

**PENDEKATAN JARINGAN SOSIAL DINAMIS
UNTUK PEMODELAN PENYEBARAN
PENYAKIT INFEKSI**

DISERTASI

Oleh

FIRMANSYAH

098110020/Ilmu Matematika



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN**

2013

**PENDEKATAN JARINGAN SOSIAL DINAMIS
UNTUK PEMODELAN PENYEBARAN
PENYAKIT INFEKSI**

T E S I S

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Doktor dalam
Program Studi Doktor Ilmu Matematika pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara**

**Oleh
FIRMANSYAH
098110020/Ilmu Matematika**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN**

2013

Judul Tesis : PENDEKATAN JARINGAN SOSIAL
DINAMIS UNTUK PEMODELAN
PENYEBARAN PENYAKIT INFEKSI
Nama Mahasiswa : Firmansyah
Nomor Pokok : 098110020
Program Studi : Doktor Matematika

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

(Prof. Dr. Tulus, M.Si)
Promotor

(Dr. Marwan Ramli, M.Si)
Co-Promotor

(Prof. Dr. Herman Mawengkang)
Co-Promotor

Ketua Program Studi

Dekan

(Prof. Dr. Herman Mawengkang)

(Dr. Sutarman, M.Sc)

Tanggal lulus: 16 Agustus 2013

Telah diuji pada
Tanggal 16 Agustus 2013

PANITIA PENGUJI TESIS

Ketua : Prof. Dr. Tulus, M.Si
Anggota : 1. Dr. Marwan Ramli, M.Si
 2. Prof. Dr. Herman Mawengkang
 3. Prof. Dr. Saib Suwilo, M.Sc
 4. Dr. M. D. H Gamal, M.Sc

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam disertasi saya yang Berjudul:

PENDEKATAN JARINGAN SOSIAL DINAMIS UNTUK PEMODELAN PENYEBARAN PENYAKIT INFEKSI

Merupakan gagasan atau hasil penelitian disertasi saya sendiri dengan bimbingan para komisi pembimbing, kecuali yang dengan ditunjukkan rujukan-nya. Disertasi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar pada program sejenis di perguruan tinggi lainnya.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Medan, Agustus 2013
Penulis,

Firmansyah

ABSTRAK

Walaupun perkembangan medis dapat mereduksi konsekuensi penyebaran penyakit menular, pencegahan wabah tetap menjadi tumpuan utama. Setelah suatu model diformulasikan yang mengandung fitur utama perkembangan dan transmisi penyakit menular, selanjutnya model tersebut dapat dipakai untuk memprediksi, membuat strategi pemberantasan, mengendalikan atau mencegah penyebaran. Pemodelan penyebaran penyakit memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia. Kehidupan sosial manusia jauh lebih kompleks melebihi populasi yang beraneka ragam. Hal ini juga berlaku untuk sistem kompleks lainnya dimana kumpulan individu membentuk suatu jenis jaringan melalui terjadinya transmisi penyakit. Dinamika transmisi penyakit menular sensitif terhadap pola interaksi diantara individu rentan (*susceptible*) dan tertular (*infectious*). Kontak sosial manusia sangat heterogen dan berkelompok. Untuk memprediksi dampak dari pola ini terhadap transmisi penyakit menular, para epidemiologis menggunakan model jaringan acak, yang mana node menyajikan individu terpapar, tertular atau sembuh dan keterhubungan menyajikan kontak transmisi. Pada umumnya model-model ini tidak mengikut sertakan pengelompokan dan variabilitas dalam periode wabah. Disertasi ini mengajukan model matematika yang didasarkan pada dinamika kontak manusia untuk memprediksi penyebaran penyakit menular. Artinya, model mengikut-sertakan keterhubungan heterogen dan pengelompokan. Tipe model penyebaran (epidemi) yang diteliti adalah tipe model terpapar, tertular, sembuh dan terpapar, atau yang lebih dikenal sebagai tipe SIRS. Acuan dasar yang dipakai untuk diperolehnya model transmisi adalah model *mean-field*. Nilai *Basic Reproduction Number* (R_0) dapat diperoleh dari model yang disajikan dalam bentuk Persamaan Diferensial Biasa (PDB). Model PDB ini disimulasikan sehingga dapat memberikan prediksi pada pola pengendalian penularan.

Kata kunci: Epidemiologi, Heterogen, Jaringan sosial.

