



PROSIDING SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

**Matematika dan Kontribusinya
terhadap Peningkatan Kualitas SDM
dalam Menyongsong Era Industri dan Informasi**

15 Mei 2004



Diselenggarakan Oleh:

**JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
DAN
HIMPUNAN MAHASISWA MATEMATIKA 'IDENTIKA' FPMIPA UPI
2004**

ISSN: 1693-0800



PROSIDING SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

**Matematika dan Kontribusinya
terhadap Peningkatan Kualitas SDM
dalam Menyongsong Era Industri dan Informasi**

15 Mei 2004



Diselenggarakan Oleh:

**JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
DAN
HIMPUNAN MAHASISWA MATEMATIKA 'IDENTIKA' FPMIPA UPI
2004**

Prosiding Seminar Nasional Matematika 2004

Staf Penyunting:

Drs. H. Yaya S. Kusumah, M.Sc., Ph.D.

Dr. Nanang Priatna, M.Pd.

Copyright Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40164

Telp/Fax. 022-2004508

E-mail: matematika@upi.edu

Website: <http://matematika.upi.edu>

Foto sampul: Peserta pada saat pembukaan seminar

 itenas library

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kita panjatkan puji dan syukur pada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah memberi kesempatan pada kita semua untuk terlibat secara intensif dalam kegiatan Seminar Nasional Matematika 2004 di Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. Seminar ini merupakan kelanjutan dari program rutin yang diselenggarakan 2 tahun yang lalu di tempat yang sama.

Berbeda dengan seminar sebelumnya, seminar lanjutan ini lebih difokuskan pada upaya pertukaran informasi dalam berbagai aspek matematika dan pendidikan matematika, baik yang berkaitan dengan pengetahuan dan teknologi dalam dunia industri dan informasi, maupun berbagai kajian teoritis dan analisis praktis tentang pendekatan terkini dalam pembelajaran matematika.

Dalam seminar ini, acara diawali dengan sajian dari 5 pemakalah utama, yang menyajikan makalah dalam bidang matematika dan pendidikan matematika. Pembicara pertama, yaitu Eisuke Saito, Ph.D, memaparkan perkembangan pendidikan di Jepang, selang pandang. Pembicara kedua dan ketiga, berturut-turut yaitu Prof. Dr. Maman Djauhari dan Dr. Ichary Soekirno, M.A. menyajikan aplikasi matematika dalam dunia kerja, khususnya dalam dunia industri dan informasi. Pembicara keempat dan kelima, berturut-turut yaitu Dr. Siskaandar, M.A. dan Dr. Jatmiko menengahkan problematika dan implementasi Kurikulum 2004, yang lebih dikenal dengan sebutan Kurikulum Berbasis Kompetensi (KBK).

Hadir dalam seminar ini sebanyak lebih dari 330 peserta. Di antaranya terdapat 77 pemakalah dari seluruh pelosok Indonesia, mulai dari Aceh hingga Papua; dari SMA Langsa, Aceh, hingga Universitas Cenderawasih, Jayapura.

Prosiding yang telah selesai dicetak ini merupakan upaya pengabdian secara tertulis atas berbagai konsep, gagasan, kajian, dan hasil penelitian dalam berbagai bidang matematika dan pendidikan matematika. Naskah-naskah pemakalah utama dan pemakalah dalam sesi paralel tersebut dibukukan dengan tujuan untuk penyebaran informasi tentang matematika dan pendidikan matematika di tanah air.

Kami haturkan terima kasih sebesar-besarnya atas sumbangan pikiran yang tertuang dalam prosiding ini, karena dengan adanya kontribusi yang berharga dari para pemakalah dan peserta seminar, acara seminar yang telah dilakukan telah mampu memberikan sumber inspirasi dan pembekalan bagi kita semua dalam menatap masa depan pendidikan yang lebih cerah.

Bandung, Oktober 2004.

Panitia Pelaksana

Tim Editor/Reviewer:

Drs. H. Yaya S. Kusumah, M.Sc., Ph.D.

Dr. Nandang Priatna, M.Pd.

 itenas library

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	ii
Daftar Isi	iv
Pendahuluan	1
Tema	1
Latar Belakang	1
Tujuan	1
Pelaksanaan Semuar	2
Susunan Panitia	7

Lampiran A: **Grup Pendidikan Matematika A**

Lampiran B: **Grup Pendidikan Matematika B**

Lampiran C: **Grup Terapan/Komputasi A**

Lampiran D: **Grup Terapan/Komputasi B**

Lampiran E: **Grup Analisis Aljabar**

Lampiran F: **Grup Statistika A**

Lampiran G: **Grup Statistika B**

Lampiran H: **Daftar Peserta**

Lihat halaman 2 – 6 untuk rincian isi Lampiran A sampai dengan Lampiran G

Pendahuluan

Tema

Matematika dan Kontribusinya terhadap Peningkatan Kualitas SDM dalam Menyongsong Era Industri dan Informasi

Latar Belakang

Dinamika perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam era industri dan informasi membuat dunia menjadi semakin sulit untuk diprediksi, sehingga diperlukan adanya upaya-upaya pengembangan sumberdaya manusia Indonesia yang kreatif, konstruktif, dan produktif, yang dilandasi dengan kemampuan berpikir kritis, logis, analitis, dan sistematis.

Landasan kemampuan ini merupakan tuntutan yang terurai dalam Kurikulum 2004 yang akan segera diimplementasikan di seluruh jenjang pendidikan di Indonesia. Untuk menghadapi tuntutan ini diperlukan adanya upaya-upaya terstruktur agar kualitas sumberdaya manusia Indonesia semakin meningkat.

Beranjak dari pemikiran di atas, dalam kesempatan ini Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia bekerjasama dengan Himpunan Mahasiswa Matematika 'Identika' FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia tergugah untuk menyelenggarakan seminar nasional matematika.

Tujuan

Menganalisis dan mengevaluasi kemampuan mendasar yang dituntut dunia industri dan informasi untuk mempersiapkan matematikawan yang kreatif dan mandiri.

1. Membekali praktisi dan calon praktisi pendidikan matematika dengan wawasan, gagasan, dan kemampuan pembelajaran matematika untuk menghadapi tuntutan Kurikulum 2004.
2. Mendiseminasikan hasil-hasil penelitian dalam bidang matematika dan pendidikan matematika untuk tujuan pendidikan dan penelitian.

Pelaksanaan Seminar

08.00 - 8.30 Daftar Ulang Peserta

08.30 - 9.15 Pembukaan

- Sambutan Ketua Pelaksana
- Sambutan Ketua Panitia
- Pembukaan oleh Dekan FPMIPA UPI

09.15 - 9.30 Coffee Break

09.30 - 12.30 Penyajian makalah-makalah oleh para pembicara utama

- "Japanese Education System At A Glance", oleh Eisuke Saito, Ph.D. Chief Adviser of JICA-IMSTEP (Lampiran A1-1 sd. A1-8).
- Dr. Ichary Soekirno, M.A., Vice President of South East Asian Mathematical Society.
- "Persiapan Memasuki Dunia Industri Melalui Pendidikan Matematika", oleh Prof. Dr. Maman Djauhari, Konsultan Industri (Lampiran A2-1 sd. A2-5).
- "Kurikulum 2004 dan Pembelajaran Matematika di Sekolah Menengah", oleh Dr. Niskandar, Kepala Pusat Pengembangan Kurikulum, Balitbang Diknas (Lampiran A3-1 sd. A3-11).
- Drs. U. Sukandi, M.A., Pusat Pengembangan Kurikulum, Balitbang Diknas.

