

ISBN : 978-979-99314-6-7



Prosiding Seminar Nasional

Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA
02 Juni 2012, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Prosiding
Seminar Nasional

Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA
02 Juni 2012, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Kelompok Bidang :

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



**Pemantapan Profesionalisme Peneliti, Pendidik dan Praktisi MIPA
Untuk Membangun Insan yang Kompetitif dan Berkarakter Ilmiah**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
2012**



*Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA,
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 02 Juni 2012*



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA

Tanggal 02 Juni 2012, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978-979-99314-6-7

Bidang:

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



Tema:

**Pemantapan Keprofesionalan Peneliti, Pendidik, dan Praktisi MIPA
Untuk Membangun Insan yang Kompetitif dan Berkarakter Ilmiah**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2012



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA

Tanggal 02 Juni 2012, FMIPA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

ISBN: 978-979-99314-6-7

Tim Editor:

1. Kismiantini, M.Si
2. Denny Darmawan, M.Sc
3. Erfan Priyambodo, M.Si
4. Agung Wijaya, M.Pd
5. Sabar Nurohman, M.Pd

Tim Reviewer:

1. Dr. Agus Maman Abadi
2. Wipasar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc, Ph.D
3. Dr. Endang Wijayanti
4. Dr. Heru Nurcahyo



Tema:

**Pemantapan Keprofesionalan Peneliti, Pendidik, dan Praktisi MIPA
Untuk Membangun Insan yang Kompetitif dan Berkarakter Ilmiah**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2012

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) 2012 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 2 Juni 2012 di Fakultas MIPA UNY.

Seminar Nasional MIPA UNY 2012 mengangkat tema “*Pemantapan Profesionalisme Peneliti, Pendidik dan Praktisi MIPA untuk Membangun Insan yang Kompetitif dan Berkarakter Ilmiah*”. Makalah utama yang ditampilkan dalam kegiatan ini adalah “*Publikasi Ilmiah Sebagai Produk Utama Aktivitas Penelitian Ilmiah*” yang disampaikan oleh Dr. Langkah Sembiring dari Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dan “*Upaya Membangun Insan Berkarakter Ilmiah dan Kompetitif*” yang disampaikan oleh Sudjoko, M.Si., dari Jurusan Pendidikan Biologi 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 2012

Tim Editor

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalamuallaikum wr. wb.

1. Yth. Rektor UNY,
2. Yth. Dekan dan para Wakil Dekan FMIPA UNY,
3. Yth. Para Pembicara Utama,
4. Yth. Bapak/Ibu Tamu Undangan
5. 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 rahmatNya 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- 48 Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2012.

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 budaya luar yang lebih banyak ditemui pada generasi muda. Peran nyata dunia pendidikan dan penelitian dalam membangun jatidiri bangsa yang mandiri, inovatif dan adaptif tanpa menghilangkan karakter budaya bangsa perlu ditingkatkan. Oleh karena, sesuai dengan tema seminar yang kami susun, seminar ini bertujuan untuk memantapkan profesionalisme peneliti, pendidik dan praktisi MIPA untuk membangun insan yang kompetitif dan berkarakter ilmiah.

Pada seminar ini, kami mengundang 3 pembicara utama yang akan menyampaikan makalah utama pada sidang pleno, yaitu Prof. Dr. Supriadi Rustad, M.Si (Direktur Diktendik, Dikti), Langkah Sembiring, M.Sc, Ph.D (Fakultas Biologi UGM) serta Sudjoko, M.Si (Staf Pengajar Jurdik Biologi UNY). Atas nama panitia, kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan beliau bertiga hadir dalam acara ini. Ketiga pembicara akan menyampaikan makalah terkait dengan pengembangan pendidikan karakter dengan sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu dari segi kebijakan pendidikan guru, publikasi ilmiah serta pelaksanaan pembelajaran.

Selain itu panitia juga telah menerima sekitar 169 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, SMP 5 Wates, P4TK BMTI, SMA 2 Madiun, Univ.Mataram, UPI, SMA 5 Metro Lampung, Dinas Pendidikan KulonProgo, TK Masjid Syuhada, Univ.Negeri Manado, STKIP Siliwangi, IKIP PGRI Madiun, STIS serta karya PKMP mahasiswa FMIPA UNY.

Kegiatan Seminar Nasional MIPA tahun 2012 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, Bapak Prof.Dr. Rochmat Wahab, M.Pd, M.A atas dukungannya serta Dekan FMIPA UNY, Bapak Dr. Hartono atas dorongan, dukungan dan fasilitas yang disediakan. Terimakasih kepada 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 nantinya. 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, Juni 2012
Ketua Panitia

Wipsar Sunu Brams D, Ph.D

SAMBUTAN DEKAN

Assalamualaikum Wr.Wb.

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

Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) ini merupakan agenda rutin tahunan FMIPA UNY dan sekaligus memperingati Dies UNY yang ke 48 (enam windu).

Pada tahun ini tema seminar adalah Pemantapan Profesionalisme Peneliti, Pendidik & Praktisi MIPA untuk Membangun Insan yang Kompetitif dan Berkarakter Ilmiah. Tema ini selaras dengan tema Dies UNY ke 48 yaitu Membangun Insan Berkarakter dan Bermartabat.

Salah satu karakter yang terkait dengan keilmuan adalah kejujuran (jujur) dan orang yang jujur akan bermartabat. Akhir-akhir ini plagiarisme sangat marak, itu artinya karakter ketidak jujuran sedang marak juga. Disisi lain dengan berkembangnya IT kita akan semakin mudah apabila mau, bertindak sebagai plagiat. Akan tetapi kita juga dapat dengan mudah mengetahui apakah ada tindakan plagiarism atau tidak dengan bantuan IT tersebut. Misalkan, dengan mengupload karya kita secara online. Maka selain promosi tentang karya kita juga sekaligus membantu untuk mencegah maraknya plagiarism. Karena ada satu alat yang bisa membandingkan satu karya dengan karya yang lain untuk mengetahui berapa persen karya – karya tersebut saling beririsan.

