SKRIPSI

MODEL MATEMATIKA *SIRD* *(SUSCEPTIBLES-INFECTED-RECOVERY-DEATHS)* PADA PENYEBARAN VIRUS EBOLA

ENDAH PURWATI

11610020

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2015

MODEL MATEMATIKA *SIRD* *(SUSCEPTIBLES-INFECTED-RECOVERY-DEATHS)* PADA PENYEBARAN VIRUS EBOLA

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika

diajukan oleh

ENDAH PURWATI

11610020

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2015

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama	:	Endah Purwati
NIM	:	11610020
Judul Skripsi	:	Model Matematika *SIRD* (*Susceptibles-Infected-Recovery-Deaths*) pada Penyebaran Virus Ebola

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Matematika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 1 Juli 2015

Pembimbing I	Pembimbing II
Sugiyanto, M. Si.	M. Abrori, S. Si., M. Kom
NIP. 19800505 200801 1 028	NIP. 19720423 199903 1 003

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/222/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul	:	Model Matematika *SIRD* (*Susceptibles-Infected-Recovery-Deaths*) pada Penyebaran Virus Ebola
Yang dipersiapkan dan disusun oleh	:	
Nama	:	Endah Purwati
NIM	:	11610020
Telah dimunaqasyahkan pada	:	27 Juli 2015
Nilai Munaqasyah	:	A

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Sugiyanto, M.Si
NIP. 19800505 200801 1 028

Penguji I

Much. Abrori, S.Si, M.Kom
NIP.19720423 199903 1 003

Penguji II

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, M.Si
NIP.19800402 200501 1 003

Yogyakarta, 7 Agustus 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan

Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si
NIP. 19550427 198403 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Endah Purwati
NIM	: 11610020
Program Studi	: Matematika
Fakultas	: Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, dan atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian Tugas Akhir di Perguruan Tinggi lain, kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 1 Juli 2015

Yang menyatakan

Endah Purwati

NIM. 11610020

Karya sederhana ini, saya persembahkan kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak Moh. Ismuthohar dan Ibu Sumarsih untuk semua pengorbanan, kerja keras, doa, dukungan, kasih saying dan nasehat yang telah diberikan.

Alm. Bapak Kyai Haji Najib Salimi dan Ibu Nyai Hajah Siti Hamnah Najib, dan seluruh Ustadz pengajar di Pondok Pesantren Al-Luqmaniyyah Yogyakarta, untuk doa, kasih sayang dan nasehat yang telah diberikan.

Alm. Simbahku Mbah Sarno (Mbah Nangku) dan Alm. Mbah Yutku, serta Mbahku Mbah Yasmi yang ku sayangi.

Adikku Moh. Zarqoni, Aan, Uril, Rafif yang ku sayangi.

Seluruh saudara-saudaraku..Pak Dhe, Bu Dhe, Pak Lik, Bu Lik.

Teman-teman seperjuangan di PP. Al-Luqmaniyah dan di UIN Sunan Kalijaga khususnya prodi Matematika angkatan 2011.

Terima kasih semuanya :D

”Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engakaulah kami mohon pertolongan”

(Al-Fatihah ayat 5)

”Demi masa, sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan beramal sholih”

(Al-‘Asr ayat 1-3)

”Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka men-gubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Ar-Ra’d ayat 11)

”Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan, maka apabila telah selesai (urusan dunia), bersungguh-sungguhlah (dalam ibadah)”

(Qs. Al Insyiroh ayat 6-7)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul Model Matematika *SIRD (Susceptibles-Infected-Recovery-Deaths)* pada Penyebaran Virus Ebola ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar kesarjanaan pada Program Studi Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam penyelesaian skripsi ini, peneliti mendapat dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. H. Akhmad Minhaji, M. A. Ph. D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga.
2. Dr. Hj. Maizer Said Nahdi, M. Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muhammad Wakhid Mustofa, M. Si., selaku Ketua Program Studi Matematika yang telah memberikan ilmu, arahan, serta dukungan sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Sugiyanto, M. Si., selaku pembimbing pertama, yang telah memberikan ilmu, arahan serta dukungan sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Muchammad Abrori, S.Si. M. Kom., selaku pembimbing kedua, yang telah memberikan ilmu, arahan serta dukungan sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi, khususnya Ibu Malahayati, M. Sc., selaku Pembimbing Akademik peneliti, atas ilmu yang telah diberikan serta bantuan selama perkuliahan.

7. Bapak Moh. Ismuthohar dan Ibu Sumarsih tercinta yang telah memberikan doa, kesabaran, dukungan dan kasih sayang yang tiada henti untuk peneliti, sehingga skripsi ini terselesaikan.

8. Simbahku tercinta Alm. Mbah Sarno (Mbah Nangku) dan Alm. Mbah Yutku, maaf peneliti baru menyelesaikan skripsi ini setelah beliau meninggal dunia, semoga Allah mengampuni segala dosa dan memberikan tempat terbaik untuk Beliau berdua.