12.30 - 13.30 Istirahat, Solat dan Makan

13.30 - 15.30 Parallel Sussion oleh peserta pemakalah

Grup Pendidikan Matematika A (Lampiran A)

1. "Penggunaan Software WebCT untuk menerapkan e-Learning pada matakuliah Kalkulus di Perguruan Tinggi", oleh Asep Sholahuddin (Lampiran A4-1 sd. A4-10).
2. "Kontribusi Aspek Talking dan Writing dalam Pembelajaran untuk Mengembangkan Kemampuan Pemahaman dan Komunikasi Matematik Siswa", oleh Bamsu Irianto Ansari (Lampiran A5-1 sd. A5-13).
3. "Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Jurusan Matematika Dengan Menggunakan Komputer dalam Pembelajaran Riset Operasi", oleh Dwijanto (Lampiran A6-1 sd. A6-10).
4. "Proses Berpikir Matematik: Gambaran dan Definisi Konsep", oleh Stanley P Dewanto (Lampiran A7-1 sd. A7-6).
5. "Menumbuhkembangkan Kreativitas Mahasiswa dalam Penulisan Karya Ilmiah", oleh Asep Sapa'at (Lampiran A8-1 sd. A8-6).
6. "Penerapan Teknologi Multimedia Interaktif dalam Pembelajaran Matematika sebagai Salah Satu Upaya Mengisi Tuntutan Kurikulum 2004", oleh Rahayu Kariadinata (Lampiran A9-1 sd. A9-11).

7. "Pembelajaran Matematika Berbasis Masalah dalam Upaya Meningkatkan Kemampuan Penalaran Siswa SMP", oleh Tatang Herman (Lampiran A10-1 sd. A10-11).
8. "Penguasaan Guru Matematika SLTP Di Kota Banda Aceh terhadap Bahan Ajar Segitiga", M. Ikhsan (Lampiran A11-1 sd. A11-10).
9. "Pembelajaran Matematika dengan Sistem Komputer Aljabar", oleh Abdul Karim (Lampiran A12-1 sd. A12-12).
10. "Penilaian dalam E-Learning (Pembelajaran Elektronik) Matematika" dan "Virtual Learning: Pembelajaran Masa Kini dan Masa Depan" oleh R. Poppy Yuniawati (Lampiran A13-1 sd. A13-8 dan A14-1 sd. A14-10).
11. "Penguasaan Konsep Dasar Matematika SMU oleh Mahasiswa Program S-1 Tingkat Akhir Pada Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jambi" oleh Syaiful (Lampiran A15-1 sd. A15-12)
12. "Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematika Siswa Sekolah Menengah Pertama Melalui Pendekatan Open-Ended", oleh Jamawi Afgani Dahlan. (Lampiran A16-1 sd. A16-9)
13. "Kultur Mikro Kelas dan Proses Kognitif Anak dalam Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan RME", oleh Ch. Sri Waryanti Susento.
14. "Pembelajaran Matematika Berbasis Komputer Model Tutorial (Substitute Tutor) (Suatu Penelitian Terhadap Siswa Kelas 1 Di Smun 2 Bandung)", oleh Ani Ismayani.

Grup Pendidikan Matematika B (Lampiran B)

1. "Pengembangan Kemampuan Berpikir Matematik Melalui Pendekatan Pembelajaran Tidak Langsung", oleh Didi Suryadi (Lampiran B1-1 sd. B1-9).
2. "Pengembangan Instrumen Pengukur Sikap Terhadap Kalkulus dengan Menggunakan Skala Sikap Diferensial Semantik", oleh Gaguk Margono (Lampiran B2-1 sd. B2-18).
3. "Pengembangan Computer Assisted Instruction pada Mata Kuliah Graph", oleh Widyo Nugroho, Edi Sukirman, Suryadi (Lampiran B3-1 sd. B3-13)
4. "Pembelajaran dengan Pendekatan Metakognitif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematik Siswa SMU", oleh Yenny Suzana (Lampiran B4-1 sd. B4-10).
5. "Efektivitas Penerapan Bahan Ajar Matematika Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Analitis Siswa", oleh Ajeng Quartina Noor (Lampiran B5-1 sd. B5-10).
6. "Penggunaan Pembelajaran Berbasis Komputer Model Drill and Practice untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Matematika Siswa SMU", oleh Diny Nur'eni Syamsudin (Lampiran B6-1 sd. B6-5).
7. "Pembelajaran Bermuatan Konstruktivisme pada Pengajaran Matematika di Sekolah Menengah", oleh Marthen Tapilouw (Lampiran B7-1 sd. B7-8).
8. "Suatu Upaya untuk Meningkatkan Spatial Sense dalam Geometri Melalui Pembelajaran dengan Alat Peraga Di SLTPN 12 Bandung", oleh Nurjunah (Lampiran B8-1 sd. B8-7).

9. "Pengembangan Model Bahan Ajar Matematika Interaktif Berbasiskan Teknologi Komputer untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Logis Siswa SMU", oleh Dudi Wahyudin (Lampiran B9-1 sd. B9-9).
10. "Desain dan Pengembangan Courseware Interaktif Berbasis Web untuk Meningkatkan Pemahaman Matematik dan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMA", oleh Yaya S. Kusumah (Lampiran B10-1 sd. B10-11).
11. "Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematika melalui Pembelajaran menggunakan Media Program Komputer", oleh Gina Miranti (Lampiran B11-1 sd. B11-7).
12. "Kreativitas dalam Menyelesaikan Tugas Menunjukkan atau Membuktikan Kebenaran Pernyataan Matematik dan Implikasinya dalam Pemilihan Model Pembelajaran Matematika" oleh Dadang Juandi (Lampiran B12-1 sd. B12-7).
13. "Pembelajaran Metakognitif untuk Meningkatkan Pemahaman Matematik Siswa SMU" oleh Hepsi Nindiasari (Lampiran B13-1 sd. B13-6).
14. "Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa dalam Matematika Melalui Pembelajaran dengan Pendekatan Keterampilan Proses", oleh Renti Citarwati (Lampiran B14-1 sd B14-9).

