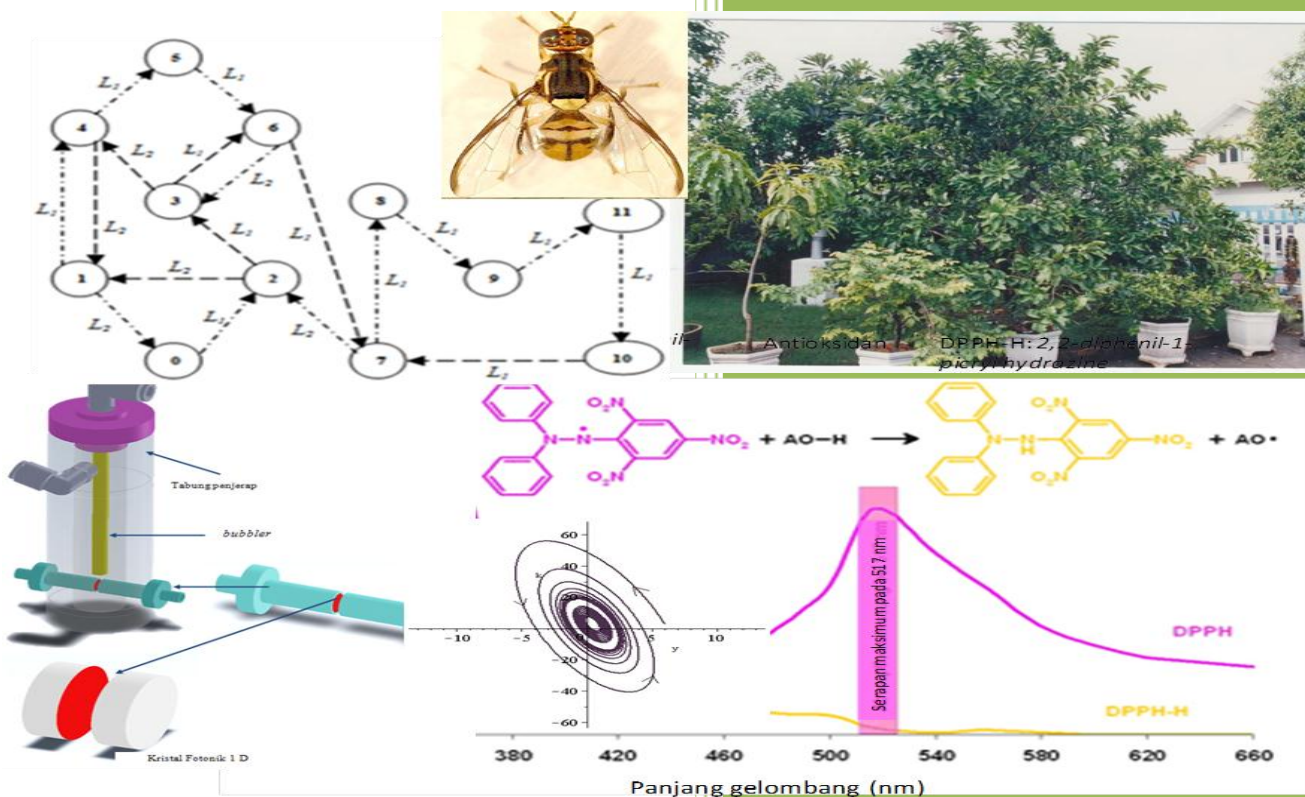


ISBN: 978-979-95093-7-6

PROSIDING

Seminar Nasional Sains IV

PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN



Diterbitkan Oleh :

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

ISBN: 978-979-95093-7-6

Seminar Nasional Sains IV

12 November 2011

PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN

Prosiding

Dewan Editor

Kiagus Dahlan
Akhiruddin Maddu
Ence Darmo Jaya Supena
Miftahudin
Endar Hasafah Nugrahani
Sri Mulijani
Sulistiyani
Ali Kusnanto



Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Pertanian Bogor
2012



Copyright© 2012

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Prosiding Seminar Nasional Sains IV "*Peran Sains dalam Peningkatan
Produktivitas Pertanian*" di Bogor pada tanggal 12 November 2011

Penerbit : FMIPA-IPB, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Telp/Fax: 0251-8625481/8625708

<http://fmipa.ipb.ac.id>

Terbit 1 Mei 2012

ix + 537 halaman

ISBN: **978-979-95093-7-6**

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Sains adalah kegiatan rutin yang diselenggarakan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor sejak Tahun 2008. Tahun ini adalah penyelenggaraan yang ke-4, dengan tema “**PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN**”.

Kegiatan ini bertujuan mengumpulkan peneliti-peneliti dari berbagai institusi pendidikan dan penelitian baik perguruan tinggi maupun lembaga-lembaga penelitian dari seluruh Indonesia untuk memaparkan hasil-hasil penelitian terkait penerapan sains (statistik, biosains, klimatologi, kimia, matematika, ilmu komputer, fisika, dan biokimia) pada peningkatan produktivitas pertanian dalam arti luas. Seminar Nasional Sains IV ini akan diikuti oleh lebih dari 200 orang peserta dengan sekitar 65 peserta sebagai pemakalah pada sesi presentasi paralel yang berasal dari berbagai perguruan tinggi meliputi Universitas Riau, Universitas Sriwijaya, Universitas Lampung, Universitas Pancasila, Universitas Jenderal Sudirman, Institut Teknologi Bandung, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Mulawarman, Universitas Negeri Makassar, Universitas Tadulako, dan Institut Pertanian Bogor Sendiri. Selain itu, peserta pemakalah juga berasal dari beberapa lembaga penelitian seperti Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, dan pusat-pusat penelitian di bawah Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Diharapkan dari kegiatan ini dapat memberikan informasi perkembangan sains, memicu inovasi-inovasi teknologi yang berlandaskan sains, meningkatkan interaksi dan komunikasi antar peneliti, pemerhati, dan pengguna sains dan teknologi serta menjalin kerjasama riset dan penerapan sains dan teknologi antar peneliti, pemerhati, dan pengguna sains dan teknologi khususnya yang terkait dengan peningkatan produktivitas pertanian.