9. Mbah Yasmi (Mbah Dokku), Mbok Dheku, Lek War, Mbak Wati, Om Marmo dan seluruh Pak Dhe, Bu Dhe, Pak Lik, Bu Lik, Masku, Mbakku yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih atas segala doa dan dukungan dari beliau-beliau semua.

10. Alm. KH. Najib Salimi, Ibu Nyai H. Siti Chamnah dan seluruh Ustadz, Ustadzah pondok pesantren Al-Luqmaniyyah Yogyakarta, terimakasih atas doa dan nasehat Beliau-beliau.

11. Adik-adiku tersayang Moh. Zarqoni, Aan, Uril dan Rafif, terima kasih atas doa semangat dan kelucuan kalian.

12. Teman-teman seperjuangan di pondok Pesantren Al-Luqmaniyyah, Mb. Elok, Mb. Amin, Mb. Aslih, Mb. Tika, Mb. Risma, Ufi, Khuzaemah, Dek Nov, Latipis, Isna, Lilik Bocil, Luluke, Khisba, Izza, Hana, Zulfa, Genduk dan seluruh teman-teman semua yang tidak peneliti sebutkan satu-persatu, terima kasih atas doa dan dukungannya, serta menjadi keluarga besarku.

13. Bapak Zaki Riyanto, Bapak Ari dan Mas Yazid, Mb. Rizki, terima kasih atas bantuannya dan bimbingannya dalam menggunakan Latex.

14. Teman-teman seperjuangan di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Ita (Tatuku), Ulul, Fuji, Dina serta teman-teman matematika 2011 yang tidak bisa peneliti sebutkan satu-persatu yang menjadi teman dan keluarga di kampus.

Yogyakarta, 1 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . . **i**

HALAMAN PERSETUJUAN . . . . . **ii**

HALAMAN PENGESAHAN . . . . . **iii**

HALAMAN PERNYATAAN . . . . . **iv**

HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . . **v**

HALAMAN MOTTO . . . . . **vi**

KATA PENGANTAR . . . . . **vii**

DAFTAR ISI . . . . . **x**

DAFTAR TABEL . . . . . **xiii**

DAFTAR GAMBAR . . . . . **xiv**

DAFTAR LAMBANG . . . . . **xv**

INTISARI . . . . . **xvi**

I PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Batasan Masalah 4

1.4. Tujuan Penelitian 5

1.5. Manfaat penelitian 5

1.6. Tinjauan Pustaka 6

1.7. Metode Penelitian 7

1.8. Sistematika Penulisan 8

II LANDASAN TEORI **10**

2.1. Sistem Dinamik 10

2.2. Titik Ekuilibrium 13
2.3. Kestabilan Titik Ekuilibrium 14
2.3.1. Nilai Eigen dan Vektor Eigen 14
2.3.2. Kriteria Kestabilan Routh-Hurwitz 21
2.4. Linearisasi 23
2.5. *Basic Reproduction Number* (R_0) 25
III EBOLA 29
3.1. Definisi Ebola 29
3.2. Sejarah Asal Mula Virus Ebola 30
3.3. Cara Penularan 31
3.4. Gejala Terinfeksi Virus Ebola 32
3.5. Cara infeksi virus Ebola 34
3.6. Diagnosis Virus Ebola 34
3.7. Pengobatan 35
3.8. Pencegahan Terhadap Virus Ebola 36
IV PEMBAHASAN 39
4.1. **Formulasi Model** 39
4.2. Analisis Model Matematika *SIRD* pada Penyebaran Virus Ebola . . 40
4.2.1. Model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. 41
4.2.2. Model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh peneliti 54
4.3. Simulasi Model 69
4.3.1. Simulasi model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. 70
4.3.2. Simulasi model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh peneliti 73