Grup Terapan/Komputasi A (Lampiran C)

1. "Model Matematika Transmisi Parasit Mikrosporidia dalam Inang *Gammarus Duebeni*", oleh Kania Sawitri (Lampiran C1-1 sd C1-11).
2. "Model Optimal Kontrol Perahu Dayung Langkir Balik Sebagai Produk Pendukung Wisata Bahari Provinsi Lampung", oleh Teddy Anzal Setia, Tiryono Ruby (Lampiran C2-1 sd C2-5)
3. "Graf dan Komplemen Non-Hamiltonian Terhubungnya dengan Circumference Tertentu", oleh Tri Atmajo Kusmayadi (Lampiran C3-1 sd C3-9).
4. "Konstruksi Persamaan Perbaikan Produksi melalui Sistem Dinamis", oleh Hennie Husniyah, Asep K Supriatna.
5. "Penyelesaian Persamaan Navier-Stokes pada Aliran Fluida Viscous Incompressible Dua Dimensi dengan Metode Elemen Hingga", oleh Enjang Ali Nurdin.

Grup Terapan/Komputasi B (Lampiran D)

1. "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan Metode Lintasan Kritis", oleh Yayat Priatna (Lampiran D1-1 sd. D1-14).
2. "Teknik Proyeksi Perspektif dan Cara Pandang Kamera Sintetik Sebagai Metode Pembangkitan Citra 3D pada Layar Tampilan Komputer", oleh Muchammad Ahrori (Lampiran D2-1 sd. D2-12).
3. "Implementasi Kriptografi Menggunakan Metode Homophone Substitution Modification", oleh Heri Sutarno (Lampiran D3-1 sd. D3-15).

4. "Redaman Vibrasi Arus-Induksi oleh Eksitasi Parametrik", oleh Siti Fatimah (Lampiran D4-1 sd. D4-8).
5. "Pengembangan Model Matematika Peluang Hidup Akhir Plasmodium Falciparum Mutan yang Resisten terhadap Klorokuin dengan Pendekatan Estimasi Maximum Likelihood", oleh Endang Werdiyati.
6. "Menghitung Kewirangan Lereng pada Foto Udara", oleh Yuyut Yuhana.

Grup Analisis Aljabar (Lampiran E)

1. "Beberapa Cara Mengkonstruksi Basis Ruang Dual", oleh I Made Arnawa (Lampiran E1-1 sd. E1-9)
2. "Transformasi Matriks pada Beberapa Ruang Barisan", oleh Ida Nuraeni, Muslim Ansori (Lampiran E2-1 sd. E2-9).
3. "Himpunan Kompak pada Ruang Metrik", oleh Cece Kustiawan (Lampiran E3-1 sd. E3-9).
4. "Ruang Barisan Klasik L_∞ ", oleh Incum Sumiati (Lampiran E4-1 sd. E4-4).
5. "Catatan Sekitar Ideal Terurut dari Grup Abelian Terurut Total", oleh Rizky Rosjanuardi (Lampiran E5-1 sd. E5-5).
6. "Prinsip Refleksi Fungsi Panharmonik dan Fungsi μ Regular", oleh Endang Cahya (Lampiran E6-1 sd. E6-10).
7. "Isometri Parsial Kuasa", oleh Dede Suratman (Lampiran E7-1 sd. E7-3).
8. "Model Linier dan Model Geometri Data Kategorikal", oleh Erna Tri Herdiani.

Grup Statistika A (Lampiran F)

1. "Solusi Tepat Menangani Sumber Daya Manusia yang Gagap Teknologi (Kajian Teknik Statistika : Lisrel)", oleh Bagus Sumargo (Lampiran F1-1 sd. F1-10).
2. "Penaksiran Variansi Error dalam Regresi Nonparametric dengan Suatu Covariate - Matched Statistik - U", oleh Sukarna, I Nyoman Budiantara, Aswi (Lampiran F2-1 sd. F2-8).
3. "Pengujian Asosiasi antara Variabel yang Bertipe Single dengan Multiple Response", oleh Muhamamad Sabirin, Susanti Liouwih, Dwiatmono A. W (Lampiran F3-1 sd. F3-7).
4. "Model Multivariate Autoregressive Moving Average (Model-Marima)", oleh Entit Puspita (Lampiran F4-1 sd. F4-12).
5. "Model Vektor Autoregresi dan Penerapannya dalam Prakiraan Produksi Minyak Bumi", oleh Budi Nurani R (Lampiran F5-1 sd. F5-7)
6. "Mendapatkan Estimator Klasik Melalui Framework Bayesian", oleh Dadan Dasari (Lampiran F6-1 sd. F6-6)
7. "Pengamatan Berpengaruh pada Pemilihan Variabel dalam Model Regresi Linear Ganda", oleh Muhammad Abdy, Sri Pingit Wulandari.
8. "Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan dengan Menggunakan Beberapa Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Garch)", oleh Susi Tri Wahyuni, Nur Irawan.

9. Isnaini
10. Suwasono Raharjo

Grup Statistika B (Lampiran G)

1. "Pendekatan Distribusi Maxwell Boltzmann pada Laju Partikel-Partikel Gas dengan Distribusi Weibull Melalui Meme (Markov Chain Monte Carlo)", oleh Imam Tazi, Nur Irawan, Dwiatmono A.W (Lampiran G1-1 sd. G1-6).
2. "Cross-Validation Error atau Galat Validasi-Silang pada Regresi Linier", oleh Dewi Rachmatin (Lampiran G2-1 sd. G2-11).
3. "Beberapa Cara Mengkonstruksi Basis Ruang Dual", oleh I Made Arnawa (Lampiran G3-1 sd. G3-9).
4. "Metode Analisis Korespondensi dalam Mengolah Data Kuesioner", oleh Lukman (Lampiran G4-1 sd. G4-7).
5. "Estimasi Robust Keluarga High Breakdown dengan Metode Least Trimmed Squares Dan Least Median Squares pada Model Regresi Linier Parametrik", oleh Stefanus Budy Widjaja Subali, I Nyoman Budiantara (Lampiran G5-1 sd. G5-14)
6. "Pendekatan Gateaux sebagai Optimasi Penalized Least Square dalam Regresi Nonparametrik", oleh Andi Andong, I Nyoman Budiantara (Lampiran G6-1 sd. G6-5).
7. "Estimator Spline dengan Penalized Least Square dalam Ruang Hilbert", oleh Ruliana, I Nyoman Budiantara (Lampiran G7-1 sd. G7-9).
8. "Aplikasi Wavelet dalam Estimasi Fungsi Regresi", oleh Bambang Avip Priatna M (Lampiran G8-1 sd. G8-10).
9. "Kesalahan Pengukuran di dalam Model Regresi Sederhana", oleh Hartatik, I Nyoman Budiantara
10. "Estimasi dan Sifat-Sifat Parameter Model Ammi pada Rancangan Model Tetap", oleh Samsul Bahri, Susanti, Dwiatmono, A.W.