Harapan kami proseding seminar ini juga akan diupload pada website UNY, sehingga bisa didownload dan semakin banyak dibaca orang.

Akhir kata saya ucapkan terimakasih atas partisipasi Bapak/ Ibu semua pada seminar ini dan mudah-mudahan kita semua bisa berkarakter dan bermartabat. Amien.

Selamat berseminar

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Dekan FMIPA UNY

Dr. Hartono

DAFTAR ISI

Tim Editor.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Sambutan Ketua Panitia.....	iii
Sambutan Dekan.....	iv
Daftar Isi.....	v
Makalah Utama 1 (Langkah Sembiring).....	A
Makalah Utama 2 (Sudjoko).....	B

MAKALAH PENDIDIKAN MATEMATIKA

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN DENGAN PROGRAM *CABRI* IBANDING PEMBELAJARAN KONVENSIONAL PADA TOPIK JARAK GARIS ENGAN BIDANG DALAM BANGUN RUANG KELAS X SMA N 1 DEPOK SLEMAN (Ambar Tri Wahyuni dan M. Andy Rudhito)..... M-1

POLA KESALAHAN PADA OPERASI PEMBAGIAN BILANGAN PECAHAN : STUDI KASUS PADA 4 SISWA KELAS VII B SMP N 3 DEPOK SLEMAN TAHUN PELAJARAN 2008/2009 (Anik Yuliani, S.Pd., M.Pd.)..... M-7

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOPERATIF TIPE *THINK TALK WRITE* TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH PADA SISWA SMA (Asep Ikin Sugandi)..... M-15

UPAYA MENGATASI KESULITAN BELAJAR TOPIK MENENTUKAN JARAK DALAM RUANG DIMENSI TIGA DENGAN PEMBELAJARAN REMEDIAL YANG MEMANFAATKAN PROGRAM *CABRI 3D* UNTUK SISWA KELAS X.3 SMA PANGUDI LUHUR YOGYAKARTA (Bella Wicasari dan M. Andy Rudhito)..... M-23

PEMANFAATAN PROGRAM *CABRI 3D* PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA MATERI PRISMA DAN LIMAS DI KELAS VIII C SMP JOANNES BOSCO YOGYAKARTA DALAM UPAYA MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA (Carolina Ndaru Pangestika dan M. Andy Rudhito)..... M-31

TEORI KECERDASAN MAJEMUK: APA DAN BAGAIMANA MENGAPLIKASIKANNYA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA (Djamilah Bondan Widjajanti)..... M-39

PENINGKATAN MOTIVASI BELAJAR KALKULUS DIFFERENSIAL MELALUI METODE EKSPOSITORI DENGAN PEMBERIAN KUIS (Dra Sumargiyani)..... M-47

KESALAHAN SISWA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA:TEMUAN BERHARGA BAGI PARA GURU DALAM KEGIATAN *LESSON STUDY* (Elly Arliani).....M-53

IMPLEMENTASI METODE <i>INQUIRY</i> DIPADUKAN DENGAN STRATEGI KOOPERATIF UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN BERFIKIR KRITIS MATEMATIS PADA SISWA SMP (Endang L, Fitriana Yuli S., dan Wahyu S).....	M-57
PENERAPAN ANALISIS KONJOIN RANCANGAN KOMBINASI LENGKAP DENGAN JENIS RESPON <i>RATING</i> PADA PREFERENSI MAHASISWA TERHADAP KUALITAS DOSEN SEKOLAH TINGGI ILMU STATISTIK (Fitri Catur Lestari, S. Si., M. Si.).....	M-65
REMEDIASI MENGGUNAKAN PROGRAM FLASH PADA MATERI OPERASI HITUNG BILANGAN BULAT (Hamidah, M.Pd. Dan Nursiah, S.Pd.).....	M-73
PENGARUH <i>SELF EFFICACY</i> TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIK (Hamidah, M.Pd).....	M-79
PENINGKATAN MOTIVASI BELAJAR KALKULUS DIFFERENSIAL MELALUI METODE EKSPOSITORI UPAYA MENGATASI KESULITAN BELAJAR SISWA KELAS VII SMP KANISIUS PAKEM PADA POKOK BAHASAN SEGITIGA DENGAN MEMANFAATKAN PROGRAM <i>GEOGEBRA</i> DALAM PROSES PEMBELAJARAN REMEDIAL (Ignatius Candra Budhiawan dan M. Andy Rudhito).....	M-85
EVALUASI TERHADAP HASIL PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS PENDIDIKAN KARAKTER DI INDONESIA (Ika Wahyu Anita, S.Pd., M.Pd).....	M-95
PEMANFAATAN PROGRAM <i>CABRI 3D</i> UNTUK MEMBANTU PEMBELAJARAN MATEMATIKA PADA POKOK BAHASAN MENENTUKAN BESAR SUDUT ANTARA DUA GARIS DALAM RUANG DIMENSI TIGA DI KELAS X SEMESTER II SMA MARSUDI LUHUR YOGYAKARTA (Maria Immaculata Ray Bastiani, dan M. Andy Rudhito).....	M-101
E-LEARNING READINESS TO E-LEARNING MATURITY (Nur Hadi Waryanto).....	M-109
MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DAN KOMUNIKASI MATEMATIK SISWA SMA MELALUI PENDEKATAN <i>OPEN-ENDED</i> DENGAN PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE <i>COOP-COOP</i> (Rafiq Zulkarnaen).....	M-119
PEMBELAJARAN MATEMATIKA REALISTIK SEBAGAI UPAYA UNTUK MENUMBUHKEMBANGKAN KEPEDULIAN SISWA TERHADAP LINGKUNGAN (Rifka Zammilah).....	M-129
<i>PERFORMANCE ASSESSMENT</i> DALAM PERSPEKTIF <i>MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING</i> (Sri Andayani dan Djemari Mardapi).....	M-137

