerja bersama kelompok belajar yang dirancang khusus dengan kegiatan yang mendukung penguasaan materi pelajaran dan pengembangan keterampilan proses belajar, berpikir, pemecahan masalah, komunikasi, kerjasama, manajemen, dan penilaian (Hanson, 2006:3). Oleh karena itu, metode *POGIL* dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode pembelajaran guna mengoptimalkan kemampuan berpikir sekaligus meningkatkan pemahaman siswa akan materi pelajaran karena siswa belajar melalui penemuan dengan mengembangkan rasa keingintahuan dan penyelidikan di dalam kelompok belajarnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu bagaimana aktivitas siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Cicalengka pada proses pembelajaran Titration Asam-Basa menggunakan metode *POGIL* serta bagaimana hasil belajar siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Cicalengka pada pembelajaran Titration Asam-Basa untuk setiap tahapan *POGIL* berdasarkan pengerjaan LKS?. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh informasi mengenai aktivitas siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Cicalengka pada pembelajaran Titration Asam-Basa serta hasil belajar siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Cicalengka pada pembelajaran Titration Asam-Basa untuk setiap tahapan *POGIL* berdasarkan pengerjaan LKS.

Hasil penelitian bermanfaat sebagai bahan informasi bagi guru atau lembaga terkait mengenai penggunaan metode pembelajaran yang dapat mengaktifkan siswa berpikir dan memotivasi siswa dalam belajar sehingga diperoleh hasil belajar berupa kemampuan nalar dan kinerja siswa secara optimal.

B. METODELOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian kelas, agar mendapatkan gambaran secara jelas dan lengkap mengenai aktivitas siswa dalam belajar dan hasil belajar siswa. Pada penelitian ini digunakan beberapa instrumen penelitian seperti deskripsi pembelajaran, lembar kerja siswa, dan format observasi aktivitas siswa.

Subjek penelitian pada penelitian ini ialah siswa kelas XI Alam 3 SMA Bina Muda Cicalengka sejumlah 44 orang. Pada praktiknya, siswa dibagi menjadi enam kelompok belajar yang tingkat kemampuannya heterogen.

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret 2012 hingga Mei 2012, yang meliputi kegiatan persiapan instrumen penelitian, studi pendahuluan, pelaksanaan penelitian dan analisis hasil penelitian.

Lembar kerja siswa digunakan untuk memperoleh data tentang pemahaman siswa dan observasi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai aktivitas siswa selama proses pembelajaran.

Data hasil observasi aktivitas siswa diolah dengan melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Membagi tiap item pernyataan ke dalam empat skala penilaian yaitu 0, 1, 2, dan 3 dengan bobot masing-masing: 0 = tidak aktif; 1 = aktif, tidak tepat; 2 = aktif, kurang tepat; dan 3 = aktif, tepat.
- 2) Mengidentifikasi lembar observasi yang telah diisi selama proses pembelajaran.
- 3) Merekapitulasi data yang didapat dengan menghitung skor, yaitu menjumlahkan responden yang menjawab dengan bobot pernyataan pada tiap tahap.
- 4) Menafsirkan hasil rekapitulasi nilai berdasarkan kriteria yang telah ditentukan untuk setiap tahap

Data yang diperoleh dari hasil pengerjaan LKS siswa secara berkelompok, dikumpulkan dan diolah dengan cara sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi LKS yang telah diisi.
- 2) Memberikan skor pada setiap poin LKS dan merata-ratakan skor LKS
- 3) Menafsirkan nilai rata-rata LKS yang diperoleh dengan ketentuan sesuai yang dijelaskan Arikunto, 2007: 264
- 4) Mendeskripsikan hasil penilaian LKS berdasarkan kelompok belajar.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

a. Analisis Data Aktivitas Siswa

a.1. Aktivitas Siswa pada Tahap I

Tahap I pada pembelajaran menggunakan metode *POGIL* yaitu Tahap Dihadapkan pada Masalah. Aktivitas siswa selama pembelajaran pada Tahap I dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Aktivitas Siswa selama Pembelajaran POGIL pada Tahap I

Kelompok	Aspek yang Diamati									Nilai rata-rata	
	Pembelajaran Titrasi Asam Lemah - Basa Kuat			Skor maks 9	Nilai	Pembelajaran Titrasi Asam Kuat - Basa Kuat			Skor maks 9		Nilai
	1	2	3*			1	2	3			
1	2	2	2	6	67	3	3	3	9	100	83
2	3	3	2	8	89	3	2	3	8	89	89
3	3	2	2	7	78	2	3	3	8	89	83
4	2	2	2	6	67	2	3	3	8	89	78
5	3	3	2	8	89	2	2	1	5	56	72
6	2	2	2	6	67	3	3	3	9	100	83
	Rata-rata				76	Rata-rata				87	81

*Keterangan aspek yang diamati :

1. Perhatian siswa terhadap informasi awal yang disampaikan guru
2. Tangapan siswa terhadap permasalahan yang dikemukakan oleh guru
3. Keaktifan siswa dalam menuliskan ide (hipotesis)

a.2. Aktivitas Siswa pada Tahap II

Tahap II pada pembelajaran menggunakan metode *POGIL* yaitu Tahap Pengumpulan Data melalui Eksperimen. Aktivitas siswa selama pembelajaran pada Tahap II dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Nilai Rata-rata Aktivitas Siswa selama Pembelajaran POGIL Tahap II berdasarkan aspek yang diamati untuk setiap kelompok

Kelompok	Titrasi asam lemah –basa kuat		Titrasi asam kuat –basa kuat		Nilai rata-rata
	Skor	Nilai	Skor	Nilai	
1	25	64	31	79	72
2	29	74	33	85	80
3	29	74	35	90	82
4	32	82	32	82	82
5	17	44	34	87	66
6	27	69	31	79	74
Rata-rata	68			84	76

a.3. Aktivitas Siswa pada Tahap III

Tahap III pada pembelajaran menggunakan metode *POGIL* yaitu Tahap Menganalisis Proses Inkuiri. Aktivitas siswa selama pembelajaran pada Tahap III terlihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai rata-rata Aktivitas Siswa selama Pembelajaran POGIL pada Tahap III

Kelompok	Pembelajaran Titrasi Asam Lemah - Basa Kuat		Pembelajaran Titrasi Asam Kuat - Basa Kuat		Nilai rata-rata
	Skor	Nilai	skor	Nilai	
1	18	86	19	90	88
2	13	62	16	76	69
3	16	76	17	81	78,5
4	16	76	19	90	83
5	15	71	18	86	78,5
6	14	67	15	71	69
	Rata-rata 73			83	77,67

D. Kemampuan Siswa dalam Menyelesaikan Lembar Kerja Siswa (LKS) untuk setiap Tahap POGIL

Berikut diberikan tabel nilai rata-rata LKS seluruh kelompok belajar pada pembelajaran Titrasi Asam-Basa untuk setiap tahapan pembelajaran POGIL:

Tabel 4. Nilai LKS Kelompok Belajar untuk setiap Tahapan POGIL

No	Tahapan Pembelajaran POGIL*	Kelompok												Rata-rata	Predikat
		Pembelajaran Titrasi Asam Lemah - Basa Kuat						Pembelajaran Titrasi Asam Kuat - Basa Kuat							
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
1	Tahap I	50	70	60	70	80	60	70	80	80	70	80	60	69	Baik
2	Tahap II	80	80	70	80	70	80	90	80	80	90	80	80	80	Baik
3	Tahap III	80	75	83	81	90	85	86	98	86	92	92	82	86	Baik
Rata-rata		70	75	71	77	80	75	82	86	82	84	84	74	78	Baik

***Keterangan:**

Tahap I : Berhadapan dengan masalah

Tahap II : Pengumpulan data melalui eksperimen

Tahap III : Menganalisis proses inkuiri

Berdasarkan tabel nilai LKS untuk setiap tahapan POGIL di atas, diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi dicapai pada pembelajaran tahap III dengan nilai rata-rata 86, kemudian tahap II dengan rata-rata nilai 80, dan tahap I dengan nilai rata-rata sebesar 69, dengan kategori baik untuk setiap tahapan pembelajaran.

E. Pembahasan

Aktivitas siswa dalam setiap tahapan pembelajaran model POGIL berlangsung baik. Setiap tahapan pembelajaran POGIL yang terdapat dalam LKS dapat dilaksanakan dengan baik oleh siswa. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai rata-rata pengerjaan LKS untuk Pembelajaran Titrasi Asam Lemah - Basa Kuat sebesar 75 dan untuk Pembelajaran Titrasi Asam Kuat - Basa Kuat sebesar 82. Selain itu, hampir seluruh kelompok mengalami peningkatan nilai dari Pembelajaran Titrasi Asam Lemah - Basa Kuat ke Pembelajaran Titrasi Asam Kuat - Basa Kuat, terkecuali kelompok 6. Berikut dipaparkan pembahasan mengenai hasil pengerjaan LKS seluruh kelompok untuk setiap tahapan pembelajaran:

Pada tahap I, siswa dihadapkan pada suatu masalah. Aktivitas kelompok 5 kurang akurat dalam menuliskan ide atau hipotesis pada titrasi asam kuat- basa kuat. Kemampuan siswa dalam menyelesaikan LKS pada tahap I merupakan nilai terkecil. Hal tersebut dapat dimengerti karena pada tahap ini siswa harus mengemukakan hipotesis mengenai permasalahan yang disampaikan oleh guru. Walaupun sebelumnya guru telah memberikan informasi awal berkaitan dengan masalah yang diberikan, namun siswa belum memiliki pengetahuan yang cukup untuk menjawab permasalahan itu secara tepat.

Pada tahap ini kelompok 5 mendapatkan nilai LKS terbesar. Kelompok dengan nilai tertinggi berarti telah memiliki bekal pengetahuan yang cukup mengenai konsep prasyarat. Konsep prasyarat merupakan pengatur awal (*advance organizer*), mengarahkan para siswa ke materi yang akan dipelajari dan menolong untuk mengingat kembali informasi yang berhubungan dan dapat digunakan untuk menanamkan pengetahuan baru (Ausubel dalam Dahar, 1989:117).

Pada tahap II siswa bertugas mengumpulkan sebanyak-banyaknya data yang menunjang demi pemecahan masalahnya. Tahap II ini merupakan tahapan pembelajaran dengan nilai rata-rata kelompok sebesar 80 dengan predikat baik. Itu berarti, secara keseluruhan hampir semua siswa dapat mengikuti petunjuk dalam LKS dengan cukup baik. Selain itu, setiap siswa memiliki motivasi untuk belajar, bekerjasama dan saling mengajarkan satu sama lain dalam melaksanakan praktikum, sesuai dengan dorongan yang selalu diberikan guru kepada masing-masing kelompok. Oleh karena keberhasilan dari kelompok belajar tidak dapat dicapai hanya dengan memberitahu siswa untuk

membentuk kelompok dan memberi mereka tugas, namun dengan mengharuskan mereka bekerja sama, saling mengajarkan satu sama lain, dan menyelesaikan tugas dengan baik (Hanson, 2006:22).

Pada tahap ini siswa sedikit mengalami kesulitan yang ditandai dengan seringnya siswa bertanya kepada guru. Kesulitan siswa paling banyak ialah ketika siswa harus merancang dan melaksanakan kegiatan praktikum. Berdasarkan hasil studi pendahuluan, diketahui siswa jarang melaksanakan praktikum sehingga mengalami kesulitan dalam mengenali dan menggunakan peralatan kimia. Padahal, seharusnya siswa hendaknya belajar melalui partisipasi secara aktif untuk memperoleh pengalaman dan melakukan eksperimen dalam menemukan prinsip itu sendiri (Bruner dalam Dahar, 1996:103).