15.30 - 16.00 Penutupan dan Pembagian Sertifikat

Susunan Panitia

Panitia Pengarah

- Prof. H.E.T. Ruseffendi, S.Pd., M.Sc., Ph.D.
- Prof. Dr. Utan Sumarmo
- Dr. Wahyuudin, M.Pd.
- Drs. H. Karso, M.Pd.
- Drs. Jozua Sabandar, M.A., Ph.D

Panitia Pelaksana

- Drs. H. Yaya S. Kusumah, M.Sc., Ph.D. (Ketua)
- Dr. Nanang Priatna, M.Pd.
- Drs. Dadan Dasari, M.Si.
- Dra. Nurjanah, M.Pd.
- Drs. Bambang Avip Priatna, M.Si.
- Dra. Siti Fatimah, M.Si., Ph.D.
- Drs. C. Jacob, M.Pd.
- Drs. H. Asep Syarif Hidayat, M.Si.
- Dra. Dian Ustiyana, M.Si.
- Yudi Wibisono, S.T.
- Asep Sapat
- Nela Rachmalia
- Intan Nela Nurhayati
- Yadi Setiadi
- Anisa Witlby Sundari
- Niene Asri
- Eva Sofia
- Susianita
- Ia Sholihat
- Lely Indriani

LAMPIRAN C
MAKALAH SEMINAR
BIDANG TERAPAN/KOMPUTASI A



MODEL MATEMATIKA TRANSMISI PARASIT MIKROSPORIDIA DALAM INANG GAMMARUS DUEBENI

Oleh:

Kania Sawitri, S.Pd., M.Si. ✓

UPT-MKU Institut Teknologi Nasional
Jln. P.K.H. Hasan Mustapa No. 23 Bandung

ABSTRAK

Crustacea amphipod, *Gammarus duebeni* adalah inang dari dua parasit mikrosporidia, yaitu *Octosporaea effeminans* dan *Nosema spp* yang ditransmisikan secara transovarial dari induk ke anaknya melalui gamet. Parasit ini mempunyai pengaruh memfeminisasi inangnya, yaitu mengubah individu jantan menjadi individu berfenotip betina. Efisiensi dari transmisi parasit ke inang baru adalah faktor kunci untuk mempertahankan keberadaan parasit di dalam inang. Parasit yang ditransmisikan secara transovarial harus mengatasi dua bottleneck supaya menjamin survival mereka melalui generasi inang berturut-turut. Pertama, parasit harus hadir pada telur, kedua, parasit harus menemukan jalan untuk masuk ke jaringan germline dari inang terinfeksi. Memanfaatkan matematika sebagai alat, tulisan ini akan membahas mekanisme transmisi parasit ke germline dari inang terinfeksi melalui beberapa model matematika. Sebagian dari model yang dibahas memanfaatkan teori branching proses.

Kata Kunci: Model matematika transmisi parasit dalam inang, branching proses, *Gammarus duebeni*, transmisi transovarial

PENDAHULUAN

Salah satu komponen dari suatu ekosistem adalah pengurai, organisme yang memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul sederhana yang dapat digunakan lagi oleh komponen lain dalam ekosistem, yaitu produsen. Amphipod pada ekosistem air, yang mendiami lingkungan air payau, *Gammarus duebeni* berfungsi sebagai pemecah organik.

Gammarus duebeni adalah inang untuk parasit mikrosporidia, (*Octosporaea effeminans* dan *Nosema spp*). Parasit ini ditransmisikan secara transovarial dari induk ke anaknya dan mempunyai pengaruh memfeminisasi inangnya, mengubah individu bergenetik jantan ke dalam individu berfenotip betina. Parasit ini telah mengembangkan mekanisme menarik untuk meningkatkan banyaknya inang yang terinfeksi. Parasit hanya menginfeksi inang betina dan hampir semua keturunan induk betina yang terinfeksi menjadi betina (bersifat betina). Bagaimanapun, parasit ini akan menyebabkan perubahan pada rasio jenis kelamin menuju bias kuat betina. Dan pada akhirnya akan menuju kepunahan dari populasi inang dan parasit.

Dalam banyak kasus, infeksi melalui transmisi vertikal menuju kematian inang, tetapi untuk beberapa parasit, transmisi vertikal dari generasi ke generasi dapat berfungsi untuk mempertahankan parasit dalam populasi inang (Dunn, Terry and Taneyhill, 1998). Parasit yang mengalami transmisi vertikal harus mengatasi dua *bottleneck* supaya

menjamin survival mereka melalui generasi inang berturut-turut, yaitu transmisi dari individu dewasa ke gamet dan transmisi ke *germline* dari inang terinfeksi. Jika parasit tidak dapat melewati dinding sel pada inang dewasa atau perkembangan embrio, maka ia harus menemukan *germline* selama perkembangan inang supaya menjamin transmisi (Hatcher, Dunn & Tofts, 1996).

Secara khusus tulisan ini bertujuan untuk mempelajari model matematika bagaimana parasit menemukan *germline* inang (yang harus ditempuh parasit agar dapat ditransmisikan ke generasi inang berikutnya) dan bagaimana parasit dipertahankan dalam populasi inang.

Sebagai ilustrasi akan diperlihatkan distribusi parasit dalam sel dari perkembangan embrio untuk 6 generasi pertama.

TRANSMISI DALAM HOST, PARASIT MIKROSPORIDIA PADA *GAMMARUS DUEBENI*

Pada bagian ini, dijelaskan tentang mekanisme transmisi transovarial dan suatu teori yang digunakan dalam menentukan mekanisme transmisi ke *germline*.

Transmisi Vertikal, parasit ditransmisikan dari induk ke anaknya melalui gamet pada generasi inang berturut-turut. Pada antropoda, jenis transmisi ini disebut transmisi transovarial.

I. MEKANISME TRANSMISI TRANSOVARIAL

Efisiensi transmisi adalah faktor kunci pada hubungan khusus parasit dan manganya. Beberapa mekanisme pokok transmisi transovarial telah dipelajari dan untuk transmisi transovarial ini dikenal ada dua *bottleneck*, yaitu

- Parasit harus menjamin kehadirannya pada telur dari inang terinfeksi.
- Parasit yang berada pada zigot harus berusaha menemukan jaringan *germline* (hanya parasit pada gamet yang akan ditransmisikan ke generasi inang berikutnya).

Bagaimanakah parasit intraseluler bekerja untuk menjamin transmisi transovarial?

Infeksi awal besar-besaran atau laju replikasi tinggi dalam inang akan meningkatkan kesempatan dari parasit hadir pada *germline*. Dari hasil pengamatan pada *Gammarus duebeni* rata-rata banyaknya parasit di dalam sebuah telur kira-kira delapan parasit (Dunn, 1995).

Sekali sel bebas parasit, semua dari garis keturunan akan tak terinfeksi, kecuali kalau parasit dapat berpindah diantara jaringan dan menyerang jaringan baru. Parasit hanya ditemukan pada jaringan reproduksi dan tidak ada migrasi dari parasit melalui jaringan inang. Sehingga jelas bahwa untuk ditransmisi dari zigot ke telur dari dewasa matang, parasit harus hadir pada jaringan *germline* selama pembelahan sel dari embriogenesis inang.