RANCANGAN DAN PENGEMBANGAN MODUL ELEKTRONIK PEMBELAJARAN PROGRAM LINEAR DENGAN PROGRAM *GEOGEBRA* PADA KELAS X TKJ B SMK N 2 DEPOK SLEMAN TAHUN AJARAN 2011/2012
(Suko Baryoto Adi Raharjo dan M. Andy Rudhito).....M-147

PENGEMBANGAN KARAKTER BANGSA MELALUI INTEGRASI NILAI KEISLAMAN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA
(Suparni, S.Pd., M.Pd.).....M-157

MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KREATIF MATEMATIK SISWA SMA MELALUI PEMBELAJARAN KOOPERATIF *THINK-TALK-WRITE* (TTW)
(Wahyu Hidayat).....M-163

METODE *PEER LESSON* UNTUK MELATIHKAN KOMPETENSI PEDAGOGIK DAN PENDIDIKAN KARAKTER PADA MATA KULIAH *MICROTEACHING*
(Wasilatul Murtafiah, S.Pd., M.Pd., Dan Ervina Maret S, S.Si., M.Pd.).....M-175

UPAYA MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA MENGGUNAKAN *MACRO MEDIA FLASH* SISWA KELAS V SD ISLAM TERPADU LUQMANUL HAKIM DAN SD ISLAM TERPADU AL-KHAIRAT YOGYAKARTA
(Dra. Widayati, MSc.).....M-185

MAKALAH MATEMATIKA

PENGGUNAAN METODE BAYESIAN OBYEKTIF DALAM PEMBUATAN GRAFIK PENGENDALI *p*-CHART
Adi Setiawan M-1

SISTEM KENDALI DAN NAVIGASI WAHANA BAWAH AIR TANPA AWAK UNTUK MENUNJANG PERTAHANAN DAN KEAMANAN NEGARA
Annisa Dwi S., Fatma Ayu N.F.A., Putra S. B., Andri A., Muflih M. K.....M-9
PENDEKATAN CART DAN REGRESI LOGISTIK PADA POLA TINGKAT KEPARAHAN KORBAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI SURABAYA
Atika Nurani Ambarwati, Heri Kuswanto, Ismaini ZainM-17

PREDIKSI SUKU BUNGA BANK INDONESIA (*BI RATE*) MENGGUNAKAN MODEL *NEURO FUZZY*
Ayu Azmy Amalia, Agus Maman Abadi M-27

STUDI MENGENAI MUNCULNYA BIFURKASI HOPF PADA MODEL DIFUSI PERIKLANAN
Ayu Luhur Yusdiana Yati, Kus Prihantoso KrisnawanM-35

IDENTIFIKASI SINYAL OUT OF CONTROL PADA DIAGRAM KONTROL FUZZY MULTIVARIAT PADA PRODUKSI BOTOL RC COLA 800 ML PT. IGLAS (PERSERO) GRESIK
Ayundyah Kesumawati, Muhammad Mashuri, IrhamahM-41

<i>MULTICLASS TWIN BOUNDED SUPPORT VECTOR MACHINE</i> UNTUK PENGENALAN UCAPAN Berny Pebo Tomasouw, S.Si., Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, MT.	M-49
EKSISTENSI DAN KETUNGGALAN DARI PENYELESAIAN PERSAMAAN EULER-LAGRANGE Ch. Enny Murwaningtyas, M.Si.	M-59
ANALISIS KEADAAN DINAMIK SISTEM LORENZ Dian Trendi Dwi P., Kus Prihantoso Kurniawan	M-65
PENGUNAAN MODEL <i>NEURO FUZZY</i> UNTUK PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP YEN JEPANG Dian Tri Handayani, Agus Maman Abadi	M-71
LINEARISASI SISTEM PERSAMAAN DIFERENSIAL PARSIAL PADA MODEL EPIDEMI SIR BERDASARKAN KELOMPOK UMUR Dwi Lestari, Widodo.....	M-79
KAJIAN TERHADAP METODE <i>RESPONSE SURFACE</i> PADA DESAIN BLOK Enny Supartini, Sri Winarni.....	M-87
PORTOFOLIO OPTIMAL MENGGUNAKAN <i>LIQUIDITY</i> <i>ADJUSTED CAPITAL ASSET PRICING MODEL (LCAPM)</i> Evri kurniawati, Retno Subekti	M-93
KENDALI OPTIMAL PENGobatan TUMOR DENGAN KOMBINASI KEMOTERAPI DAN IMMUNOTERAPI Fatanur Baity Tsulutsya, Subchan.....	M-99
DIFFICULTY IN OPTIMIZATION FUNCTIONS OF MATLAB AND HOW TO ANALYZE H.A Parhusip	M-109
METODE TLSAR BERBASIS REGRESI <i>TIME SERIES</i> DAN ARIMA UNTUK PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK Ika Purnamasari, Suhartono.....	M-115
MODEL ALGORITMA PENGAMBILAN KEPUTUSAN MANAJERIAL DENGAN CPM/PERT PADA LEMBAR KERJA (SPEADSHEET) Iswanti.....	M-123
PERHITUNGAN HARGA OPSI EROPA MENGGUNAKAN METODE GERAK BROWN GEOMETRI Kristoforus Ardha Sandhy P., Bambang Susanto, Hanna Arini Parhusi.....	M-131
KETAKSAMAAN <i>CAUCHY-SCHWARZ</i> YANG DIPERUMUM Kus Prihantoso Krisnawan.....	M-139

