



P R O S I D I N G
SEMINAR NASIONAL KIMIA
TANGGAL 15 NOVEMBER 2014, RUANG SEMINAR FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN : 978 – 602 – 14548 – 1 – 7

TEMA :
PERAN KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA DALAM
MENGEMBANGKAN INDUSTRI KREATIF

TIM EDITOR :
Erfan Priyambodo, M.Si.
Endang Dwi Siswani, M.T.
Togu Gultom, M.Pd., M.Si.

TIM REVIEWER :
Prof. Dr. Nurfina Aznam
Prof. A.K. Prodjosantosa, Ph.D.
Prof. K.H. Sugiyarto, Ph.D.
Prof. Dr. Indyah Sulistyو Arty
Dr. P. Yatiman

JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2014

Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Mengembangkan Industri Kreatif
Ruang Seminar FMIPA UNY, Yogyakarta, 15 November 2014

Diterbitkan oleh

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA

Universitas Negeri Yogyakarta

Kampus Karangmalang, Sleman, Yogyakarta 55281

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, 2014

Cetakan ke-1

Terbitan Tahun 2014

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Seminar Nasional Kimia

(2014 November 15 : Yogyakarta)

Prosiding/Penyunting Priyambodo, Erfan

Priyambodo, Erfan ... [et.al] – Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA

UNY

2014

... jil

1. Education Congresses

I. Judul II. Priyambodo, Erfan

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

ISBN 978 - 602 - 14548 - 1 - 7

Penyuntingan semua tulisan dalam prosiding ini dilakukan oleh Tim
Penyunting Seminar Nasional Kimia, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Prosiding Seminar Nasional Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) 2014 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 15 November 2014 di Fakultas MIPA UNY.

Prosiding ini maksudkan untuk menyebarluaskan hasil-hasil kajian dan penelitian bidang Kimia dan Pendidikan Kimia kepada para dosen, guru, peneliti dan pemerhati pendidikan di Indonesia. Sesuai dengan tema seminar, yaitu Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Mengembangkan Industri Kreatif, diharapkan prosiding ini mampu menjadi media bagi para peneliti, pemikir dan pemerhati pendidikan untuk saling bertukar ide guna perkembangan ilmu kimia maupun pendidikan kimia untuk mencapai kemandirian bangsa Indonesia.

Prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, namun dengan mengesampingkan kekurangan tersebut, terbitnya prosiding ini diharapkan dapat membantu para pendidik maupun peneliti untuk mencari referensi dan menambah motivasi dalam mendidik ataupun melaksanakan penelitian.

Yogyakarta, Desember 2014

Tim Editor

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalamuallaikum wr. wb ,

1. Yth. Bapak Rektor UNY,
2. Yth. Bapak Dekan dan para Wakil Dekan FMIPA UNY,
3. Yth. Bapak Kajur dan jajarannya
4. Yth. Bapak dan Ibu Pemakalah Utama,
5. Yth. Para pemakalah undangan, pemakalah dan peserta seminar sekalian,

Assalamu'alaikum Wr Wb

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala karunia dan rahmatNya yang telah dilimpahkan kepada kita semua dalam rangka memperingati Dies Natalis ke 58 pada tahun 2014, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

Ilmu Kimia memegang peranan di semua aspek kehidupan mulai dari proses yang paling sederhana sampai dengan proses yang sangat kompleks. Selain itu, ilmu kimia juga merupakan salah satu bidang ilmu yang mendasari perkembangan teknologi dan industri. Sejalan dengan globalisasi yang tidak terbendung, negara kita perlu peningkatan kekuatan dan daya saing bangsa, di mana industri dan teknologi memainkan peranan penting dalam hal tersebut. Oleh karena itu dalam seminar kali ini, kami mengangkat tema '**Peranan Ilmu Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Mengembangkan Industri Kreatif**' untuk mengelaborasi peranan dan aplikasi ilmu kimia dalam pengembangan industri.

Seminar ini merupakan ajang diskusi untuk menggali informasi baru perkembangan Ilmu Kimia maupun Pendidikan Kimia dan yang berkaitan, serta menggali peran dari keduanya, guna menumbuhkan kemampuan dalam menjawab tantangan permasalahan yang dihadapi pada Era Global dan membangun karakter yang unggul bagi masyarakat Indonesia. Pada seminar ini, akan disampaikan makalah utama dari 3 (tiga) pembicara, yaitu Prof Dr Liliyasi, M.Pd (Universitas Pendidikan Indonesia), Dr Nurul Taufiqur Rochman (Ketua Masyarakat Nanoteknologi Indonesia) dan Dr Raja Subramaniam (Department of Chemistry, Malaysia). Ketiga pembicara akan menyampaikan makalah dengan sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu dari bidang Industri Kimia, Penelitian Kimia, dan Pendidikan Kimia..

Kegiatan Seminar Nasional Kimia tahun 2014 ini tidak dapat diselenggarakan dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami mengucapkan terimakasih Bapak Rektor UNY, Bapak Dekan FMIPA UNY, Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Ikatan Alumni Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, para sponsor dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada teman-teman panitia yang telah bekerja keras demi suksesnya penyelenggaraan seminar ini

Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak, Ibu dan Saudara peserta yang telah berkenan mengikuti seminar ini hingga selesai. Kami mohon maaf jika dalam kegiatan ini terdapat kesalahan, kekurangan maupun hal-hal yang tidak/kurang berkenan di hati Bapak, Ibu dan Saudara sekalian.

Terimakasih.

Wassalamuallaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 November 2014
Ketua Panitia

Dr.Cahyorini Kusumawardani

SAMBUTAN KETUA JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada kita sekalian, sehingga kegiatan Seminar Nasional Kimia dalam rangka Dies Natalis ke-58 Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Pada kesempatan ini, perkenankan saya atas nama pimpinan dan civitas akademika Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA UNY mengucapkan selamat datang di Kampus Biru FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

Seminar Nasional Kimia yang kita laksanakan hari ini, merupakan kegiatan rutin yang terjadwal setiap tahun sebagai sarana silaturahmi dan bertukar pengalaman bagi para dosen, guru, peneliti maupun pemerhati dalam bidang kimia dan pendidikan kimia. Kegiatan ini sangat mendukung dalam upaya menumbuh kembangkan kehidupan masyarakat ilmiah. Seiring dengan pergantian kepemimpinan Nasional kita, kegiatan penelitian dan pengembangan diarahkan pada peningkatan kekuatan bangsa di semua sektor pengembangan industri kreatif merupakan salah satu faktor penting penguatan ekonomi dasar dan menengah. Oleh karena itu, pada seminar kali ini diambil tema 'Peranan Ilmu Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Mengembangkan Industri Kreatif'.

Terimakasih yang setulus-tulusnya kami sampaikan kepada ketiga pembicara tamu pada Seminar Nasional Kimia kali ini yaitu Prof. Dr. Liliyasi, M.Pd (Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung), Dr. Raja Subramanian (Department of Chemistry, Malaysia), Dr. Nurul Taufiqur Rochman (Ketua Masyarakat Nanoteknologi Indonesia, LIPI) dan Dr Dwi Hudyanti (Universitas Diponegoro) serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada bapak/ibu pemakalah yang berasal dari berbagai universitas, dan pusat-pusat penelitian di seluruh Indonesia, semoga hal yang dilakukan ini berguna bagi nusa dan bangsa, amal baik beliau semua dibalas oleh Allah SWT.

Akhirnya kami sampaikan banyak terimakasih kepada Rektor UNY, Prof. Dr. Rochmat Wahab, MPd, MA dan Dekan FMIPA, Dr. Hartono, atas dukungan moril dan material, bapak/ibu peserta seminar dan segenap panitia yang telah bekerja keras untuk mewujudkan seminar ini. Kami mohon maaf atas segala kekurangan dalam penyelenggaraan seminar nasional ini. Selamat berseminar dan semoga sukses.

Wassalamualaikum, Wr. Wb

Yogyakarta, 15 November 2014
Kajurdik Kimia UNY

Dr. Hari Sutrisno

SAMBUTAN DEKAN FMIPA UNY

Assalamuallaikum Wr. Wb.,

Selamat datangi FMIPA UNY dan selamat datang pada acara seminar ini. Atas nama Fakultas kami mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya atas partisipasinya dalam seminar ini dan khususnya kepada para pemakalah baik dari dalam maupun luar negeri.

Seminar ini merupakan agenda rutin tahunan Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA. Meskipun seminar ini merupakan Seminar Nasional, namun pada kesempatan ini mendatangkan pembicara dari Luar Negeri. Ucapan terimakasih sebesar – besarnya kepada para pembicara utama, yaitu : Prof. Dr. Liliasari, M.Pd. (UPI Bandung), Dr. Raja Subramaniam (Department of Chemistry Malaysia), Dr. Nurul Taufiqu Rachman, M.Eng. (Ketua Masyarakat Nanoteknologi Indonesia, Peneliti LIPI) dan Dr Dwi Hudyanti (Universitas Diponegoro).