ABSTRACT

Although medical developments can reduce the consequences of the spread of infectious diseases, epidemic prevention remains the main pedestal. Having formulated a model that contains the main features of the development and transmission of infectious diseases, it can be used to predict different strategic to eradicate, control or prevent the spread. Modeling the spread of disease, although less accurate, still has the potential to improve human life. Human social life is much more complex than the diverse population. This is also true for other complex systems in which a collection of individuals form a kind of network through which the diseases spread. Transmission dynamics of infectious diseases are sensitive to patterns of interaction among exposed individuals (susceptible) and infected (infectious). Human social contacts and groups are known to be highly heterogeneous. To predict the impact of these patterns on the transmission of infectious disease, epidemiologists used random network model, in which the individual presents stains exposed, infected or recovered and connected-ness presents contact transmission. In general, these models do not include grouping and variability in the outbreak period. This dissertation propose a mathematical model based on the dynamics of human contact to predict the spread of infectious diseases. That is, the model includes heterogeneous connectivity and clustering. Types of deployment (epidemic) models examined are the susceptible, infectious, recovered and susceptible types, or better known as the type of SIRS. Baselines used for obtaining transmission model are the mean-field models. Basic value of reproduction number (R_0) can be obtained from the model presented in the form of Ordinary Differential Equations (ODE). ODE model is simulated in order to provide predictive patterns of transmission control.

Keywords: Epidemic, Heterogeneous, Social network.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena berkat pertolonganNYA disertasi ini dapat diselesaikan penyusunannya sehingga hendaknya dapat menjadi salah satu landasan dalam pengembangan ilmu matematika dibidang pemodelan. Penelitian dalam disertasi ini bertujuan untuk mengkonstruksikan model matematika yang berhubungan dengan Pendekatan Jaringan Sosial Dinamis untuk Pemodelan Penyebaran Penyakit Infeksi Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Syahril Pasaribu,DTM & H,CTM, Sp.A(K) selaku Rektor Universitas Sumatera Utara (USU) yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menimba ilmu Matematika di S3 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) USU.
2. Bapak Dr. Sutarman, M.Sc selaku Dekan FMIPA USU yang telah memberikan kemudahan dalam mengakses fasilitas yang tersedia di FMIPA USU.
3. Bapak Prof. Dr. Herman Mawengkang selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Matematika FMIPA USU sekaligus sebagai co-promotor yang tidak bosan-bosannya memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan ikut mencarikan bahan-bahan yang diperlukan serta dukungan hingga disertasi/tulisan ini terwujud.

4. Bapak Prof. Dr. Saib Suwilo, M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Doktor Ilmu Matematika FMIPA USU, dosen dan penguji yang telah banyak memberikan masukan-masukan yang sangat berarti bagi terwujudnya disertasi/tulisan ini.
5. Bapak Prof. Dr. Tulus, MS selaku Ketua/promotor yang selalu tanpa bosan memberikan pembimbingan dan masukan hingga disertasi/tulisan ini terwujud.
6. Bapak Dr. Marwan Ramli, MS selaku dosen dan sekaligus sebagai copromotor yang selalu siap sedia menyediakan waktu dan pikiran dalam membimbing saya untuk menyelesaikan disertasi/tulisan ini.
7. Bapak Dr.M. D. H. Gamal, M.Sc selaku penguji dari dosen luar yang telah banyak memberikan masukan-masukan berharga melalui pertanyaan dan kritik untuk perbaikan disertasi/tulisan ini.
8. Bapak Rektor UMN Al Washliyah beserta Wakil-Wakil Rektor yang telah memberikan bantuan moril maupun material semasa saya menempuh pendidikan.
9. Ayahnda H.M. Nasir Padjim dan Hj. Ibunda Saibah Binti Senaris (Alm) yang telah memberikan contoh teladan, kasih sayang yang tak terhingga, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini.
10. Ayahnda mertua HM. Jazid dan Ibunda Hj. Jusnah yang tak mengenal lelah dalam memberikan motivasi dan kasih sayangnya yang tulus.

11. Istri dan anak-anak tercinta yang telah banyak berkorban dan banyak memberikan perhatian serta pengetahuan yang sangat berarti dalam perjalanan hidup dan studi saya.
12. Ibu Misisani,S.Si selaku KTU Program Studi yang selalu memberikan pelayanan administrasi, petunjuk kelengkapan dan peringatan tentang waktu-waktu penting selama mengikuti Program S3 Matematika di FMIPA USU.
13. Semua teman-teman seperjuangan di Program S3 Matematika FMIPA USU angkatan 2009 yang selalu berbagi dan saling memotivasi atas kekurangan dan kelebihan yang ada, terutama kepada teman saya Bapak Dr. Hotman Simbolon, MS yang selalu memberikan motivasi,dukungan dan semangat yang luar biasa yang sangat saya rasakan dan sangat berarti bagi saya.
14. Teman-teman Dosen di UMN Al Washliyah dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian disertasi/tulisan ini.

