

**ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN VIRUS PENYAKIT**

**EBOLA PADA MANUSIA**

**SKRIPSI**



**FANTI RACHMAWATI**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2016**

**ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN VIRUS PENYAKIT**

**EBOLA PADA MANUSIA**

**SKRIPSI**



**FANTI RACHMAWATI**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2016**

**Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Bidang Matematika Pada Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Airlangga**

**Disetujui oleh:**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Dr. Windarto, M.Si.**

**NIP. 19771104 200312 1 001**



**Dr. Fatmawati, M.Si.**

**NIP. 19730704 199802 2 001**

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI**

Judul : Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia

Penyusun : Fanti Rachmawati

NIM : 081211233014

Pembimbing I : Dr. Windarto, M.Si.

Pembimbing II : Dr. Fatmawati, M.Si.

Tanggal Seminar : 25 April 2016

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Windarto, M.Si.

Dr. Fatmawati, M.Si.

NIP. 19771104 200312 1 001

NIP. 19730704 199802 2 001

Mengetahui,

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika

Koordinator Program Studi S-1 Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga

Universitas Airlangga



Badrus Zaman, S.Kom., M.Cs.

Dr. Moh. Imam Utoyo, M.Si.

NIP. 19780126 20064 1 001

NIP. 19640103 198810 1 001



## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.



**SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : Fanti Rachmawati  
NIM : 081211233014  
Program Studi : S-1 Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**“Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia”**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 15 April 2016



Fanti Rachmawati

NIM. 081211233014

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbilalamin, segala puji syukur tercurahkan kepada Allah SWT sumber inspirasi yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Besar Muhammad SAW, pemimpin sekaligus suri tauladan yang paling baik bagi kehidupan umat manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menuntut ilmu.
2. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti) yang telah memberikan Beasiswa PPA-BBM kepada penulis untuk membantu secara ekonomis serta memacu semangat belajar.
3. Badrus Zaman, S.Kom., M.Cs, selaku Kepala Departemen Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang selalu memberi saran dan motivasi.
4. Dr. Moh. Imam Utoyo, M.Si., selaku Koordinator Program Studi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang selalu memberikan saran dan motivasi.

5. Dr. Windarto, M.Si selaku dosen pembimbing I dan sekaligus sebagai dosen wali selama menjadi mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang senantiasa dengan sabar memberikan bimbingan berupa arahan dan masukan demi kesuksesan menjadi mahasiswa.
6. Dr. Fatmawati, M.Si selaku dosen pembimbing II yang senantiasa dengan sabar memberikan masukan dan arahan serta nasihat kepada penulis.
7. Seluruh dosen di Universitas Airlangga, khususnya Departemen Matematika yang telah menyampaikan ilmunya tanpa pamrih dan tak kenal lelah.
8. Yang tercinta kedua orang tua, Afandi dan Lika Prahesti yang selalu memberikan dukungan dan yang selalu memberikan doa terbaiknya. Adik penulis, Lido serta keluarga besar yang selalu memberi motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
9. Rizky Budi, Okta, Gilang, Luthfi, Dila, Lenny, dan Reny yang telah mengajarkan arti sahabat selama ini.
10. Teman-teman Program Studi Matematika 2012 Universitas Airlangga yang telah memberikan pengalaman, motivasi dan semangat yang sangat berharga bagi penulis.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.



Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai bahan pustaka bagi pembaca khususnya mahasiswa Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan proposal ini, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan penulisan selanjutnya.

Surabaya, April 2016

Fanti Rachmawati



Fanti Rachmawati, 2016, **Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia**. Skripsi ini di bawah bimbingan Dr. Windarto, M.Si. dan Dr. Fatmawati, M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

---

## ABSTRAK

Virus ebola berasal dari genus *Ebolavirus* dan familia *Filoviridae*. Virus ebola ada di dalam tubuh kelelawar pemakan buah dari keluarga *Pteropodidae*. Kotoran dari kelelawar ini berbentuk buah yang tidak dicerna secara utuh sehingga dapat dikonsumsi kembali oleh hewan lain. Hal ini mengakibatkan virus penyakit ebola dapat bertransmisi ke hewan-hewan lain. Penularan awal infeksi virus ebola ke populasi manusia terjadi karena adanya kontak antara manusia dengan bangkai hewan terinfeksi. Penyakit ini dapat menyebabkan kematian jika tidak diobati secara serius.

Dalam skripsi ini, dilakukan analisis model matematika penyebaran virus penyakit ebola pada manusia. Pada model diperoleh dua titik setimbang, yaitu titik setimbang non endemik ( $E_1$ ) dan titik setimbang endemik ( $E_2$ ). Titik setimbang non endemik stabil asimtotis jika memenuhi kriteria tertentu. Dari titik setimbang tersebut juga didapatkan besaran *Basic Reproduction Ratio* ( $R_0$ ) yang merupakan tolak ukur terjadinya endemik penyakit ebola. Titik setimbang bebas penyakit ( $E_1$ ) cenderung stabil asimtotis jika  $R_0 < 1$ . Sedangkan, titik setimbang endemik ( $E_2$ ) cenderung stabil asimtotis jika  $R_0 > 1$ . Berdasarkan simulasi numerik, parameter-parameter yang mempengaruhi *basic reproduction ratio* yaitu laju kelahiran dan migrasi ( $m$ ), laju transmisi virus penyakit ebola baik dengan penularan melalui manusia terinfeksi yang masih hidup, manusia yang mati tetapi belum dikuburkan, dan melalui peralatan di rumah sakit ( $\beta_i, \beta_d$ , dan  $\beta_h$ ), laju kesembuhan manusia terinfeksi virus penyakit ebola yang mendapatkan perawatan di penampungan darurat ( $\gamma_r$ ). Nilai yang tinggi dari  $m, \beta_i, \beta_d$ , dan  $\beta_h$  dan nilai yang rendah dari  $\gamma_r$  mengakibatkan terjadinya endemik penyakit. Sebaliknya, Nilai yang rendah dari  $m, \beta_i, \beta_d$ , dan  $\beta_h$  dan nilai yang tinggi dari  $\gamma_r$  mengakibatkan tidak terjadinya endemik penyakit.