Pantia mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga memberikan manfaat sebesar-besarnya.

Bogor, Mei 2012

PANITIA

DAFTAR ISI

| | Kata Pengantar | | Hal |
|------------------------|--|--|-----|
| | Daftar Isi | | iv |
| | | | v |
| <i>Biosains</i> | | | |
| No. | Penulis | Judul | Hal |
| 1 | Ellyzarti, dan Sri Gusniati | Keanekaragaman Jenis Paku-pakuan (<i>Pteridophyta</i>) di Gunung Betung Taman Hutan Raya Wan Abdurahaman Bandar Lampung | 2 |
| 2 | Herman | Pemilihan Varietas Cabe (<i>Capsicum annum L</i>) Kering yang Bermutu Tinggi Hasil Kawin Silang | 11 |
| 3 | Yulianty , Eti Ernawati , Sri Wahyuningsih | Pemanfaatan Daun Kembang Sungsang (<i>Gloriosa superba</i>) dalam Upaya Mengendalikan Penyakit Antraknosa (<i>Colletotrichum capsici</i> (Syd.) Butler & Bisby) pada Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum L.</i>) | 16 |
| 4 | I GP Suryadarma | Efisiensi Pembuatan Biogas dan Pupuk dalam Satu Bak Penampung: Studi Kasus Kotoran Sapi di Desa Geluntung, Tabanan, Bali | 27 |
| 5 | Oslan Jumadi, Yusminah Hala, Abd.Muis, Andi Asmawati | Penurunan Emisi Gas <i>Nitrous Oxida</i> (N ₂ O) dan Laju Nitrifikasi pada Lahan Jagung (<i>Zea mays</i>) dengan Menggunakan Mimba (<i>Azadirachta indica</i>) Sebagai Bahan Penghambat Nitrifikasi | 35 |
| 6 | Setyadjit, D.A. Setyabudi, E. Sukasih and E.M. Lokollo | A Concept of Sustainable Tofu Industry by Linking it with Soybean Production in Indonesia | 44 |
| 7 | Setyadjit, E. D. Astuty and E. Sukasih | Effect of Crushing Method, and Storage Temperature on the quality of frozen Soursop Puree | 59 |
| 8 | Nurul Sumiasri | Variasi Tanaman di Lahan Pertanian dalam Upaya Intensifikasi Pertanian: Studi Kasus di Dua Desa Kecamatan Jenggawah, Jember | 73 |
| 9 | Dody Priadi | Pengaruh Penambahan <i>Glomus aggregatum</i> pada Enkapsulasi Benih Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>) | 82 |
| 10 | Muhammad Wiharto | Analisis Vegetasi Pohon pada Berbagai Tipe Vegetasi Tingkat Aliansi di Hutan Sub Pegunungan Gunung Salak Bogor Jawa Barat | 90 |
| 11 | Martha L. Lande, | Keanekaragaman Tanaman Pisang (<i>Musa spp.</i>) di Kab. | 100 |

| | | | |
|----|--|---|-----|
| | Yulianty , Rita Puspitasari | Pesawaran Propensi Lampung | |
| 12 | Ali Husni dan Ifa Manzila | Peningkatan Ragam Genetik Tanaman Padi Gogo Untuk Meningkatkan Produktivitas dalam Upaya Mendukung Swasembada Berkelanjutan | 107 |
| 13 | Andi Mu'nisa, Halifah Pagarra, dan Andi Muflihunna | Uji Kapasitas Antioksidan Ekstrak Daun dan Flavonoid | 119 |

Kimia

| No. | Penulis | Judul | Hal |
|-----|---|--|-----|
| 1 | Budi Untari, Ahsol Hasyim, Setiawaty Yusuf | Potensi Sediaan Isolat Beta-Karyofilen dan Eugenol yang Diformulasi sebagai Atraktan Lalat Buah <i>Bactrocera</i> spp. (Diptera : Tephritidae) | 129 |
| 2 | Herlina, MT. Kamaluddin dan Lentary Hutasoit | Pengaruh Senyawa Murni dari Pegagan (<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban) Terhadap Fungsi Kognitif Belajar dan Mengingat dan Efek Toksisitas pada Mencit (<i>Mus musculus</i>) Betina | 138 |
| 3 | Syamsudin, Ros Sumarny, Partomuan Simanjuntak | Perbandingan Efek Hipoglikemik dari Beberapa Ekstrak Biji Petai Cina (<i>Leucaena leucocephala</i> (Imk)De Wit) pada Mencit yang Diinduksi Aloksan | 150 |
| 4 | Fahma Riyanti, Poedji Loekitowati H. dan Rizki Muharrani | Pengaruh Pemanasan dan Penambahan Antioksidan BHT pada Minyak Biji Ketapang (<i>Terminalia catappa Linn.</i>) dan Kinetika Reaksi Oksidasi | 158 |
| 5 | Waras Nurcholis, Tyas Ayu Lestari, Theresia Pratiwi, Kartika | Aktivitas Antioksidan Sediaan Jamu dan Ekstrak Etanol Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.), Kunyit (<i>Curcuma longa</i> Linn.), dan Meniran (<i>Phyllanthus niruri</i> Linn.) | 168 |
| 6 | Dudi Tohir, Gustini Syahbirin, Akbar | Isolasi dan Identifikasi Golongan Flavonoid Daun Dandang Gendis (<i>Clinacanthus nutans</i>) Berpotensi sebagai Antioksidan | 177 |
| 7 | Dudi Tohir, Eka Wuyung, Rida Farida | Sitotoksisitas Fraksi Aktif Biji Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>) pada Sel Kanker Payudara T47D | 190 |
| 8 | Tetty Kemala, Ahmad Sjahriza, Randi Abdur Rohman | Optimasi dan Evaluasi Mikrokapsul Ibuprofen Tersalut Paduan Poliasamlaktat–Lilin Lebah | 202 |
| 9 | Charlena, Mohammad Yani, Eka NW | Pemanfaatan Konsorsium Mikroba dari Kotoran Sapi dan Kuda untuk Proses Biodegradasi Kotoran Limbah Minyak Berat | 218 |