Tema yang diangkat pada tahun ini adalah : “Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Mengembangkan Industri Kreatif”. Kita tahu bahwa masih ada jarak antara universitas (dunia pendidikan) dengan dunia industri. Belum banyak hasil penelitian dari universitas yang ditindak lanjuti oleh industri. Semoga pada seminar ini nanti akan diperoleh ide–ide bagaimana membuat kolaborasi antara univertitas / tenaga pendidik dan para praktisi industri

Terimakasih kepada panitia dan atas nama institusi saya mohon maaf sebesar–besarnya apabila dalam penyelenggaraan seminar ini ada hal–hal yang kurang.
Selamat berseminar.

Wasalamuallaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 November 2014
Dekan FMIPA UNY

Dr. Hartono

DAFTAR ISI

BIDANG KIMIA

1. SINTESIS 1,5-BIS(4'-TRIFLOROMETIL-FENIL)-PENTAN-3-ON DENGAN STARTING MATERIAL 1,5-BIS(4'-TRIFLOROMETIL-FENIL)-PENTA-1,4-DIEN-3-ON MELALUI REAKSI HIDROGENASI DENGAN KATALIS PALADIUM KARBON K-1
Abimantrahita, Ritmaleni dan Sardjiman
2. POTENSI PEROLEHAN ENERGI LISTRIK DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU DENGAN METODE *SALT BRIDGE MICROBIAL FUEL CELL* (SBMFC) K-13
Agustin Hermayanti, Irwan Nugraha
3. KAJIAN ADSORPSI ZAT PENGATUR TUMBUH (ZPT) AUKSIN *INDOLE-3-ACETIC ACID* (IAA) DENGAN BENTONIT ALAM K-23
Andri Somantri dan Irwan Nugraha
4. KARAKTERISTIK ADSORPSI Cr(III) PADA *SURFACE IONIC-IMPRINTED CHITOSAN* K-35
Anis Shofiyani, Narsito, Sri Juari Santosa, Sri Noegrohati
5. PENGARUH PEMBERIAN TERAPI KURKUMIN DAN VITAMIN E TERHADAP EKSPRESI ICAM-1 PADA *Rattus norvegicus* MODEL KANKER MAMMAE HASIL INDUKSI MLD-DMBA K-45
Anna Roosdiana, Monika, Dyah Ayu Oktavianie, Aulia Firmawati, Herawati
6. KAJIAN DIFRAKSI SINAR-X SYNCHROTRON SENYAWA SrPb_{1-x}Sn_xO₃ (x = 0; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1) K-51
A.K. Prodjosantoso, dan Rianjani Dian Nurliza
7. SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS NIKEL(II) DENGAN LIGAN 2,2'-BIPYRIDINA DAN ANION TRIFLOROMETHANESULFONATE K-57
Abdul Aji, Cahyorini K, dan Kristian H. Sugiyarto
8. PENINGKATAN KAPASITAS ADSORPSI BIOMASSA *Azolla microphylla* TERHADAP KADMIUM(II) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI DENGAN ASAM SITRAT K-63
Danar Purwonugroho, Mohammad Misbah Khunur, Latifah Dwi Kartika Nurfitriingsih
9. ADSORPSI ION Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN KITIN TERIKAT SILANG GLUTARALDEHID K-73
Darjito, Danar Purwonugroho, M. Misbah Khunur, dan Joko Indra, D.S.
10. SKRINING FITOKIMIA TUMBUHAN OBAT DI KAWASAN TAMAN HUTAN RAYA RAJA LELO BENGKULU K-81
Dewi Handayani, Sura Menda Ginting, Wiwit, Devi Ratnawati

11. KARAKTERISTIK POLI(TRIMETILEN-SEBASAT) PASCA BIODEGRADASI MENGGUNAKAN *Mucor miehei*
Diah Mardiana, Anna Roosdiana, Susanti D. A, A.K. Fuad K-91
12. SINTESIS SILIKA GEL DARI ABU AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION Ca^{2+}
Eko Prabowo Hadisantoso dan Asiyah Nurrahmajanti K-97
13. PENGARUH GLISEROL DAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISTIK SELULOSA DARI AIR KELAPA DIDEPOSIT NANOPARTIKEL PERAK SEBAGAI MATERIAL ANTIBAKTERI
Eli Rohaeti, Endang Widjajanti LFX, Anna Rakhmawati K-107
14. PENURUNAN KADAR KALSIUM (Ca) LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN MODEL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TERMODIFIKASI BERBASIS BIOMASSA SABUT KELAPA (*Cocos nucifera*)
Febriany Akramah, Eko Suhartono, Noer Komari K-119
15. SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS TEMBAGA(II) DENGAN MEDAN LIGAN 2,2-BIPYRIDIN DAN ANION TRIFLUOMETANSULFONAT
Fitra Karinastiti dan K. H. Sugiyarto K-125
16. PERHITUNGAN *AB-INITIO* TENTANG *DENSITY OF STATE (DOS)* PADA ANATAS TERDADAH ION KROMIUM
Hari Sutrisno K-131
17. STUDI PELEPASAN KADMIUM (Cd) DAN NIKEL (Ni) PADA SEDIMEN SECARA METODE *TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE (TCLP)* DAN UJI SIFAT BIOAKUMULASINYA MELALUI SIMULASI PADA *Cyprinus carpio*
Intan Cahaya Dani dan Budiawan K-137
18. VOLTAMOGRAM *STAINLESS STEEL* PADA ELEKTROLISIS AIR DALAM SUASANA BASA
Isana SYL K-149
19. PENENTUAN SIFAT KIMIA, REAKSI PROTONASI –DEPROTONASI, DAN KONSTANTE KESETIMBANGAN REAKSI PADA PERMUKAAN MINERAL LEMPUNG DAN LOGAM OKSIDA-HIDROKSIDA DENGAN MENGGUNAKAN TITRASI POTENSIOMETRI
Jaslin Ikhsan, Siti Sulastri, dan Sunarto K-155
20. PREPARASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KERAMIK DARI CAMPURAN TANAH LIAT DAN SEKAM PADI UNTUK APLIKASI IRIGASI YANG EFISIEN PADA LAHAN PERTANIAN KERING
Jatna Supriyatna dan Dede Suhendar K-165
21. ISOLASI SENYAWA LUPEOL DARI TUMBUHAN OBAT SUKU ASLI PROVINSI RIAU
Jufriзал Syahri, Rahmiwati Hilma, Rifai Nurhidayah, Neti Triani dan Kun Maslaha K-175

22. SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS KOBALT(II) DENGAN LIGAN BIPYRIDIN DAN ANION TRIFLOROMETHANESULFONATE K-183
Kristanti Eka Wulandari dan K.H. Sugiyarto
23. STUDI AWAL PENGEMBANGAN RADIOFARMAKA ^{99m}Tc -CEFTRIAXON UNTUK DIAGNOSIS INFEKSI K-189
Laksmi Andri A, Sri Setyowati, Yono S.
24. UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK BATANG BINAHONG (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steenis) DENGAN METODE DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) K-197
Lela Mukmilah Yuningsih, Saepudin Rahmatullah, Samiaji Nur Ramdhan
25. SINTESIS DAN KARAKTERISASI PAMAM DENDRIMER G4 SEBAGAI PEMBABAWA OBAT NANOPARTIKEL ^{198}Au K-209
Maiyesni, Mujinah, Witarti, Dede K, Umi NS, Triani W, Pratiti MF, Herlan S
26. PERHITUNGAN BIAYA KERUSAKAN DAN KARBON DALAM BIAYA EKSTERNALITAS PEMBANGKIT LISTRIK K-217
Mochamad Nasrullah
27. PEMBUATAN ^{89}Sr STRONSIUM DARI $^{88}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ UNTUK KANKER PROSTAT DAN TULANG METASTATIS K-227
Maiyesni
28. STUDI KESETIMBANGAN ADSORPSI ZAT WARNA CONGO RED (CR) PADA Fe_3O_4 K-237
Muhammad Ali Zulfikar dan Henry Setiyanto
29. MINYAK ATSIRI DARI LIMBAH JERUK PERAS (*Citrus sinesis* L Obbeck) DAN UJI EFEK LARVASIDANYA K-245
Nunung Kurniasih, Ida Kinasih, Wildan Nuryadin
30. PENGARUH DOSIS BAKTERI DAN BEKATUL PADA FERMENTASI JAGUNG KUNING (*Zea mays* L.) SERTA POTENSINYA DALAM PEMBUATAN MIE BASAH K-253
Oei Cindy Juwita Widagdo, Silvia Andini, dan A. Ign. Kristijanto
31. SINTESA MANOSA TRIFLAT: BAHAN UTAMA DALAM PEMBUATAN RADIOFARMAKA ^{18}F FDG K-259
Purwoko, Seung Dae Yang dan Sang Wook Kim
32. SINTESIS CALKON (*E*)-1,-di(naftalen-1-il)-3-(naftalen-2-il)prop-2-en-1-on DAN AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIDIABETES K-271
Rahmiwati Hilma, Jasril, Irvan Permana
33. SINTESIS SENYAWA 1-(2-KLOROBENZOIL)-3-METIL TIOUREA SEBAGAI KANDIDAT ANTI KANKER K-283
Ruswanto, Amir M. Miftah, Daryono H. Tjahjono, Siswandonono

