

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ESTIMASI PARAMETER DAN ANALISIS MODEL  
MATEMATIKA PENYEBARAN VIRUS EBOLA DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN ISOLASI MANDIRI DAN  
PATOGEN DI LINGKUNGAN**

**SKRIPSI**



**RAIHAN NURFITRIA**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2022**

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ESTIMASI PARAMETER DAN ANALISIS MODEL  
MATEMATIKA PENYEBARAN VIRUS EBOLA DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN ISOLASI MANDIRI DAN  
PATOGEN DI LINGKUNGAN**

**SKRIPSI**



**RAIHAN NURFITRIA**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2022**

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ESTIMASI PARAMETER DAN ANALISIS MODEL  
MATEMATIKA PENYEBARAN VIRUS EBOLA DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN ISOLASI MANDIRI DAN  
PATOGEN DI LINGKUNGAN**

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana Sains Bidang Matematika  
pada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Disetujui Oleh:

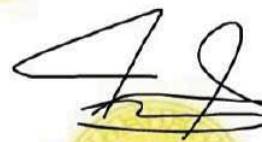
Pembimbing I,



Dr. Fatmawati, M.Si.

NIP. 197307041998022001

Pembimbing II,



Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

NIP. 197711042003121001

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**Judul** : Estimasi Parameter dan Analisis Model Matematika  
Penyebaran Virus Ebola dengan Mempertimbangkan  
Isolasi Mandiri dan Patogen di Lingkungan

**Penulis** : Raihan Nurfitria

**NIM** : 081811233060

**Pembimbing I** : Dr. Fatmawati, M.Si.

**Pembimbing II** : Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

**Tanggal Ujian** :

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Fatmawati, M.Si.

NIP. 197307041998022001

Pembimbing II,



Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

NIP. 197711042003121001

Mengetahui,

**Ketua Departemen Matematika**

**Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Airlangga**



Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.

NIP.196804041994031020

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

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

## SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Raihan Nurfitria  
NIM : 081811233060  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenjang : Sarjana (S1)

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

**“Estimasi Parameter dan Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Ebola dengan Mempertimbangkan Isolasi Mandiri dan Patogen di Lingkungan”**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Jakarta, 24 Juli 2022

Hormat saya,

  
Raihan Nurfitria

NIM. 081811233060

Raihan Nurfitria, 2022, **Estimasi Parameter dan Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Ebola dengan Mempertimbangkan Isolasi Mandiri dan Patogen di Lingkungan**. Penelitian ini di bawah bimbingan Dr. Fatmawati, M.Si. dan Dr. Windarto, S.Si., M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

---

## ABSTRAK

*Ebola Virus Disease* (EVD) atau *Ebola Hemorrhagic Fever* (EHF) adalah penyakit manusia yang disebabkan oleh infeksi virus RNA dari *genus* ebola dan keluarga *Filoviridae*. Penularan virus ebola terjadi diantara orang-orang yang melakukan kontak dekat dengan orang yang terinfeksi ebola sehingga upaya pencegahan yang dapat dilakukan adalah mengurangi kontak antara penderita dengan individu yang sehat melalui isolasi mandiri dan kontak antara individu sehat dengan barang-barang penderita. Pada penelitian ini dilakukan estimasi parameter model virus ebola untuk mengetahui keadaan penyebaran virus ebola dengan menggunakan algoritma genetika. Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan data kumulatif bulanan dari individu terinfeksi virus ebola di Guinea, Afrika Barat pada bulan Agustus 2014-Oktober 2015. Berdasarkan analisis model matematika penyebaran virus ebola dengan mempertimbangkan isolasi mandiri dan patogen di lingkungan memiliki dua titik setimbang yaitu titik setimbang bebas penyakit dan titik setimbang endemik. Titik setimbang non endemik akan stabil asimtotis jika  $R_0 < 1$  dan titik setimbang endemik cenderung stabil asimtotis jika  $R_0 > 1$  dengan  $R_0$  merupakan *basic reproduction number*. Analisis sensitivitas juga dilakukan untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh pada penyebaran virus ebola. Berdasarkan perhitungan analisis sensitivitas, parameter yang berpengaruh terhadap model yaitu laju transmisi antara individu rentan dengan lingkungan yang terkontaminasi dan laju penguraian virus di lingkungan. Pada kondisi ini diperoleh nilai  $R_0 = 2,5107$ . Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kondisi endemik virus ebola di Guinea yang juga dikonfirmasi dari hasil simulasi numerik.