Selanjutnya akan dipelajari efisiensi dan mekanisme transmisi transovarial dari mikrosporidia penyimpang rasio jenis kelamin yang menginfeksi *Gammarus duebeni* dalam enam generasi pertama pada pembelahan sel. Kita membagi transmisi transovarial ke dalam dua tahap transmisi, yaitu tahap pertama transmisi dari betina dewasa ke telur.

dan tahap kedua transmisi untuk memasuki jaringan target *germline*. Karena tidak ada tanda khusus untuk sel *germ* pada *Gammarus duebeni*, kita tidak dapat membuat pengamatan langsung pada mekanisme transmisi ke *germline*. Walaupun demikian dimungkinkan untuk memperoleh distribusi frekuensi parasit dalam sel dari perkembangan embrio.

2. GALTON-WATSON BRANCHING PROCESS

Misalkan Z_n menyatakan banyaknya partikel pada generasi ke- n dan misalkan $Z_0=1$. Partikel ini akan menghasilkan Z_1 partikel anak yang membentuk generasi pertama, dengan

$$P(Z_1 = j) = a_j, \quad j=0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Jika masing-masing partikel pada generasi pertama akan menghasilkan partikel-partikel baru yang akan membentuk generasi kedua, dengan distribusi banyaknya partikel anak mengikuti distribusi peluang seperti pada persamaan (1) dengan asumsi masing-masing partikel bertindak saling bebas.

Bagaimanakah distribusi banyaknya partikel pada generasi kedua? Untuk ini misalkan fungsi pembangkit peluang dari peubah acak Z_1 diberikan oleh :

$$g(s) = \sum_{j=0}^{\infty} a_j s^j$$

Andaikan terdapat j partikel pada generasi pertama, maka total banyaknya partikel pada generasi kedua diberikan oleh $Z_2 = X_1 + X_2 + \dots + X_j$ yang memiliki fungsi pembangkit peluang $(g(s))^j$. Ini berarti bahwa $E[s^{Z_2} | Z_1 = j] = (g(s))^j$ yang menghasilkan

$$E[s^{Z_2}] = \sum_{j=0}^{\infty} P(Z_1 = j) E[s^{Z_2} | Z_1 = j] = g(g(s))$$

Misalkan g_n menyatakan fungsi pembangkit peluang dari peubah acak Z_n sehingga $g_1=g$, maka hubungan di atas memberikan $g_2(s) = g(g_1(s))$. Jadi

$$g_n(s) = (g \circ g \circ g \circ g \circ g \circ g \circ g)(s)$$

Perhatikan bahwa:

$$g_n(s) = (1-s)^{Z_n} = \sum_{j=0}^{\infty} P(Z_n = j) s^j$$

Selanjutnya kita akan melihat kemungkinan terjadinya kepunahan pada populasi partikel. Misalkan q_n menyatakan besarnya peluang terjadinya kepunahan partikel pada atau sebelum generasi ke- n , yaitu

$$q_n = P(Z_n = 0) = g_n(0)$$

dengan asumsi $0 < a_0 < 1$.

Karena $g'(s) = \sum_{j=1}^{\infty} j a_j s^{j-1} > 0$ di $(0,1)$ dan $q_1 = g_1(0) = g(0) = a_0$ maka $q_2 > g(0) = q_1$.

Selanjutnya dengan induksi kita peroleh $q_{n+1} > g(q_n) = q_n$. Ini berarti barisan q_n monoton naik dan terbatas oleh 1. Misalkan $\alpha = \lim_{n \rightarrow \infty} q_n$. Dengan demikian α merupakan solusi dari $g(s) = s$. Misalkan $f(s) = g(s) - s$ maka $f(1) = g(1) - 1 = 1 - 1 = 0$. Akibatnya 1 juga

merupakan salah satu akar $g(s)=s$. Selanjutnya kita asumsikan pula $0 < a_0 < a_0 + a_1 < 1$. Dengan demikian kita memperoleh

$$f'(s) = g'(s) = \sum_{i=0}^{\infty} f(i-1) a_i s^{i-2} > 0 \quad \text{untuk } s > 0$$

Ini berakibat persamaan $f(s)=0$ paling banyak hanya memiliki satu akar yang bukan $s=1$ di selang $(0,1)$. Selanjutnya kita tinjau 2 kasus :

Kasus 1: $f(s)=0$ tidak memiliki akar di $(0,1)$.

Karena $f(0) = a_0 > 0$ dan $f(s)=0$ tidak memiliki akar di $(0,1)$, maka $f(s) > 0$ di selang $(0,1)$. Sehingga $f(1) - f(s) < f(1) - 0$ di $(0,1)$. Dengan demikian $f'(1) \leq 0$. Karena $f(s) = g(s) - s$, maka $f'(s) = g'(s) - 1$. Jadi $f'(1) = g'(1) - 1 \leq 0$ atau $g'(1) \leq 1$.

Kasus 2: $f(s)=0$ memiliki tepat satu akar, misalkan t , di $(0,1)$. Maka $\exists \epsilon \in (t,1)$ sehingga

$f'(t) = g'(t) - 1 = 0$. Karena $g'(s) > 0$ di $s > 0$ maka g' suatu fungsi yang monoton naik di $s > 0$. Karena $t < 1$, maka $g'(1) > g'(t) = 1$, jadi $g'(1) > 1$. Jadi $g(s) = s$ memiliki sebuah akar positif yang lebih kecil dari satu jika dan hanya jika $g'(1) > 1$.

Pada kasus 1, diperoleh $a < 1$. Ini berarti hampir pasti terjadi kepunahan populasi partikel. Pada kasus 2, diperoleh $a < 1$. Ini berarti terdapat kemungkinan populasi partikel tersebut terhindar dari kepunahan dengan peluang sebesar $1 - a$.

Selanjutnya akan kita lihat ekspektasi banyaknya partikel pada generasi ke- n . Untuk ini misalkan $\mu = E(Z_1)$ menyatakan ekspektasi banyaknya partikel anak yang dihasilkan oleh sebuah partikel. Perhatikan bahwa $\mu = g'(1)$, sehingga $\mu \leq 1$ pada kasus 1 dan $\mu > 1$ pada kasus 2. Maka bila banyaknya partikel pada generasi ke- $(n-1)$ adalah J , ekspektasi banyaknya partikel pada generasi ke- n adalah sebesar $J\mu$. Sehingga diperoleh

$$E(Z_n) = \sum_{j=0}^{\infty} \mu^j P(Z_{n-1} = j) = \mu^n E(Z_1)$$

dan selanjutnya dengan iterasi didapatkan

$$E(Z_n) = \mu^n E(Z_0) = \mu^n.$$

Dengan demikian

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E(Z_n) = \begin{cases} 0 & \text{bila } \mu < 1 \\ \mu & \text{bila } \mu = 1 \\ \infty & \text{bila } \mu > 1 \end{cases}$$

3. MULTITYPE GALTON-WATSON PROCESS

Asumsikan bahwa ada dua bentuk dari partikel, dan masing-masing mempunyai peluang positif menghasilkan keturunan dari masing-masing jenis. Kita perkenalkan pasangan fungsi pembangkit peluang $G^1(s_1, s_2)$ dan $G^2(s_1, s_2)$ yang didefinisikan sebagai berikut

$$G^i(s_1, s_2) = \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} p'_{j,k} s_1^j s_2^k \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

dengan $p'_{j,k}$ adalah peluang bahwa induk jenis i menghasilkan j keturunan jenis 1 dan k keturunan jenis 2.