Tahap III ini merupakan tahapan pembelajaran *POGIL* dengan nilai rata-rata tiap kelompok tertinggi dengan nilai 86. Pada tahap III siswa mengkombinasikan temuan hasil praktikum dengan pengetahuan yang mereka miliki untuk menemukan konsep dan memecahkan masalah yang diajarkan guru (Schroeder dan Greenbowe, 2008:151-152).

Berdasarkan data hasil pengerjaan LKS tahap III, diketahui bahwa kelompok 5 mendapatkan nilai tertinggi dengan rata-rata nilai 91. Kelompok 5 berarti telah mampu memahami materi pelajaran dengan menggunakan metode *POGIL*, mampu memahami permasalahan yang dikemukakan guru, dan mampu melaksanakan praktikum dengan baik sehingga membantu dalam proses pemecahan masalahnya. Berbeda dengan kelas tradisional, struktur *POGIL* sangat cocok untuk menumbuhkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah (Hanson, 2006:13).

F. KESIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

1. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu bahwa aktivitas siswa selama pembelajaran dan hasil belajar siswa untuk setiap tahapan pembelajaran *POGIL* menunjukkan hasil dengan kategori baik. Berdasarkan hasil observasi aktivitas siswa diketahui bahwa siswa mendapatkan nilai paling tinggi yaitu pada tahap I dengan nilai rata-rata 81,5, kemudian nilai tahap II dan tahap III masing-masing 76 dan 78. Sedangkan berdasarkan hasil pengerjaan LKS diketahui bahwa nilai rata-rata kelompok siswa tertinggi secara berturut-turut terdapat pada tahap III, tahap II dan tahap I dengan nilai 86, 80, dan 69.

2. Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan berdasarkan hasil penelitian ini yaitu bahwa guru hendaknya memberikan informasi awal yang jelas kepada siswa pada tahap I agar memudahkan siswa dalam penyusunan hipotesis. Guru juga disarankan senantiasa mendorong kerjasama, aktivitas, dan motivasi belajar siswa, serta memberikan bimbingan secara menyeluruh kepada setiap kelompok belajar.

3. Rekomendasi

Model *POGIL* dapat digunakan sebagai model alternatif dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan kemampuan nalar, kinerja, dan motivasi belajar siswa.

Peningkatan Keterampilan guru dalam memilih dan menggunakan model pembelajaran perlu dilakukan secara menyeluruh melalui pembinaan secara rutin dan terpadu.

DAFTAR RUJUKAN

- Dahar, Ratna Wilis. 1996. *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Day, R.A., dan A.L. Underwood. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hanson, David M. 2006. *Instructor's Guide to Process Oriented Guided-Inquiry Learning*. Department of Chemistry Stony Brook University Pacific Crest 906 Laevy Aveue, Suite 211. 1-53.
- Heck, Andre, et al. 2005. *Acid-Base Titration Curves in an Integrated Computer Learning Environment*. (Tersedia Online: <http://www.science.uva.nl>). [Diakses tanggal 12 Februari 2012].
- Keenan, Charles W. 1984. *Kimia Untuk Universitas Ed. VI Jilid I*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

-
- Middlecamp, Catherine dan Elizabeth Kean. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: PT Gramedia.
- Moog, Richar and Spencer, Eds. 2007. *Process Oriented Guided Inquiry Learning*. Washington DC: American Chemical Society.
- Sanjaya, Wina. 2006. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Schroeder, Jacob D and Greenbowe, Thomas J. 2006. Implementing *POGIL* in the lecture and the Science Writing Heuristic in the laboratory-student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry. *Chemical Education Research Practice*. 9, 149-156.
- Sheppard, Keith. 2006. High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena. *Chemistry Education Research and Practise*, 7 (1), 32-33. (Tersedia Online: <http://www.rsc.org>). [Diakses tanggal 3 Desember 2011].
- Tim Kimia Analitik. 2000. *Dasar-Dasar Kimia Analitik*. Bandung: Jurusan Pendidikan Kimia UPI.

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI KIMIA PADA KONSEP ASAM-BASA UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA

Chansyanah Diawati

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA

FKIP Universitas Lampung

e-mail: chansyanahd@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis representasi kimia pada konsep asam-basa untuk meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) siswa SMA. Penelitian ini menggunakan metode Penelitian dan pengembangan. Sumber data dalam penelitian adalah 6 orang guru kimia dan 20 orang siswa dari 6 SMA di Bandar Lampung serta 1 orang pakar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKS yang dikembangkan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran berdasarkan respon guru pada aspek konstruksi 88,88% dengan kriteria sangat tinggi, kesesuaian dengan kurikulum 90% sangat tinggi, dan keterbacaan 85% sangat tinggi. Respon dari siswa pada aspek keterbacaan sebesar 87,85% dengan kategori sangat tinggi, kemenarikan 88,93% dengan kriteria sangat tinggi. Media animasi yang dikembangkan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran berdasarkan respon guru pada aspek kesesuaian dengan kurikulum sebesar 80% dengan kriteria tinggi, dan keterbacaan sebesar 80,8 % dengan kriteria sangat tinggi. Dari respon siswa pada aspek keterbacaan sebesar 81,8%, dan kemenarikan sebesar 83,45% masing-masing dengan kriteria sangat tinggi.

Kata kunci: Pengembangan, Perangkat Pembelajaran, Representasi Kimia, Keterampilan Proses Sains, Asam-Basa

PENDAHULUAN

Hakikat IPA adalah sebagai proses atau kerja ilmiah; produk (fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori); dan sikap. Konten IPA yang berupa konsep, hukum, dan teori, pada dasarnya merupakan produk dari rangkaian proses melalui sikap ilmiah, sehingga aspek proses perlu ditekankan bukan hanya pada hasil akhir, sebab tidak ada pengetahuan sains tanpa proses yang menggunakan pikiran dan sikap ilmiah. Pada saat berlangsungnya proses sains diperlukan keterampilan-keterampilan yang disebut keterampilan proses sains (KPS). KPS terdiri dari beberapa keterampilan yang satu sama lain berkaitan dan sebagai prasyarat. KPS dimaksudkan untuk melatih dan mengembangkan keterampilan intelektual atau kemampuan berpikir siswa, serta mengembangkan sikap-sikap ilmiah dan kemampuan siswa untuk menemukan dan mengembangkan fakta, konsep, dan prinsip ilmu atau pengetahuan yang selanjutnya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah. Ini berarti KPS sangat penting dikembangkan dalam pembelajaran kimia yang merupakan rumpun IPA.

Faktanya, pembelajaran kimia masih berorientasi hanya pada produk pengetahuan, kurang berorientasi pada proses sains. Ini terjadi karena sebagian besar guru kimia tidak mengetahui tentang KPS, hal ini terungkap dari hasil wawancara. Selain itu, evaluasi keterlaksanaan kurikulum kimia melalui Ujian Nasional hanya menitikberatkan pada produk pengetahuan semata, sehingga dalam pembelajaran di sekolah guru-guru kimia hanya mengutamakan pencapaian nilai yang tinggi hanya pada domain produk.

Indikasi rendahnya kualitas pendidikan IPA dapat dilihat dari rendahnya prestasi yang diraih oleh siswa-siswa Indonesia dalam ajang Internasional. Menurut data yang diperoleh dari *Trends International Mathematis and Science Study (TIMMS)* tahun 2007, kemampuan IPA siswa Indonesia

berada pada urutan 35 dari 48 negara dengan nilai 427, sementara skor rata-rata internasional adalah 500 (Williams, et. al., dalam Nurkholis, Sunanrno, Suparmi, 2012). Prestasi literasi sains menurut *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2009, Indonesia menempati urutan 60 dari 65 negara (Resmiati, 2012). Hal ini terjadi karena soal-soal pada TIMSS dan PISA ini menuntut siswa melakukan keterampilan menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi, yang merupakan KPS.

Menurut Tim Pengembang Ilmu Pendidikan FIP-UPI (2007), kimia merupakan cabang dari ilmu pengetahuan alam (sains), yang berkenaan dengan kajian-kajian tentang struktur dan komposisi materi, perubahan yang dapat dialami materi, dan fenomena-fenomena lain yang menyertai perubahan materi. Fenomena perubahan materi secara makroskopis dapat diamati, namun secara mikroskopis yaitu pada tataran struktur dan komposisi materi tidak dapat diamati secara kasat mata. Hal ini adalah salah satu faktor yang menyebabkan kimia sangat sulit untuk dimengerti siswa.

Kesulitan siswa dalam memahami beberapa konsep kimia dapat berasal dari kurangnya kemampuan meta-visualisasi dalam memahami dan menerjemahkan mode representasi yang berbeda (Cheng & Gilbert, 2009). Johnstone (Chittleborough, 2004) mendeskripsikan bahwa fenomena kimia dapat dijelaskan dengan tiga tingkat representasi yang berbeda, yaitu makroskopis, submikroskopis dan simbolis. Selanjutnya Cheng dan Gilbert (Olaleye, 2012) menyarankan bahwa pembelajaran kimia harus melibatkan pembangunan asosiasi mental antar representasi fenomena kimia tingkat makroskopik, submicroscopik dan simbolik menggunakan modus representasi yang berbeda. Pada tingkat makro, reaksi kimia dianggap sebagai suatu proses dimana beberapa zat hilang dan zat baru muncul, sementara pada tingkat submicro, reaksi kimia yang dianggap sebagai suatu proses dimana partikel mengatur kembali. Pada tingkat simbolik dengan simbol untuk mewakili atom dan molekul.

Pembelajaran kimia yang berlangsung selama ini umumnya hanya pada dua dimensi representasi, yaitu makroskopis dan simbolik. Menurut Chittleborough (Farida dkk., 2010) tidak diapresiasi dimensi submikroskopis dalam pembelajaran merupakan salah satu penyebab siswa terhambat dalam upaya meningkatkan kemampuannya.

Dalam implementasinya, maka diperlukan perangkat pembelajaran yang dapat mengakomodasi berlangsungnya pembelajaran seperti yang telah diuraikan di atas. Perangkat pembelajaran diantaranya adalah LKS dan media animasi. Oleh sebab itu maka tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) mengembangkan LKS dan media animasi berbasis representasi kimia pada konsep asam-basa untuk meningkatkan KPS siswa.; (2) mendeskripsikan karakteristik LKS dan media animasi, (3) mendeskripsikan kelayakan LKS dan media animasi.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) untuk menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa LKS dan Media Animasi berbasis representasi kimia untuk meningkatkan KPS siswa. Penelitian pengembangan ini menggunakan model 4-D yaitu *define, design, develop, dan disseminate* (Borg dan Gall, 1983).