APLIKASI PERHITUNGAN JARAK ANTARA DUA *WAYPOINT* PADA
GOOGLE MAPS

Kuswari HernawatiM-143

METODE HIMPUNAN AKTIF UNTUK MENYELESAIKAN MASALAH
PEMROGRAMAN KUADRATIK KONVEKS

Yudith Kase, Lusia Krismiyati Budiasih.....M-149

SYARAT CUKUP ORDE KEDUA DALAM OPTIMISASI KONVEKS

Lusia Krismiyati Budiasih.....M-157

SISTEM LINEAR MAX-PLUS INTERVAL WAKTU INVARIANT
AUTONOMOUS

M. Andy Rudhito.....M-163

ANALISIS KESTABILAN PENYEBARAN PENYAKIT CAMPAK
(*MEASLES*) DENGAN VAKSINASI MENGGUNAKAN MODEL ENDEMI
SIR

Marhendra Ali Kurniawan, Fitriana Yuli S, M.Si.M-171

ANALISIS KOINTEGRASI DATA RUNTUN WAKTU INDEKS HARGA
KONSUMEN BEBERAPA KOMODITAS BARANG KOTA DI JAWA
TENGAH

Mariani Jaya Saputra, Adi Setiawan, Tundjung Mahatma.....M-177

PROTOKOL PERJANJIAN KUNCI BERDASARKAN MASALAH
FAKTORISASI ATAS SEMIGRUP NON-KOMUTATIF

Muhamad Zaki Riyanto.....M-185

DESAIN KENDALI ROBUST DENGAN PENDEKATAN PERMAINAN
DINAMIS UNTUK SISTEM LINEAR TIME INVARIANT (LTI)

Muhammad Wakhid Musthofa.....M-193

MODEL EFISIENSI DISTRIBUSI *HONEYWELL WINDTRONICS WIND
TURBINE* PADA RADIUS TERTENTU

Nabih Ibrahim Bawazir, Dwi PrihastutiM-205

PENGUJIAN STRUKTUR MATEMATIKA GRUP BERBASIS OSP (OPEN
SOURCE PROGRAM)

Ngarap Im Manik, Don Tasman, Pretty Christyaningrum Turang.....M-215

**STRATEGI VAKSINASI *PULSE* UNTUK MENGATASI EPIDEMI
PENYAKIT CAMPAK BERDASARKAN MODEL *SIR***

Nikenasih Binatari, M.Si., Eminugroho Ratna Sari, M.Sc.....M-223

PEMODELAN *STRUCTURAL EQUATION MODELING* (SEM) BERBASIS
VARIANS PADA DERAJAT KESEHATAN DI PROPINSI JAWA TIMUR
2010

Noermayanti Hidayat, Dr.Bambang Widjanarko Otok, S.Si., M.Si.....M-229

ANALISA STABILITAS MODEL INFEKSI HTLV-I PADA SEL CD4 ⁺ T DENGAN LAJU INFEKSI NONLINIER DAN RESPON IMUN CTL YANG TERTUNDA Nur Aini S., Subiono	M-241
PEMILIHAN ALGORITMA HEURISTIK TERBAIK UNTUK SUATU MASALAH GRAF BERDASARKAN SIFAT/KARAKTERISTIKNYA (INSTANCE FEATURES) Nur Insani, M.Sc	M-251
SISTEM KENDALI RKK-200 LAPAN DENGAN PENGONTROL PID OPTIMAL Putra S. B., Moh. Rifa'i, Nur Marisa Dewi, Ahmad Nur Shofa, Mohamad Mufti Setiawan	M-257
.. PREDIKSI PRODUKSI IKAN LELE DI KABUPATEN SLEMAN DENGAN MODEL <i>NEURO FUZZY</i> Putri Kartika Sari, Agus Maman Abadi	M-273
PERILAKU <i>STEADY-STATE KALMAN FILTER</i> PADA <i>DIGITAL PHASE LOCK LOOP</i> UNTUK PELACAKAN SINYAL Rini Satiti dan Erna Apriliani	M-281
KENDALI OPTIMAL TEMPERATUR PADA PROSES PRODUKSI BIODIESEL Rosalia Dewi Lestarini, M. Isa Irawan, Subchan.....	M-289
ANALISIS PENDEKATAN HAMILTONIAN PADA MODEL <i>MULTIDIMENSIONAL SCREENING</i> UNTUK PENENTUAN TARIF OPTIMAL PADA PERUSAHAAN MONOPOLI F.X. Satrijo Widyatmoko, Mahmud Yunus.....	M-299
STUDI SIMULASI GRAFIK PENGENDALI BERDASARKAN ESTIMASI FUNGSI DENSITAS KERNEL BIVARIAT Selfie Pattihahuan, Adi Setiawan, Leopoldus Ricky Sasongko.....	M-303
PREDIKSI PENJUALAN SEPEDA MOTOR DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (DIY) DENGAN MENGGUNAKAN MODEL <i>NEURO FUZZY</i> Septiana Nur Rohmah, Agus Maman Abadi.....	M-309
APLIKASI PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) DALAM MENGATASI MULTIKOLINIERITAS UNTUK MENENTUKAN INVESTASI DI INDONESIA PERIODE 2001.1-2010.4 Soemartini	M-315
PENERAPAN <i>FUZZY SERVICE QUALITY</i> DALAM ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN LAYANAN INTERNET MAHASISWA UNY (LIMUNY) Soffia Anisa H., Agus Maman Abadi	M-321