34. AMOBILISASI ENZIM PEKTINASE DARI *ASPERGILLUS NIGER* DENGAN Matrik Kitosan –Natrium Tripolifosfat dan Penentuan Efisiensi Penggunaannya K-293
Sasangka Prasetyawan, Sutrisno, Chanif Mahdi
35. MEMPELAJARI REAKSI SINTESIS Senyawa Berpotensi Antioksidan Menggunakan Metode yang Ramah Lingkungan K-301
Sri Handayani
36. KOMPOSISI TiO_2 -BENTONIT DAN PENAMBAHAN *SCAVENGER ELECTRONE* $S_2O_8^{2-}$ DAN SO_4^{2-} PADA FOTODEGRADASI *METHYL ORANGE* DENGAN FOTOKATALIS TiO_2 -BENTONIT K-307
Sri Wardhani, Danar Purwonugroho, Khoirun Nisa Afifah, Gilang Kopa Wibisono, Lynna Rohmawati
37. BIOAKUMULASI TOTAL MERKURI PADA IKAN SEBARAU (*Hampala Macrolepidota Sp*) DI SUNGAI RUPIT K-317
Suheryanto, Nurlisa Hidayati, Gemilang Yooka Putra
38. REAKSI TRANSESTERIFIKASI KOMPONEN UTAMA MINYAK GANDAPURA MENJADI ISOAMIL SALISILAT K-323
Suratmo, M. Farid Rahman, Moch. Lutfi Suharianto
39. KANDUNGAN ASAM LEMAK PADA TIGA JENIS IKAN DENGAN TEMPAT HIDUP BERBEDA MENGGUNAKAN KROMATOGRAFI GAS K-329
Tina Dewi Rosahdi, Mimah Mutmainah, Silvi Rizkina, Desi Hidayanti, Lena Rahmidar
40. TEKNIK BARU DAN SEDERHANA SINTESIS MIKROPARTIKEL MAGNETIK Fe_3O_4 TERLAPISI KITOSAN K-339
Uripto Trisno Santoso, Rodiansono, Ahmad Budi Junaidi, Dewi Umaningrum
41. PENYIAPAN DAN KARAKTERISASI KONJUGAT AFLATOKSIN-B1-O-(KARBOKSIMETIL)-OKSIM DENGAN METODE KROMATOGRAFI DAN SPEKTROMETRI K-347
V.Y. Susilo, A. Ariyant¹, W. Lestari, Triningsi¹, Sutari, G. Mondrida, S. Setiyowati, Yunilda, P. Widayati
42. OPTIMASI PROSES LIOFILISASI KIT TETROFOSMIN SEBAGAI RADIOFARMAKA DIAGNOSIS JANTUNG K-355
Widyastuti, Anna Roseliana, Jakaria, Suharmadi
43. VALIDASI METODE PENGUJIAN SENG (Zn) TERLARUT DALAM AIR PENGOLAHAN LINDI MENGGUNAKAN METODE AAS K-363
Yuniar dan Siti Nuraini
44. AKTIVITAS ANTIBAKTERI FRAKSI ETANOL-AIR EKSTRAK ETIL ASETAT KULIT BUAH PISANG AMBON (*Musa paradisiaca* var *sapientum*) TERHADAP *Streptococcus pyogenes* DAN *Shigella sonnei* K-369
Dwi Rezqi Ramadhanis, Haryoto, Ratna Yuliani

45. AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL KULIT BUAH DURIAN (Durio zibethinus Murr.) TERHADAP Staphylococcus epidermidis DAN Shigella sonnei SERTA BIOAUTOGRAFINYA K-375
Fahmi Azhari, Haryoto, Ratna Yuliani
46. PENGARUH PEMBERIAN KOMBINASI EKSTRAK ETANOL DAUN TUMBUHAN SALA (Cynometra ramiflora L.) DENGAN GLIBENKLAMID TERHADAP PENURUNAN KADAR GLUKOSA DARAH PADA TIKUS JANTAN GALUR WISTAR YANG DIINDUKSI ALOKSAN K-381
Haryoto, Ayu Hesti Ratnasari, Tanti Azizah Sudjono
47. STRUCTURE ELUSIDATION OF THE LEAF OF *Tithonia diversifolia* (HEMSL) GRAY K-391
Amanatie dan Eddy Sulistyowati
48. AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL KULIT BUAH DURIAN (Durio zibethinus Murr.) TERHADAP Klebsiella pneumoniae DAN Streptococcus pyogenes SERTA BIOAUTOGRAFINYA K-403
Lu'lu' Hanif Faizah, Haryoto, Ratna Yuliani
49. MODIFIKASI SPCE (SCREEN PRINTED CARBON ELECTRODE) DENGAN PEDOT-PSS (POLY (3,4-ETHYLENEDIOXYTHIOPHENE)-POLY (STYRENE SULFONIC ACID)) UNTUK PENENTUAN FENOL K-409
Farahdilla Andhika Y.F, Ani Mulyasuryani, dan Barlah Rumhayati*
50. AKTIVITAS ANTIBAKTERI FRAKSI KLOOROFORM EKSTRAK ETIL ASETAT KULIT BUAH PISANG AMBON (Musa paradisiaca var sapientum) TERHADAP Shigella sonnei DAN Streptococcus pyogenes K-417
Zakiah Fathiana, Haryoto, Ratna Yuliani

BIDANG PENDIDIKAN KIMIA

1. PERBEDAAN HASIL BELAJAR DAN TUMBUH KEMBANG KARAKTER MULIA SISWA DENGAN MENERAPKAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI BUKU AJAR DALAM PELAJARAN KIMIA DI SMA PK-1
Ajat Sudrajat, Putri Lynna A Luthan, Ikrimah, Novi Yanthy
2. PENGEMBANGAN INSTRUMEN SELF EFFICACY MENGAJAR KIMIA DI SEKOLAH KEJURUAN UNTUK CALON GURU KIMIA PK-11
Antuni Wiyarsi, Sumar Hendayana, Harry Firman dan Sjaeful Anwar
3. INTERNALISASI NILAI TAUHID (INT) DALAM MATERI AJAR KIMIA SEBAGAI UPAYA MENUJU PENCAPAIAN KOMPETENSI INTI (KI-1) PK-19
Ayi Darmana
4. PENINGKATAN KINERJA DAN PROFESIONALISME GURU DALAM MENGHADAPI TANTANGAN GLOBALISASI PK-29
Das Salirawati

5. MODEL PEMBELAJARAN “WISATA LOKAL” PADA PEMBELAJARAN SAINS BERBASIS KURIKULUM 2013 PK-39
Eny Winaryati
6. PEMBELAJARAN KIMIA DASAR DENGAN PENDEKATAN INTERDISIPLINER UNTUK PENGEMBANGAN KEMAMPUAN BERPIKIR MATEMATIS DAN PEMECAHAN MASALAH KIMIA KUANTITATIF PK-47
Fahyuddin, Liliyasi, dan Hafiludin Sampradja
7. PENERAPAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN SISTEMIK BERBASIS KONSTEKTUAL UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN KETERAMPILAN PROSES ILMIAH MAHASISWA PADA PRAKTIKUM KIMIA FISIKA II PK-59
Marfuatun, Annisa Fillaeli, Dewi Yuanita L
8. ANALISIS SIKAP TERHADAP INKUIRI PESERTA PELATIHAN PENINGKATAN KETERAMPILAN INKUIRI DAN *SCAFFOLDING* BAGI GURU KIMIA PK-67
Sukisman Purtadi, Anna Permanasari, Omay Sumarna, Wahyu Sopandi
9. PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM) BERORIENTASI PENDEKATAN *GREEN CHEMISTRY* UNTUK PERKULIAHAN KIMIA DASAR MAHASISWA CALON GURU KIMIA PK-77
Sri Poedjiastoeti, Bertha Yonata, Arini Siti Wahyuningsih
10. TREN PENELITIAN PENDIDIKAN KIMIA PK-85
Liliyasi