Untuk menentukan ekspektasi banyaknya partikel yang hidup pada masing-masing generasi, pertama kita menentukan mean banyaknya keturunan dari masing-masing jenis yang dihasilkan oleh induk dari masing-masing jenis. Untuk proses dua jenis akan ada empat mean, yang dinotasikan oleh m_i , yaitu mean banyaknya keturunan jenis i dihasilkan oleh induk jenis i . Seperti Galton-Watson branching proses, mean dapat dihitung dari turunan pertama fungsi pembangkit peluang di $(1,1)$. Kita perkenalkan matriks mean $M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix}$

Untuk menentukan ekspektasi banyaknya partikel dari masing-masing jenis yang hidup pada generasi berturut-turut, kita mulai dengan leluhur dari satu jenis, dinotasikan oleh $X_n = (x_{1n}, x_{2n})$, dengan x_{in} adalah banyaknya partikel dari jenis i yang hidup pada generasi ke- n untuk $i=1,2$. Kondisi awal X_0 adalah vektor dari dua komponen, banyaknya menemukan partikel dari masing-masing jenis. Sehingga kita mempunyai salah satu X_0 , yaitu $(1,0)$ atau $(0,1)$, bergantung pada apakah kita menemukan leluhur dari jenis 1 atau 2. Ekspektasi banyaknya keturunan dari masing-masing jenis adalah $X_1 = X_0 M$, sebagai contoh: $X_1 = X_0 M = (x_1 m_{11} + x_2 m_{21}, x_1 m_{12} + x_2 m_{22})$

Sekarang peluang kepunahan bergantung pada bilangan ρ , yaitu nilai absolut terbesar dari dua akar dari persamaan kuadrat berikut

$$\rho^2 - (m_{11} + m_{22})\rho + (m_{11}m_{22} - m_{12}m_{21}) = 0 \quad (3)$$

Jika $\rho \leq 1$ maka kepunahan dari proses pasti terjadi, ρ dikenal sebagai nilai eigen terbesar dari matriks mean M . Proses dua jenis mempunyai dua peluang kepunahan, μ^1 dan μ^2 , yang berhubungan dengan kepunahan dari proses yang dimulai dengan satu leluhur jenis 1 atau jenis 2. Kita akan notasikan pasangan μ^1, μ^2 sebagai μ dan $G^1(s_1, s_2), G^2(s_1, s_2)$ sebagai $G(\mu)$. Peluang kepunahan memenuhi persamaan

$$G(\mu) = \mu \quad (4)$$

Untuk kasus yang lebih dari dua jenis dapat dilakukan dengan cara yang serupa. Secara umum, M berukuran $n \times n$ dengan n menyatakan banyaknya jenis.

4. TRANSMISI PARASIT DALAM EMBRIO SEBAGAI BRANCHING PROSES MULTITYPE

Pertama pandang bahwa banyaknya parasit tunggal, secara acak dipilih sel garis keturunan. Dimulai dengan zigot, banyaknya parasit yang dimuat masing-masing sel garis keturunan ditentukan oleh banyaknya parasit yang ditransmisikan dari sel ibu dan banyaknya parasit yang ditransmisikan yang kemudian mengalami pembelahan. Misalkan p adalah peluang parasit membelah pada setiap generasi sel, dan q adalah peluang sebuah parasit ditransmisikan ke sel anak. Jika tidak ada bias pada transmisi (masing-masing parasit mempunyai peluang yang sama untuk masuk ke salah satu sel anak dari dua sel

anak tersebut), maka $q = \frac{1}{2}$. Jika sel ibu memuat i parasit, peluang bahwa sel anak yang dipilih memuat j parasit, $P_i(j)$ diberikan oleh

$$P_i(j) = \sum_{k=0}^j \binom{i}{k} p^{k-i} (1-p)^{i-k} \binom{k}{j} q^j (1-q)^{k-j} \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

yang mempunyai fungsi pembangkit peluang sebagai berikut

$$G_i(s) = [(1-q + qs)(1-pq + pq^2)]^i \quad (6)$$

Untuk menentukan banyaknya parasit pada keseluruhan embrio, kita memodelkan perkembangan inang sebagai multitipe branching proses, partikel-partikel akan menghasilkan partikel baru dari macam-macam tipe. Kita definisikan tipe dari sel embrionik sebagai banyaknya parasit yang berada didalamnya. Selama pembelahan, sel akan menghasilkan tepat dua sel anak, masing-masing yang mungkin sebagai tipe 0 sampai dengan $2Z_0$ parasit.

Untuk menganalisis multitipe proses, kita konstruksi matriks M yang unsur-unsur pada baris ke- i kolom ke- j , (m_{ij}) adalah rata-rata banyaknya sel yang memuat j parasit yang dihasilkan oleh sel induk yang memuat i parasit. Unsur-unsur matriks M tersebut diberikan oleh $m_{ij} = 2P_i(j)$ (Dunn, 1998).

Misalkan Z_0 menyatakan banyaknya parasit mula-mula pada zigot. Zigot ini sendiri dinyatakan dalam multitipe proses, sebagai vektor $Z_0 = (0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)$, yang mempunyai komponen bernilai 1 pada posisi yang berhubungan dengan banyaknya parasit pada zigot, dan nol setiap tempat lainnya. Vektor ekspektasi distribusi dari parasit per sel pada generasi ke- n diberikan oleh $[f_n(0), f_n(1), \dots, f_n(k)] = \frac{Z_0 M^n}{(Z_0, M^n)$

(7)

dengan $\mathbf{1} = (1, 1, \dots, 1)$ dan $k = Z_0 \cdot 2^n$.

Kita akan menggunakan teknik ini untuk memperoleh ekspektasi banyaknya parasit per sel untuk model yang dibangun berdasarkan pada hipotesis khusus dari replikasi parasit dan transmisi.

MODEL

Pada bagian ini akan dikemukakan lima model. Tiga model pertama dibangun berdasarkan perbedaan transmisi parasit ke sel anak dari zigot. Dua model berikutnya, kita akan menggunakan branching proses untuk mengkonstruksi ekspektasi banyaknya parasit per sel berdasarkan hipotesis khusus dari replikasi parasit dan transmisi. Keseluruhan model tersebut menggunakan asumsi bahwa sel inang membelah secara sinkronus, begitu pula dengan sel parasit, serta tidak ada perbedaan pada laju reproduksi di antara sel inang atau parasit pada sel berbeda.

1. MODEL PERTAMA

Asumsi yang digunakan adalah dosis dari parasit pada zigot diwariskan dari parasit tidak membelah sampai parasit tersebut mencapai jaringan target. Transmisi parasit ke sel anak tak bias.