V PENUTUP 76

5.1. Kesimpulan 76

5.2. Saran 78

DAFTAR PUSTAKA 80

A M-FILE *SOFTWARE* MATLAB VERSI 6.1.0.450 83

1.1. M-file model *SIRD* pada penyebaran Virus Ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. 83

1.2. M-file model *SIRD* pada penyebaran Virus Ebola oleh peneliti. . . . 84

DAFTAR TABEL

4.1 Tabel Routh-Hurwitz model Abdon A. dan Emile F. D. G. 53

4.2 Tabel Routh-Hurwitz model peneliti 68

DAFTAR GAMBAR

1.1 Skema Metode Penelitian 8

3.1 Virus ebola 30

4.1 Diagram Alir model *SIRD* oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. 41

4.2 Diagram Alir model *SIRD* oleh peneliti 55

4.3 Untuk $t < 10$ tahun 71

4.4 Untuk $t < 20$ tahun 71

4.5 Untuk $t < 100$ tahun 72

4.6 Untuk $t < 500$ tahun 72

4.7 Untuk $t < 10$ tahun 73

4.8 Untuk $t < 20$ tahun 74

4.9 Untuk $t < 100$ tahun 74

4.10 Untuk $t < 1000$ tahun 75

DAFTAR LAMBANG

$N(t)$	=	Jumlah Populasi total saat t
$S(t)$	=	Jumlah individu yang rentan dalam populasi saat t
$I(t)$	=	Jumlah individu yang terinfeksi dalam populasi saat t
$R(t)$	=	Jumlah individu yang sembuh dari infeksi dan tidak kebal terhadap virus ebola dalam populasi saat t
$D(t)$	=	Jumlah individu yang mati dalam populasi saat t
α	=	Peluang terbesar kematian yang disebabkan oleh kematian alami dan penyakit lainnya (selain penyakit ebola)
s	=	Peluang terbesar kerentanan terhadap virus ebola
i	=	Peluang terbesar infeksi oleh virus ebola
r	=	Peluang terbesar pemulihan terhadap virus ebola
d	=	Peluang terbesar kematian oleh virus ebola
t	=	Waktu
$\dot{x}$	=	Turunan x terhadap t
$\hat{x}$	=	Titik ekuilibrium
E_0	=	Titik ekuilibrium bebas penyakit
E^*	=	Titik ekuilibrium endemik
$\mathbb{R}^n$	=	Himpunan bilangan real dimensi n
$\mathbb{C}^r$	=	Fungsi yang selalu kontinu hingga turunan ke-r
$J(f(x))$	=	Matriks jacobian di $f(x)$
R_0	=	*Basic reproduction number* atau bilangan reproduksi dasar
K	=	Matrik generasi selanjutnya
$\rho(A)$	=	Spektral radius / nilai eigen terbesar dari matriks A
λ	=	Nilai eigen
$Re(\lambda_i)$	=	Bagian real nilai eigen ke-i
$\mathcal{F}_i$	=	Peluang terbesar infeksi sekunder yang bertambah pada kelas terinfeksi
$\mathcal{V}_i$	=	Peluang terbesar perkembangan penyakit, kematian atau kesembuhan yang mengakibatkan berkurangnya populasi dari kelas terinfeksi

INTISARI

MODEL MATEMATIKA *SIRD* *(SUSCEPTIBLES-INFECTED-RECOVERY-DEATHS)* PADA PENYEBARAN VIRUS EBOLA

Oleh

Endah Purwati

11610020

Ebola adalah penyakit mematikan yang disebabkan oleh virus dan menyebar melalui kontak langsung dengan darah atau cairan tubuh penderita seperti urin, tinja, asi, air liur dan air mani. Dalam hal ini, kontak langsung berarti darah atau cairan tubuh penderita yang langsung menyentuh hidung, mata, mulut, atau luka seseorang yang terbuka.

Dalam skripsi ini dikaji dua model matematika *SIRD* (*Susceptibles-Infected-Recovery-Deaths*) penyebaran virus ebola pada populasi manusia. Kedua model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola yaitu model oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. dan model pengembangan peneliti. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik serta analisis kestabilan titik-titiknya, mengetahui nilai *basic reproduction number* (R_0) dan simulasi modelnya dengan menggunakan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

Dari hasil analisis kedua model, diperoleh titik yang sama untuk titik ekuilibrium bebas penyakit dengan kestabilan kedua titik yang berbeda dan titik yang berbeda untuk titik ekuilibrium endemik dengan kestabilan kedua titik yang sama serta nilai yang sama untuk nilai *basic reproduction number* (R_0). Setelah dilakukan simulasi model dengan menggunakan *software* Matlab versi 6.1.0.450, dapat diketahui adanya perubahan perilaku pada setiap populasi terhadap waktu.

Keywords: Model Matematika SIRD, Virus Ebola, Titik Equilibrium, Kestabilan Titik Equilibrium, Basic Reproduction Number dan Simulasi Model

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pemodelan matematika merupakan bidang matematika yang berusaha untuk mempresentasi dan menjelaskan sistem-sistem fisik atau *problem* pada dunia real dalam pernyataan matematik, sehingga diperoleh pemahaman dari masalah dunia nyata ini menjadi lebih tepat. Representasi matematika yang dihasilkan dari proses ini dikenal sebagai "Model Matematika". Konstruksi, analisis dan penggunaan model matematika dipandang sebagai salah satu aplikasi matematika yang paling penting. Model matematika memiliki aplikasi cukup penting dalam berbagai bidang ilmu diantaranya di bidang-bidang seperti fisika, biologi, kedokteran, teknik, ilmu sosial, ekonomi dan masalah-masalah pada jaringan komputer [Widowati, Sutimin ,2007: 1].

Virus ebola adalah anggota dari keluarga virus *filoviridae*, virus dalam keluarga, yang disebut *Filoviruses*, menyebabkan demam berdarah yang parah pada manusia dan primata. Demam berdarah ditandai dengan demam tinggi, pendarahan internal, hipotensi dan *shock*. Ada lima jenis yang dikenal dari virus ebola, masing-masing dinamai dengan nama lokasi di mana virus tersebut pertama kali diakui atau ditemukan. Kelima jenis virus ebola tersebut adalah *ebola-zaire*, *ebola-sudan*, *ebola-ivory coast*, *ebola-bundibugyo* dan *ebola-reston* [Yarus,2012: 4].