Tahap *define* atau *research and information collecting* merupakan tahap penelitian dan pengumpulan data untuk analisis kebutuhan pengembangan produk, yang meliputi studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka meliputi telaah kurikulum, serta telaah LKS dan Media animasi asam-basa yang telah beredar di masyarakat. Studi lapangan melalui wawancara dengan 6 orang guru kimia dan 20 orang siswa dari 6 SMA di Bandar Lampung. Tahap *design* atau *planning* yaitu perancangan produk LKS dan Media animasi; yang meliputi, format produk LKS dan media animasi, pengumpulan referensi, dan penyusunan silabus. Tahap *develop* atau *develop preliminary form of product*; produk awal yang telah disusun divalidasi oleh pakar dan direspon oleh guru kimia yang meliputi kelengkapan materi, kesesuaian materi (isi dan konstruksi), sistematika materi, gambar-gambar submikroskopis dan berbagai hal yang berkaitan dengan materi seperti contoh-contoh dan fenomena serta pengembangan soal-soal latihan. Selain itu juga direspon oleh 20 yang meliputi keterbacaan dan kemenarikan produk. Tahap *disseminate*, yang terdiri dari empat langkah,

yaitu: (1) *preliminary field testing*, yaitu uji coba lapangan awal; (2) *main product revision*, yaitu revisi hasil uji coba awal; (3) *main field testing*, yaitu uji coba lapangan utama; (4) *operational product revision*, yaitu penyempurnaan produk hasil uji coba lapangan. Dalam penelitian ini hanya sampai tahap develop, yaitu pengembangan produk awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap *Define*

a. Hasil studi pustaka

Kurikulum yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP). Materi asam-basa yang dipilih untuk LKS dan media animasi dijabarkan pada tabel berikut.

Tabel .1 Struktur materi dalam LKS dan media animasi

No	Kegiatan Belajar	Sub-Pokok Bahasan	Materi
1	I	Sifat-sifat larutan asam basa	Konsep asam basa
			Teori asam basa Arrhenius
			Pengertian asam menurut Arrhenius
			Pengertian basa menurut Arrhenius
2	II	pH larutan asam basa	Konsep pH
			Konsep pOH
			Konsep pK _w
			Hubungan pH, pOH, dan pK _w
			Menghitung pH, pOH, dan pK _w
3	III	Kekuatan asam basa	Derajat disosiasi
			Tetapan ionisasi asam
			Tetapan ionisasi basa
			Hubungan antara derajat disosiasi, K _a , dan K _b
4	IV	Indikator asam basa	Menentukan trayek beberapa indikator
			Menentukan pH dengan indikator asam basa

Dari studi ini juga diperoleh referensi mengenai kriteria media pembelajaran yang baik dan ideal, acuan penyusunan materi pada LKS dan media animasi yang dikembangkan, referensi KPS dan representasi kimia serta pengembangan LKS dan media animasi terdahulu khususnya pada materi asam-basa. Dilakukan juga analisis terhadap media animasi yang di unduh dari internet.

b. Hasil studi lapangan

Berdasarkan hasil wawancara terhadap guru dan siswa pada studi lapangan diketahui bahwa LKS yang digunakan di sekolah: 1) memiliki susunan urutan indikator pencapaian kompetensi yang belum sesuai, 2) kurang mengkontruksi penguasaan konsep siswa. 3) sebagian besar tidak disertai dengan gambar sub mikroskopis, 4) terdiri dari uraian materi dan soal-soal, 5) tidak melatih KPS.

Hasil wawancara mengenai media pada materi asam-basa adalah sebagai berikut: 1) hanya 16,67% guru kimia SMA di Bandar Lampung yang menggunakan media animasi kimia pada pembelajaran asam-basa Arrhenius, 50% menggunakan *power point*, dan sisanya 33,33% tidak menggunakan media; 2) media *power point* dan media animasi *macromedia flash* yang digunakan diperoleh dari mengunduh di internet hanya mencakup dua level representasi yaitu level makroskopis dan simbolis. Hasil dari studi pustaka dan studi lapangan ini digunakan sebagai acuan penyusunan LKS dan media animasi yang dikembangkan.

2. Tahap *design*

Pada tahap ini perancangan produk LKS dan Media animasi; yang meliputi, format produk LKS dan media animasi, pengembangan silabus, pembuatan analisis konsep, dan pembuatan RPP.

LKS yang dikembangkan adalah LKS berbasis representasi kimia untuk meningkatkan KPS siswa. Rancangan LKS yang dikembangkan terdiri dari empat bagian. Bagian pertama yaitu bagian Preliminary yang meliputi cover luar, cover dalam, kata pengantar, daftar isi. Bagian kedua yaitu bagian Pendahuluan yang meliputi lembar SK- KD, lembar indikator, lembar tujuan pembelajaran, dan petunjuk penggunaan LKS. Bagian ketiga yaitu bagian Isi yang terdiri dari 4 kegiatan. Terakhir adalah bagian Penutup yang meliputi daftar pustaka, uji kemampuan mandiri, dan games.

Rancangan media animasi terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian pertama terdiri dari tampilan *cover* dan bagian kedua adalah tampilan menu utama yang terdiri dari berbagai menu yang berisi materi asam-basa Arrhenius.

Tampilan pada animasi kimia berbasis representasi kimia diawali dengan tampilan *cover* dengan logo almamater penulis. Kemudian pada tampilan menu utama terdapat 7 menu yaitu menu petunjuk, menu SK-KD indikator, menu larutan asam-basa, menu indikator asam-basa, menu asam-basa Arrhenius, menu konsep pH, dan menu kekuatan asam-basa.

3. Tahap *Develop*

Rancangan LKS dan media animasi yang telah disusun, selanjutnya dikembangkan menjadi LKS dan media animasi. Produk yang telah disusun ini kemudian divalidasi oleh pakar bidang kimia, serta direspon oleh guru kimia dan dua puluh orang siswa SMA.

a. LKS

Hasil validasi ahli pada produk LKS disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil validasi ahli

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian	Kriteria
1	Konstruksi	86.66 %	Sangat Tinggi
2	Kesesuaian isi materi dengan kurikulum dan KPS	75 %	Tinggi
3	Keterbacaan	82 %	Sangat Tinggi

Berdasarkan masukan dari validator, kemudian dilakukan perbaikan produk LKS. Perbaikan-perbaikan yang dilakukan antara lain pada: 1) indikator dan tujuan pembelajaran baik pada ranah kognitif produk maupun proses; 2) gambar representasi makroskopisnya dan submikroskopis; dan 3) paduan warna pada cover. Setelah diperbaiki, LKS kemudian direspon oleh guru dan siswa. Respon guru terhadap produk LKS yang dikembangkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil respon guru pada produk LKS yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian	Kriteria
1	Konstruksi	88,88 %	Sangat Tinggi
2	Kesesuaian isi materi dengan kurikulum	90 %	Sangat Tinggi
3	Keterbacaan	85 %	Sangat Tinggi

Respon siswa terhadap keterbacaan LKS yang dikembangkan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Respon uji keterbacaan dan kemenarikan produk LKS

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian %	Kriteria
1	Keterbacaan materi pada LKS	87,85	Sangat Tinggi
2	Kemenarika desain LKS	88,93	Sangat Tinggi

b. Media animasi

Hasil validasi ahli pada produk media animasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil validasi ahli

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian	Kriteria
1	Kesesuaian isi materi dengan kurikulum	80 %	Tinggi
2	Keterbacaan	78,4 %	Tinggi

Masukan dari validator untuk media animasi yang dikembangkan antara lain:

1) percobaan kertas lakmus jangan tercelup seluruhnya, 2) reaksi ionisasi terlalu cepat dan sulit diidentifikasi, 3) ada representasi simbolis dan submikroskopis yang tidak sesuai dan tidak jelas maksudnya. Berdasarkan masukan tersebut kemudian dilakukan perbaikan produk. Setelah diperbaiki, media animasi kemudian direspon oleh guru dan siswa.

Respon guru terhadap media animasi yang dikembangkan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil respon guru pada produk media animasi yang dikembangkan

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian	Kriteria
1	Kesesuaian isi materi dengan kurikulum	80 %	Tinggi
2	Keterbacaan	80,8 %	Sangat Tinggi

Respon siswa terhadap keterbacaan media animasi yang dikembangkan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Respon siswa terhadap keterbacaan dan kemenarikan produk media animasi.

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian %	Kriteria
1	Keterbacaan materi pada media animasi	81,8%	Sangat Tinggi
2	Kemenarika desain media animasi	83,45 %	Sangat Tinggi

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian dan pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dikembangkan LKS dan media animasi berbasis representasi kimia pada konsep asam-basa untuk meningkatkan KPS siswa dengan karakteristik sebagai berikut:

a. LKS

LKS yang dikembangkan terdiri dari empat bagian. Bagian pertama yaitu bagian *Preliminary* yang meliputi cover luar, cover dalam, kata pengantar, daftar isi. Bagian kedua yaitu bagian Pendahuluan yang meliputi lembar SK- KD, lembar indikator, lembar tujuan pembelajaran, dan petunjuk penggunaan LKS. Bagian ketiga yaitu bagian Isi yang terdiri dari 4 kegiatan. Terakhir adalah bagian Penutup yang meliputi daftar pustaka, uji kemampuan mandiri, dan games.

b. Media animasi

Tampilan pada animasi kimia berbasis representasi kimia diawali dengan tampilan *cover* dengan logo almamater penulis. Kemudian pada tampilan menu utama terdapat 7 menu yaitu menu

- petunjuk, menu SK-KD indikator, menu larutan asam-basa, menu indikator asam-basa, menu asam-basa Arrhenius, menu konsep pH, dan menu kekuatan asam-basa.
2. LKS yang dikembangkan ini layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran berdasarkan respon guru pada aspek konstruksi 88,88% dengan kriteria sangat tinggi, kesesuaian dengan kurikulum 90% sangat tinggi, dan keterbacaan 85% sangat tinggi. Respon dari siswa pada aspek keterbacaan sebesar 87,85% dengan kategori sangat tinggi, kemenarikan 88,93% dengan kriteria sangat tinggi.
 3. Media animasi yang dikembangkan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran berdasarkan respon guru pada aspek kesesuaian dengan kurikulum sebesar 80% dengan kriteria tinggi, dan keterbacaan sebesar 80,8 % dengan kriteria sangat tinggi. Dari respon siswa pada aspek keterbacaan sebesar 81,8%, dan kemenarikan sebesar 83,45% masing-masing dengan kriteria sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Borg, W.R., & Gall, M.D. 1983. *Educational Research 4th ed.* Longman Inc. New York.
- Cheng, M., & Gilbert, J. K. 2009. Towards a Better Utilization of Diagram in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. Model and Modeling in Science Education, Multipelple Representations in Chemical education. *Springer Science+Business Media B.V.* p.55–73.
- Chittleborough G. and Treagust D. F. 2004. The Modelling Ability of Non-Major Chemistry Students and Their Understanding of The Sub-Microscopic Level. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 274-292.
- Farida, I. dkk. 2010. Representasional Competence's Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving. *Seminar Proceeding of The Fourth International Seminar on Science Education.*, 30 October 2010. Bandung.
- Nurkholis A, Widha S, Suparmi. 2012. Pembelajaran Fisika Kontekstual Ditinjau Dari Kemampuan Menggunakan Alat Ukur dan Kemampuan Verbal. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains, Volum 1, Nomor 1, Tahun 2012.* Yogyakarta.
- Olaleye. 2012. Enhancing Teachers' Knowledge for Using Multiple Representations in Teaching Chemistry in Nigerian Senior Secondary Schools. *Thesis.* Edith Cowan University Perth. Western Australia.
- Resmiati, E. 2012. Pemanfaatan Produk Teknologi Dalam Pembelajaran Untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains, Volum 1, Nomor 1, Tahun 2012.* Yogyakarta.
- Tim Pengembang Ilmu Pendidikan FIP-UPI. 2007. *Ilmu dan Aplikasi Pendidikan Bagian III : Pendidikan Disiplin Ilmu.* Penerbit Imtima. Bandung.