- 10 Gustini Syahbirin, Catur Hertika, Djoko Prijono, Dadang Potensi Minyak Atsiri Daun *Cinnamomum multiflorum* Sebagai Insektisida Nabati Terhadap Ulat Kubis *Crocidolomia Pavonana* 235

Matematika

| No. | Penulis | Judul | Hal |
|-----|---|--|-----|
| 1 | Mohammad Masjkur | Perbandingan Model Nonlinear Jerapan Fosfor | 248 |
| 2 | Sariyanto, Hadi Sumarno dan Siswandi | Model Multistate Life Table (<i>MSLT</i>) dan Aplikasinya dalam Bidang Pendidikan: Kausu Khusus di Kabupaten Sintang | 263 |
| 3 | M. Endro Prasetyo Toni Bakhtiar Farida Hanum | Perencanaan Strategik Rumah Sakit Melalui Efisiensi dan Optimasi Penggunaan Kamar Operasi | 275 |
| 4 | Ayu Meryanti G, Farida Hanum, Endar H. Nugrahan | Optimasi Portofolio Obligasi yang Terimunisasi dengan <i>Goal Programming</i> | 286 |
| 5 | Hari Agung, Karomatul Aulia | Data Warehouse dan Aplikasi OLAP Akademik Kurikulum Mayor-Minor Departemen Ilmu Komputer IPB Berbasis LINUX | 297 |
| 6 | Mutia Indah Sari, Endar H. Nugrahani, Retno Budiarti | Pemodelan Harga Saham Menggunakan Generalisasi Model Wiener dan Model ARIMA | 308 |
| 7 | Ali Kusnanto, Nurrachmawati, Toni Bakhtiar | Pengaruh Waktu Penyimpanan Stok Modal pada Model Siklus Bisnis Kaldor-Kalecki | 317 |
| 8 | Hari Agung dan Windy Deliana Khairani | Pengembangan WebGIS Kampus IPB Darmaga | 327 |
| 9 | Farida Hanum, Rangga Nakasumi, Toni Bakhtiar | Penyelesaian <i>Rural Postman Problem</i> pada Graf Berarah dengan Metode Heuristik | 339 |
| 10 | Hari Agung, Baba Barus, Diar Shiddiq, Bambang H Trisasongko, La Ode Syamsul Iman, Auriza Akbar | Pengembangan Sistem Informasi Perkebunan (SCIBUN) menggunakan Free Open Source Software (FOSS) | 350 |
| 11 | Endar H. Nugrahani, Muhammad Syazali, Suritno | Penilaian Opsi <i>Put</i> Amerika dengan Metode Monte Carlo dan Metode Beda Hingga | 362 |
| 11 | Berlian Setiawaty | Pemodelan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Menggunakan Hidden Markov | 373 |

| | | | |
|----|--|---|-----|
| 12 | Diana Purwandari, Endar H. Nugrahani, NK Kutha Ardhana | Analisis Regresi Laten pada Efek Plasebo Menggunakan Algoritma EM | 381 |
| 13 | Rina Ratianingsih dan Agus Indra Jaya | Identifikasi Model Konsumsi Gas CO ₂ di Atmosfir Untuk Mendapatkan Interaksi Unsur-Unsur Utama Iklim yang Stabil | 389 |
| 14 | Wahfuanah, Jaharuddin, Ali Kusnanto | Penyelesaian Model Infeksi HIV pada Sel Darah Putih (T CD4+) dengan Menggunakan Metode Perturbasi Homotopi | 398 |

Fisika

| No. | Penulis | Judul | Hal |
|-----|---|---|-----|
| 1 | R Dita Rahayu Budiarti, Mamat Rahmat, Irmansyah | Karakterisasi Sensor Kristal Fotonik Satu Dimensi untuk Pengukuran Gas Nitrogen Dioksida | 410 |
| 2 | Irzaman, A. Arif, A. Kurniawan, M. N. Hilaluddin, J. Iskandar, D. Yosman | Penerapan Fotodioda Film Tipis Ba _{0.5} Sr _{0.5} TiO ₃ (BST) Sebagai Detektor Garis pada Robot <i>LINE FOLLOWER</i> Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 | 421 |
| 3 | Sitti Yani, Akhiruddin Maddu, Irmansyah | Efek Fotovoltaik Pada Persambungan Hibrid CdS dengan Campuran P3HT/Kitosan | 433 |
| 4 | Akhiruddin Maddu, Ujang Sudrajat, Mersi Kurniati | Sifat Optik Film ZnO Nanokristal yang Ditumbuhkan dengan Chemical Bath Deposition (CBD) | 443 |
| 5 | Rani Chahyani, Gustan Pari, Kiagus Dahlan | Pembuatan dan Analisis Kualitas Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Uap dan Kalium Hidroksida | 454 |
| 6 | I. Aisyah, S. U. Dewi, K. Dahlan | Sintesis β - <i>Tricalcium Phosphate</i> dari Cangkang Telur Ayam di Udara Terbuka dengan Variasi Waktu Sintering | 467 |
| 7 | Tb Gamma N.R., Mersi Kurniati, Hendradi Hadrienata | Analisis Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Radius Gelembung Kavitasi pada Sistem Cairan Kompresibel | 476 |
| 8 | Tony Ibnu Sumaryada | Identifikasi Transisi Fasa Pada Sistem Mesoskopik Menggunakan <i>Invariant Correlational Entropy</i> | 483 |
| 9 | Arianti Tumanggor, Mamat Rahmat dan Akhiruddin Maddu | Karakterisasi Sensor Kristal Fotonik Satu Dimensi untuk Pengukuran <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) | 490 |

Poster

| | | | |
|---|---------------------------------|---|-----|
| 1 | Sitti Fatimah Syahid | Effect Of Benzyl Adenin and Thidiazuron On Shoot Multiplication Of St. John's Wort (<i>Hypericum perforatum</i>) <i>In Vitro</i> | 502 |
| 2 | Trisnowati Budi Ambarningrum | Bioinsektisida <i>Bacillus thuringiensis</i> : Pengaruhnya Terhadap Indeks Nutrisi Larva Instar V <i>Spodoptera litura</i> Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae) | 508 |