Ebola pertama kali muncul pada tahun 1976 di Sudan dan Republik Demokratik Kongo, di sebuah desa yang terletak di dekat sungai ebola, yang menjadi

nama penyakit tersebut. Sejak itu penyakit ini muncul secara sporadis. Kasus ebola yang dikonfirmasi telah dilaporkan di sub-Sahara Afrika termasuk Republik Demokratik Kongo, Gabon, Sudan, Pantai Gading, Uganda, dan Kongo. Sejak Maret 2014, kasus baru dan kematian karena ebola terus dilaporkan di kawasan Afrika Barat [http://www.chp.gov.hk/en/wapdf/ 37145/1.html, 20 Maret 2015].

Virus ebola masuk ke dalam populasi manusia melalui kontak langsung dengan darah, sekresi, organ atau cairan tubuh lainnya dari binatang yang terinfeksi. Beberapa kelelawar buah dianggap menjadi korban parasit alami virus ebola. Di Afrika, infeksi telah didokumentasikan melalui penanganan simpanse, gorila, kelelawar buah, kera, antelop hutan dan landak yang terinfeksi yang ditemukan sakit atau mati di hutan hujan [http://www.chp.gov.hk/en/wapdf/ 37145/1.html, 20 Maret 2015].

Tim peneliti Amerika Serikat mengatakan serangkaian vaksin eksperimen yang diujicoba pada monyet menghasilkan daya tahan terhadap virus mematikan tersebut. Beberapa penelitian baru menunjukkan bahwa vaksin eksperimen ebola yang kini sedang diujicobakan pada monyet, bisa bekerja dalam lima minggu hingga 10 bulan ke depan jika diberikan bersama-sama dengan suntikan penambah daya tahan tubuh. Dalam penelitian yang dipublikasikan oleh jurnal "*Nature Medicine*" hari minggu, tim peneliti dari *National Institutes of Health (NIH)* Amerika mengatakan serangkaian vaksin eksperimen itu menghasilkan daya tahan terhadap virus mematikan tersebut. Tim peneliti itu mengatakan satu dosis vaksin melindungi empat monyet yang diuji ketika keempatnya terinfeksi ebola lima pekan kemudian. Tim peneliti itu mengatakan dua dari empat monyet itu terlindungi ketika terinfeksi virus itu 10 bulan setelah vaksinasi. Namun dalam uji coba terhadap sekelompok monyet berbeda, para ilmuwan mengatakan suntikan penambah daya tahan tubuh

yang diberikan dua bulan setelah vaksin awal, menambah perlindungan bagi seluruh monyet yang telah divaksin hingga 10 bulan ke depan. Vaksin yang diujicoba oleh *NIH* itu serupa dengan yang sedang dikembangkan oleh pabrik obat glaxosmithkline [http://www.voaindonesia.com/content/eksperimen-vaksin-ebola-pada-monyet-/2441965.html,9 Juni 2015].

Pada skripsi ini, penyebaran virus ebola dimodelkan dengan menggunakan model matematika *SIRD* (*Suscptibles-Infected-Recovery-Deaths*) yang merupakan modifikasi dari model matematika *SIR* (*Suscptibles-Infected-Recovery*). Populasi model dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kelompok S (Populasi yang rentan terhadap penyakit), kelompok I(Populasi individu yang terinfeksi oleh virus ebola), kelompok R(Populasi yang sembuh dari infeksi dan tidak kebal terhadap virus ebola), kelompok *D* (Total kematian yang disebabkan oleh ebola atau kematian alami dan penyakit lainnya (selain ebola). Pada skripsi ini akan dibahas dua model *SIRD* pada penyebaran virus ebola, yaitu model *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. dan model *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh peneliti. Peneliti terinspirasi oleh penelitian yang dilakukan oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. pada model penyebaran virus ebola, karena berdasarkan tingkat kematian yang cukup tinggi yaitu mencapai 90% dalam artikel penelitian yang dilakukan oleh Abdon A. dan Emile F. D. G., menurut peneliti model *SIRD* cocok untuk menggambarkan model penyebaran virus ebola.

Analisis terhadap model *SIRD* pada penyebaran virus ebola dilakukan dengan menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekilibrium endemik serta analisis kestabilannya, menentukan nilai *basic reproduction number* (R_0) serta simulasi modelnya dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah

1. Bagaimana model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola?
2. Bagaimana menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik serta analisis kestabilan titik ekuilibriumnya?
3. Bagaimana mengetahui tingkat penyebaran penyakit dengan nilai *basic reproduction number* (R_0)?
4. Bagaimana simulasi dari model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450?