KEMAMPUAN SISWA SMA DALAM MEMAHAMI MATERI TERMOKIMIA BERDASARKAN SUDUT PANDANG ISLAM

Ayi Darmana¹ Anna Permanasari² Sofyan Sauri³ Yayan Sunarya⁴

¹Dosen UNIMED, mahasiswa program doktor Pendidikan IPA

^{2,3,4}Dosen SPs UPI Bandung

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas kegiatan sosialisasi internalisasi nilai tauhid dalam materi termokimia pada siswa SMA program percepatan Al-Azhar Medan Sumatra Utara. Efektifitas didasarkan pada tingkat kemampuan siswa dalam memahami materi termokimia berdasarkan sudut pandang islam (MTBSPI). Penelitian melibatkan semua siswa semester 4 (27 orang) yang telah belajar materi termokimia. Sebelum dilakukan sosialisasi, kemampuan siswa dalam termokimia diukur dengan menggunakan tes pilihan berganda sebanyak 18 soal. Untuk mengetahui tingkat kemampuan siswa dalam memahami MTBSPI, setelah sosialisasi, dilakukan tes tertulis berbentuk uraian sebanyak 5 soal. Instrumen pilihan berganda maupun tes uraian telah divalidasi. Data diolah secara deskriptif. Hasil menunjukkan kemampuan rata-rata siswa dalam materi termokimia 42 (skala 100, kategori kemampuan rendah) dengan 6 siswa (22 %) yang memperoleh nilai ≥ 60 . Sedangkan kemampuan rata-rata siswa dalam memahami MTBSPI diperoleh nilai 54 (kategori kemampuan rendah), dengan 9 siswa (33 %) yang memperoleh nilai > 60 . Berdasarkan 5 soal tes uraian, diperoleh sebaran tingkat ketuntasan untuk hukum kekekalan energi 75 %, sistem-lingkungan 61 %, reaksi kimia pada tekanan tetap 59 %, eksoterm-endoterm 44 %, dan persamaan termokimia 57 % . Korelasi antara kemampuan termokimia dengan kemampuan memahami MTBSPI sangat rendah ($r = 0,06$).

Katakunci: Sosialisasi, internalisasi nilai-nilai tauhid, kemampuan memahami termokimia

Pendahuluan

Salah satu tujuan mata pelajaran kimia di SMA yang paling utama adalah membentuk sikap positif terhadap kimia dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa (Depdiknas, 2010). Ungkapan “sikap positif terhadap kimia dan menyadari keteraturan-keteraturan alam” ini dapat dicapai sebagai hasil dari mengadakan penyelidikan, yang mengantarkan kepada suatu keyakinan bahwa alam ini memiliki hukum-hukum tertentu sehingga memungkinkan untuk dipelajari. Alam ini ada pemilik dan penciptanya, semua yang ada di alam ini diciptakan dengan suatu maksud bukan sia-sia (QS 3 : 191). Dalam istilah agama hukum-hukum ini adalah suatu sunatullah, atau ketetapan-ketetapan Allah. Allah yang telah menciptakan segala sesuatu dan menetapkan qadarnya (QS 25 : 2). Pemahaman ini akan menjadi bermanfaat bagi lahir dan bathin jika dilanjutkan dengan mengagumi keagungan pencipta alam yaitu Allah Yang Maha Kuasa, Allah Yang Maha Esa.

Pengagungan terhadap Tuhan Yang Maha Esa merupakan muara dari tujuan pembelajaran mata pelajaran kimia maupun mata pelajaran kelompok sains yang lain. Hal ini sesuai dengan tujuan pendidikan nasional dalam UUSPN no 20 tahun 2003 pasal 3 dan UUD 45 pasal 31 ayat 3. Tujuan ini menjiwai tujuan-tujuan yang selainnya. Sebagai contoh tujuan untuk membentuk karakter, atau budi pekerti hanya akan menjadi baik kalau didasarkan kepada karakter iman dan taqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, bukan kararter lain.

Bila diperhatikan lebih lanjut maka tujuan yang bermuara kepada “Tuhan Yang Maha Esa” adalah identik dengan tujuan terhadap tauhid. Tauhid yang berarti “ mengesakan Allah” dalam hal penciptaan, pemilik dan pemeliharaan alam, sehingga merupakan suatu yang logis jika manusia sebagai bagian dari alam yang diciptakan hanya menyembahNya (QS 51: 56). Penyembahan ini diwujudkan dalam bentuk mentaati perintah dan menjauhi laranganNya, inilah konsep taqwa, yang sebenarnya hanya akan terwujud jika seseorang memiliki keyakinan atau iman yang benar.

Dengan demikian sebagai hasil dari pendidikan dan pembelajaran kimia khususnya dan sains umumnya bahkan pembelajaran non sains mesti diarahkan kepada pembentukan keyakinan

(keimanan), ketaatan (taqwa) yang akan menghantarkan kepada tauhid (Mengesakan Allah). Sains yang mengandalkan logika akan menjadi sumber kemaslahatan bagi manusia dan lingkungannya, bagi lahir dan bathin, dunia dan akhirat jika didampingi oleh hati nurani. Hati nurani akan memberikan spirit yang kuat, mengendalikan dan mengarahkan sains. Menghadirkan aspek spiritual keagamaan pada sains untuk memastikan sains akan memiliki kontribusi yang lebih besar terutama kepada kehidupan yang lebih bermakna, perdamaian, kesejahteraan dan kebahagiaan lahir dan batin (Blanch, 2007; Reich, 2012).

Permasalahannya, bagaimana pembelajaran kimia/sains dapat memberikan kontribusi dalam pencapaian iman, taqwa dan tauhid, sementara pembelajaran kimia/sains sangat steril dari nilai-nilai agama. Bukankah iman, taqwa dan tauhid adalah istilah agama ?. Oleh karena itu untuk meningkatkan peluang dalam memberikan kontribusi terhadap pencapaian iman, taqwa dan tauhid sebagaimana tujuan pendidikan nasional dan tujuan mata pelajaran kimia di SMA/MA maka internalisasi nilai-nilai agama secara umum atau nilai-nilai tauhid secara khusus dalam materi kimia/sains adalah suatu keharusan bahkan satu-satunya pilihan (Darmana, 2012).

Dalam penelitian ini telah dicoba memperkenalkan nilai-nilai tauhid atau nilai agama islam secara umum melalui sosialisasi pada siswa yang telah belajar termokimia. Kemudian dilakukan pengukuran untuk melihat pemahamannya. Hal ini dilakukan sebagai suatu langkah dalam upaya mencari model peningkatan kontribusi pencapaian tujuan utama pendidikan nasional melalui pembelajaran kimia.

Hasil penelitian ini akan bermanfaat khususnya bagi guru-guru kimia sebagai bahan masukan dalam mengembangkan pembelajaran kimia yang berkarakter imtaq kepada Tuhan Yang Maha Esa.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan kegiatan sosialisasi internalisasi nilai tauhid pada materi termokimia yang melibatkan 27 siswa SMA program percepatan Al Azhar Medan Sumatra Utara. Kegiatan ini dilakukan bulan oktober 2012 pada awal semester 4, selama empat kali pertemuan, masing-masing selama 60 menit. Tiga kali pertemuan, digunakan untuk kegiatan sosialisasi dengan menggunakan metode ceramah dan tanya jawab. Adapun materi sosialisasinya adalah : makna tauhid, tauhid dan kimia, internalisasi nilai-nilai tauhid dalam materi termokimia. Sedangkan pertemuan keempat digunakan untuk mengukur kemampuan memahami MTBSPI yang meliputi kemampuan menjelaskan kaitan/koneksitas antara konsep kimia dan agama, mengungkapkan hikmah/nilai/pesan moral dari hukum/fakta/konsep termokimia berdasarkan sudut pandang agama islam. Sebelum sosialisasi dilakukan pengukuran tingkat kemampuan termokimia dengan menggunakan instrumen tes pilihan berganda sebanyak 18 soal yang sudah divalidasi.

Instrumen yang digunakan untuk mengukur kemampuan memahami MTBSPI adalah tes uraian sebanyak 5 soal. Sebanyak 16 soal telah disusun yang mewakili setiap konsep materi termokimia yang memungkinkan diinternalisasi oleh nilai-nilai tauhid (berdasarkan hasil konsultasi dengan pakar). Soal, kunci jawaban dan materi sosialisasi sebelum digunakan terlebih dahulu direview oleh 1 orang pakar Doktor dalam bidang usuludin dan 1 orang pakar Doktor dalam bidang kimia. Dari hasil uji coba diperoleh 5 soal yang valid, meliputi konsep hukum kekekalan energi, sistem-lingkungan, reaksi kimia pada tekanan tetap, reaksi eksoterm-endoterm dan persamaan termokimia. Berdasarkan lima soal yang valid tersebut data kemampuan memahami MTBSPI siswa diukur. Hasil pengukuran diolah secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

1. Kemampuan materi termokimia

Sebagaimana telah diungkapkan di atas bahwa pelaksanaan uji kemampuan termokimia dilakukan sebelum kegiatan sosialisasi. Siswa telah belajar termokimia oleh gurunya. Pengukuran terhadap kemampuan materi termokimia dimaksudkan untuk mengetahui gambaran umum kemampuan rata-ratanya. Informasi ini diperlukan untuk melihat sejauh mana hubungan/pengaruhnya terhadap kegiatan sosialisasi internalisasi nilai tauhid. Hasil pengukuran menunjukkan taraf kemampuan rata-rata materi termokimia sangat rendah yaitu, 42 (skala 100). Perolehan nilai berkisar antara terendah 0 hingga terbesar 83. Hanya 6 siswa dari 27 siswa (22 %) yang memperoleh nilai ≥ 60 .

Rendahnya kemampuan rata-rata termokimia diduga disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya mereka kurang lebih sudah 3 bulan yang lalu belajar termokimia sehingga faktor lupa dapat menjadi alasan, selain itu berdasarkan pengakuan dari beberapa siswa dan juga guru kimia menyatakan bahwa materi termokimia termasuk materi yang sangat sukar.