PENGARUH GLISEROL DAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISTIK SELULOSA DARI AIR KELAPA DIDEPOSIT NANOPARTIKEL PERAK SEBAGAI MATERIAL ANTIBAKTERI

Eli Rohaeti^{1,*}, Endang Widjajanti LFX², Anna Rakhmawati³

^{1,2} Kimia, FMIPA UNY, Yogyakarta

³ Biologi, FMIPA, UNY, Yogyakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserol dan kitosan terhadap gugus fungsi, sifat mekanik, dan aktivitas antibakteri selulosa dari air kelapa yang dideposit nanopartikel perak. Penelitian diawali dengan membuat nata dari air kelapa yang difermentasi dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* selama 7 hari. Variasi dilakukan dengan menambahkan 0,5 gram gliserol dan menambahkan kitosan 2%. Preparasi nanopartikel dilakukan dengan metode reduksi larutan AgNO_3 10^{-3} M dengan reduktor trisodium sitrat 10%. Proses reduksi dilakukan dengan penambahan penstabil polivinil alkohol dan pengaliran gas nitrogen. Aplikasi nanopartikel perak pada selulosa dilakukan dengan *shaker* selulosa dalam koloid nanopartikel perak dengan kecepatan 145 rpm selama 60 menit. Sampel selulosa dianalisis gugus fungsi menggunakan ATR-FTIR, sifat mekanik menggunakan *Tensile Tester*, dan sifat antibakteri dengan metode zona hambat. Hasil penelitian menunjukkan penambahan gliserol meningkatkan jumlah gugus -OH, menurunkan *strength at break* dan *modulus Young* selulosa, tetapi meningkatkan *elongation at break* selulosa. Penambahan kitosan menurunkan *strength at break*, *modulus Young*, dan *elongation at break* selulosa. Hasil uji antibakteri menunjukkan semua sampel memiliki aktivitas antibakteri.

Kata kunci: gliserol, kitosan, nanopartikel perak, selulosa bakteri, sifat mekanik, uji antibakteri.

1. Pendahuluan

Selulosa bakteri memiliki sifat biokompatibilitas, dan kemampuan mengabsorpsi cairan yang besar sehingga cocok digunakan sebagai material penutup dalam proses penyembuhan luka (Czaja, Krystynowicz, Bielecki, Brown, 2006). Selulosa bakteri dapat digunakan sebagai biomaterial penyembuh luka dengan memberikan lingkungan lembab pada permukaan kulit dan menutup dari gangguan dari luar baik secara fisik maupun kimia (Ciechańska, 2004). Namun demikian, selulosa bakteri tidak memiliki daya antimikroba, sehingga aplikasi penggunaan biomaterial sebagai material penutup luka kurang efektif (Maneerung, Tokura, and Rujiravanit, 2008).

Kitosan memiliki aktivitas antibakteri dengan spektrum luas baik terhadap bakteri gram positif maupun bakteri gram negatif (Eldin, Soliman, Hashem, Tamer, 2008). Di samping itu, dengan memanfaatkan kitosan yang merupakan derivat kitin yang diisolasi dari limbah eksoskeleton filum *Crustacea*, maka dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan dari industri pengolahan *Crustacea*.

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, Wietcha, Kazmierczak, Kazmierczak, 2010).

Penambahan *plasticizer* dalam pembuatan polimer baik polimer alam maupun sintesis secara umum bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik polimer. Komponen utama dalam

lapisan polimer *biodegradable* adalah polimer pembentuk massa dan *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* ini dibutuhkan untuk menurunkan kerapuhan/ kekakuan polimer yang disebabkan oleh kuatnya gaya intermolekular. *Plasticizer* yang digunakan adalah gliserol yang akan menyelengi ruang antar rantai polimer, mengganggu ikatan hidrogen dan meregangkan rantai polimer, sehingga kemampuan elastisitas polimer akan meningkat (Gontard, Guilbert, Cuq, 1992).

Selulosa bakteri yang berasal dari air kelapa dengan bantuan bakteri pada proses fermentasinya disebut *nata de coco*. Selulosa bakteri mempunyai struktur kimia seperti selulosa yang terdapat pada tumbuhan. Selulosa bakteri mempunyai keunggulan yaitu kemurnian, derajat kristalinitas dan kuat tarik tinggi serta mudah terdegradasi (Czaja *et al.*, 2007). Selulosa bakteri difermentasi dari media air kelapa dengan adanya bahan tambahan lain untuk meningkatkan sifat mekanik dari selulosa.

Peningkatan elastisitas selulosa dapat diperoleh dengan penambahan pemlastis. Aplikasi selulosa bakteri untuk memenuhi sifat mekanik khususnya keelastisitasan yang baik, telah dilakukan penelitian “Pengaruh Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis Komposit Bakterial Selulosa” oleh Indriyati, Indrarti, dan Rahimi (2006), pemlastis yang digunakan yaitu gliserol. Gliserol mengurangi kuat tarik dan modulus keelastisitas namun menaikkan elongasi.

Telah dilakukan modifikasi selulosa bakteri oleh *Institute of Hemical fibers* (ICWH) dengan mengkompositkan kitosan ke dalam selulosa bertujuan untuk meningkatkan sifat antibakteri (Ciechanska, 2004). Penambahan kitosan pada selulosa bertujuan meningkatkan sifat antibakteri selulosa yang mudah ditumbuhi oleh jamur karena kadar airnya yang tinggi. Sifat antibakteri dari selulosa dapat dioptimalkan melalui penambahan senyawa tambahan berupa nanopartikel perak. Sifat antibakteri selulosa bakteri dapat ditingkatkan melalui deposit nanopartikel perak.

Nanopartikel perak merupakan material antibakteri yang mampu membuat dinding sel bakteri dan bakteri mengalami kematian (Saputra dkk, 2010). Nanopartikel perak bersifat toksik pada mikroba namun tetap aman bagi manusia pada konsentrasi rendah. Aplikasi nanopartikel perak pada bidang medis dan tekstil telah banyak dilakukan (Haryono dan Harmami, 2010) salah satunya sebagai penutup luka.

Nanopartikel perak dapat dipreparasi menggunakan berbagai jenis reduktor antara lain asam askorbat, asam nitrat, dan trisodium sitrat, sedangkan polivinil alkohol sebagai penstabil. Pengaliran gas nitrogen selama preparasi nanopartikel perak bertujuan untuk mengusir udara dalam reaktor selain itu pula untuk mencegah aglomerasi (Saputra dkk, 2010).

Seung Yun Lee (Handayani, 2009) menyatakan perak merupakan agen antimikrobia yang efektif dalam menghambat mikroorganisme patogen seperti virus, bakteri, dan mikroorganisme eukariotik. Bakteri merupakan sel prokariotik tanpa klorofil dan bersel tunggal. Bakteri yang sering terdapat pada luka sangat beragam salah satunya *Eschericia coli*. Analisis antibakteri nanopartikel perak dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain metode *minimum inhibitory concentration (MIC)*, *turbidimetry*, dan difusi. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak terhadap *S.aureus* dan *E.coli* telah dilakukan oleh Saputra dkk, 2010 menggunakan metode difusi cakram (Kirby Bauer).

Penelitian pengaruh penambahan gliserol, kitosan dan gliserol-kitosan terhadap gugus fungsi, sifat mekanik, dan aktivitas antibakteri selulosa dari air kelapa yang dideposit nanopartikel perak belum ada yang melaporkan. Oleh karena itu, pada tulisan ini akan dikaji pengaruh penambahan gliserol, kitosan dan gliserol-kitosan terhadap gugus fungsi, sifat mekanik, dan aktivitas antibakteri selulosa dari air kelapa yang dideposit nanopartikel perak.

2. Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain FTIR-ATR, *Tensile strenght UCT series*, Spektrofotometer UV-VIS, neraca analitik, pemanas, cawan petri, *magnetic stirrer*, oven, wadah fermentasi, kaca arloji, botol flakon, pH stik, autoklaf, dan *laminar air flow*. Adapun bahan-bahan yang digunakan antara lain air kelapa, gliserol, akuades, larutan

CH₃COOH, gula pasir, bakteri *Acetobacter xylinum*, urea, bakteri *Escherichia coli*, kitosan, trisodium sitrat, kristal AgNO₃, gas nitrogen, agar, dan polivinil alkohol.

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi preparasi Selulosa Bakteri, komposit selulosa bakteri-gliserol, komposit selulosa bakteri-kitosan, dan komposit selulosa bakteri-gliserol-kitosan, serta karakterisasinya.