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Populasi tertutup (tidak ada migrasi yang masuk maupun yang keluar dari populasi).
2. Penularan ebola hanya terjadi dari manusia ke manusia.
3. Analisis terhadap model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola dengan menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik, analisis kestabilan titik-titik ekuilibriumnya, menentukan nilai *basic reproduction number* (R_0) dan simulasi modelnya dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Memberikan model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola.
2. Menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik model *SIRD* penyebaran virus ebola, serta melakukan analisis kestabilan titik-titik ekuilibriumnya.
3. Mengetahui tingkat penyebaran virus ebola pada model matematika *SIRD*, dengan nilai *basic reproduction number* (R_0).
4. Melakukan simulasi dari model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola.
2. Mengetahui kestabilan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola.
3. Mengetahui tingkat penyebaran virus ebola pada model matematika *SIRD*, dengan nilai *basic reproduction number* (R_0).
4. Mengetahui simulasi dari model *SIRD* penyebaran virus ebola dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

1.6. Tinjauan Pustaka

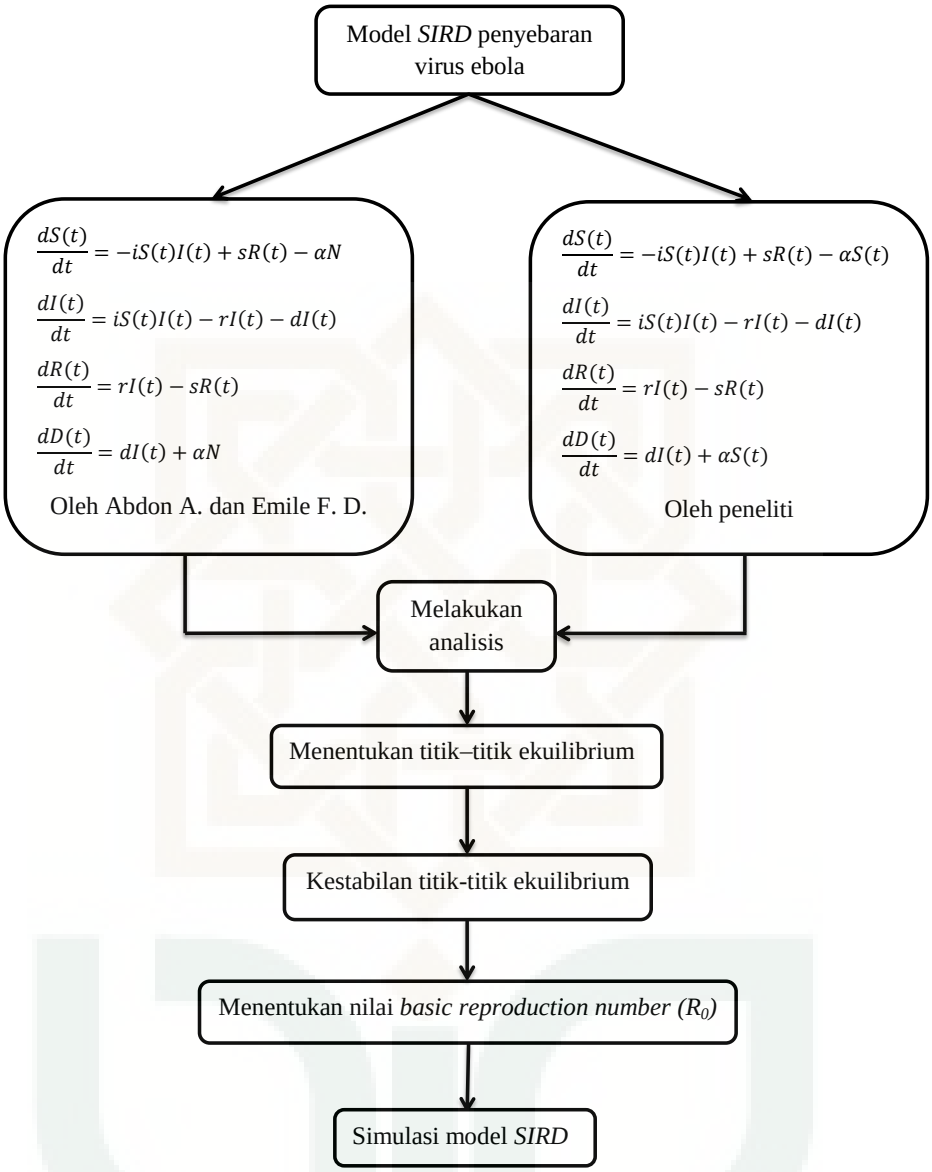
Penelitian skripsi ini merujuk pada beberapa artikel dan skripsi sebagai acuan, yang akan disajikan dalam tabel perbedaan sebagai berikut:

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
1.	Zach Yarus (2012)	*A Mathematical Look at the Ebola Virus*	Membahas model matematika *SIRD* penyebaran virus ebola dengan memberikan model matematika *SIR* penyebaran virus ebola yang kemudian dimodifikasi menjadi model *SIRD* pada penyebaran virus ebola.
2.	Abdon A. dan Emile F. D. G. (2014)	*On the Mathematical Analysis of Ebola Hemorrhagic Fever: Deathly Infection Disease in West African Countries*	Model matematika *SIRD* pada penyebaran penyakit ebola atau dikenal dengan virus ebola dengan memberikan titik ekuilibrium bebas penyakit dan endemik, serta analisis kestabilan titiknya, dan mengasumsikan kematian alami dan kematian lain (selain oleh virus ebola) terjadi pada populasi total.
3.	Amir Tjolleng, Hanny A. H. Komalig, Jantje D. Prang (2013)	Dinamika Perkembangan *HIV/AIDS* di Sulawesi Utara menggunakan Model Persamaan Diferensial nonlinear *SIR*	Model perkembangan *HIV/ AIDS* pada model *SIR* dengan menentukan titik ekuilibrium dan analisis kestabilan titik ekuilibriumnya, menentukan nilai (R_0) serta simulasi modelnya dengan *software* Maple 12.
4.	Endah Purwati	Model matematika *SIRD* pada penyebaran Virus Ebola	Model matematika pada penyebaran virus ebola dengan menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekilibrium endemik serta analisis kestabilannya, menentukan nilai (R_0) serta simulasi modelnya dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