Selanjutnya mencari peluang mengamati dosis tertentu dari parasit pada generasi yang berikutnya dari sel, $P(g, j, id)$ yaitu peluang bahwa sel pada generasi g akan mempunyai j parasit jika diberikan dosis awal dari zigot adalah id parasit. Peluangnya dapat dijelaskan sebagai berikut

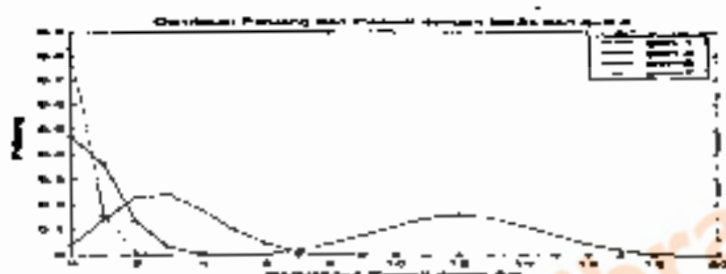
$$P(0, j, id) = \begin{cases} 1 & \text{bila } j = id \\ 0 & \text{bila } j \neq id \end{cases}$$

$$P(g, j, id) = \sum_{i=0}^{id} \binom{id}{i} q^i (1-q)^{id-i} P(g-1, i, id) \quad j = 0, 1, \dots, id$$

Untuk $q = 1/2$, diperoleh

$$P(g, j, id) = \sum_{i=0}^{id} \binom{id}{i} \left(\frac{1}{2}\right)^{id} P(g-1, i, id) \quad j = 0, 1, \dots, id$$

Distribusi peluang dari parasit dengan dosis awal 24 parasit diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1 : Distribusi peluang dari parasit menggunakan model 1 untuk dosis awal 24 dan $q=0.5$

2. MODEL KEDUA

Pada model ini diasumsikan parasit membelah dengan laju yang sama dengan laju pembelahan sel inang. Selanjutnya mencari distribusi dari parasit sebelum sel berikutnya membelah $P(g, j, id)$. Peluangnya dapat dijelaskan sebagai berikut

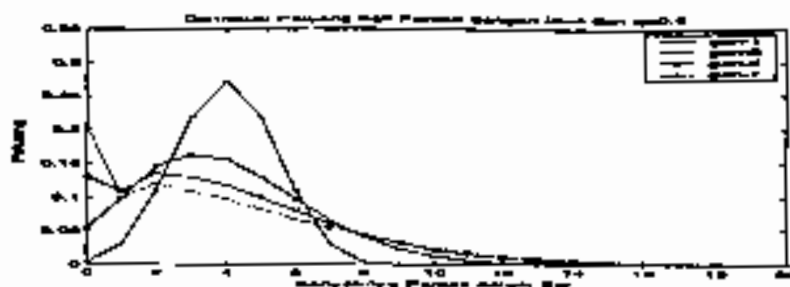
$$P(0, j, id) = \begin{cases} 1 & \text{bila } j = id \\ 0 & \text{bila } j \neq id \end{cases}$$

$$P(g, j, id) = \sum_{i=0}^{id \cdot 2^g} \binom{id \cdot 2^g}{i} q^i (1-q)^{id \cdot 2^g - i} P(g-1, i, id) \quad j = 0, 1, \dots, id \cdot 2^g$$

Untuk $q = 1/2$, diperoleh

$$P(g, j, id) = \sum_{i=0}^{id \cdot 2^g} \binom{id \cdot 2^g}{i} \left(\frac{1}{2}\right)^{id \cdot 2^g} P(g-1, i, id) \quad j = 0, 1, \dots, id \cdot 2^g$$

Distribusi peluang dari parasit dengan dosis awal 4 parasit diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2 : Distribusi peluang dari parasit menggunakan model 2 untuk dosis awal 4 dan $q=0.5$

3. MODEL KETIGA

Pada model ini asumsi yang digunakan bahwa parasit membelah pada generasi 2, 4, dan 6. Selanjutnya mencari $P(g, j, id)$. Peluangnya dapat dijelaskan sebagai berikut

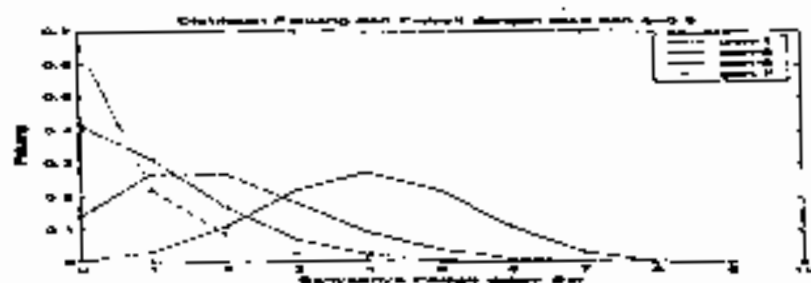
$$P(0, j, id) = \begin{cases} 1 & \text{bila } j = id \\ 0 & \text{bila } j \neq id \end{cases}$$

$$P(g, j, id) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{j-1} \binom{j}{i} q^i (1-q)^{j-i} P(g-1, i, id) & j=0, 1, \dots, id, 2^{\lfloor \frac{g}{2} \rfloor} \quad g=1, 3, 5, \dots \\ \sum_{i=0}^{j-1} \binom{2i}{j} q^i (1-q)^{2i-j} P(g-1, i, id) & j=0, 1, \dots, id, 2^{\lfloor \frac{g}{2} \rfloor} \quad g=2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

Untuk $q = 1/2$, diperoleh

$$P(g, j, id) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{j-1} \binom{j}{i} \left(\frac{1}{2}\right)^j P(g-1, i, id) & j=0, 1, \dots, id, 2^{\lfloor \frac{g}{2} \rfloor} \quad g=1, 3, 5, \dots \\ \sum_{i=0}^{j-1} \binom{2i}{j} \left(\frac{1}{2}\right)^{2i} P(g-1, i, id) & j=0, 1, \dots, id, 2^{\lfloor \frac{g}{2} \rfloor} \quad g=2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

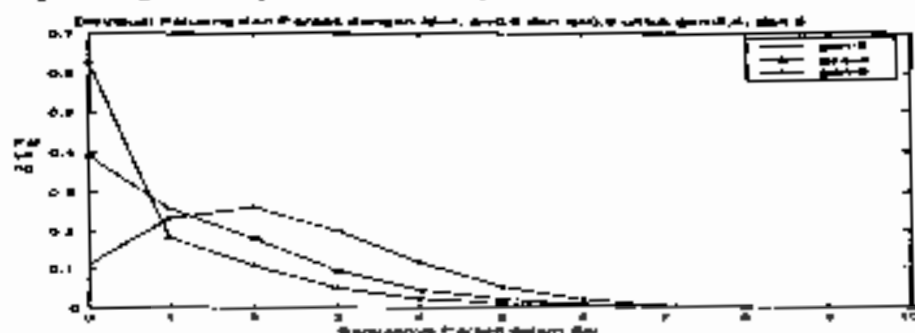
Distribusi peluang dari parasit dengan dosis awal 8 parasit diberikan pada Gambar 3.