Lampiran

| | |
|-----------------|-----|
| Susunan Panitia | 518 |
| Jadwal Acara | 519 |
| Daftar Peserta | 533 |

PENYELESAIAN MODEL INFEKSI HIV PADA SEL DARAH PUTIH ($CD4^+$) DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERTURBASI HOMOTOPI

Wahfuanah¹, Jaharuddin², Ali Kusnanto³

^{1,2,3} Departemen Matematika, FMIPA Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680
ana_mayu@ymail.com

ABSTRAK

Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS) adalah sindrom (kumpulan gejala) yang timbul akibat rusaknya sistem kekebalan tubuh manusia akibat terinfeksi virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*). AIDS bukan merupakan penyakit, melainkan kumpulan gejala penyakit yang disebabkan oleh berbagai macam mikro organisme yang menyerang tubuh akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh penderita. Infeksi HIV menyebabkan deplesi imunitas sel terutama sel darah putih dan juga menyebabkan turunnya fungsi sel tersebut. Banyak kasus dimana orang positif mengidap HIV, tapi tidak menjadi sakit dalam waktu yang lama. Namun, HIV yang ada pada tubuh seseorang akan terus merusak sistem kekebalan tubuh. Akibatnya, virus dan bakteri yang biasanya tidak berbahaya menjadi sangat berbahaya karena rusaknya sistem kekebalan tubuh. Penyelesaian model infeksi virus HIV tersebut diperoleh dalam bentuk deret yang suku-sukunya diperoleh dari deformasi orde nol dan deformasi orde tinggi. Penyelesaian dengan metode ini digambarkan dengan bantuan *software Matematika*. Interpretasi hasil dilakukan berdasarkan orde deformasi deret yang digunakan. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode perturbasi homotopi sangat efisien untuk menyelesaikan model infeksi HIV pada sel darah putih. Galat yang dihasilkan dari metode ini sangat kecil sehingga penyelesaian yang diperoleh dengan metode ini mendekati penyelesaian yang sesungguhnya.

Kata kunci: Metode Perturbasi Homotopi, leucocytes, HIV.

1 PENDAHULUAN

Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS) adalah sindrom (kumpulan gejala) yang timbul akibat rusaknya sistem kekebalan tubuh manusia akibat terinfeksi virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*). AIDS bukan merupakan penyakit, melainkan kumpulan gejala penyakit yang disebabkan oleh berbagai macam mikro organisme yang menyerang tubuh akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh penderita.

HIV merupakan sejenis *retrovirus* (virus yang dapat menggandakan dirinya sendiri pada sel yang ditumpanginya) yang merusak sistem kekebalan tubuh terutama sel darah putih. Sel darah putih ini berfungsi untuk membantu tubuh melawan berbagai macam penyakit, kuman, bakteri atau virus yang masuk ke dalam tubuh. Saat ini, AIDS diperkirakan

menginfeksi 38,6 juta orang di seluruh dunia dan menyebabkan kematian lebih dari 25 juta orang sejak pertama kali ditemukan tanggal 5 Juni 1981 [1]. Target utama dari infeksi HIV adalah limfosit T Helper (sel darah putih), sedangkan yang di kenal sebagai sel T CD4⁺ adalah antibodi terhadap virus HIV yang dihasilkan oleh limfosit T Helper.

Sel darah putih merupakan bagian penting dari sistem kekebalan tubuh. Jika jumlah sel darah putih menyusut, maka sistem tersebut menjadi terlalu lemah untuk melawan infeksi. Infeksi HIV menyebabkan deplesi imunitas sel terutama sel darah putih dan juga menyebabkan turunnya fungsi sel tersebut. Seseorang yang positif mengidap HIV, belum tentu mengidap AIDS. Banyak kasus dimana orang positif mengidap HIV, tapi tidak menjadi sakit dalam waktu yang lama. Namun, HIV yang ada pada tubuh seseorang akan terus merusak sistem kekebalan tubuh. Akibatnya, virus dan bakteri yang biasanya tidak berbahaya menjadi sangat berbahaya karena rusaknya sistem kekebalan tubuh.

Sejumlah model telah dikembangkan untuk mendeskripsikan tentang sistem kekebalan tubuh pasien penderita AIDS, Pada tulisan ini akan dibahas tiga komponen dasar dari pembentukan model yaitu sel darah putih sehat yang belum terinfeksi virus HIV, sel darah putih yang terinfeksi oleh virus HIV, dan virus HIV yang menyerang sel darah putih yang dapat melumpuhkan sistem kekebalan tubuh. Model infeksi virus HIV pada sel darah putih (T CD4⁺) berupa suatu persamaan matematika yang umumnya berbentuk taklinear. Masalah taklinear ini biasanya sulit diselesaikan baik secara analitik maupun numerik, karena faktor tak linear yang sangat kuat. Terdapat beberapa metode untuk menyelesaikan masalah taklinear. Salah satu pendekatan analitik untuk menyelesaikan suatu masalah taklinear adalah metode homotopi [2].

Dalam penelitian ini akan diturunkan suatu hubungan antara jumlah sel darah putih sehat, jumlah sel darah putih yang terinfeksi virus HIV, dan jumlah virus yang menginfeksi sel darah putih. Selanjutnya akan diselesaikan model infeksi virus HIV pada sel darah putih (T CD4⁺) yang telah diperoleh dengan menggunakan metode homotopi yang akan dibandingkan dengan hasil numeriknya.

2 METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dibahas penurunan model matematika untuk menjelaskan infeksi virus HIV pada sel darah putih. Masuknya virus HIV ke sel darah putih menyebabkan

terbentuknya dua tipe sel darah putih, yaitu sel darah putih sehat dan sel darah putih terinfeksi virus HIV.