Preparasi selulosa bakteri dari air kelapa

Preparasi selulosa bakteri dimulai dengan tahapan pemisahan air kelapa dari ampas dan kotorannya, sebanyak 100 mL air kelapa dituangkan dalam gelas beker yang telah dilengkapi dengan *magnetic stirrer*, selanjutnya ke dalam larutan ditambahkan 10 gram gula pasir, 0,5 gram urea, dilakukan pengadukan hingga larut. Campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga pH campuran menjadi 4 dan dipanaskan hingga volume campuran menjadi 90 mL. Larutan dituangkan dalam keadaan panas pada wadah fermentasi dan ditutup. Campuran dibiarkan hingga suhu larutan sama dengan suhu kamar kemudian ditambahkan 20 mL media stater *Acetobacter xylinum*. Kemudian difermentasi selama 7 hari. Setelah 7 hari Lapisan pelikel yang terbentuk dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70-80°C. Lembaran yang dihasilkan dipotong dan disiapkan untuk dikarakterisasi dan dideposit oleh nanopartikel perak

Preparasi komposit selulosa-gliserol dari air kelapa

Preparasi komposit selulosa bakteri – gliserol dimulai dengan tahapan pemisahan air kelapa dari kotorannya. Ke dalam 100 mL air kelapa dituangkan dalam gelas beker yang telah dilengkapi dengan *magnetic stirrer*. Ke dalam larutan ditambahkan 10 gram gula pasir, 0,5 gram urea, selanjutnya diaduk hingga larut kemudian ditambahkan 0,5 gram gliserol diaduk sambil dipanaskan. Campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga pH campuran menjadi 4 dan dipanaskan hingga volume campuran menjadi 90 mL. Campuran dituangkan dalam keadaan panas pada wadah fermentasi dan ditutup. Larutan dibiarkan hingga suhu larutan sama dengan suhu kamar kemudian ditambahkan 20 mL media stater *Acetobacter xylinum*. Selanjutnya difermentasi selama 7 hari. Lapisan pelikel yang terbentuk dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70-80°C. Lembaran yang dihasilkan dipotong dan dideposit oleh nanopartikel perak serta dikarakterisasi.

Preparasi komposit selulosa-kitosan dari air kelapa

Preparasi komposit selulosa bakteri – kitosan dimulai dengan tahapan pemisahan air kelapa dari kotorannya. Ke dalam 100 mL air kelapa dituangkan dalam gelas beker yang telah dilengkapi dengan *magnetic stirrer*. Ke dalam larutan ditambahkan 10 gram gula pasir, 0,5 gram urea, selanjutnya diaduk hingga larut sambil dipanaskan. Campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga pH campuran menjadi 4 dan dipanaskan hingga volume campuran menjadi 90 mL. Campuran dituangkan dalam keadaan panas pada wadah fermentasi dan ditutup. Larutan dibiarkan hingga suhu larutan sama dengan suhu kamar kemudian ditambahkan 20 mL media stater *Acetobacter xylinum*. Selanjutnya difermentasi selama 7 hari. Lapisan pelikel yang terbentuk dicuci dengan akuades dan dicelupkan dalam larutan kitosan 2% kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40-50°C. Lembaran yang dihasilkan dipotong dan dideposit oleh nanopartikel perak serta dikarakterisasi.

Preparasi komposit selulosa-gliserol-kitosan dari air kelapa

Preparasi komposit selulosa bakteri – kitosan dimulai dengan tahapan pemisahan air kelapa dari kotorannya. Ke dalam 100 mL air kelapa dituangkan dalam gelas beker yang telah dilengkapi dengan *magnetic stirrer*. Ke dalam larutan ditambahkan 10 gram gula pasir, 0,5 gram urea, selanjutnya diaduk hingga larut kemudian ditambahkan 0,5 gram gliserol diaduk sambil dipanaskan. Campuran diasamkan dengan penambahan CH₃COOH 25% hingga pH campuran menjadi 4 dan dipanaskan hingga volume campuran menjadi 90 mL. Campuran dituangkan dalam keadaan panas pada wadah fermentasi dan ditutup. Larutan dibiarkan hingga suhu larutan sama dengan suhu kamar kemudian ditambahkan 20 mL media stater *Acetobacter xylinum*. Selanjutnya difermentasi selama 7 hari. Lapisan pelikel yang terbentuk dicuci dengan akuades dan dicelupkan dalam larutan kitosan 2% kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu

40-50°C. Lembaran yang dihasilkan dipotong dan dideposit oleh nanopartikel perak untuk dikarakterisasi.

Preparasi dan aplikasi nanopartikel perak

Kristal perak nitrat (AgNO_3) ditimbang sebanyak 0,0017 gram dan dilarutkan dalam 100 mL akuades. Dimasukkan dalam labu leher tiga yang sebelumnya dicampur penstabil polivinil alkohol 0,5% dan dipanaskan hingga mendidih pada suhu 90°C. Dilakukan penambahan reduktor trisodiumsitrata 10% tetes demi tetes sambil diaduk hingga warna larutan berubah menjadi kuning pucat. Pemanasan dihentikan dan tetap dialirkan gas nitrogen hingga mencapai suhu kamar.

Aplikasi nanopartikel perak pada selulosa dan komposisinya dilakukan dengan cara pencelupan sampel selulosa dalam alkohol 70% selama 5 menit dan dikeringkan dengan diangin-anginkan. Selulosa direndam dalam larutan nanopartikel perak dan *dishaker* dengan kecepatan 145 rpm selama 1 jam. Masing-masing selulosa dikeringkan dalam oven hingga kering.

Karakterisasi selulosa dan komposisinya dideposit nanopartikel perak

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan cara memasukkan sampel padat ke dalam tempat sampel dalam alat FTIR-ATR tanpa perlu dibuat pellet KBr terlebih dahulu. Sampel siap dianalisis transmisiannya. Analisis sifat mekanik dilakukan dengan alat *Tensile Tester* dengan cara memotong selulosa sesuai dengan ISO 527-2 *type 1BA* pada temperatur 23°C. Kedua ujung spesimen dijepit secara paralel. Spesimen ditarik dengan kecepatan 5,0 mm/min. *Strength at break*, *elongation at break*, dan modulus *young* sampel dapat diketahui. Analisis aktivitas antibakteri dilakukan dengan bakteri *Escherichia coli* yang dibiakkan pada media agar miring selama 1 malam pada suhu 30 – 37°C. Bakteri biakan dilarutkan dalam air steril dan diatur konsentrasinya sehingga memberikan rapat optis sebesar 0,1 pada panjang gelombang 650 nm (konsentrasi bakteri 10^7 sel/mL). Sebanyak 100 μL bakteri dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah steril. Sebanyak 15 – 20 mL nutrisi agar ditambahkan pada suhu 45 °C sambil dihomogenkan dan dibiarkan menjadi padatan pada suhu kamar. Media yang telah padat tersebut diisi dengan selulosa dengan diameter 6 mm. Kontrol senyawa standar antibakteri yaitu ampisilin dengan konsentrasi yang sama dengan nanoperak yang telah dibuat sebagai standar. Sampel diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Daerah bening pada sekitar sampel diukur diameternya menggunakan penggaris.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh melalui uji FTIR-ATR merupakan data kualitatif. Data kualitatif berupa informasi jenis ikatan tertentu pada bilangan gelombang tertentu yang diidentifikasi berdasarkan spektra inframerah yang dihasilkan. Gugus fungsional atau jenis ikatan tersebut merupakan penentu sifat-sifat suatu senyawa. Hasil uji mekanik berupa kemuluran atau *elongation at break* (%) dihitung dengan persamaan 1.

$$\text{Kemuluran } (\varepsilon) = \frac{\Delta l}{l-l_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

l : Panjang spesimen setelah uji mekanik (mm)

l_0 : Panjang spesimen awal (mm)

Δl : Perubahan panjang spesimen (mm)

ε : Kemuluran (perpanjangan)

Adapun nilai kuat tarik (*strength at break*) dihitung dengan persamaan 2.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik (MPa)

F = Tarikan maksimal (MPa)

A = Luas area spesimen (mm^2)

Modulus Young atau kekakuan spesimen dihitung dengan persamaan 3.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

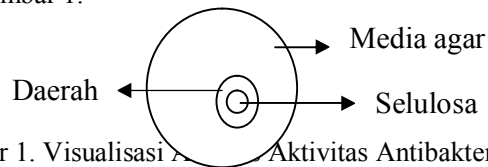
Keterangan:

E = modulus Young (MPa)

σ = kuat putus bahan (MPa)

ε = perpanjangan saat putus (MPa)

Pengujian aktivitas antibakteri diketahui dengan mengukur daerah bening yang dihasilkan selulosa di atas media agar yang telah diperlakukan dengan bakteri *E.coli* menggunakan mistar atau penggaris. Semakin besar diameter daerah bening menunjukkan semakin baik aktivitas antibakteri dari selulosa dideposit dengan nanopartikel perak. Visualisasi analisis aktivitas antibakteri disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Visualisasi Aktivitas Antibakteri

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Selulosa yang dihasilkan sebanyak 4 jenis yaitu selulosa bakteri (SB), selulosa-gliserosol (SG), selulosa-kitosan (SK) dan selulosa-gliserosol-kitosan (SGK). SB dan SG mempunyai tekstur lebih lentur (Gambar 2).