**Kata Kunci** : Model Matematika, Virus Penyakit Ebola, Kestabilan.

Fanti Rachmawati, 2016, **Analysis of Mathematic Model Transmission of Ebola Virus to Human**. This thesis is supervised by Dr. Windarto, M.Si. and Dr. Fatmawati, M.Si. Mathematic Department, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

---

### ABSTRACT

Ebola is a virus from Ebolavirus genus and Filoviridae familia. Ebola virus is in the body fruit bats of Pteropodidae's family. Feces from these bat has shaped fruit since fruit is not completely digested in their entirety. So it might be consumed again by another animals. This resulted ebola virus can transmit diseases to other animals. Transmission of ebola virus infection early human populations to occur because of contact between humans and infected animal carcasses. This disease can lead to death, if there is no serious treatment.

In this thesis, a mathematical model the spread of Ebola virus disease in humans was analyzed non-endemic equilibrium ( $E_1$ ) and endemic equilibrium ( $E_2$ ). Non endemic equilibrium is asymptotically stable if it meets certain criteria. From the point Basic Reproduction Ratio ( $R_0$ ) which is a measure of the occurrence of endemic diseases ebola could be determined disease-free equilibrium ( $E_1$ ) tends asymptotically stable if  $R_0 < 1$ . Meanwhile, endemic equilibrium ( $E_2$ ) tends asymptotically stable if  $R_0 > 1$ . Based on numerical simulations, these parameters affect to the basic reproduction namely birth rate and migration ( $m$ ), the rate of transmission of viral diseases ebola either by transmission through humans infected survivors, people who die but not yet buried, and through equipment in hospitals ( $\beta_i, \beta_d$ , and  $\beta_h$ ), and the value of human healing rate infected with ebola virus disease who received treatment in emergency place ( $\gamma_r$ ). The higher value of  $m, \beta_i, \beta_d, \beta_h$ , and the smaller value of  $\gamma_r$  the greater number of infected people will be. On the other hand, the smaller value of  $m, \beta_i, \beta_d, \beta_h$ , and the higher value of  $\gamma_r$  the lower number of infected people will be.

**Keywords:** Mathematical Model, Ebola Virus Disease, Stability.

**DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI .....	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Virus Penyakit Ebola .....	5



2.2 Penularan Virus Penyakit Ebola.....	6
2.3 Gejala dan Bahaya Virus Penyakit Ebola .....	7
2.4 Sistem Persamaan Diferensial .....	8
2.5 Kestabilan Sistem Linier .....	10
2.6 <i>Basic Reproduction Ratio</i> .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
BAB IV PEMBAHASAN.....	16
4.1 Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia.....	16
4.1.1 Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia .....	24
4.1.2 Analisis Kestabilan Titik Setimbang.....	30
4.1.2.1 Kestabilan Asimtotis Lokal Pada Titik Setimbang Bebas Penyakit .....	31
4.1.2.2 Kestabilan Asimtotis Lokal Pada Titik Setimbang Endemik.....	36
4.2 Simulasi dan Interpretasi Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia .....	39
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN	

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
4.1	Variabel dalam Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia	18
4.2	Parameter dalam Model Matematika Penyebaran Virus Penyakit Ebola Pada Manusia	18
4.3	Nilai Awal	34
4.4	Nilai parameter model matematika penyebaran virus penyakit ebola pada manusia	34
4.5	Nilai Awal	36
4.6	Nilai parameter model matematika penyebaran virus penyakit ebola pada manusia	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
4.1	Diagram transmisi penyebaran virus penyakit ebola pada manusia	20
4.2	Grafik bidang fase $I(t)$ terhadap $H(t)$ pada model matematika penyebaran virus penyakit ebola pada manusia	35
4.3	Grafik bidang fase $I(t)$ terhadap $H(t)$ pada model matematika penyebaran virus penyakit ebola pada manusia	37
4.4 (a)	Grafik dinamika populasi manusia pada model matematika penyebaran virus penyakit ebola terhadap waktu saat $R_0 < 1$	39
4.4 (b)	Grafik dinamika populasi manusia pada model matematika penyebaran virus penyakit ebola terhadap waktu saat $R_0 > 1$	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1.	Perhitungan Titik Setimbang Endemik $E_2$
2.	Analisa Kestabilan Titik Setimbang Bebas Penyakit ( $E_1$ )
3.	Kode Program Matlab 7 Grafik Bidang Fase pada Titik Setimbang Bebas Penyakit
4.	Kode Program Matlab 7 Grafik Bidang Fase pada Titik Setimbang Endemik
5.	Kode Program Matlab Dinamika Variabel Pada Saat $t$ untuk Kondisi $R_0 < 1$
6.	Kode Program Matlab Dinamika Variabel Pada Saat $t$ untuk Kondisi $R_0 > 1$