APLIKASI METODE *TWO STEP CLUSTER* UNTUK PENGELOMPOKKAN MAHASISWA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS SRIWIJAYA (STUDI KASUS : MAHASISWA ANGKATAN 2010)

Sri Indra Maiyanti, Endro Setyo Cahyono, Weni WinataM-329

PENERAPAN *STATISTICAL PROCESS CONTROL* UNTUK MENGANALISIS MUTU PROSES TUGAS AKHIR (STUDI KASUS DI JURUSAN STATISTIKA FMIPA UNIVERSITAS PADJADJARAN)

Titi PurwandariM-337

PENGLASIFIKASIAN FUNGSI DISKRIMINAN PILIHAN PROGRAM STUDI MATEMATIKA DI FMIPA DAN FKIP UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Yuli Andriani, Dian Cahyawati, Vivin GusmaryanitaM-343

SOLUSI TEORITIS KEKAKUAN DINAMIK UNTUK PREDIKSI KOEFISIEN ABSORPSI BUNYI DARI BUSA POLIURETAN

Zeth Arthur Leleury, S.Si., Prof. Dr. B. Widodo, M.Sc.,

Dr. Yono Hadi Pramono, M.EngM-347

STRATEGI VAKSINASI *PULSE* UNTUK MENGATASI EPIDEMI PENYAKIT CAMPAK BERDASARKAN MODEL SIR

Nikenasih Binatari, M.Si., Eminugroho Ratna Sari, M.Sc.

Abstrak

Berdasarkan teori dinamika populasi dalam lingkungan, dihipotesiskan bahwa epidemi campak dapat dikendalikan secara efisien oleh vaksinasi *pulse* yaitu dengan pemberian vaksin secara periodik. Keadaan sistem dapat dianalisa dengan model yang representative terhadap perilaku sistem. Pengembangan model SIR dengan melibatkan parameter p , proporsi banyaknya individu yang tervaksin setiap periode waktu, digunakan sebagai model paling sederhana.

Berdasarkan model yang diperoleh pada akhir penelitian dapat dianalisa bahwa epidemi campak dapat dikendalikan jika proporsi p memenuhi

$$\frac{(mT - p)(e^{mT} - 1) + mpT}{mT(p - 1 + e^{mT})} < \frac{m + \alpha}{\beta}. \text{ Hal ini berarti bahwa pemberian vaksin}$$

kepada individu yang rentan terhadap penyakit, secara berulang-ulang (dengan periode tertentu), memungkinkan pembasmian kejangkitan penyakit campak dari seluruh populasi.

Kata Kunci: vaksinasi *pulse*, SIR, epidemi penyakit campak

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Campak adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus yang menular pada anak-anak, dan terkadang juga menyerang orang dewasa. Penyakit ini ditandai dengan demam tinggi, radang selaput mata, dan bercak kemerahan pada kulit. Anak kurang gizi mudah terserang komplikasi yang fatal. Campak disebabkan oleh *Paramiksovirus*. Penularan terjadi melalui percikan ludah dari hidung, mulut, maupun tenggorokan. Penderita bisa menularkan penyakit dalam waktu 2-4 hari sebelum timbul ruam kulit dan selama ruam kulit ada. Masa inkubasi 10-14 hari sebelum gejala muncul.

Sebelum vaksinasi campak digunakan secara meluas, wabah campak terjadi setiap 2-3 tahun, terutama pada anak-anak usia pra-sekolah dan anak-anak SD. Jika seseorang pernah menderita campak, maka seumur hidupnya dia akan kebal terhadap penyakit ini. Data yang ada menyebutkan, kematian akibat campak di dunia yang dilaporkan pada 2002 mencapai 777.000 orang. Di negara-negara ASEAN terdapat 202.000 orang meninggal akibat campak dan 15 % (30.300 orang) diantaranya berasal dari Indonesia. Setiap tahun diperkirakan 30.000 anak Indonesia meninggal karena komplikasi yang diakibatkan campak. Hal ini berarti, kira-kira ada 1 anak yang meninggal setiap 20 menitnya (Depkes RI, 2007).

Baik langsung maupun tidak langsung, penyakit campak merupakan salah satu penyakit yang dapat mengakibatkan kematian. Pemerintah Indonesia telah melakukan beberapa upaya untuk mereduksi kematian, salah satunya yaitu dengan pemberian imunisasi campak. Di Indonesia, program imunisasi campak telah dimulai sejak 1984 dengan kebijakan memberikan 1 dosis pada bayi usia 9 bulan. Pada awalnya cakupan campak sebesar 12,7 persen di tahun 1984, kemudian meningkat sampai di atas 80 persen pada tahun 1990 dan seterusnya bertahan di atas angka tersebut sampai 2006. Pemberian vaksin pada bayi usia 9 bulan ini berdasarkan atas konsep lama 'strategi imunisasi waktu konstan'.

Meskipun pemberian imunisasi telah diberikan, bahkan dengan dosis yang semakin tinggi, perkembangan penyakit campak masih belum dapat dikendalikan. Bahkan, individu yang telah divaksin masih dapat terinfeksi campak. Strategi yang baru untuk mengendalikan penyakit campak kemudian dikemukakan, yaitu dengan pemberian vaksin secara periodik, yang dikenal dengan

strategi vaksinasi *pulse*. Strategi ini digunakan untuk mempercepat reduksi perkembangan penyakit campak. Harapannya strategi ini dapat menghilangkan kemungkinan terjadinya epidemi atas penyakit campak. Strategi ini didasarkan atas sugesti bahwa penyakit campak dapat dikendalikan secara efektif ketika proses alami yang bersifat sementara ditimbulkan oleh proses lain yang bersifat sementara pula.