Untuk menentukan penyelesaian bagi model infeksi HIV pada sel darah putih (T CD4+), digunakan metode perturbasi homotopi. Dalam metode ini, terlebih dahulu dikonstruksi suatu persamaan homotopi berdasarkan bentuk dari model infeksi virus HIV tersebut. Kemudian dirumuskan bentuk dari deformasi orde tinggi berdasarkan pendekatan awal yang diberikan.

Penyelesaian model infeksi virus HIV tersebut diperoleh dalam bentuk deret yang suku-sukunya diperoleh dari deformasi orde nol dan deformasi orde tinggi. Pendekatan penyelesaiannya digambarkan dengan bantuan software Mathematica. Interpretasi hasil yang diperoleh dilakukan berdasarkan orde deformasi deret yang digunakan. Kemudian memanfaatkan data dari solusi numeriknya untuk membandingkan hasil-hasil yang diperoleh.

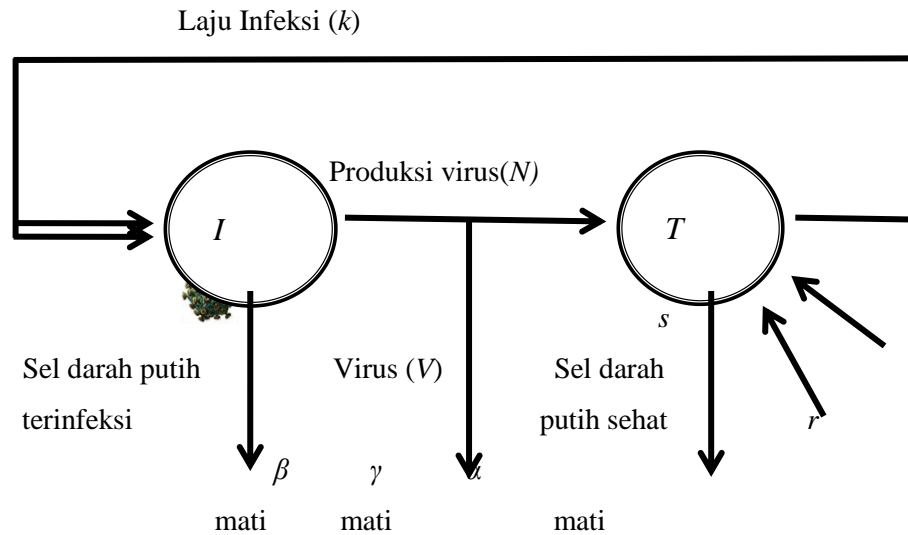
3 MODEL MATEMATIKA

Model yang akan dianalisis merupakan suatu model yang dibangun berdasarkan proses infeksi virus HIV pada sel T CD4⁺ yang dihasilkan *Limposit T Helpersel* darah putih. Proses infeksi virus HIV pada sel darah putih sampai menghasilkan virus-virus baru terdiri dari beberapa fase, yaitu:

1. Fase adsorpsi, yaitu pelekatan virus pada membran plasma sel darah putih.
2. Fase penetrasi, yaitu pemasukan RNA virus pada sel darah putih.
3. Fase penggabungan, yaitu RNA virus bergabung dengan RNA sel darah putih.
4. Fase replikasi, yaitu pembentukan kapsoid / selubung protein virus. Enzim virus RT pada genom RNA virus membuat salinan DNA.
5. Fase perakitan, yaitu terjadi perakitan fage-fage baru (komponen virus baru) yang sudah sempurna. Salinan DNA bergabung dengan DNA inang membentuk RNA virus dalam jumlah banyak, lalu RNA virus akan membentuk protein virus. Dari protein virus dihasilkan *protease* yang membuat virus menjadi matang.
6. Fase lisis (pembebasan), pecahnya membran plasma sel darah putih dan keluar virus-virus baru yang siap menyerang sel darah putih lainnya [3].

Proses infeksi diawali masuknya virus ke dalam sel darah putih sehat. Di dalam sel, enzim virus yakni Reverse Transcriptase (RT) pada genom Ribonucleic Acid (RNA) virus,

membuat suatu salinan Deoxyribonucleic Acid (DNA). DNA virus akan bergabung dengan DNA inang membentuk RNA virus dalam jumlah banyak, lalu RNA virus akan membentuk protein virus. Dari protein virus dihasilkan protease virus untuk menghasilkan virus baru yang siap menyerang sel darah putih sehat lainnya. Dalam [4] ditunjukkan diagram penyebaran virus tersebut pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram penyebaran virus

Pada Gambar 1, T menyatakan sel darah putih sehat yang belum terinfeksi virus HIV dan I menyatakan sel darah putih yang terinfeksi oleh virus HIV. Sel $T CD4^+$ baru yang dihasilkan oleh limfosit T helper sel darah putih diasumsikan diproduksi dengan laju s dan mati pada laju α , sedangkan sel darah putih yang terinfeksi akan mati secara alami dengan laju β . Virus baru yang dihasilkan oleh sel darah putih terinfeksi selama waktu hidupnya dengan laju N dan virus akan mati secara alami dengan laju γ . Laju proliferasi maksimum yang mengacu pada keberadaan batas maksimum dari populasi dinyatakan dengan r dan laju infeksi virus terhadap sel darah putih dinyatakan dengan k .

Laju kematian T dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu laju sel $T CD4^+$ baru yang dihasilkan oleh limfosit T helper sel darah putih dalam tubuh, sel T yang mempunyai laju kematian alami sebesar α sehingga tingkat kematian sel T pada suatu waktu adalah αT , proliferasi (perkembangbiakan) sel darah putih yang ada sehingga jumlah total sel darah putih dibatasi oleh kepadatan populasi sel T pada proliferasi yaitu T_{max} . Pada kehadiran HIV, sel

darah putih menjadi terinfeksi. Virus ini yaitu V menginfeksi sel T dengan laju k menyebabkan berkurangnya jumlah sel darah putih sehat dalam darah sebesar kVT .

Selanjutnya jumlah populasi sel darah putih terinfeksi pada waktu t dipengaruhi oleh tingkat infeksi virus dan kematian alami sel tersebut. Tingkat infeksi virus adalah kVT , dengan laju kematian sel darah putih terinfeksi adalah β , maka kematian sel darah putih terinfeksi pada suatu waktu adalah βI .