(a)



(b)

Gambar 2. Selulosa bakteri (a) dan Selulosa-gliserosol (b)

SK dan SGK mempunyai tekstur lebih kaku dan tebal dibandingkan dengan selulosa bakteri dan selulosa-gliserosol. Hasil preparasi selulosa-kitosan dan selulosa-gliserosol-kitosan dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Selulosa-kitosan (a) dan Selulosa-gliserosol-kitosan (b)

Selulosa bakteri (SB) dan selulosa-gliserosol (SG) mempunyai kelenturan berbeda. Adanya penambahan gliserol terjadi peningkatan gaya intermolekuler antar rantai selulosa sehingga keelastisitasannya meningkat. Tanaka, *et al.* (2001) melaporkan adanya pengaruh penambahan gliserol sebagai *plasticizer* terhadap fungsi ikatan dalam rantai – rantai polimer, yaitu berupa peningkatan mobilitas, fleksibilitas, dan elastisitas material. Gliserol dipilih sebagai *plasticizer* karena bahan ini bersifat biokompatibel terhadap sistem vaskular, ramah lingkungan, mudah mengalami degradasi dalam suasana aerob dan dapat menurunkan degradasi termal material seperti yang dilaporkan Carvalho, *et al.*, (2003).

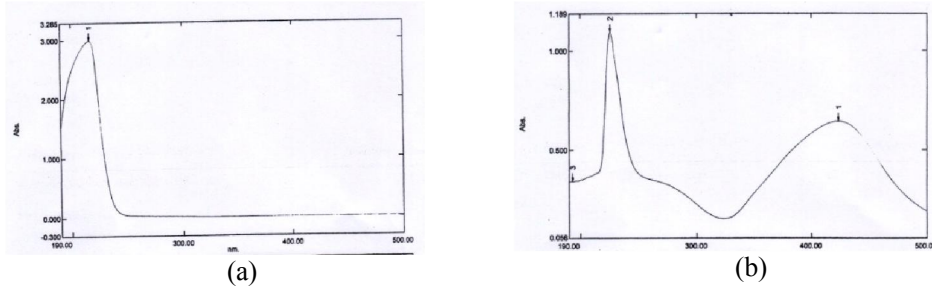
Selulosa-kitosan (SK) dan selulosa-gliserosol-kitosan (SGK) mempunyai struktur lebih kaku dibandingkan dengan SB dan SG. Kitosan yang dikompositkan pada selulosa mengakibatkan adanya interaksi antara gugus OH pada selulosa dan gugus NH₂ pada kitosan membentuk ikatan hidrogen sehingga jarak antar molekul menjadi lebih rapat.

Preparasi nanopartikel perak melalui proses reduksi kimia dari larutan AgNO_3 menggunakan pereduksi senyawa trisodium sitrat. Preparasi nanopartikel perak diperoleh hasil berupa koloid berwarna kuning. Hasil preparasi nanopartikel perak disajikan pada Gambar 4. Banyak faktor yang mempengaruhi proses pembuatan nanopartikel perak terjadi adanya kontak dengan oksigen maka terjadi reaksi oksidasi terhadap perak yang terbentuk sehingga ukurannya menjadi lebih besar. Oleh karena itu pada proses preparasi nanopartikel perak dengan reaksi reduksi AgNO_3 ditambahkan polivinil alkohol 0,5% yang akan membentuk senyawa kompleks dengan ion perak sehingga menjadi lebih stabil dan dilalirkan gas nitrogen ke dalam reaktor untuk mengusir oksigen dan uap air yang terbentuk.



Gambar 4. Nanopartikel Perak

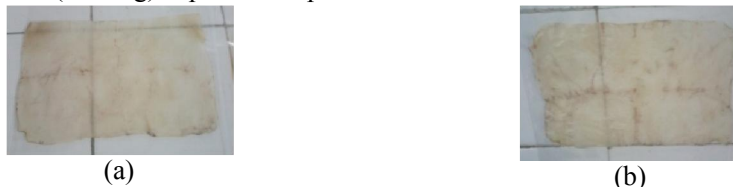
Koloid yang dihasilkan dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis merk Shimadzu 1601. Hasil pengukuran koloid berupa spektra UV-Vis larutan standar AgNO_3 dan spektra UV-Vis hasil preparasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektra UV-Vis Larutan Standar AgNO_3 (a) dan Hasil Preparasi Nanopartikel Perak (b)

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa larutan perak nitrat menunjukkan puncak pada panjang gelombang 216,20 nm dengan absorbansi 2,987. Setelah proses reduksi dengan rentang panjang gelombang 190-500 nm, puncak terlihat pada panjang gelombang 423,40 nm dengan absorbansi 0,643. Hal ini diindikasikan terbentuknya Ag^0 . Selain itu terdapat puncak lainnya pada panjang gelombang 225,80 nm dengan absorbansi 1,095. Hal ini dimungkinkan masih terdapat Ag^+ yang belum tereduksi menjadi Ag^0 dalam larutan. Reaksi pembentukan nanopartikel perak sangat tergantung pada proses reduksi dan pemanasan (Guzman, Jean Dille, and Stephan Godet, 2008).

Selulosa bakteri terdeposisi nanopartikel perak (SB+Ag) dan selulosa-gliserol terdeposisi nanopartikel perak (SG+Ag) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Selulosa Bakteri+Ag (a) dan Selulosa-gliserol+Ag (b)

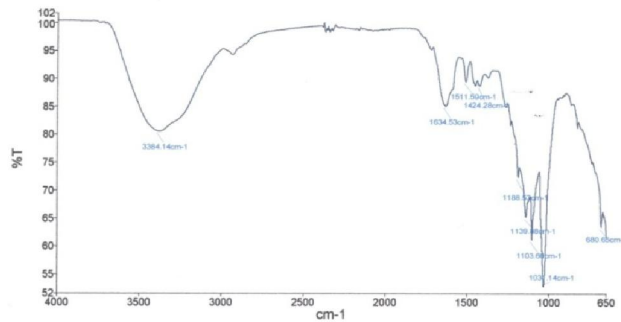
Selulosa-kitosan terdeposisi nanopartikel perak (SK) dan Selulosa-gliserol-kitosan terdeposisi nanopartikel perak (SGK) disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Selulosa-kitosan+Ag (a) dan Selulosa-gliserol-kitosan+Ag (b)

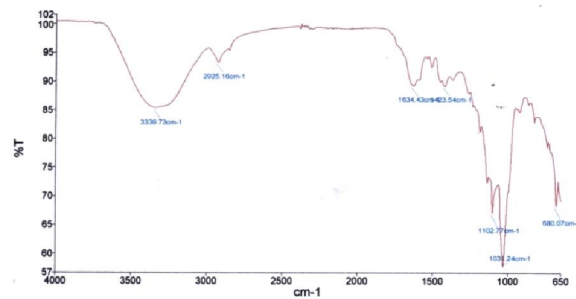
Analisis spektroskopi FTIR-ATR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari senyawa organik maupun anorganik. Pengujian menggunakan FTIR-ATR model Fronteier S/N 96772 dilakukan di Akademi Teknik Kulit (ATK) Yogyakarta. Pada penelitian ini, analisis menggunakan spektroskopi FTIR-ATR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada selulosa bakteri, selulosa-gliserol, selulosa-kitosan dan selulosa-gliserol-kitosan air kelapa yang terdeposisi nanopartikel perak. Selulosa dari air kelapa ini tersusun dari monomer-monomer glukosa sehingga terdapat beberapa gugus fungsi yang khas antara lain gugus hidroksi dan C-O glikosidik.

Karakteristik gugus fungsi dengan spektroskopi FTIR-ATR dilakukan pada sampel selulosa dari air kelapa. Spektra hasil gugus fungsi selulosa bakteri yang terdeposit nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 8.



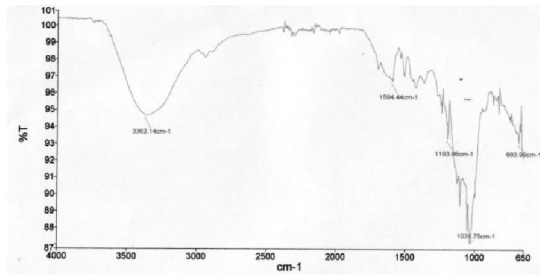
Gambar 8. Spektra FTIR ATR Selulosa Bakteri Air Kelapa Terdeposisi Nanopartikel Perak

Spektra hasil analisis gugus fungsi selulosa-gliserol yang dideposit nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 9.