Gambar 3 : Distribusi peluang dari parasit menggunakan model 3 untuk dosis awal 8 dan $q = 0.5$

4. MODEL KEEMPAT

Pada model ini asumsi yang digunakan jika sel membelah, tak ada bias dalam mentransmisikan parasit ke dalam 2 sel anak. Dari persamaan (5) diperoleh $q = 1/2$ untuk semua sel garis keturunan. Asumsikan pula bahwa peluang dari pembelahan parasit p adalah konstan/tetap pada masing-masing generasi. Misalkan Z_0 menyatakan banyaknya parasit pada zigot (generasi ke-0). Dari persamaan (6), mean banyaknya parasit dalam masing-masing sel pada generasi ke- n diperoleh $z_n [1/2^n]$. Distribusi peluang dari parasit masing-masing sel dengan dosis awal 4 parasit diberikan pada Gambar 4.



Gambar 4 : Distribusi peluang dari parasit menggunakan model 4 untuk $id=4$ dengan $p=0.5$ dan $q = 0.5$

5. MODEL KELIMA

Pada model ini diasumsikan bahwa ada satu sel garis keturunan, yang mentransmisikan parasit dari sel induk secara bias, maka $q > 1/2$. Semua sel garis keturunan yang lain diasumsikan mempunyai $q = 1/2$.

Untuk satu sel garis keturunan, mean banyaknya parasit dalam masing-masing sel pada generasi ke- n diberikan oleh $z_n [1 - pq]^n$. Sedangkan untuk semua garis keturunan lainnya pada embrio, dari persamaan (7) diperoleh ekspektasi banyaknya parasit per sel pada generasi sel ke- n

$$\text{adalah: } [f_1(0), f_2(2k), \dots, f_n(k)] = \frac{z_n M^n}{(2, M^n)^n}$$

BASIL SIMULASI

Berikut ini diberikan beberapa hasil simulasi mekanisme transmisi ke *germline* dengan menentukan distribusi parasit dalam sel dari perkembangan embrio pada 6 generasi pertama untuk 5 model transmisi. Simulasi yang diberikan, mengilustrasikan beberapa hal antara lain:

1. Jika parasit tidak membelah pada inang embrio, maka untuk mempertahankan parasit dalam populasi inang diperlukan muatan parasit awal yang besar. Mean banyaknya parasit dalam sel untuk generasi ke- n adalah $q^n \cdot id$.
2. Jika laju pembelahan parasit kurang dari atau sama dengan laju pembelahan sel inang, masih dapat mencapai keberhasilan transmisi yang lebih tinggi meskipun dengan muatan parasit awal rendah. Mean banyaknya parasit dalam sel untuk generasi ke- n adalah $(2q)^n \cdot id$.
3. Jika parasit membelah pada generasi 2, 4, dan 6 (pada dasarnya model ini merupakan gabungan dari dua model sebelumnya), maka mean banyaknya parasit dalam sel untuk generasi ke- n adalah

$$\mu = \begin{cases} 2^{\lfloor n/2 \rfloor} \cdot q^n \cdot id & \text{bila } n = 1, 3, 5, \dots \\ 2^{\lfloor n/2 \rfloor} \cdot q^n \cdot id & \text{bila } n = 2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

4. Pada model keempat mean banyaknya parasit dalam sel pada generasi ke- n adalah $z_0(1+p)^n$. Bila $(1+p)q < 1$, maka banyaknya parasit dalam sel akan turun. Bila $(1+p)q = 1$, maka banyaknya parasit dalam sel akan konstan setiap generasi, dan bila $(1+p)q > 1$, maka banyaknya parasit dalam sel akan membesar tanpa batas, walaupun demikian terdapat peluang populasi parasit tersebut untuk mengalami kepunahan dengan peluang sebesar α .
5. Dibandingkan dengan model 4 dengan menggunakan asumsi bahwa ada satu garis keturunan yang mentransmisikan parasit dari sel induk bias, akan meningkatkan mean banyaknya parasit per sel terinfeksi untuk satu garis keturunan.

KESIMPULAN

Pada bagian ini diberikan beberapa hasil yang dapat dituliskan sebagai berikut:

Banyaknya parasit yang dimuat sel garis keturunan ditentukan oleh

1. laju transmisi parasit
2. laju pembelahan sel

Jika parasit tidak membelah pada inang embrio, maka untuk mempertahankan parasit dalam populasi inang diperlukan muatan awal yang besar.

Jika laju pembelahan parasit kurang dari atau sama dengan laju pembelahan sel inang, maka keberhasilan transmisi yang lebih tinggi masih dapat dicapai meskipun dengan muatan parasit awal rendah.

Pada model 5 akan diperoleh mean banyaknya parasit per sel terinfeksi akan meningkat untuk satu garis keturunan dibandingkan dengan model 4. Dari model 5 ini dapat diindikasikan kemungkinan parasit mempunyai kemampuan untuk mendeteksi sel *germline* demi kelangsungan hidup parasit di dalam populasi inang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chung, K.L., *Elementary Probability Theory with Stochastic Processes*, Springer-Verlag, New York, 1979.
2. Dunn, A.M., et.al. *Evolutionary Ecology of Vertically Transmitted Parasites: Transovarial Transmission of a Microsporidian Sex Ratio Distorter in Gammarus Duebeni*, *Parasitology* 111, S91-S109, 1995.
3. Dunn, A.M., Terry, R.S., and Taneyhill, D.E., *Within-host Transmission Strategies of Transovarial, Feminizing Parasites of Gammarus duebeni*, *Parasitology* 117, 21-30, 1998.
4. Feller, W., *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. 1, John Wiley and Sons, New York, 1965.
5. Hatcher, M.J., Dunn, A.M. and Tofis, C., *The Effect of the Embryonic Bottleneck on Vertical Microparasite Transmission*. In *Computation in Cellular and Molecular Biological Systems 1996*. (ed Cuthbertson, R., Holcombe, M. and Paton, A.), 339-351, World Scientific, Singapore, 1996.
6. Karlin, S., *A First Course in Stochastic Processes*, Academic Press, New York, 1967.
7. Sidarta, K.A., *Galton-Watson Branching Proses dan Dinamika Populasi Parasit Malaria di dalam Tubuh Manusia*. Makalah pada seminar di Bagian Parasitologi Fakultas Kedokteran Univ Padjajaran, Bandung, 1999.
8. Smith, J.E. and Dunn, A.M., *Transovarial Transmission*, *Parasitology Today* 7, 146-148, 1991.
9. Taneyhill, D.E., Dunn, A.M., and Hatcher, M.J., *The Galton-Watson Branching Proses as a Quantitative Tool in Parasitology*, *Parasitology Today*, 159-165, 1999.

 itenas library