Sementara itu, penambahan jumlah virus di dalam tubuh ditandai dengan jumlah total virus yang diproduksi oleh sel darah putih terinfeksi selama waktu hidupnya, yaitu sebanyak N . Jadi tingkat produksi virus baru adalah $N\beta I$. Virus mempunyai laju kematian alami sebesar γ , menyebabkan jumlah virus pada waktu t berkurang sebesar γV

Konstruksi model matematika untuk model infeksi virus HIV pada sel $TCD4^+$ yang dihasilkan *Limposit T helper* sel darah putih menggunakan asumsi sel darah putih terinfeksi menghasilkan N virus selama waktu hidupnya dan semua parameter dan variabel yang digunakan taknegatif.

Berdasarkan uraian di atas, maka model matematika untuk menggambarkan proses infeksi HIV pada sel darah putih diberikan oleh sistem persamaan diferensial berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= s - \alpha T + rT \left(1 - \frac{T+1}{T_{max}}\right) - kVT \\ \frac{dI}{dt} &= kVT - \beta I \\ \frac{dV}{dt} &= N\beta I - \gamma V \end{aligned} \tag{1}$$

dengan:

- T : Sel darah putih sehat
- I : Sel darah putih terinfeksi
- V : Virus yang menginfeksi sel darah putih
- s : laju sel $T CD4^+$ baru yang di produksi oleh limposit T helper sel darah putih
- r : Laju poliferasi
- k : Laju infeksi
- N : Virus baru yang dihasilkan oleh sel darah putih terinfeksi selama waktu hidupnya
- α : Kematian alami sel darah putih sehat
- β : Kematian alami sel darah putih terinfeksi
- γ : Kematian alami virus yang menginfeksi sel darah putih

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Metode

Untuk mengilustrasikan metode homotopi (HPM), [5], tinjau masalah nilai batas berikut :

$$A[u(t)] = f(t) \quad (2)$$

dengan syarat batas

$$u(0) = c$$

Dengan $u = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_n)$, $c = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_n)$ dan A suatu operator turunan

Definisikan fungsi real $v(r, p) : \Omega \times [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}$ dan suatu fungsi H sebagai berikut:

$$H(v, p, h, T) = (1 - p)[M(v(r; p, h, T)) - M(u_0)] + p[-f(r)] \quad (3)$$

Selanjutnya, misalkan fungsi $v(r, p, h, T)$ merupakan penyelesaian dari persamaan berikut:

$$H(v(r, p, h, T)) = 0$$

sehingga persamaannya akan setara dengan:

$$(1 - p)[M(v(r; p, h, T)) - M(u_0)] = -p[A(v(r; p, h, T)) - f(r)]$$

atau

$$(1 - p)[M(v(r; p, h, T)) - M(u_0)] = phT[A(v(r; p, h, T)) - f(r)] \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan (3), maka untuk $p = 0$ dan $p = 1$ masing-masing memberikan persamaan berikut:

$$H(v, 0, h, T) = M[(v(r; 0, h, T)) - u_0] \quad (5)$$

dan

$$H(v, 1, h, T) = A(v(r; 1, h, T)) - f(r). \quad (6)$$

Menurut persamaan (2), maka penyelesaian dari persamaan $H(v, 0, h, T) = 0$ dan $H(v, 1, h, T) = 0$ masing-masing adalah:

$$u_0 = v(r; 0, h, T) \text{ dan } u = v(r; 1, h, T)$$

Kedua penyelesaian di atas bergantung pada parameter bantu h dan fungsi bantu $T(r)$, pemilihan parameter bantu h , fungsi bantu $T(r)$, pendekatan awal u_0 , dan operator linear M perlu memperhatikan validitas dari metode homotopi. Dengan pemilihan ini terjamin adanya fungsi $v(r; p, h, T)$ dan turunan-turunannya terhadap p untuk setiap $p \in [0, 1]$. Turunan ke m dari fungsi $v(r; p, h, T)$ terhadap p yang dihitung di $p = 0$ adalah:

$$u_m = \frac{1}{m!} \frac{d^m v(r; p, h, T)}{d p^m} \Big|_{p=0}$$

Deret Taylor dari fungsi $v(r, p)$ terhadap p adalah

$$(r, p) = v(r, 0, h, T) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m!} \frac{d^m v(r; p, h, T)}{dp^m} \Big|_{p=0} p^m$$

atau

$$v(r, p, h, T) = u_0 + \sum_{m=1}^{\infty} u_m p^m \quad (7)$$

Selanjutnya h , T , u_0 dan M dipilih sedemikian sehingga digunakan untuk menyesuaikan kekonvergenan deret (4.6) di $p = 1$ terjamin. Jadi untuk $p = 1$ dari persamaan (7) diperoleh

$$v(r, 1, h, T) = u_0 + \sum_{m=1}^{\infty} u_m$$

Karena $u = v(r, 1, h, T)$, maka diperoleh

$$u = u_0 + \sum_{m=1}^{\infty} u_m$$

Hasil ini menunjukkan hubungan antara penyelesaian eksak dari persamaan (2) dengan pendekatan awal u_0 dan u_m , $m = 1, 2, 3, \dots$ yang akan ditentukan. Persamaan untuk menentukan u_m , $m = 1, 2, 3, \dots$ dilakukan dengan metode perturbasi, dimana persamaan (7) disubstitusikan kedalam persamaan (4) untuk mendapatkan suatu persamaan untuk u_m . Persamaan umum dari u_m diperoleh berdasarkan koefisien perpangkatan dari p .