Dalam penelitian ini, akan dirumuskan pembentukan model matematika berdasarkan model SIR dengan pemberian vaksin secara periodik pada populasi kelas rentan. Selanjutnya akan dianalisa titik ekuilibrium dan kestabilan di sekitar titik ekuilibrium sehingga dapat disimpulkan mengenai keefektifan pemberian vaksin secara periodik tersebut kepada kelas rentan.

Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat diidentifikasi beberapa masalah. Adanya perbedaan yang signifikan antara strategi vaksinasi pada penyakit campak. Pada strategi konvensional, individu yang baru saja lahir tidak mempunyai peran dalam menyebarkan penyakit campak. Pemberian vaksin campak dilakukan pada bayi usia 9 bulan dan vaksin hanya dilakukan satu kali seumur hidup. Berbeda dengan strategi konvensional, strategi vaksinasi *pulse* didasarkan bahwa anak usia sekolah, rentang usia 5 tahun – 16 tahun mempunyai peranan besar dalam menyebarkan penyakit campak. Oleh karena itu diperlukan pemberian vaksin secara periodik pada individu.

Pada penelitian kali ini, akan diuji keberhasilan vaksinasi *pulse* dari segi matematisnya. Analisa keberhasilan didasarkan atas perilaku sistem dalam model yang dibangun.

Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah tersebut, dapat dirumuskan masalah mengenai faktor yang diperlukan agar pemberian vaksin secara periodik terhadap individu yang rentan terhadap penyakit campak efektif untuk dilakukan, sehingga dapat mengurangi keterjangkitan terhadap penyakit campak.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, akan dikonstruksi suatu model matematika yang representative terhadap pola penyebaran penyakit campak khususnya pada anak usia dini dengan batasan, asumsi, dan parameter yang didefinisikan.

Sistem Dinamika Model SIR pada Penyakit Campak dengan Vaksinasi Pulse

Pembangunan model dimulai dengan mengklasifikasikan individu dalam populasi menjadi tiga kelas

- Kelas rentan (*susceptible/S*), yaitu kelompok individu yang sehat tetapi dapat terinfeksi penyakit
 - Kelas terinfeksi (*infected/I*), yaitu kelompok individu yang terinfeksi penyakit dan dapat sembuh dari penyakit
 - Kelas sembuh (*removed, recover/R*), yaitu kelompok individu yang telah sembuh dari penyakit
- Sesuai dengan kondisi pada penyebaran penyakit campak, model SIR kemudian dibatasi oleh asumsi-asumsi berikut ini :
- Populasi tertutup, dalam arti tidak ada kelahiran, kematian dan migrasi. Jumlah populasi konstan N .
 - Hanya menular apabila terjadi kontak langsung dengan penderita.
 - Individu yang sembuh mempunyai kekebalan permanen, dalam arti setelah sembuh individu tidak bisa menjadi rentan lagi.
 - Masa inkubasi sangat singkat.
 - Laju kenaikan jumlah individu di kelas I sebanding dengan jumlah individu kelas S dan I yaitu βSI . Laju penurunan jumlah individu kelas S juga βSI .
 - Laju kenaikan jumlah individu pada kelas R sebanding dengan jumlah individu kelas I yaitu αI .
 - Laju kelahiran dan kematian diasumsikan sama yaitu m yang artinya harapan hidup adalah $1/m$.

Model SIR klasik sebelum adanya vaksinasi yang sesuai dengan asumsi diatas adalah

$$\frac{dS}{dt} = mN - (\beta I + m)S, \quad \frac{dI}{dt} = \beta IS - mI - \alpha I, \quad \frac{dR}{dt} = \alpha I - mR \quad (4.1)$$

dimana $S(t) + I(t) + R(t) = N$ untuk setiap t .

Analisa pada model tersebut bergantung pada nilai *basic reproduction number* R_0 , yaitu banyaknya individu rentan yang kemudian terinfeksi jika berinteraksi dengan penderita (dalam hal ini, penderita campak) dan banyaknya individu yang rentan, terinfeksi, dan sembuh mula-mula. Sistem Dinamika (4.1) mempunyai dua titik kesetimbangan

- Jika banyaknya individu yang rentan dan individu yang terinfeksi disekitar $(N,0)$ dengan $R_0 < 1$, artinya setiap interaksi dengan penderita tidak cukup kuat untuk menginfeksi individu yang rentan, maka penyebaran penyakit campak tidak akan mewabah dan cenderung menghilang. Kondisi ini kemudian dikatakan stabil asimtotik disekitar titik kesetimbangan $(N,0)$ jika $R_0 < 1$. Oleh karena itu, pada titik kesetimbangan $(N,0)$ penyakit campak tidak mewabah dan cenderung menghilang, maka titik kesetimbangan $(N,0)$ disebut juga dengan titik kesetimbangan bebas penyakit (*free disease equilibrium point*).

- Jika banyaknya individu yang rentan dan individu yang terinfeksi disekitar $\left(\frac{\alpha + m}{\beta}, \frac{mN - m\left(\frac{\alpha + m}{\beta}\right)}{\alpha + m} \right)$ dengan $R_0 > 1$, maka penyebaran penyakit campak akan

mewabah tetapi tidak mencapai kepunahan. Banyaknya individu yang rentan dan individu

terinfeksi akan bergerak menuju nilai $\left(\frac{\alpha + m}{\beta}, \frac{mN - m\left(\frac{\alpha + m}{\beta}\right)}{\alpha + m} \right)$. Kondisi ini kemudian

juga dikatakan stabil asimtotik disekitar titik kesetimbangan $\left(\frac{\alpha + m}{\beta}, \frac{mN - m\left(\frac{\alpha + m}{\beta}\right)}{\alpha + m} \right)$.