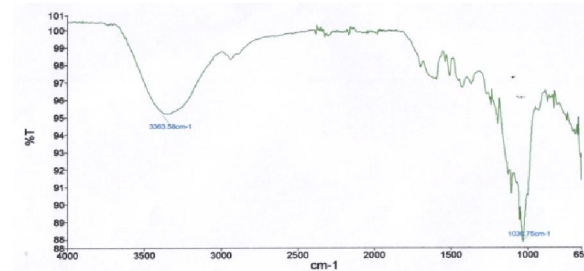
Gambar 9. Spektra FTIR ATR Selulosa-gliserol Air Kelapa Terdeposisi Nanopartikel Perak

Spektra hasil analisis gugus fungsi selulosa-kitosan yang dideposit nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Spektra FTIR ATR Selulosa-kitosan Air Kelapa Terdeposit Nanopartikel Perak

Spektra hasil analisis gugus fungsi selulosa-gliserol-kitosan yang terposisi nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Spektra FTIR ATR Selulosa-gliserol-kitosan Air Kelapa Terdeposit Nanopartikel Perak

Berdasarkan analisis data FTIR ATR dari selulosa bakteri, selulosa-gliserol, selulosa-kitosan dan selulosa gliserol-kitosan dari air kelapa terdeposit nanopartikel perak menunjukkan spektra yang berbeda-beda namun terdapat gugus yang hampir sama. Selulosa bakteri menunjukkan serapan puncak-puncak dengan bilangan gelombang sebagai berikut $3384,14\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus OH; $2950-2900\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-H alkana yang diperjelas dengan serapan pada daerah $1424,28\text{ cm}^{-1}$; $1511,49\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus cincin aromatik yang berasal dari cincin piranosa; terdapat tiga serapan dari daerah $1188,53-1103,60\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O glikosidik. Spektrum tersebut menunjukkan gugus fungsi yang dimiliki oleh selulosa.

Selulosa-gliserol menunjukkan serapan puncak-puncak dengan bilangan gelombang sebagai berikut $3339,73\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus OH dari selulosa; $2925,16\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-H alkana yang diperkuat dengan serapan pada daerah $1423,54\text{ cm}^{-1}$; $1500-1475\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus cincin aromatik yang berasal dari cincin piranosa; tiga puncak pada daerah $1300-1102,77\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O glikosidik. Selulosa-kitosan menunjukkan serapan puncak-puncak dengan bilangan gelombang sebagai berikut $3362,14\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan dimungkinkan adanya gugus OH dan gugus NH_2 ; $1594,44\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus NH_2 khas amina; serapan pada daerah 1300 cm^{-1} menunjukkan serapan C-H amina; $2900-2800\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-H alkana yang diperjelas dengan adanya serapan pada daerah 1400 cm^{-1} ; $1500-1475\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan dimungkinkan adanya cincin aromatik piranosa; tiga serapan pada daerah $1300-1100\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O glikosidik.

Selulosa-gliserol-kitosan menunjukkan serapan spektrum dengan bilangan gelombang sebagai berikut $3363,58\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan dimungkinkan adanya gugus OH dan gugus NH_2 ; $2900-2850\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-H alkana yang diperjelas dengan serapan pada daerah 1400 cm^{-1} ; 1300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H amina; 1550 cm^{-1} memperkuat adanya gugus NH_2 ; $1500-1475\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya cincin aromatik piranosa; tiga serapan pada daerah $1300-1100\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O glikosidik.

Data yang diperoleh dari spektrum infra merah dapat memberikan informasi secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kuantitatif diperoleh dari besarnya absorbansi atau transmitansi (Khopkar, 2008). Transmitansi spektrum serapan OH pada selulosa-gliserol lebih rendah dibandingkan dengan spektrum serapan OH pada selulosa bakteri. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, nilai transmitansi berbanding terbalik dengan absorbansi. Semakin tinggi transmitansi maka absorbansi OH semakin rendah, sehingga jumlah OH pada selulosa-gliserol lebih banyak dibandingkan dengan jumlah OH pada selulosa bakteri. Hal ini menunjukkan dengan penambahan gliserol meningkatkan jumlah OH yang membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa.

Penambahan kitosan pada selulosa memunculkan gugus NH_2 pada spektra inframerah. Spektrum IR selulosa-gliserol-kitosan menunjukkan serapan pada daerah 3300 cm^{-1} nilai transmisinya lebih rendah dibandingkan dengan selulosa-kitosan. Penambahan gliserol dan kitosan pada selulosa mengakibatkan meningkatnya jumlah OH dan memunculkan gugus NH_2 , sehingga ikatan hidrogen yang terbentuk lebih banyak pula. Peningkatan ikatan hidrogen yang terbentuk mengakibatkan penurunan intensitas serapan selain itu juga adanya tumpang tindih antara NH_2 kitosan dengan OH yang mengakibatkan pelebaran pita.

Hasil pengujian sifat mekanik ditunjukkan pada Tabel 1. Selulosa yang mempunyai *strength at break* paling besar adalah selulosa bakteri, *elongation at break* paling besar adalah selulosa gliserol, dan *modulus Young* tertinggi adalah selulosa bakteri.

Tabel 1. Hasil Sifat Mekanik Selulosa dari Air Kelapa Terdeposit Nanopartikel Perak

No.	Membran Selulosa	<i>Strength at Break</i> (MPa)	<i>Elongation at break</i> (%)	Modulus <i>Young</i> (MPa)
1.	Selulosa Bakteri	40,666	19,805	349,43
2.	Selulosa Gliserol	31,753	30,653	179,39
3.	Selulosa Kitosan	2,0196	2,6842	137,57
4.	Selulosa Gliserol-Kitosan	3,7395	2,1340	82,734

Penambahan gliserol pada selulosa menaikkan *elongation at break* pada selulosa. Penambahan gliserol meningkatkan jumlah atom oksigen yang memiliki pasangan elektron bebas menyebabkan meningkatnya gugus fleksibel maka keelastisitasan polimer semakin meningkat. Lin, *et al.* (2008), melaporkan adanya pemlastis dapat menurunkan ketahanan material terhadap *shear stress*. Elastisitas mengalami peningkatan karena molekul gliserol dapat berperan sebagai pemlastis eksternal dan internal yang mana akan mempengaruhi struktur ruang antar rantai polimer menjadi lebih longgar, tidak kaku, dan lebih elastis. Di samping itu, keberadaan gliserol dapat mengikat molekul air di udara melalui interaksi hidrogen.

Penambahan kitosan pada selulosa menurunkan harga *strenght at break dan elongation at break* yang disebabkan menurunnya jarak ikatan intermolekulnya sehingga mengurangi mobilitas molekul selulosa. Penurunan harga *strenght at break* dikarenakan kristalinitas pada selulosa menurun dengan penambahan kitosan yang bersifat amorf (Torres, Commeaux, Troncoso, 2012).

Penambahan gliserol-kitosan pada selulosa menurunkan *elongation at break*. *Elongation at break* berkaitan dengan ikatan intermolekul pada selulosa. Penambahan gliserol-kitosan menambah jumlah ikatan hidrogen pada selulosa sehingga struktur selulosa yang ruah mengurangi mobilitas molekul dan mengakibatkan menurunnya elongasi selulosa. Selain itu, kitosan yang bersifat amorf dan adanya ikatan hidrogen dari gugus OH dan NH_2 dengan selulosa menyebabkan nilai *elongation at break* selulosa menurun. Penurunan nilai *tensile strength* pada kasus ini diperkirakan terjadi karena penambahan kitosan yang bersifat amorf kemungkinan akan merubah struktur kristalin secara signifikan (menurunkan derajat kristalinitas) dari selulosa bakteri sehingga susunan kristal selulosa menjadi tidak teratur dan lemah, akibatnya akan terjadi penurunan *tensile strength* yang menunjukkan penurunan kemampuan material dalam menahan beban. 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).

Pengukuran aktivitas uji antibakteri dapat dilakukan dengan berbagai metode. Uji aktivitas antibakteri pada selulosa bakteri, selulosa-gliserol, selulosa-kitosan dan selulosa-gliserol-kitosan yang terdeposit nanopartikel perak terhadap bakteri *E.coli* ATCC 25922 menggunakan metode Kirby Bauer. Pengujian dilakukan di Laboratorium Penguji, Balai Laboratorium Kesehatan Yogyakarta. Prinsip metode pada pengujian antibakteri ini adalah selulosa yang ditempelkan pada media agar yang telah ditanami bakteri *E.coli* akan terbentuk diameter partikel. Semakin besar diameter yang dihasilkan maka semakin besar pula keaktifan nanopartikel perak dengan bakteri.