2. Kemampuan memahami MTBSPI

Kemampuan rata-rata siswa dalam memahami MTBSPI 54 (skala 100) dengan rentang nilai terendah 14 dan tertinggi 78. Tingkat pemahaman rata-rata yang menunjukkan tingkat ketuntasannya berturut-turut untuk soal nomor 1 (hukum kekekalan energi) 75 % dengan sebaran 96 %, 88 %, 53% dan 63% masing-masing untuk soal 1a,1b,1c dan 1d ; Soal nomor 2 (sistem-lingkungan) 61 % dengan sebaran 87%, 55%, dan 42% masing-masing untuk soal nomor 2a, 2b dan 2c; Soal nomor 3 (reaksi kimia pada tekanan tetap) 59 % dengan sebaran 85%, dan 33% masing-masing untuk soal 3a dan 3b; Soal no 4 (eksoterm-endoterm) 44 %; Soal nomor 5 (persamaan termokimia) 57 % dengan sebaran 72%, 56% dan 43% masing-masing untuk soal 5a,5b, dan 5c. Hanya ada 9 siswa (33 %) yang memperoleh nilai > 60. Dengan mengambil 60 batas minimum ketuntasan, maka baru dua konsep dari 5 konsep yang sudah tuntas, yaitu konsep hukum kekekalan energi dan konsep sistem-lingkungan. Sedangkan ketiga konsep yang lainnya belum tuntas. Untuk lebih jelasnya disajikan dalam tabel 1 berikut :

Tabel 1 Uraian soal dan kemampuan memahami MTBSPI

No soal	Uraian Soal Materi Termokimia Berdasarkan Sudut Pandang Islam (MTBSPI)	Ketuntasan (%)	
1	Konsep tentang hukum kekekalan energi bahwa “energi tidak dapat diciptakan” sangat bersesuaian dengan uraian dalam surat Al-quran di antaranya penggalan QS 13 : 16	75	
	a. Tuliskan makna penggalan surat tersebut !	96	
	b. Jelaskan kesesuaiannya?	88	
	c. Ketika kita menggunakan bensin untuk kendaraan bermotor, dapat dipandang sebagai pengubahan energi kimia menjadi energi gerak, berikan uraian dengan merunut asal-usul bensin untuk menegaskan bahwa Allah sebagai pencipta.	53	
2	d. Berikan uraian yang menegaskan bahwa dalam tahap-tahap konversi energi kimia menjadi energi gerak , berlaku ketetapan Allah (taqdir Allah)	63	
	2	Pembicaraan sistem-lingkungan dapat dikaitkan dengan penggalan ayat QS 36 : 36 dan QS 25 : 2.	61
	a. Tuliskan terjemahan/makna penggalan ayat tersebut ?	87	
3	b. Berikan penjelasan ?	55	
	c. Hikmah apa yang dapat diambil dari sistem-lingkungan (berikan 2 contoh)	42	
	3	Pada umumnya banyak reaksi yang terjadi di alam berlangsung pada sistem terbuka (tekanan tetap).	59
4	a. Berikan contoh reaksi dalam tubuh kita yang berlangsung dalam sistem terbuka !	85	
	b. Berikan uraian mengenai “ umumnya reaksi berlangsung pada sistem terbuka” dikaitkan dengan keyakinan bahwa Allah yang memelihara/melestarikan energi !	33	
4	Apa hikmah dari reaksi endoterm dan eksoterm untuk manusia dikaitkan dengan reaksi eksoterm melepaskan panas dan membentuk produk stabil, demikian juga reaksi endoterm yang membentuk produk dengan energi yang lebih tinggi sehingga tidak stabil ?	44	
5	5	Salah satu syarat persamaan termokimia adalah adanya kesetaraan massa, hal ini ditunjukkan dengan samanya jumlah dan jenis atom sebelum dan setelah reaksi. Jika dianalogikan dengan QS 99 : 6-7,uraikan :	57
	a. Persamaannya dari sisi kualitas	72	
	b. Perbedaannya dari sisi kuantitas (karena kasih sayang Allah)	56	
c. Kenapa analogi ini tidak selalu dapat terealisasi di dunia		43	
Kemampuan rata-rata MTBSPI		54	

Perolehan rata-rata kemampuan siswa dalam memahami MTBSPI sangat rendah (54), hal ini sangat berbeda dengan pandangannya terhadap internalisasi nilai tauhid melalui materi

termokimia yang memperoleh rata-rata 79 (Darmana,2013). Hal ini mengindikasikan walaupun pemahaman siswa rendah namun dapat saja memiliki motivasi, sikap atau pandangan yang positif. Keterkaitan antara pemahaman yang kognitif dengan sikap/pandangan yang lebih cenderung afektif tidak mesti harus sama-sama tinggi, walaupun secara umum mungkin lebih cenderung ada korelasi. Sebagai salah satu contoh bukankah kasus-kasus bom bunuh diri merupakan salah satu contoh bagaimana motivasi/sikap yang sangat kuat/ekstrem muncul dari umumnya orang yang memiliki “ilmu agama relatif rendah”.

Rendahnya perolehan rata-rata ini diduga karena beberapa hal, di antaranya karena evaluasi yang mengaitkan pengetahuan ilmiah dengan sudut pandang agama merupakan hal yang baru, siswa belum terbiasa menjawab soal seperti itu. Walaupun sekolah SMA Al Azhar merupakan sekolah yang menjalankan dua kurikulum yaitu Depag dan Depdiknas, namun pada pelaksanaannya kedua kurikulum tersebut baru dijalankan secara bersama-sama, belum pada tahap pengintegrasian, atau kedua kurikulum tersebut belum dijadikan kurikulum “two in one” (Darmana,2013).

Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Kusnadi (2000) yang menemukan bahwa model pembelajaran yang dikembangkannya dapat meningkatkan hasil belajar geografi dan tauhid dalam kategori baik. Perbedaan ini diduga karena pengaruh kontennya yang berbeda, lama pembelajarannya berbeda, dan prosesnya berbeda. Pada Penelitian Kusnadi, tauhid diintegrasikan langsung dalam pembelajaran geografi secara simultan sedangkan pada penelitian ini tauhid disosialisasikan setelah siswa belajar termokimia beberapa waktu yang lalu.

Dari tabel di atas, untuk konsep hukum kekekalan energi (nomor 1) tingkat ketuntasan rata-rata mencapai 75 %. Ketuntasan yang paling tinggi diperoleh untuk soal uraian nomor 1a sebesar 96 %, nomor ini memberi sumbangan paling besar terhadap ketuntasan nomor 1. Dalam soal nomor 1a ini hanya 1 orang yang tidak memberikan jawaban sedangkan 26 orang yang lainnya menjawab benar. Untuk menjawab nomor 1a diperlukan kemampuan mengidentifikasi kalimat mana yang sesuai dari beberapa kalimat yang ada dalam terjemahan QS 13 : 16 dengan konteks hukum kekekalan energi “energi tidak dapat diciptakan”.

Sebagai siswa Al-Azhar yang banyak belajar agama, umumnya sudah terbiasa dalam membaca alqur’an sehingga sangat mudah bagi mereka untuk menjawab nomor 1a. Demikian juga untuk nomor 1b, yang pada dasarnya hanya penekanan/penegasan dari 1a, sehingga tidak ada jawaban yang salah untuk nomor 1b melainkan kurang sempurna, sehingga ketuntasannya cukup tinggi (88 %). Sesuai dengan karakter soalnya, soal nomor 1a dan 1b bukan soal yang menuntut pemikiran yang mendalam, sehingga termasuk soal yang mudah. Tidak demikian dengan soal 1c, nomor ini menuntut kemampuan berfikir yang lebih mendalam dari 1b, selain siswa harus memahami asal-usul bensin minyak bumi juga dituntut bagaimana membuat kesimpulan bahwa akhirnya perunutan tersebut akan sampai kepada pertanyaan yang jawabannya hanya Allah yang menciptakan asal-usul bensin tersebut. Siswa dituntut mampu menyusun kata-kata yang tepat yang mencerminkan pemahamannya terhadap masalah yang dipertanyakan. Karakter soal 1c lebih menuntut jawaban yang berat sehingga tingkat ketuntasannya paling rendah yaitu 53 %. Hal yang sama untuk no 1d, karakteristiknya mirip soal 1c walaupun dengan tingkat ketuntasan yang lebih baik (63 %). Hal ini diduga mungkin ketika proses pembelajaran kegiatan sosialisasi lebih banyak siswa yang memahami penjelasan yang disampaikan oleh peneliti berkenaan dengan nomor soal 1d dari pada nomor soal 1c.

Sebagaimana soal nomor 1, demikian juga soal nomor 2 yang memiliki ketuntasan 61 % . Nomor 2a memberikan sumbangan paling besar terhadap ketuntasan keseluruhan soal no 2 . Soal nomor 2a dan 2b sebenarnya mirip dengan 1a dan 1b, namun mungkin karena dalam soal 2a dan 2b diminta dengan 2 rujukan yaitu QS 36 : 36 dan QS 25 : 2, sehingga siswa harus mengakomodasikan kedua-duanya. Hal ini diduga menjadi pemicu siswa tidak dapat memberikan jawaban yang memuaskan sebagaimana jawaban yang diberikan untuk soal no 1a dan 1b.

Untuk nomor 2c, ketuntasannya sangat rendah (42 %), hal ini diduga siswa belum begitu paham terhadap soal tersebut. Walaupun soal ini terkesan uraian bebas, namun sebenarnya merupakan uraian terbatas karena hikmah yang dimaksud harus berdasarkan rujukan kedua surat al-quran tersebut. Penggalan QS 36 : 36 yang sesuai adalah “Maha suci Allah yang telah menciptakan semuanya **berpasang-pasangan**”. sedangkan penggalan QS 25 : 2 yang sesuai adalah “Allah **menciptakan sesuatu** lalu menetapkan **ukuran-ukurannya** dengan tepat”. Tidak diragukan lagi bahwa sistem dan lingkungan yang telah dipilih oleh saintis pada hakikatnya merupakan pasangan yang telah diciptakan Allah dan Allah yang menentukan sifat atau karakternya (ukuran). Sistem tidak

pernah dapat dipisahkan dari lingkungan, setiap ada sistem pasti ada lingkungan atau sebaliknya. Keduanya saling ketergantungan saling melengkapi. Dari kenyataan ini siswa harus dapat mengungkapkan tentang pelajaran atau hikmah apa yang dapat diambil dari adanya sistem dan lingkungan. Jawaban siswa tidak ada yang salah melainkan tingkat kesempurnaannya. Sehingga semua mendapat skor yang sesuai dengan tingkat kesempurnaan jawaban yang diberikannya.

Soal uraian nomor 3 memiliki tingkat ketuntasan 59 %. Untuk soal nomor 3a umumnya siswa dapat memberikan jawaban yang benar, terlebih lagi soalnya open book, walaupun mungkin tidak memahami namun hanya sekedar menghafal sudah dapat memberikan jawaban yang benar, sehingga ketuntasannya sangat tinggi (85 %). Namun demikian berbeda untuk nomor 3b, nomor yang ketuntasannya 33 %, paling kecil dari seluruh soal yang diujikan. Untuk menjawab soal 3b ini, siswa mesti memahami ciri-ciri reaksi dalam sistem terbuka berdasarkan energi yang terlibat, selain itu memahami arti dan karakteristik dari “pelestarian”. Selanjutnya siswa harus dapat menghubungkan kedua kata kunci tersebut yakni “energi” dan “pelestarian energi” yang pada dasarnya merupakan siklus energi. Jawaban siswa ini akan mengantarkan siswa kepada keyakinan “betapa Allah Maha Kuasa yang telah membuat/menetapkan sesuatu untuk kemaslahatan manusia”

Soal nomor 4 ini hampir serupa dengan soal nomor 2 tentang sistem dan lingkungan, yakni dapat dipandang sebagai “pasangan” namun hakikatnya berbeda setelah mempertimbangkan keharusan dikaitkan atau merujuk kepada apa ?. Dalam soal nomor 4 ini tidak merujuk kepada sebagaimana soal nomor 2 tetapi diminta untuk merujuk kepada karakter dari reaksi eksoterm-endoterm tersebut sebagaimana yang disyaratkan dalam redaksi soalnya. Ketuntasan yang rendah (44 %), diduga selain soal ini secara karakteristiknya sulit juga karena beberapa keterbatasan di antaranya waktu yang relatif sempit sehingga ketika proses kegiatan sosialisasi mungkin pembelajaran kurang sistematis sehingga siswa belum dapat memahami ide dan esensinya, sehingga jawaban mereka umumnya tidak sesuai dengan yang diharapkan

Soal nomor 5 memiliki ketuntasan 57 %. Melalui soal ini ingin mengingatkan kepada siswa bahwa yang berlaku pada reaksi kimia juga berlaku pada diri manusia. Pada persamaan reaksi setara zat yang bereaksi ditulis sebelah kiri dan hasil reaksi sebelah kanan tanda panah. Kesetaraan massa terjamin jika jenis dan jumlah atom di sebelah kiri dan kanan sama. Konsep ini diharapkan dapat dibawa kepada firman Allah QS 99 : 7-8 yang intinya “ semua amal baik dan buruk akan dibalas secara sempurna nanti diakhirat”. Diharapkan siswa termotivasi untuk melakukan amal baik dan meninggalkan amal buruk. Persamaan dari sisi “kualitas” (soal 5a), menunjukkan apa yang kita lakukan didunia itu dianalogikan zat yang bereaksi sebelah kiri (zat yang bereaksi) dan apa yang akan kita peroleh diakhirat adalah zat yang disebelah kanan tanda panah (hasil reaksi). Jenis atom dan jumlah atom yang akan muncul setelah reaksi (sebelah kanan tanda panah) sama dengan jenis atom dan jumlah atom sebelum reaksi (sebelah kiri tanda panah). Hal ini sama dengan kandungan QS 99 : 7-8, di mana kita manusia hanya akan mendapatkan sesuai dengan amal kita, beramal baik akan mendapatkan kebaikan demikian juga keburukan akan mendapat keburukan. Sedangkan dari sisi “kuantitas” (soal 5b), balasan amal baik dibalas baik tetapi balasannya bisa sama jumlahnya (misalnya satu dibalas satu) tetapi boleh juga dilipatgandakan sampai tak terbatas, ini makna “karena kasih sayang Allah” dalam soal nomor 5b. Sedangkan untuk nomor 5c, sebenarnya soal ini mengingatkan bahwa didunia banyak keterbatasan sehingga keadilan yang sesungguhnya (kebaikan beroleh kebaikan dan keburukan beroleh keburukan) hanya akan diperoleh di akhirat. Dalam hal ini siswa diharapkan dapat memberi alasan dengan menyebutkan atau menjelaskan beberapa keterbatasan tersebut.