1.7. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan cara studi literatur, dimulai dengan mempelajari jurnal-jurnal, skripsi, artikel dari internet, dan buku-buku yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini.
2. Membuat asumsi-asumsi dan mendefinisikan parameter yang digunakan pada model.
3. Membuat diagram transfer model penyebaran virus ebola.
4. Menuliskan model matematika penyebaran virus ebola.
5. Melakukan analisis terhadap dua model *SIRD* pada penyebaran virus ebola.
6. Menentukan titik-titik ekuilibrium model dan menganalisis kestabilannya.
7. Menentukan nilai *basic reproduction number* (R_0).
8. Melakukan simulasi pada model *SIRD* pada penyebaran virus ebola dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.



Gambar 1.1 Skema Metode Penelitian

1.8. Sistematika Penulisan

Penelitian skripsi ini dibagi menjadi 5 bab dengan rincian masing-masing bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian, dan sistematika penelitian yang memberikan gambaran singkat mengenai isi dari skripsi ini

BAB II LANDASAN TEORI

Membahas tentang teori-teori penunjang yang akan digunakan dalam bab selanjutnya, meliputi sistem dinamik, titik ekuilibrium, kestabilan titik ekuilibrium, nilai eigen, kriteria kestabilan Routh-Hurwitz, linierisasi dan *basic reproduction number* (R_0).

BAB III PEMBAHASAN

Menganalisis model *SIRD* penyebaran virus ebola dengan menentukan titik-titik ekuilibrium dan menganalisis kestabilan titik-titik ekuilibriumnya, menetukan nilai *basic reproduction number* (R_0) dan simulasi model dilakukan dengan membuat plot S, I, R dan D dengan *software* Matlab versi 6.1.0.450.

BAB IV PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pembahasan yang telah dilakukan.

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola, diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut:

5.1. Kesimpulan

1. Model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola yaitu:

   a. Model matematika *SIRD* pada penyebaran virus Ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G.

$$\frac{dS(t)}{dt} = -iS(t)I(t) + sR(t) - \alpha N$$
$$\frac{dI(t)}{dt} = iS(t)I(t) - rI(t) - dI(t)$$
$$\frac{dR(t)}{dt} = rI(t) - sR(t)$$
$$\frac{dD(t)}{dt} = dI(t) + \alpha N$$

   dengan asumsi kematian alami dan kematian oleh penyakit selain ebola terjadi pada populasi total N di populasi individu rentan.

   b. Model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola oleh peneliti

$$\frac{dS(t)}{dt} = -iS(t)I(t) + sR(t) - \alpha S(t)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = iS(t)I(t) - rI(t) - dI(t)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = rI(t) - sR(t)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = dI(t) + \alpha S(t)$$

dengan asumsi kematian alami dan kematian yang disebabkan oleh penyakit selain ebola hanya terjadi pada populasi individu rentan.

2. Diperoleh dua titik ekuilibrium dari kedua model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola yaitu:

   a. Titik ekuilibrium bebas penyakit yang sama yaitu $E_0 = \left(\frac{r+d}{i}, 0, 0\right)$, dengan kestabilan kedua titik yang berbeda.

   b. Titik ekuilibrium endemik yang berbeda yaitu:
   $E^* = \left(\frac{r+d}{i}, -\frac{\alpha N}{d}, -\frac{r\alpha N}{sd}\right)$ oleh model Abdon A. dan Emile F. D. G.,
   $E^* = \left(\frac{r+d}{i}, -\frac{\alpha r+\alpha d}{id}, -\frac{\alpha r^2+\alpha rd}{sid}\right)$ oleh model peneliti, dengan kestabilan kedua titik yang tidak stabil.

3. Diperoleh nilai *basic reproduction number* (R_0) yang sama dari kedua model yaitu $R_0 = 1$. Jika $R_0 = 1$, maka individu yang sakit hanya menghasilkan satu kasus baru penyakit, tidak terjadi epidemi dan tidak ada pertumbuhan jumlah individu yang terinfeksi virus ebola.