Aktivitas antibakteri dari selulosa berbagai komposisi yang terdeposit nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri *E.coli* ditunjukkan pada Tabel 2. Menurut (Song, 2009), nanopartikel perak mempunyai luas permukaan yang besar sehingga kontak dengan mikroorganisme menjadi lebih banyak dan aktivitas antibakteri berlangsung baik. Nanopartikel mendekat pada membran sel bakteri dan melakukan interaksi dengan senyawa tiol yang terkandung dalam protein dan nanopartikel melakukan difusi untuk menyerang rantai pernapasan bakteri sehingga sel tersebut mati. Dengan demikian banyaknya nanopartikel perak yang terdeposit pada selulosa sangat berpengaruh pada aktivitas antibakteri. Semakin banyak nanopartikel perak yang terdeposit pada selulosa maka makin tinggi aktivitas antibakteri yang berlangsung.

Struktur dalam selulosa baik dari gugus fungsi yang berinteraksi dengan nanopartikel perak merupakan salah satu faktor penting dalam proses deposit nanopartikel perak terhadap selulosa. Interaksi antara nanopartikel perak dengan membran selulosa merupakan interaksi elektrostatis. Interaksi yang terjadi sesuai dengan muatan, struktur, dan kandungan kimia dalam membran selulosa (Zbotil and Soukupova, 2013)

Berdasarkan Tabel 2, selulosa-gliserol mempunyai aktivitas antibakteri lebih besar terhadap bakteri *Escherichia coli* diikuti oleh selulosa gliserol-kitosan, selulosa-kitosan dan selulosa bakteri. Penambahan gliserol pada selulosa meningkatkan jumlah atom oksigen yang mempunyai pasangan elektron bebas sehingga interaksi dengan nanopartikel perak menjadi lebih besar. Selulosa gliserol mempunyai OH bebas lebih banyak untuk berikatan dengan nanopartikel perak sehingga keaktifan terhadap bakteri lebih tinggi. Peningkatan gugus fleksibel pada selulosa mengakibatkan nanopartikel perak lebih mudah berikatan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri

No	Membran	Diameter Kepekaan Difusi Membran
1.	Selulosa Bakteri	0,83 mm
2.	Selulosa Gliserol	1,66 mm
3.	Selulosa Kitosan	1,00 mm
4.	Selulosa Gliserol Kitosan	1,33 mm

Selulosa-gliserol-kitosan dan selulosa-kitosan mempunyai karakteristik yang mirip, selain terdapat ikatan dengan gugus OH, nanopartikel perak juga berikatan dengan NH₂ dari kitosan. Selulosa-gliserol kitosan mengandung kedua gugus tersebut lebih banyak dibandingkan dengan selulosa-kitosan. Terjadi interaksi yang lebih besar sehingga sifat antibakteri menjadi lebih besar pula. Penambahan kitosan pada selulosa mengakibatkan selulosa menjadi lebih kaku (lebih rapat) sehingga perak lebih sulit berikatan dengan adanya hambatan sterik. Selulosa kitosan mempunyai kerapatan lebih besar dan hambatan steriknya lebih besar pula cenderung mengganggu perak untuk berikatan sehingga keaktifan dengan bakteri lebih rendah.

Selulosa bakteri mempunyai gugus OH lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan ketiga selulosa lainnya. Hal ini disebabkan struktur selulosa bakteri yang teratur (kristalin) dan rapat sehingga mempersulit nanopartikel perak berikatan dengan gugus fungsi selulosa,

sedangkan penambahan kitosan mengakibatkan sifat selulosa menjadi lebih amorf karena nilai kristalinitasnya menurun (Torres, Commeaux, Troncoso, 2012). Hal ini mempermudah interaksi elektrostatis nanopartikel perak menyerang gugus fungsi dalam selulosa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan gliserol meningkatkan jumlah gugus -OH, menurunkan *strength at break* dan *modulus Young* selulosa, tetapi meningkatkan *elongation at break* selulosa. Penambahan kitosan menurunkan *strength at break*, *modulus Young*, dan *elongation at break* selulosa. Hasil uji antibakteri menunjukkan semua sampel memiliki aktivitas antibakteri. Komposit selulosa bakteri-gliserol hasil fermentasi dengan media air kelapa memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E.coli* paling tinggi dibandingkan dengan selulosa bakteri, komposit selulosa-kitosan, dan komposit selulosa-gliserol-kitosan.

Daftar Pustaka

- Cai, Z., Chen, P., Jin, H.J., Kim, J. 2009. The Effect of Chitosan Content on the Crystallinity, Thermal Stability, and Mechanical Properties of Bacterial Cellulose Chitosan Composites, *Proc. Inst. Mech. Eng. C J. Mech. E.*, 223, 2225 – 2230.
- Carvalho, A.J.F, Zambon, M.D, Curvelo, A.A.S, Gandini, A. 2003. Size Exclusion Chromatography Characterization of Thermoplastic Starch Composite : Influence of Plasticizer and Fibre Content, *Polymer Degradation and Stability*, 79, 133 – 8
- Czaja, W., Romanovicz, D., Brown R.M.J. 2004. Structural Investigations of Microbial Cellulose Produced in Stationary and Agitated Culture, *Cellulose*, 11, 403 – 411.
- Czaja, W., Krystynowicz, A., Bielecki, S., Brown, R. J. 2006. Microbial Cellulose the Natural Power to Heal Wounds, *Biomaterials*, 27, 145-151.
- 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., Kazimierzczak 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.
- Eldin, M.S., Soliman, E.A., Hashem, A.L., Tamer, T.M. 2008. Chitosan Modified Membranes for Wound Dressing Applications: Preparations, Characterization and Bio-Evaluation, *Trends Biomater. Artif. Organs*, 22, 158 – 168.
- Fang, J., C. Zhong, R, Mu. 2005. The study of Deposited Silver Particulate Films by Simple Method for Efficient SERS. *Chemical Physics Letters*, 401, 271-275.
- 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.
- Guzman, M. G., Jean Dille, and Stephan Godet. 2008. Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 43, 357-364.
- Handayani, A. 2009. Imobilisasi Nanopartikel perak sebagai Senyawa Antimikrobia pada Kemasan Pangan. *PKM GT*. Bogor:IPB
- Haryono, A. dan S. B. Harmami. 2010. Aplikasi Nanopartikel Perak pada Serat Katun sebagai Produk Jadi Tekstil Antimikroba. *Jurnal Kimia Indonesia*, volume 5, No. 1, 1-6.
- Haryono A., D. Sondari dan S. B. Harmami. 2008. *The Synthesis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution*. *Indonesian Journal of Material Science*, 233-236.
- Hoenich, N. 2006. *Cellulose for Medical Applications*. Bioresources.
- Kazarian, S. G. 2006. *Application of ATR-FTIR Spectroscopic Imaging to Biomedical Samples*. *Biochimica et Biophysica Acta* 1758, hal 868-867
- Khopkar, S. M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta:UI Press.

- Lin, C.A., Ku, T.H., 2008, Shear and Elongation Flow Properties of Thermoplastic Polyvinyl Alcohol Melts with Different Plasticizer Contents and Degrees of Polymerization, *Journal of Materials Processing Technology*, 200, 331 – 338
- Maneerung, T., Tokura, S., dan Rujiravanit, R. 2008. Impregnation of Silvernanoparticles into Bacterial Cellulose for Antimicrobial Wound Dressing, *Carbohydrate Polymers*, Vol.72 , No. 1, pp. 48.
- Saputra, A. H., A. Haryono, J. A. Laksmono dan M. H. Anshari. 2010. Preparasi Koloid *Nanosilver* dengan Berbagai Jenis Reduktor sebagai Bahan Anti Bakteri. *Jurnal Sains Materi Indonesia Vol. 12, No. 3*
- Song, H. Y. 2009. Fabrication of Silver Nanoparticles and Their Antimicrobial Machanisms. *A European Cells and Materials Suppl. L*, **11**.
- Suryani, A., A. Ismayana, Y. Suatrina dan Y. R. Pyun. 2000. Kajian Teknik Kulvitasi dan Pengaruh Luas Permukaan Media Tumbuh pada Produksi Selulosa Menggunakan Bakteri Isolat Lokal. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, hal. 4-9.
- Tanaka, M., Iwata, K., Sanguandeeul, R., Handa, A., Ishizaki, S. 2001. Influence of Plasticizers on the Properties of Edible Films Prepared from Fish Water-Soluble Proteins, *Fisheries Science*, 67 (2), 346 – 351
- Torres, F. G., S. Commeaux dan O. P. Troncoso. 2012. *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*. *Journal of Functional Biomaterials*.
- Zbotil, R. dan J. Soukupova. 2013. Method of Immobilization of Silver Nanoparticles on Solid Substrates. *Patenscope*. No. WO2013029574 A1