4.2 Aplikasi Metode

Pada bagian ini akan dibahas penggunaan metode perturbasi homotopi untuk menyelesaikan model inveksi HIV pada sel darah putih ($T CD4^+$) yang diberikan dalam persamaan (1) misal v_1 , v_2 , dan v_3 masing-masing menyatakan sel darah putih sehat, sel darah putih terinfeksi dan virus yang menginfeksi sel darah putih, maka persamaan (1) menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{dv_1}{dt} &= s - \alpha v_1 + r v_1 \left(1 - \frac{v_1 + 1}{T_{max}}\right) - k v_3 v_1 \frac{dv_2}{dt} = k v_3 v_1 - \beta v_2 \\ \frac{dv_3}{dt} &= N \beta v_2 - \gamma v_3 \end{aligned} \quad (8)$$

Syarat awal dimisalkan sebagai berikut:

$$T(0) = r_1, I(0) = r_2 \text{ dan } V(0) = r_3.$$

Berdasarkan persamaan dari persamaan (4) dan persamaan (8) memberikan

$$\begin{aligned}
 (1-p) \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} - \frac{\partial x_0}{\partial t} \right) + p \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} - s + \alpha v_1 - r v_1 \left(1 - \frac{v_1 - v_2}{T_{max}} \right) + k v_1 v_3 \right) &= 0 \\
 (1-p) \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} - \frac{\partial y_0}{\partial t} \right) + p \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} - k v_1 v_3 - \beta v_2 \right) &= 0 \\
 (1-p) \left(\frac{\partial v_3}{\partial t} - \frac{\partial z_0}{\partial t} \right) + p \left(\frac{\partial v_3}{\partial t} - N \beta v_2 + \gamma v_3 \right) &= 0
 \end{aligned} \tag{9}$$

Sebagai pendekatan awal dimisalkan $x_0(t) = r_1$, $y_0(t) = r_2$ dan $z_0(t) = r_3$.

Dalam metode homotopi yang dibahas disini, penyelesaian persamaan (1) dimisalkan berbentuk:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= v_{1,0} + p v_{1,1} + p^2 v_{1,2} + p^3 v_{1,3} + \dots \\
 v_2 &= v_{2,0} + p v_{2,1} + p^2 v_{2,2} + p^3 v_{2,3} + \dots \\
 v_3 &= v_{3,0} + p v_{3,1} + p^2 v_{3,2} + p^3 v_{3,3} + \dots
 \end{aligned} \tag{10}$$

Jika persamaan (10) disubstitusikan ke dalam persamaan (9), maka diperoleh koefisien p^0 berikut:

$$\frac{\partial v_{1,0}}{\partial t} - \frac{\partial x_0}{\partial t} = 0$$

dengan penyelesaian dalam bentuk

$$v_{1,0} = r_1$$

Dengan cara yang sama didapat

$$v_{2,0} = r_2 \text{ dan } v_{3,0} = r_3. \tag{11}$$

Koefisien p^1 memberikan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial v_{1,1}}{\partial t} - s + (\alpha - r)r_1 + \frac{r}{T_{max}} r_1^2 + \frac{r}{T_{max}} r_1 r_2 + k r_1 r_3 &= 0 \\
 \frac{\partial v_{2,1}}{\partial t} - k r_1 r_3 + \beta r_2 &= 0 \\
 \frac{\partial v_{3,1}}{\partial t} - N \beta r_2 + \gamma r_3 &= 0.
 \end{aligned} \tag{12}$$

Penyelesaian persamaan (12) diperoleh dengan mengintegrasikan persamaan tersebut terhadap t , sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
v_{1,1} &= t(s - (a - r)r_1 - kr_1r_3 - \frac{rr_1^2}{T_{\max}} - \frac{rr_1r_2}{T_{\max}}) \\
v_{2,1} &= -\beta r_2 + kr_1r_3 \\
v_{3,1} &= t(\beta Nr_2 - \gamma r_3).
\end{aligned}
\tag{13}$$

Dengan demikian penyelesaian T , I dan V dengan menggunakan metode homotopi berbentuk:

$$\begin{aligned}
T &= v_{1,0} + v_{1,1} + v_{1,2} + v_{1,3} + \dots \\
I &= v_{2,0} + v_{2,1} + v_{2,2} + v_{2,3} + \dots \\
V &= v_{3,0} + v_{3,1} + v_{3,2} + v_{3,3} + \dots
\end{aligned}
\tag{14}$$

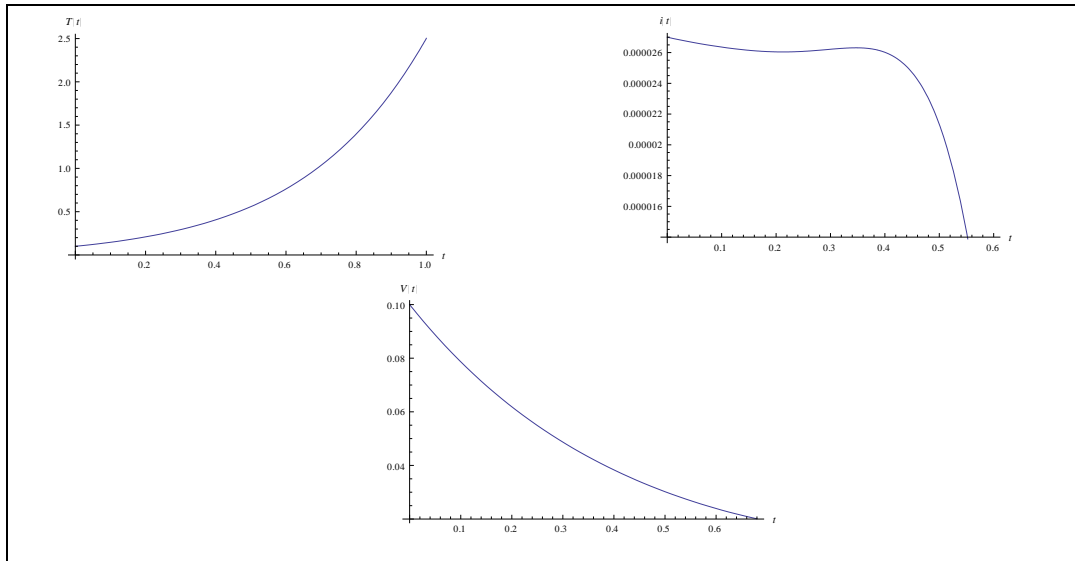
Untuk menggambarkan hubungan T , I dan V yang dinyatakan oleh persamaan (14), maka berikut ini akan dikaji 3 kasus:

Kasus 1. Infeksi pada Orang Dewasa

Dalam hal ini nilai parameter yang terlibat sebagai berikut:

| | | | |
|------------|--------------------------|---------|-------------------------------------|
| s | $= 0.1$ mm per hari | r | $= 3$ per hari |
| α | $= 0.02$ per hari | β | $= 0.3$ per hari |
| γ | $= 2.4$ per hari | k | $= 0.0027$ mm ³ per hari |
| T_{\max} | $= 1500$ mm ³ | N | $= 10$ per hari |

Grafik penyelesaian bagi fungsi T , I dan V hingga orde 6 diberikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Grafik penyelesaian untuk T , I dan V untuk orang dewasa.