Rendahnya ketuntasan untuk soal nomor 5b dan 5c (56 % dan 43 %), diduga mirif dengan kasus nomor 4 bahkan mungkin kasus semua soal, namun karena ide untuk menjawab nomor 5 terutama 5b dan 5c cukup meminta berfikir yang lebih mendalam sehingga mereka belum dapat memberikan jawaban yang memuaskan. Ketika soal 5a , siswa masih relatif teringat dan cukup memahami, kebanyakan jawaban siswa pada 5b, mereka menjawab sebagaimana jawaban 5a (jawaban 5a sama dengan 5b), sehingga ketuntasan nomor 5a lebih tinggi dari 5b. Sedangkan untuk nomor 5c umumnya siswa tidak dapat berfikir lagi sehingga ide/ ruh dari soal tidak dipahaminya.

3. Pengaruh penguasaan termokimia terhadap kemampuan memahami MTBSPI

Sebagaimana diungkapkan di atas bahwa kemampuan memahami MTBSPI meliputi kemampuan menjelaskan, mengungkapkan hikmah/nilai/pesan moral dari konsep/fakta/hukum

materi termokimia berdasarkan sudut pandang islam. Hasil analisa data menunjukkan bahwa korelasi antara kemampuan termokimia dengan memahami MTBSPI sangat rendah ($r= 0,06$). Fakta ini mengindikasikan seolah-olah tidak ada hubungan antara keduanya. Hal ini diduga salah satunya karena pengaruh karakter soal tes itu sendiri yang open book (boleh melihat buku kimia dan al-qur'an terjemahan). Dalam soal tersebut siswa diberi informasi tentang konsep kimianya, tidak mesti hapal sebelumnya. Hal ini akan berakibat walaupun kemampuan termokimianya rendah, tetapi ketika uji kemampuan menjelaskan berdasarkan sudut pandang islam, menjadi tidak terbedakan lagi antara siswa yang penguasaannya pada materi termokimia tinggi maupun rendah.

Hal lain, tidak ada hubungan antara kemampuan termokimia dengan kemampuan memahami MTBSPI mengindikasikan keberhasilan dari kegiatan sosialisasi itu sendiri, di mana berhasil membangkitkan semangat untuk kelompok siswa yang memiliki taraf penguasaan kimia rendah. Siswa dari kelompok yang memiliki kemampuan termokimia rendah menjadi memiliki kemampuan yang hampir tak terbedakan dengan kelompok siswa dari kelompok yang memiliki kemampuan termokimia tinggi dalam memahami MTBSPI.

Simpulan & Saran

Kegiatan sosialisasi internalisasi nilai tauhid belum efektif jika dilihat dari kuantitas pencapaian rata-rata kemampuan siswa dalam memahami MTBSPI yang masih rendah (54). Namun, secara kualitas kegiatan ini sudah berhasil meningkatkan semangat siswa terhadap internalisasi nilai tauhid, terutama kelompok siswa yang memiliki kemampuan termokimia rendah. Untuk meningkatkan sampai pada taraf yang sedang bahkan tinggi sangat perlu penyempurnaan terutama dari segi sosialisasi agar dapat dilakukan dalam waktu yang relatif panjang, tentu dengan melakukannya pada semua materi kimia, sains bahkan mungkin mata pelajaran non sains jika memungkinkan. Pada dasarnya internalisasi perlu waktu yang panjang dan berulang-ulang. Sehingga siswa menjadi terbiasa mengkaji materi ajar secara terintegrasi terutama dari sisi faktual yang ilmiah dan dari sisi hakikat bahwa sains itu merupakan milik Allah yang diperuntukan bagi manusia. Selain itu untuk meningkatkan kualitas sosialisasi, maka sebaiknya materi sosialisasi telah dibagikan beberapa hari menjelang dilaksanakan kegiatan sosialisasi.

Daftar Pustaka

- Blanch, A. (2007). Integrating Religion and Spirituality in Mental Health: The Promise and the Challenge. *Psychiatric Rehabilitation Journal*, 30(4), 251-260.
- Darmana, A. (2013). "Internalisasi Nilai-Nilai Agama Islam Dalam Pembelajaran Kimia di SMA Plus Al Azhar Medan Sumatra Utara ". Makalah pada Seminar nasional IPA IV UNNES, Semarang.
- Darmana, A. (2013). "Pandangan Siswa Terhadap Internalisasi Nilai Tauhid melalui Materi Termokimia". Makalah pada SEMIRATA MIPA UNILA, Lampung.
- Darmana, A. (2012). Internalisasi Nilai Tauhid dalam Pembelajaran Sains. Media pendidikan : *Jurnal pendidikan Islam*, 27 (1), 66- 84
- Departemen Agama. (1989)*Al-Quran dan terjemahannya*. Jakarta :Departemen Agama RI
- Depdiknas. (2010). *Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa :Pedoman Sekolah*, Jakarta : Depdiknas
- Kusnadi.(2000). *Pengembangan Pembelajaran Integrasi Nilai-Nilai Tauhid Dalam Pengajaran Geografi (Penelitian Tindakan Di Kelas I SMU 19 Kotamadya Bandung)*. Tesis PPS UPI Bandung : tidak diterbitkan.
- Reich, H. K. (2012). How could we get to a more peaceful and sustainable human World society ? The role of Science and Religion. *Zygon : Journal of Religion & Science*, 47 (2), 308-321

PENGGUNAAN BAHAN DARI LINGKUNGAN SEKITAR UNTUK PRAKTIKUM KIMIA PADA PEMBELAJARAN KIMIA SMA/MA

Aditya Dwicahyo Wibowo, Arum Setianingtiyas & A.K. Prodjosantoso
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya peningkatan motivasi belajar setelah mengalami proses pembelajaran serta ada tidaknya perbedaan yang signifikan motivasi dan prestasi belajar peserta didik kelas X dan XI SMA/MA di Yogyakarta yang mengikuti proses pembelajaran kimia menggunakan bahan dari lingkungan sekitar dengan bahan dari laboratorium untuk praktikum reaksi kimia dan laju reaksi.

Pembelajaran kimia dalam penelitian ini menggunakan metode praktikum. Peserta didik dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, pembelajaran dilaksanakan dalam 2 kali pertemuan. Pada kelas kontrol praktikum menggunakan bahan dari laboratorium dan kelas eksperimen menggunakan bahan dari lingkungan sekitar. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik angket dan teknik ujian. Tes prestasi belajar kimia menggunakan tes prestasi belajar reaksi kimia dan laju reaksi yang telah divalidasi secara teoritis dan empiris. Persyaratan hipotesis diuji dengan uji normalitas dan homogenitas sedangkan hipotesis diuji dengan uji-t sama subjek, uji-t beda subjek dan uji anakova.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan motivasi belajar setelah mengalami proses pembelajaran, akan tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada motivasi dan prestasi belajar peserta didik kelas X dan XI SMA/MA Negeri Yogyakarta yang mengikuti proses pembelajaran kimia menggunakan bahan dari lingkungan sekitar dengan bahan dari laboratorium untuk praktikum reaksi kimia dan laju reaksi.

Kata kunci: metode praktikum, motivasi, prestasi belajar, reaksi kimia, laju reaksi

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk mengubah tingkah laku manusia baik secara individu maupun kelompok dalam upaya mendewasakan manusia melalui pengajaran dan pelatihan. Pendidikan bersifat dinamis, sehingga menuntut adanya suatu perbaikan terus-menerus. Perbaikan yang dilakukan bertujuan untuk dapat mengembangkan suatu potensi yang ada pada diri peserta didik semaksimal mungkin sehingga dapat menghasilkan manusia yang cerdas, mandiri dan dapat bersaing di tingkat internasional. Salah satu perbaikan yang dilakukan adalah pemilihan metode pembelajaran [1]. Metode pembelajaran yang sesuai dengan minat peserta didik akan lebih membangkitkan motivasi belajar peserta didik dan terhadap hasil prestasi belajar peserta didik.[2]

Ciri ilmu kimia adalah bersifat abstrak, bentuk penyederhanaan dari yang sesungguhnya, berkembang cepat, jumlah materi yang dipelajari banyak dan seperti ilmu pengetahuan alam lainnya ilmu kimia bukanlah sekedar menghitung [3]. Sehingga peserta didik mudah memahami ilmu kimia dengan konsep-konsep yang rumit dan abstrak jika disertai contoh-contoh yang konkret serta pengalaman nyata[4].

Belajar adalah suatu bentuk hasil yang dihubungkan dengan masalah-masalah yang tumbuh dalam kegiatan pembelajaran [5]. Pada kenyataannya peserta didik mempunyai motivasi untuk belajar karena didorong oleh rasa ingin tahu. Rasa ingin tahu merupakan daya untuk meningkatkan motivasi belajar[6]. Praktikum adalah salah satu metode pembelajaran yang dapat membuat rasa ingin tahu peserta didik muncul, mengamati proses dan hasil percobaan serta peserta didik terlibat langsung dengan fakta alam. Akan tetapi, pembelajaran dengan metode praktikum oleh pendidik dirasakan kurang praktis dan merepotkan. Metode praktikum masih kurang maksimal disebabkan karena beberapa faktor salah satunya kurang tersedia alat dan bahan laboratorium karena mahalnya alat dan bahan laboratorium [3].

Pendidik perlu merancang suatu inovasi pembelajaran kimia dalam kegiatan praktikum dengan memanfaatkan bahan dari lingkungan sekitar. Selain lebih hemat dan mudah dalam penyediaannya hal tersebut juga dapat membawa peserta didik pada suasana belajar sesungguhnya [7].

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut: ilmu kimia merupakan konsep-konsep yang rumit dan abstrak; diperlukan kegiatan praktikum untuk meningkatkan motivasi belajar dan prestasi belajar; metode praktikum masih kurang maksimal karena membutuhkan bahan laboratorium yang terkadang tidak tersedia di laboratorium sekolah; dan perlu adanya suatu inovasi dalam metode praktikum.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya peningkatan motivasi belajar serta ada tidaknya perbedaan yang signifikan motivasi dan prestasi belajar peserta didik kelas X dan XI SMA/MA Negeri Yogyakarta yang mengikuti proses pembelajaran kimia pada praktikum Reaksi Kimia dan Laju Reaksi menggunakan bahan dari lingkungan sekitar dengan menggunakan bahan dari laboratorium.