4. Dari simulasi kedua model matematika *SIRD* pada penyebaran virus ebola diperoleh

   a. Model oleh Abdon A. dan Emile F. D. G., disimpulkan bahwa dalam waktu

yang singkat yaitu $t < 50$ tahun, seluruh populasi total N, semua mati oleh penyakit ebola, kematian alami dan kematian oleh selain penyakit ebola.

b. Model oleh peneliti, disimpulkan dalam waktu yaitu $t < 500$ tahun, populasi total akan mati oleh penyakit ebola, kematian alami dan kematian oleh selain penyakit ebola.

Jadi dari simulasi kedua model, dapat diketahui bahwa model penyebaran virus ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. lebih valid dari pada model oleh peneliti pada model matematika *SIRD*, dikarenakan virus ebola hanya butuh waktu $t < 50$ tahun untuk menghabiskan populasi total N. Sehingga berdasarkan model penyebaran virus ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G. seluruh penduduk di negara-negara Afrika Barat termasuk Nigeria, Sierra Leone, Guinea dan Liberia, semua akan mati dalam waktu yang singkat jika tidak ada pengobatan, karantina, dan penanganan medis yang lain yang dapat mencegah mewabahnya ebola.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penulisan skripsi ini, penulis memberikan saran yaitu:

1. Dalam skripsi ini digunakan menggunakan model matematika *SIRD*. Model ini mengabaikan kelas *exposed* (kelas populasi laten), sehingga masih terdapat kemungkinan untuk peneliti selanjutnya menggunakan model yang lebih kompleks yakni model matematika *SEIRD*.

2. Dalam skripsi ini diasumsikan belum ditemukan vaksinasi. Oleh karena itu, peneliti memberikan saran kepada pembaca yang tertarik pada masalah ini untuk mengembangkan model penyebaran virus ebola disertai dengan vaksinasi.

3. Dalam skripsi ini hanya dibahas model penyebaran virus ebola dari manusia ke manusia. Penularan virus ebola tidak hanya terjadi pada manusia ke manusia akan tetapi juga bisa terjadi dari hewan ke manusia atau sebaliknya, sehingga bagi penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangan model penyebaran virus dari hewan ke manusia atau sebalinya.

DAFTAR PUSTAKA

Allman, Elizabeth S. dan John A. Rodhes. 2003. *Mathematical Models in Biology*. Cambridge University Press: New York.

Anton, H. 1995. *Aljabar Linear Elementer*. Erlangga: Jakarta.

Antangana, Abdon dan Emile F. D. G. 20014. Jurnal: *On the Mathematical Analysis of Ebola Hemorrhagic Fever: Deathly Infection Disease in West African Countries*. Institute for Groundwater Studies and Univercity of South Africa: South africa.

Bartle, R. G. 2011. *Introduction to Real Analysis*. John Wiley and Sons: New York.

Driessche, P. van den dan Watmough, J. 2002. Jurnal: *Reproduction Numbers and Subthreshold Endemic Equilibria for Compartmental Models of Disease Transmission*. University of Victoria and University of New Brunswick: Canada.

Hesty, Nurry Widya. 2003. Skripsi: Metode Staircase untuk Mendapatkan Bentuk Kanonik Jordan dengan Karakteristik Weyr. Universitas Indonesia: Depok.

Jabar, Abdul. 2013. Diktat Mata Kuliah Aljabar Linear Elementer(Bagian II). STKIP PGRI Banjarmasin: Banjarmasin.

Jayanti, Nita, Nurul Ulfah dan Tyan Retsa. 2014. Jurnal: *Model Transmisi Penyakit Demam Berdarah Dengue*. Universitas Negeri Jakarta: Jakarta.

Lailiyah, Nazilatul. 2014. Skripsi: *Bifurkasi pada Model Susceptible Infected Recovered (SIR) dengan Waktu Tunda dan Laju Penularan Bilinear*. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.

Luenberger, D. G. 1979. *Introduction to Dynamic System*. Simultaneously: Canada.

Olsder, G. J dan J. W. van der Woude. 2004. *Mathematical System Theory*. Deflt Univercity of Technology: Belanda.

Perko, Lawrence. 2001. *Differential Equations and Dynamical Systems*. Springer-Verlag: New York.

Ross, Shepley. L. 1984. *Introduction to Ordinary Differential Equations*. John Wiley and Sons: USA.

Tamrin, Husni, M. Zaki Riyanto, Akhid dan Ardhi Ardhian. 2007. Jurnal: *Model SIR Penyakit Tidak Fatal*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.

Triwiyatno, Aris. 2011. *Buku Ajar Sistem Kontrol Analog*. Universitas Diponegoro: Semarang (http://aristriwiyatno.blog.undip.ac.id/files/2011/10/Bab-3-Analisa-Kestabilan1.pdf).

Widowati dan Sutimin. 2007. *Buku Ajar Pemodelan Matematika*. Universitas Diponegoro: Semarang.