Oleh karena terdapat individu yang terinfeksi pada titik kesetimbangan ini, maka titik kesetimbangan ini disebut dengan titik kesetimbangan epidemic (*epidemic equilibrium point*).

Vaksinasi dalam penelitian ini hanya diberikan pada individu yang rentan terhadap penyakit. Individu yang terinfeksi penyakit maupun yang sudah sembuh tidak diberikan vaksinasi. Pada vaksinasi konstan p bagian, yaitu vaksinasi yang hanya diberikan satu kali dan diawal waktu, maka sistem dinamika model SIR yang sesuai adalah

$$\frac{dS}{dt} = (1-p)mN - (\beta I + m)S \quad \frac{dI}{dt} = \beta IS - mI - \alpha I \quad \frac{dR}{dt} = \alpha I - mR + pmN \quad (4.2)$$

Skema dari vaksinasi pulse yaitu memberikan vaksinasi sebesar p bagian dari semua individu yang rentan terhadap penyakit campak secara periodic setiap T tahun. Akibatnya, banyaknya individu yang rentan pada suatu periode berkurang sebanyak p bagian dari individu yang rentan pada periode sebelumnya. Misalkan t_n adalah waktu dimana vaksinasi pulse ke- n dilakukan, maka pernyataan pada kalimat sebelumnya dapat dinyatakan dalam simbol matematika sebagai berikut

$$S(t_n) = (1-p)S(t_n^-) \quad (4.3)$$

dimana $t_{n+1} = t_n + T$ dan t_n^- adalah waktu sesaat sebelum vaksinasi pulse ke- n atau

$$S(t_n^-) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} S(t_n - \varepsilon), \quad \varepsilon > 0.$$

Diketahui sebelumnya bahwa dalam vaksinasi pulse, vaksin diberikan secara periodik pada individu yang rentan, oleh karena itu sistem dinamika model SIR yang sesuai dengan vaksinasi pulse adalah

$$\frac{dS}{dt} = m(N - S) - \beta SI - p \sum_{n=0}^{\infty} S(t_n^-) \delta(t - t_n) \quad \frac{dI}{dt} = \beta IS - mI - \alpha I \quad \frac{dR}{dt} = \alpha I - mR + p \sum_{n=0}^{\infty} S(t_n^-) \delta(t - t_n) \quad (4.4)$$

Misalkan setelah vaksinasi ke- n , banyaknya individu yang terinfeksi adalah 0, $I(t) = 0 \quad t \geq t_n$, maka solusi bebas penyakit pada Sistem Dinamika (4.4) dengan vaksinasi pulse untuk banyaknya individu yang rentan harus memenuhi hubungan

$$\frac{dS}{dt} = m(N - S) - pS(t_{n+1}^-) \delta(t - t_{n+1}) \quad (4.5)$$

dimana $S(t_{n+1}) = (1 - p)S(t_{n+1}^-)$ dan $t_{n+1} = t_n + T$.

Dari persamaan kedua pada Sistem Dinamika (4.4)

$$\frac{dI}{dt} = \beta IS - mI - \alpha I$$

diperoleh bahwa

$$\frac{dI}{dt} = (-m - \alpha)I \left(1 - \frac{\beta S}{m + \alpha}\right)$$

Dari persamaan terakhir ini, kemudian diperoleh *basic reproduction number* sebagai berikut

$$R_0 = \frac{\beta S}{m + \alpha}$$

Solusi Bebas Penyakit

Tujuan dari adanya vaksinasi pulse yaitu penyebaran penyakit campak tidak mewabah dan tidak ada individu yang terinfeksi penyakit ini. Oleh karena itu, penelitian ini hanya akan difokuskan pada titik kesetimbangan bebas penyakit saja. Titik kesetimbangan bebas penyakit ini kemudian disebut dengan solusi bebas penyakit. Jadi, langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah mencari titik kesetimbangan bebas penyakit pada model yang representative terhadap perilaku penularan penyakit campak kemudian menganalisa perilaku sistem disekitar titik kesetimbangan bebas penyakit tersebut.

Misalkan F adalah pemetaan yang menyatakan hubungan antara banyaknya individu yang rentan sesaat setelah vaksinasi pulse ke- $n+1$ dengan banyaknya individu yang rentan sesaat setelah vaksinasi pulsa ke- n , maka

$$S_{n+1} = F(S_n)$$

Titik tetap S^* pada interval waktu $t_n \leq t \leq t_{n+1}$ untuk pemetaan F tersebut adalah

$$S^* = \frac{(1-p)N}{1 - (1-p)e^{-mT}} = \frac{(1-p)(e^{mT} - 1)}{e^{mT} + p - 1} N \quad (4.6)$$

Oleh karena tujuan penelitian adalah mencari banyaknya individu rentan yang perlu divaksin dengan vaksinasi pulse secara periodic sehingga tidak ada individu yang terinfeksi, maka titik tetap S^* haruslah sama dengan banyaknya individu mula-mula yang rentan sesaat setelah vaksinasi pulse ke- n , atau $S^* = S_n$.

Dengan demikian, solusi bebas penyakit pada Sistem Dinamika (4.5) pada interval waktu $t_n \leq t \leq t_{n+1}$ adalah

$$\tilde{S}(t) = \begin{cases} N \left\{ 1 + \frac{pe^{mT}}{1-p-e^{mT}} e^{-m(t-t_n)} \right\}, & t_n \leq t < t_{n+1} \\ \frac{(1-p)(e^{mT}-1)}{e^{mT}+p-1} N, & t = t_{n+1} \end{cases}$$

$$\tilde{I}(t) = 0 \quad (4.7)$$

Solusi bebas penyakit ini disebut juga dengan titik kesetimbangan bebas penyakit.