Manfaat penelitian diharapkan sebagai acuan pembelajaran kimia yang inovatif sehingga dapat menarik motivasi peserta didik untuk belajar kimia.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh suatu perlakuan terhadap subjek penelitian. Dari penelitian eksperimen dapat diketahui hubungan sebab-akibat dari dilakukannya perlakuan.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah pembelajaran kimia dengan menggunakan bahan praktikum dari lingkungan sekitar dan pembelajaran menggunakan metode praktikum, dengan peserta didik aktif dan pendidik memfasilitasi. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah motivasi dan prestasi belajar kimia. Variabel kendali pada penelitian ini adalah pengetahuan awal peserta didik berupa nilai prestasi belajar peserta didik yang diperoleh dari tes awal sebelum dilaksanakan proses pembelajaran (*pretest*).

Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X MAN Yogyakarta III dan peserta didik kelas XI SMA Negeri 10 Yogyakarta tahun pelajaran 2012/2013. Sampel penelitian adalah dua kelas dari masing-masing sekolah, dimana satu kelas dijadikan kelas eksperimen dan satu kelas yang lain sebagai kelas kontrol. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* artinya pengambilan sampel yang dilakukan peneliti mempunyai pertimbangan tertentu dalam menetapkan sampel sesuai dengan tujuan penelitian.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang dilengkapi dengan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), soal uji pengetahuan awal, soal prestasi belajar, dan angket motivasi belajar. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan teknik angket dan teknik ujian (tes). Alur kerja penelitian secara garis besar meliputi, penentuan sampel, angket motivasi awal dan *pretest*, perlakuan pembelajaran praktikum reaksi kimia dan laju reaksi dengan menggunakan bahan dari lingkungan sekitar untuk kelas eksperimen sedangkan bahan laboratorium untuk kelas kontrol, selanjutnya dilakukan tes prestasi belajar (*posttest*) dan angket motivasi akhir, langkah terakhir yaitu analisis data.

Sebelum dilakukan uji hipotesis, dilakukan uji persyaratan hipotesis terlebih dahulu yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji-t meliputi uji-t sama subjek dan uji-t beda subjek dan uji anakova.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil analisis butir soal pilihan ganda menunjukkan bahwa dari 15 butir soal tes prestasi, 5 butir soal dinyatakan gugur dan 10 butir soal dinyatakan valid. Berdasarkan uji reliabilitas diperoleh harga r_{11} sebesar 0,728 dan 0,714 artinya realibilitas tinggi [8].

Uji normalitas dan homogenitas dilakukan pada data pengetahuan awal berupa *pretest* sebelum perlakuan dilakukan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui data terdistribusi normal atau tidak, sedangkan uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui sampel berasal dari populasi yang homogen atau tidak. Ringkasan perhitungan uji normalitas terhadap data pengetahuan awal kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Sedangkan pada ringkasan perhitungan uji homogenitas terhadap data pengetahuan awal kimia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Ringkasan hasil uji normalitas terhadap data pengetahuan awal

Kelas	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Sebaran
Eksperimen X	0,816	0,518	Normal
Kontrol X	0,889	0,408	Normal
Eksperimen XI	0,807	0,533	Normal
Kontrol XI	1,064	0,208	Normal

Tabel 2. Ringkasan hasil uji homogenitas terhadap data pengetahuan awal

Variabel (Kelas)	F	Sig.	Keterangan
Pengetahuan awal (X)	0,025	0,874	Homogen
Pengetahuan awal (XI)	0,000	0,985	Homogen

Uji-t sama subjek digunakan untuk mengetahui perbedaan keadaan satu faktor dengan dua kali pengamatan yakni motivasi belajar kimia baik kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Pada penelitian ini, dilakukan analisis data motivasi belajar kimia menggunakan program komputer *SPSS 13.0 for windows*. Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Uji-t beda subjek digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan keadaan satu faktor dengan dua sampel yaitu motivasi belajar kimia peserta didik antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Pada penelitian ini, dilakukan analisis data motivasi belajar kimia menggunakan program komputer *SPSS 13.0 for windows*. Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Uji anakova digunakan untuk menguji ada tidaknya perbedaan prestasi belajar kimia peserta didik antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Pada penelitian ini, dilakukan analisis data prestasi belajar kimia menggunakan program komputer *SPSS 13.0 for windows*. Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Analisis Uji-t Sama Subjek Motivasi Belajar Kimia

Kelas	Motivasi	Rerata	Sig
Eksperimen X	Awal	125,4167	0,000
	Akhir	139,2083	
Kontrol X	Awal	126,7692	0,000
	Akhir	141,7308	
Eksperimen XI	Awal	121,9688	0,000
	Akhir	133,9375	
Kontrol XI	Awal	122,8333	0,000
	Akhir	136,4333	

Tabel 4. Ringkasan Hasil Uji-t Beda Subjek Motivasi Belajar Kimia

Kelas	N	Rerata Gain Skor	Sig. (2-tailed)
Eksperimen X	24	13,791	0,672
Kontrol X	26	14,961	
Eksperimen XI	32	11,969	0,509
Kontrol XI	30	13,600	

Tabel 5. Uji Anakova Kelas X

Keterangan	Sum of Squares	df	Mean square	F ₀	Sig
Between Groups	26,362	1	26,362	0,157	0,693
Within Groups	7873,888	47	167,530		
Total	7900,250	48			

Tabel 6. Uji Anakova Kelas XI

Keterangan	Sum of Squares	df	Mean square	F ₀	Sig
Between groups	147,041	1	147,041	0,984	0,325
Within Group	8820,698	59	149,503		
Total	8967,739	60			

Berdasarkan data diatas, Hasil uji-t sama subjek menunjukkan bahwa ada peningkatan motivasi belajar kimia sebelum dan sesudah pembelajaran baik pada kelas eksperimen maupun pada kelas kontrol. Adanya peningkatan motivasi belajar kimia peserta didik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol dikarenakan metode pembelajaran pada masing-masing kelas menggunakan metode yang dapat mengaktifkan rasa ingin tahu peserta didik yakni metode praktikum. Pada kenyataannya peserta didik mempunyai motivasi untuk belajar karena didorong oleh rasa ingin tahu. Rasa ingin tahu merupakan daya untuk meningkatkan motivasi belajar.

Untuk hasil analisis uji-t beda subjek menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan motivasi belajar kimia antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol dan untuk uji anakova juga menunjukkan tidak ada perbedaan prestasi belajar kimia antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol, jika pengetahuan awal dikendalikan secara statistik.

Dengan hasil yang menunjukkan bahwa uji-t beda subjek tidak adanya perbedaan signifikan yang terjadi pada motivasi belajar kimia antara kedua kelas tersebut maka hipotesis yang diajukan tidak terbukti. Tidak terbuktinya hipotesis disebabkan oleh beberapa faktor yaitu sama-sama menggunakan metode praktikum pada kedua kelas, waktu pembelajaran yang relatif singkat dan peserta didik masih menyesuaikan diri.

Selanjutnya, dengan hasil yang menunjukkan uji anakova tidak adanya perbedaan yang signifikan pada prestasi belajar kimia antara kedua kelas tersebut maka hipotesis yang diajukan tidak terbukti. Tidak terbuktinya hipotesis disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: waktu pelaksanaan pembelajaran yang singkat dan metode pembelajaran yang sama.

Meskipun hipotesis tidak terbukti, akan tetapi hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan dari lingkungan sekitar sama efektifnya dengan penggunaan bahan dari laboratorium untuk meningkatkan prestasi belajar kimia peserta didik. Pada dasarnya penggunaan bahan dari lingkungan sekitar dan bahan dari laboratorium untuk praktikum reaksi kimia dan laju reaksi sama-sama meningkatkan motivasi dan prestasi belajar kimia peserta didik kelas X dan XI SMA/MA Negeri Yogyakarta tahun pelajaran 2012/2013.

Penggunaan bahan-bahan dari lingkungan sekitar untuk proses pembelajaran pada praktikum kimia memiliki keuntungan antara lain:

1. Menimbulkan kesan tersendiri dari peserta didik bahwa kimia ada di sekitar kehidupan sehari-hari.
2. Dapat menggantikan bahan-bahan yang tidak tersedia di laboratorium.
3. Dapat memperpanjang proses ingatan peserta didik karena terlibat langsung dengan hal kimia secara nyata yang ada di kehidupan sehari-hari.
4. Tidak menimbulkan limbah yang beracun dan berbahaya.
5. Tidak memerlukan biaya yang besar untuk melakukan praktikum.

Penggunaan bahan-bahan dari lingkungan sekitar untuk praktikum kimia juga memiliki kendala-kendala yang dihadapi antara lain:

1. Adanya keterbatasan waktu pada saat melaksanakan praktikum.
2. Tidak banyak bahan-bahan dari lingkungan sekitar yang dapat digunakan untuk praktikum pada pembelajaran kimia dalam materi kimia.

Namun pada intinya metode praktikum banyak digemari oleh peserta didik dalam proses pembelajaran, selain itu peserta didik mendapatkan pengalaman kerja kimia nyata dan merangsang untuk berpikir kritis dan ilmiah. Sehingga motivasi belajar kimia antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol sama-sama meningkat, dengan kata lain tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara motivasi dan prestasi belajar peserta didik antar kedua kelas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji hipotesis penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan motivasi belajar, namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan motivasi dan prestasi belajar peserta didik kelas X dan XI SMA/MA Negeri Yogyakarta tahun pelajaran 2012/2013 yang mengikuti proses pembelajaran kimia menggunakan bahan dari lingkungan sekitar dengan bahan dari laboratorium untuk praktikum reaksi kimia dan laju reaksi.

Hasil penelitian ini menunjukkan hasil yang positif dikarenakan penggunaan bahan dari lingkungan sekitar sama efektifnya dengan bahan laboratorium di dalam pembelajaran praktikum reaksi kimia dan laju reaksi.

.DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sugihartono, Kartika Nur Fathiyah, Farida Harahap, Farida Agus Setiawan, Siti Rohmah Nurhayati. (2007). *Psikologi Pendidikan*. Yogyakarta: UNY Press.
- [2]. Sukmadinata, Erliani Syaodih. (2007). *Pengembangan Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meningkatkan Keterampilan Sosial*. Bandung: Tidak diterbitkan.
- [3]. Tresna Sastrawijaya. (1988). *Proses Belajar Mengajar Kimia*. Jakarta: DIKTI.
- [4]. Conny semiawan. (1992). *Pendekatan keterampilan proses bagaimana mengaktifkan peserta didik dalam belajar*. Jakarta: Gramedia widiasarana indonesia.
- [5]. H.D. Sujana S. (2000). *Strategi pembelajaran*. Bandung: Falah Production.
- [6]. Hamzah B. Uno. (2008). *Teori Motivasi dan Pengukurannya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [7]. Winarno Surakhmad. (1994). *Pengantar Interaksi Mengajar-Belajar*. Bandung: Tarsito.
- [8]. Sugiyono. (2010). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta

NILAI-NILAI KARAKTER DALAM PEMBELAJARAN KIMIA DI SMA NEGERI 1 WURYANTORO TAHUN PELAJARAN 2012/2013

Aisyiah Restutiningsih Putri Utami & A. K. Prodjosantoso
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
Email: prodjosantoso@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai-nilai karakter, cara guru, dan kesulitan guru dalam mengimplementasikannya dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 1 Wuryantoro.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Dalam penelitian ini data diperoleh dari hasil observasi dan wawancara terhadap guru kimia di SMA Negeri 1 Wuryantoro. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan mereduksi dan menelaah secara sistematis untuk memperoleh kesimpulan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru kimia SMA Negeri 1 Wuryantoro telah menanamkan nilai-nilai karakter dalam pembelajaran. Nilai-nilai tersebut meliputi: jujur, toleransi, disiplin, kerja keras, kreatif, mandiri, demokratis, rasa ingin tahu, cinta tanah air, menghargai prestasi, bersahabat/komunikatif, cinta damai, gemar membaca, peduli lingkungan, dan tanggung jawab. Guru menanamkan nilai karakter melalui pembelajaran baik teori maupun praktik. Guru tidak mengalami kesulitan dalam penanaman nilai karakter. Hambatan muncul dari peserta didik yang apatis dan kadang acuh tak acuh terhadap lingkungan sekitar dan nasehat yang diberikan guru.