Yarus, Zach. 2012. *A Mathematical Look at the Ebola Virus*.

http://www.anehdidunia.com/2014/08/virus-ebola.html, diakses tanggal 16 Juni 2015 pukul 12:33 WIB.

http://www.chp.gov.hk/en/wapdf/ 37145/1.html, diakses tanggal 20 Maret 2015 pukul 08:37 WIB.

http://www.garutkab.go.id/downloadfiles/article/Indonesia%20Waspada%20Ebola.pdf, diakses tanggal 20 Maret 2015 pukul 08:45 WIB.

http://www.scribbleme.info/2014/12/definisi-patofisiologi-epidemiologi.html, diakses tanggal 12 juni 2015 pukul 08:13 WIB.

http://www.voaindonesia.com/content/eksperimen-vaksin-ebola-pada-monyet/2441965.html, diakses tanggal 9 Juni 2015 pukul 09:12 WIB.

http://www.who.int/features/2014/ebola-myths/en/, diakses tanggal 17 Juni 2015 pukul 09:44 WIB.

http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs103/en/, diakses tanggal 17 Juni 2015 pukul 09:12 WIB.

http://www.wvindonesia.org/images/article/3867/Penyakit%20Virus%20Ebola.pdf, dikses tanggal 16 Juni 2015 pukul 14:34 WIB.

https://id.wikipedia.org/wiki/Penyakit_virus_Ebola, diakses tanggal 18 Juni 2015 pukul 10:15 WIB.

LAMPIRAN A

M-FILE *SOFTWARE* MATLAB VERSI 6.1.0.450

1.1. M-file model *SIRD* pada penyebaran Virus Ebola oleh Abdon A. dan Emile F. D. G.

```
format short
clc;
clear;
%inisialisasi parameter
alpha = 0.01;
r = 0.4;
in = 0.01;
s = 0.02;
d= 0.6;
N=1000;
deltaT = 0.1;
%nilai awal S,I,R,D
S(1) = 900;
I(1) = 100;
R(1) = 0;
D(1) = 0;
i = 1;
t(1) = 0;
m = 1:10:((10/deltaT)+1);
while (t <= 10)% waktu
 S(i+1) = S(i)+(-in*S(i)*I(i)*deltaT)+(s*R(i)*deltaT)-(alpha*N*deltaT);
 I(i+1) = I(i)+(in*S(i)*I(i)*deltaT)-(d*I(i)*deltaT)-(r*I(i)*deltaT);
 R(i+1) = R(i)+(r*I(i)*deltaT)-(s*R(i)*deltaT);
 D(i+1) = D(i)+(d*I(i)*deltaT)+(alpha*N*deltaT);
 t(i+1) = t(i)+deltaT;
 i = i+1;
end
%numerisasi model;
disp('*********************************************' );
disp('Model SIRD pada Penyebaran Virus Ebola');
disp('Abdon Antangana dan Emile Franc Doungmo Goufo');
disp('*********************************************' );
disp('  Waktu(t)       S(t)       I(t)       R(t)       D(t) ' );
disp([(t(m))' (S(m))' (I(m))' (R(m))' (D(m))']);
%plot grafik
plot(t,S, 'g' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,I, 'r' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,R, 'c' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,D, 'b' , 'lineWidth' ,2);
title('Model SIRD oleh Abdon Antangana dan Emile Franc Doungmo Goufo ' );
xlabel('waktu (t) dalam tahun' );
ylabel('populasi S, I, R dan D' );
legend('S = Susceptibles' , 'I = Infected' , 'R = Recovery ', 'D = Deaths'  );
grid on;
```

1.2. M-file model *SIRD* pada penyebaran Virus Ebola oleh peneliti.

```
format short
clc;
clear;
%inisialisasi parameter
alpha = 0.01;
r = 0.4;
in = 0.01;
s = 0.02;
d= 0.6;
N=1000;
deltaT = 0.1;
%nilai awal S,I,R,D
S(1) = 900;
I(1) = 100;
R(1) = 0;
D(1) = 0;
i = 1;
t(1) = 0;
m = 1:10:((10/deltaT)+1);
while (t <= 10)% waktu
 S(i+1) = S(i)+(-in*S(i)*I(i)*deltaT)+(s*R(i)*deltaT)-(alpha*S(i)*deltaT);
 I(i+1) = I(i)+(in*S(i)*I(i)*deltaT)-(d*I(i)*deltaT)-(r*I(i)*deltaT);
 R(i+1) = R(i)+(r*I(i)*deltaT)-(s*R(i)*deltaT);
 D(i+1) = D(i)+(d*I(i)*deltaT)+(alpha*S(i)*deltaT);
 i = i+1;
end
%numerisasi model;
disp('*********************************************' );
disp('Model SIRD pada Penyebaran Virus Ebola');
disp('peneliti');
disp('*********************************************' );
disp('  Waktu(t)       S(t)       I(t)       R(t)       D(t) ' );
disp([(t(m))' (S(m))' (I(m))' (R(m))' (D(m))']);
%plot grafik
plot(t,S, 'g' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,I, 'r' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,R, 'c' , 'lineWidth' ,2);
hold on; plot(t,D, 'b' , 'lineWidth' ,2);
title('Model SIRD oleh peneliti' );
xlabel('waktu (t) dalam tahun' );
ylabel('populasi S, I, R dan D' );
legend('S = Susceptibles' , 'I = Infected' , 'R = Recovery ', 'D = Deaths'  );
grid on;
```