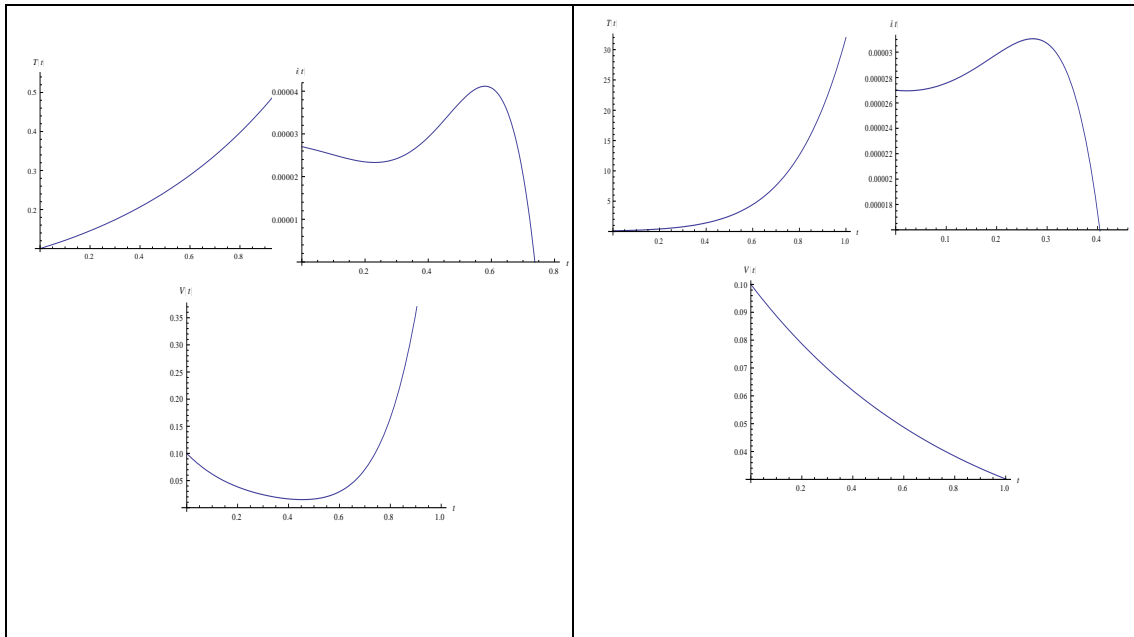
Dari Gambar 2 terlihat bahwa jumlah populasi sel T orde 6 meningkat sebesar 2.4 pada hari pertama. Hal ini disebabkan karena sel $T CD4^+$ terus di produksi oleh limposit T helper dan proses poliferasi sel darah putih, sedangkan sel I menurun dan akan mengalami kepunahan setelah kira-kira 14 jam 24 menit. Penurunan ini terjadi karena kondisi sel darah putih terinfeksi virus HIV tidak dapat bertahan di dalam populasi. Pada gambar 2, Jumlah virus juga menurun dan mengalami kepunahan setelah kira-kira 16 jam 12 menit. Penurunan ini terjadi karena pada kondisi ini virus tidak dapat bertahan di dalam populasi dan akhirnya virus akan punah.

Kasus 2. Infeksi pada Orang Tua (Manula), ketika

| | | | |
|-----------|--------------------------|---------|-------------------------------------|
| s | $= 0.05$ mm per hari | r | $= 1.5$ per hari |
| α | $= 0.04$ per hari | β | $= 0.6$ per hari |
| γ | $= 4.8$ per hari | k | $= 0.0027$ mm ³ per hari |
| T_{max} | $= 1500$ mm ³ | N | $= 10$ per hari |

Kasus 3. Infeksi pada Anak-anak, ketika

| | | | |
|-----------|--------------------------|---------|-------------------------------------|
| s | $= 0.1$ mm per hari | r | $= 6$ per hari |
| α | $= 0.01$ per hari | β | $= 0.15$ per hari |
| γ | $= 1.2$ per hari | k | $= 0.0027$ mm ³ per hari |
| T_{max} | $= 1500$ mm ³ | N | $= 10$ per hari |



Gambar 1 Kasus pada Orang Tua

Gambar 5 Kasus pada Anak-anak

5 KESIMPULAN

Metode perturbasi homotopi sangat efisien untuk menyelesaikan model infeksi HIV pada sel darah putih yang bentuknya taklinear khususnya pada kasus orang dewasa. Galat yang dihasilkan dari metode perturbasi homotopi pada kasus ini sangat kecil sehingga penyelesaian yang diperoleh dengan metode ini mendekati penyelesaian yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Weiss RA.1993. How Does HIV cause AIDS? Science.
- [2] He JH.2000. A Coupling Method of A Homotopy Technique and A Perturbation Technique For Non Linear Problem. International Journal of Non Linear Mechanics.
- [3] Institut teknologi telkom.2010. Klasifikasi Virus.<http://www.itelkom.ac.id>.
- [4] Nelson PW, Perelson AS. 2002. Mathematical Analysis of Delay Differential Equation Models of HIV-I Invection. Mathematical Bioscience.
- [5] He JH. 2007. Homotopy Perturbation Method For Solving A Model For HIV Infection of $CD4^+$ T Cells. Istanbul Ticaret Universitesi Fen Bilimleri Dergisi.