Kata kunci: nilai-nilai karakter, Sekolah Menengah Atas, pembelajaran kimia

ABSTRACT

The objectives of this study were to identify character values, problems of the teacher, and how to implement those character values in chemistry teaching in SMA 1 Wuryantoro.

Descriptive qualitative methods were carried out in this study. The data of this study were collected by observation and interviewing chemistry teachers in SMA 1 Wuryantoro. Data collection was undertaken by observation, interviewing, and documentation methods. The data were analyzed by reduced systematically to find the conclusion.

The study showed that all of chemistry teachers in SMA 1 Wuryantoro were already implemented character values in chemistry teaching including: honesty, tolerance, discipline, hard work, creativity, independent, democratic, curiosity, nationalism, appreciate the achievement, love in peace, love to read, caring to the environment, and responsible. The teachers implemented character values either by teaching theory or practice. The teachers were not have any problems in implementing character values. The problems were come from the students who were apathetic and indifferent about their environment and advices given by teachers.

Key words: character values, SMA, chemistry teaching.

A. PENDAHULUAN

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta ketrampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara [1].

Munif Chatib [2] menjelaskan bahwa tujuan sekolah sebagai lembaga pendidikan formal adalah mengubah kualitas akademis dan moral peserta didik ke arah yang lebih baik.

Berkaitan dengan tujuan pendidikan tersebut, maka tugas guru/dosen dalam pembelajaran di kelas adalah menyampaikan atau mentransfer ilmu atau materi pembelajaran, sikap, dan keterampilan kepada peserta didik. Dalam hal penanaman sikap kepada peserta didik, guru sebagai pendidik bertanggung jawab penuh atas penanaman nilai-nilai karakter kepada peserta didiknya. Hal ini sesuai dengan Inpres No. 1 Tahun 2010 [3] pada bagian Prioritas 2: Pendidikan, bahwa hal ini merupakan bagian dari penguatan metodologi dan kurikulum yang diwujudkan dalam tindakan berupa penyempurnaan kurikulum dan metode pembelajaran aktif berdasarkan nilai budaya bangsa untuk membentuk daya saing dan karakter bangsa. Oleh karena dokumen pembelajaran yakni RPP dan silabus serta dalam proses pembelajaran, guru kimia harus memperhatikan penanaman nilai-nilai karakter kepada peserta didik. Hal ini diharapkan dapat terwujud sehingga dapat membentuk pribadi peserta didik yang seutuhnya dan menghasilkan lulusan yang berkarakter.

Pendidikan karakter merupakan satu kesatuan program kurikulum satuan pendidikan dan oleh karena itu secara dokumen dapat diintegrasikan ke dalam KTSP yakni termuat dalam silabus dan RPP [4]. Dalam hal ini, nilai-nilai karakter dapat disisipkan mata pelajaran kimia di kelas dalam rangka membentuk SDM bangsa yang berkarakter [5]. Dalam kegiatan pembelajaran kimia untuk mengembangkan karakter peserta didik, guru dapat menggunakan pendekatan kontekstual yakni mengaitkan antara materi kimia yang diajarkan dengan situasi dunia nyata, sehingga peserta didik mampu untuk membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapannya dalam kehidupan mereka. Dengan begitu peserta didik lebih memiliki hasil yang komprehensif tidak hanya pada tataran kognitif, tetapi juga pada tataran afektif dan psikomotorik [4].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi nilai-nilai karakter, cara guru, dan kesulitan guru dalam mengimplementasikan nilai-nilai karakter tersebut dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 1 Wuryantoro.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kualitatif yang menggunakan desain penelitian satu variable yaitu nilai-nilai karakter dalam pembelajaran kimia kelas X, XI, dan XII di SMA Negeri 1 Wuryantoro tahun pelajaran 2012/2013. Sementara sampelnya adalah guru kimia di SMA Negeri 1 Wuryantoro yang berjumlah 3 orang yakni guru kimia kelas X, XI, dan XII yang masing-masing berjumlah 1 orang.

Nilai-nilai karakter yang diamati [yaitu nilai-nilai karakter ditanamkan oleh guru kepada peserta didik](#) yakni terdapat paling tidak 18 nilai karakter. Instrumen yang digunakan dalam penelitian yaitu lembar observasi dan pedoman wawancara yang divalidasi dengan validitas isi oleh ahli.

Tahapan penelitian ini adalah reduksi data dengan mengoreksi hasil observasi dan hasil wawancara terhadap guru kimia, selanjutnya melakukan interpretasi data dengan menyajikan hasil observasi untuk memperoleh data tentang nilai-nilai karakter yang diimplementasikan guru kimia dalam pembelajaran dan hasil wawancara terhadap guru kimia untuk memperoleh data tentang cara dan kesulitan guru kimia dalam mengimplementasikan nilai-nilai karakter tersebut dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 1 Wuryantoro, kemudian menarik kesimpulan.

C. HASIL DAN DISKUSI

Semua guru SMA Negeri 1 Wuryantoro menuliskan nilai karakter dalam dokumen pembelajaran yakni: jujur, kerja keras, toleransi, rasa ingin tahu, komunikatif, menghargai prestasi, tanggung jawab, dan peduli lingkungan. Semua guru SMA Negeri 1 Wuryantoro juga telah menanamkan nilai-nilai karakter dalam pembelajaran kimia, nilai tersebut meliputi: jujur, toleransi, disiplin, kerja keras, kreatif, mandiri, demokratis, rasa ingin tahu, cinta tanah air, menghargai prestasi, bersahabat/komunikatif, cinta damai, gemar membaca, peduli lingkungan, dan tanggung jawab.

Guru kimia menanamkan nilai karakter dengan cara menyisipkannya dalam materi pembelajaran, dengan memberikan arahan atau himbauan yang dihubungkan dengan materi kimia, mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari dengan memberikan contoh atau teladan, misalnya: guru datang tepat waktu, berpakaian yang rapi. Contoh penanaman nilai karakter saat proses pembelajaran kimia antara lain: guru meminta kepada peserta didik yang nonmuslim untuk memberikan toleransi kepada peserta didik yang sedang melaksanakan ibadah sholat dzuhur

(toleransi), guru meminta kepada peserta didik untuk tetap percaya diri dengan jawabannya meskipun salah dan tidak boleh mencla-mencele (jujur), guru meminta peserta didik agar merapikan baju yang berantakan (disiplin), guru meminta peserta didik untuk mengerjakan soal di papan tulis dan tidak usah takut salah dan soal dikerjakan sendiri (kerja keras dan mandiri), guru menghimbau bahwa peserta didik bisa membuat gethuk rasa buah dengan bahan ester sebagai aroma dan rasa buahnya (kreatif dan cinta tanah air), guru mengatakan bahwa setiap peserta didik boleh maju untuk mengerjakan soal di papan tulis (demokratis), guru meminta peserta didik untuk mencari sumber lain untuk belajar seperti dari perpustakaan dan internet (rasa ingin tahu, gemar membaca, dan tanggung jawab), guru memberi nilai tambahan bagi yang mengerjakan di papan tulis (menghargai prestasi), guru melakukan gurauan kecil yang membuat peserta didik tertawa (komunikatif dan cinta damai), dan guru bercerita bahwa jika peserta didik membangun usaha seperti budidaya semut itu tandanya bisa membuka lapangan pekerjaan untuk masyarakat serta bisa menjaga lingkungan karena melakukan penghijauan dengan menanam pohon untuk tempat tinggal semut (peduli lingkungan).

Saat praktikum, guru menanamkan nilai karakter dengan cara saat kerja kelompok peserta didik harus kompak dan harus saling menghargai yang menunjukkan latihan kerjasama yang baik antar peserta didik, guru memberikan himbauan dan perintah seperti membawa bahan dari lingkungan sekitar untuk praktikum, dan meminta peserta didik untuk kerja dalam kelompok dengan baik.

Pada dasarnya penyampaian semua nilai karakter oleh sampel tidak ada kesulitan, akan tetapi kadang hasil penyampaiannya kurang optimal. Hambatan-hambatan muncul dari peserta didik yaitu kadang ada peserta didik yang malas untuk mencari literatur lain, kurang peduli terhadap lingkungan sekitar, kurang sadar terhadap pentingnya mendapatkan hasil terbaik, kurang percaya diri, kurang sadar akan pentingnya sifat kemandirian, kurang memahami pentingnya kedisiplinan, mudah putus asa, kurang peduli dengan masa depannya, kurang mau untuk berkreasi, dan latar belakang peserta didik yang berbeda-beda serta heterogenitas peserta didik, yakni ada peserta didik yang mudah menerima dan ada peserta didik yang sulit menerima nilai-nilai karakter tersebut.

Nilai karakter religius tidak muncul pada praktik pembelajaran sampel 1, untuk sampel 2 nilai karakter peduli sosial belum muncul dalam praktik pembelajaran kimia, dan nilai karakter semangat kebangsaan belum teramati untuk semua sampel. Hal ini disebabkan oleh waktu pembelajaran yang terbatas dan beban materi pelajaran yang terlalu banyak.

D. SIMPULAN

Guru kimia SMA Negeri 1 Wuryantoro telah menanamkan nilai-nilai karakter dalam pembelajaran. Nilai-nilai tersebut meliputi: jujur, toleransi, disiplin, kerja keras, kreatif, mandiri, demokratis, rasa ingin tahu, cinta tanah air, menghargai prestasi, cinta damai, gemar membaca, peduli lingkungan, bersahabat/komunikatif, dan tanggung jawab. Guru menanamkan nilai karakter melalui pembelajaran baik teori maupun praktik. Guru tidak mengalami kesulitan dalam penanaman nilai karakter. Hambatan muncul dari peserta didik yang apatis dan kadang acuh tak acuh terhadap lingkungan sekitar dan nasehat yang diberikan guru.

DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
2. Munif Chatib. (2009). *Sekolahnya Manusia-Sekolah Berbasis Multiple Intelegences di Indonesia*. Bandung: Kifa
3. Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2010 tentang Percepatan Pelaksanaan Prioritas Pembangunan Nasional Tahun 2010.
4. Kementerian Pendidikan Nasional. (2011). *Pedoman Pelaksanaan Pendidikan Karakter (Berdasarkan Pengalaman di Satuan Pendidikan Rintisan)*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum dan Perbukuan.
5. Wina Sanjaya. (2005). *Pembelajaran dalam Implementasi Kurikulum Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Prenada Media.