Analisa Kestabilan di Sekitar Titik Kesetimbangan Bebas Penyakit

Selanjutnya akan dianalisa sifat kestabilan Sistem Dinamika (4.4) di sekitar titik kesetimbangan bebas penyakit. Misalkan

$$F(S, I) = m(N - S) - \beta SI - p \sum_{n=0}^{\infty} S(t_n^-) \delta(t - t_n) \quad G(S, I) = \beta IS - mI - \alpha I \quad (4.8)$$

Kedua fungsi diatas merupakan fungsi nonlinear. Dengan menggunakan deret taylor di titik kesetimbangannya, maka diperoleh system persamaan diferensial linear

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= (-m)(S - \tilde{S}) + (-\beta \tilde{S})(I) \\ \frac{dI}{dt} &= (\beta \tilde{S} - m - \alpha)(I) \end{aligned} \quad (4.9)$$

Matriks Jacobian yang bisa dibentuk dari Sistem (4.9) adalah $\begin{bmatrix} -m & -\beta \tilde{S} \\ 0 & \beta \tilde{S} - m - \alpha \end{bmatrix}$

Analisa kestabilan dari sistem di sekitar titik kesetimbangan dapat dilakukan dengan memperhatikan nilai eigen dari matriks jacobian, yaitu

$$\lambda_1 = -m \quad \lambda_2 = -m + \beta \tilde{S} - \alpha$$

Titik kesetimbangan bebas penyakit akan stabil asimtotik jika kedua nilai eigen bernilai negatif. Darisini dapat diambil kesimpulan bahwa jika

$$R_0 < 1$$

maka kedua nilai eigen bernilai negative, yang berakibat bahwa sistem akan stabil asimtotik di sekitar titik kesetimbangan bebas penyakit jika *basic reproduction number* bernilai kurang dari satu.

Proporsi Vaksinasi Pulse

Diperhatikan Persamaan (4.6),

$$S^* = \frac{(1-p)N}{1 - (1-p)e^{-mT}} = \frac{(1-p)(e^{mT}-1)}{e^{mT}+p-1} N$$

Dalam hal ini epidemic campak dapat dikendalikan jika proporsi p memenuhi

$$\frac{(mT-p)(e^{mT}-1) + mpT}{mT(p-1+e^{mT})} < \frac{m+\alpha}{\beta}$$

Artinya bahwa pemberian vaksinasi kepada individu yang rentan terhadap penyakit, secara berulang-ulang (dengan periode tertentu), memungkinkan pembasmian kejangkitan penyakit campak dari seluruh populasi.

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan

Sistem dinamika model SIR yang sesuai dengan vaksinasi pulse adalah

$$\frac{dS}{dt} = m(N - S) - \beta SI - p \sum_{n=0}^{\infty} S(t_n^-) \delta(t - t_n) \quad \frac{dI}{dt} = \beta IS - mI - \alpha I \quad \frac{dR}{dt} = \alpha I - mR + p \sum_{n=0}^{\infty} S(t_n^-) \delta(t - t_n)$$

Tujuan dari adanya vaksinasi pulse yaitu penyebaran penyakit campak tidak mewabah dan tidak ada individu yang terinfeksi penyakit ini. Oleh karena itu, penelitian ini hanya akan difokuskan pada titik kesetimbangan bebas penyakit saja. Titik kesetimbangan bebas penyakit ini kemudian disebut dengan solusi bebas penyakit.

Berdasarkan Sistem tersebut, diperoleh solusi bebas penyakit

$$\tilde{S}(t) = \begin{cases} N \left\{ 1 + \frac{pe^{mT}}{1-p-e^{mT}} e^{-m(t-t_n)} \right\}, & t_n \leq t < t_{n+1} \\ \frac{(1-p)(e^{mT}-1)}{e^{mT}+p-1} N, & t = t_{n+1} \end{cases}$$

$$\tilde{I}(t) = 0$$

Selanjutnya, epidemic campak dapat dikendalikan jika proporsi p memenuhi

$$\frac{(mT-p)(e^{mT}-1) + mpT}{mT(p-1+e^{mT})} < \frac{m+\alpha}{\beta}$$

Artinya bahwa pemberian vaksinasi kepada individu yang rentan terhadap penyakit, secara berulang-ulang (dengan periode tertentu), memungkinkan pembasmian kejangkitan penyakit campak dari seluruh populasi

Saran

Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu diperlukan berbagai perbaikan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya. Salah satunya adalah dapat menghitung waktu maksimal untuk setiap periode vaksinasi sedemikian sehingga epidemic campak dapat dicegah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brauer, Fred. Castillo-Chavez, Carlos. 2001. *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*. Springer-Verlag New York, Inc.
- [2] Depkes RI. 2007. *Peta Kesehatan Indonesia 2007*. Diakses melalui <http://www.depkes.go.id/downloads/publikasi/Peta%20Kesehatan%202007.pdf> pada tanggal 4 November 2011.
- [3] Kermack, W.O., and Mc. Kendrick, 1927, A Contribution to The Mathematical Theory of Epidemics, *Proc. Roy. Soc. Lond. A* , pp. 700-721.
- [4] Perko, L., 1991, *Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlag, New York.
- [5] Shulgin, Boris. Stone, Lewi. Agur, Zvia. 1998. *Pulse Vaccination Strategy in the SIR Epidemi Model*. *Bulletin of Mathematical Biology* 60. 1123 – 1148.