Medan, Agustus 2013

Penulis,

Firmansyah

RIWAYAT HIDUP

Firmansyah lahir dari Ayahnda bernama H. Muhammad Nasir Padjim dan Ibunda Hj.Saibah binti Senaris (Alm) di Kota Jaya (Kabupaten Lahat Propinsi Sumatera Selatan) padatanggal 10 Nopember 1967. Penulis merupakan anak ke-6 dari 10 bersaudara, dengan Istri bernama Fismarini,SE,Akt dan dikaruniai 3 orang anak, yaitu Faza H. Adli, Adinda Aisyah dan Amanda Azzahra.

Pada tahun 1987 penulis lulus dari SMA Negeri 2 Lahat dan melanjutkan pendidikan di Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Sriwijaya Palembang, lulus pada tahun 1992 dengan status (ex) penerima beasiswa Ikatan Dinas (TID) dari Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Pada tahun 1994 penulis mengikuti program PraPasca-sarjana pada program Studi Matematika Universitas Gadjah Mada dan ditahun berikutnya mengikuti Program Pasca Sarjana pada program Studi yang sama dan selesai ditahun 1997 (diwisuda tahun 1998). Berikutnya, pada tahun 2009 penulis mendapat kesempatan mengikuti Program S3 Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sumatera (USU) dan berkat bimbingan dan arahan para Dosen/Staf pengajar di S3 Matematika FMIPA USU, penulis sering mengikuti seminar dan konferensi baik tingkat regional, nasional maupun internasional.

Selanjutnya pada tahun 1993 sampai sekarang penulis adalah dosen PNS yang ditempatkan di Kopertis Wilayah I DPK pada IKIP Al Washliyah Medan yang sekarang berubah nama menjadi Universitas Muslim Nusantara (UMN) Al Washliyah Medan.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
RIWAYAT HIDUP	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	9
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Urgensi Model Epidemi	10
BAB 2 BEBERAPA MODEL EPIDEMI	14
2.1 Model Pertumbuhan Populasi	14
2.1.1 Model pertumbuhan populasi eksponensial	14
2.2 Model Epidemi Deterministik (Populasi Tertutup)	18
2.2.1 Model epidemi SI	19
2.2.2 Model epidemi SIS	21
2.2.3 Model epidemi SIR	22
2.3 Model Epidemi Deterministik (Populasi Terbuka)	24
2.3.1 Model SI	24
2.3.2 Model SIR	25

2.3.3 Model SIRS	25
BAB 3 KONSTRUKSI R_0 DAN JARINGAN SOSIAL	26
3.1 <i>Basic Reproduction Number</i> (R_0)	26
3.2 Persamaan Logistik dalam Epidemiologi	27
3.3 Model Pertambahan Perokok	30
3.4 Model Epidemio Measles	34
3.5 Model Satu Agen Infeksi	37
3.6 Model Infeksi SEIR	40
3.7 Jaringan Sosial	44
3.7.1 <i>Graph</i> dan <i>graph</i> berarah	46
3.7.2 Ordo, ukuran dan densitas	48
3.7.3 Subgraph dan clique	50
3.7.4 <i>Graph</i> random sederhana dan <i>graph</i> berarah	52
3.7.5 <i>Graph</i> random markov	56
3.8 Aproksimasi <i>Mean-Field</i>	57
BAB 4 PEMODELAN	60
4.1 Model Jaringan	65
4.2 Model <i>Mean-Field</i> untuk Jaringan Acak	66
4.2.1 Model baku <i>mean-field</i>	66
4.2.2 Modifikasi <i>mean-field</i> model	68
4.3 Ekspresi R_0 pada Jaringan	71
BAB 5 KESIMPULAN	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Penelitian Lebih Lanjut	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
3.1	Matriks ajensi untuk graph Gambar 3.1	48

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
2.1	Model SI dengan $\beta = 0,1$ dan nilai awal $S(0) = 10, I(0) = 0,1$	21
2.2	Model SIRS dengan $\alpha = 0,2, \beta = 0,1, \lambda = 0,2$ dan nilai awal $S(0) = 10, I(0) = 0,1$ dan $R(0) = 0$	24
3.1	Graph dengan 17 node (jaringan persahabatan)	47
3.2	<i>Graph</i> berarah dengan 37 node (jaringan kolaborasi)	48
3.3	Sebaran <i>degree</i> untuk <i>graph</i> pertemanan mutual	50
3.4	Sebaran geodesik untuk <i>graph</i> pertemanan mutual	52
3.5	Graph tak bebas untuk graph random Marokov pada 4 node	57