**Kata Kunci:** Ebola, Model Matematika, Estimasi Parameter, Analisis Kestabilan, Bilangan Reproduksi Dasar.

Raihan Nurfitria, 2022, **Parameter Estimation and Analysis of Mathematical Models of the Spread of the Ebola Virus by Considering Self-Isolation and Pathogens in the Environment**. This research is supervised by Dr. Fatmawati, M.Si. and Dr. Windarto, S.Si., M.Si. Department of Mathematic, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

---

## ABSTRACT

Ebola Virus Disease (EVD) or Ebola Hemorrhagic Fever (EHF) is a human disease caused by infection with RNA viruses of the genus ebola and the family Filoviridae. Transmission of the ebola virus occurs between people who are in close contact with people infected with ebola so that preventive efforts that can be done are to reduce contact between sufferers and healthy individuals through self-isolation and contact between healthy individuals and sufferers' belongings. In this study, an estimation of the parameters of the ebola virus model was carried out to determine the state of the spread of the ebola virus using genetic algorithms. Parameter estimation was carried out using monthly cumulative data from individuals infected with the ebola virus in Guinea, West Africa in August 2014-October 2015. Based on the analysis of the mathematical model of the spread of the ebola virus by considering self-isolation and pathogens in the environment have two equilibrium points, namely disease-free equilibrium points and endemic equilibrium points. The non-endemic equilibrium point will be asymptotically stable if  $R_0 < 1$  and the endemic equilibrium point tends to be asymptotically stable if it  $R_0 > 1$  with  $R_0$  is a basic reproduction number. Sensitivity analysis is also carried out to find out the parameters that have the most influence on the spread of the ebola virus. Based on sensitivity analysis calculations, the parameters that affect the model are the rate of transmission between vulnerable individuals and the contaminated environment and the rate of virus decomposition in the environment. In this condition,  $R_0 = 2,5107$ . this value indicates that there is an endemic condition of the ebola virus in Guinea which is also confirmed from the results of numerical simulations.

**Keywords:** Ebola, Mathematical Model, Parameter Estimation, Stability Analysis, Basic Reproduction Numbers

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul *“Estimasi Parameter dan Analisis Model Matematika Penyebaran Virus Ebola dengan Mempertimbangkan Isolasi Mandiri dan Patogen di Lingkungan”*. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, pemimpin sekaligus sebaik-baiknya suri tauladan bagi kehidupan umat manusia.

Keberhasilan penulis dalam menyusun skripsi ini tidak terlepas dari dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Moh. Nasih SE., MT., Ak. selaku Rektor Universitas Airlangga.
2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
3. Dr. Herry Suprajitno, M.Si. selaku Ketua Departemen dan Koordinator Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan bimbingan selama proses perkuliahan.
4. Dr. Fatmawati, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Dr. Windarto, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II sekaligus dosen wali yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, arahan dan nasihat yang sangat berharga.
5. Seluruh dosen dan staf Universitas Airlangga khususnya Departemen Matematika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama proses perkuliahan.
6. Kedua orang tua penulis Ispriyono dan Sudewi, Kakak-Kakak Penulis Mas Lutfi, Kak Iswi dan Kak Kiki serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, mendukung dan memberikan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.

7. HIMATIKA UNAIR 2019, BEM FST 2020 dan BEM FST 2021 yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk berproses dan mendapatkan pengalaman berorganisasi.
8. Kakak tingkat penulis, Mas Ayomi, Mas Farrel dan Kak Nadhira yang telah membimbing dan mengajarkan penulis dalam memahami materi yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini.
9. Sahabat seperjuangan penulis di Matematika 2018, Pasya, Rizka, Rara, Patricia, Ais dan sahabat poo yang saling memberikan dukungan, semangat dan kenangan di perkuliahan.
10. Teman-teman matematika angkatan 2018 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah berjuang bersama selama proses perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun mengingat penulisan skripsi ini dimungkinkan masih terdapat kesalahan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini bisa berguna bagi kita semua

Jakarta, 24 Juli 2022

Penulis,

Raihan Nurfitria

## DAFTAR ISI

|                                                               |                                     |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL.....                                            | i                                   |
| LEMBAR PERNYATAAN .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....                               | iii                                 |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....                              | iv                                  |
| SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS .....                   | v                                   |
| ABSTRAK.....                                                  | vi                                  |
| ABSTRACT.....                                                 | vii                                 |
| KATA PENGANTAR .....                                          | viii                                |
| DAFTAR ISI.....                                               | x                                   |
| DAFTAR TABEL.....                                             | xii                                 |
| DAFTAR GAMBAR .....                                           | xiii                                |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                          | xiv                                 |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                       | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                      | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                     | 3                                   |
| 1.3 Tujuan.....                                               | 3                                   |
| 1.4 Manfaat.....                                              | 3                                   |
| 1.5 Batasan Masalah.....                                      | 4                                   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                  | 5                                   |
| 2.1 Virus Ebola.....                                          | 5                                   |
| 2.2 Sistem Persamaan Diferensial .....                        | 6                                   |
| 2.3 Kestabilan dari Sistem Persamaan Diferensial Linear ..... | 7                                   |
| 2.4 Bilangan Reproduksi Dasar ( $R_0$ ) .....                 | 9                                   |
| 2.5 Algoritma Genetika .....                                  | 10                                  |

|                                    |                                                                                   |    |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6                                | Metode Runge-Kutta .....                                                          | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                                                   | 14 |
| BAB IV PEMBAHASAN.....             |                                                                                   | 16 |
| 4.1                                | Model Matematika Penyebaran Virus Ebola.....                                      | 16 |
| 4.2                                | Estimasi Parameter Model Matematika Penyebaran Virus Ebola.....                   | 21 |
| 4.2.1                              | Data .....                                                                        | 21 |
| 4.2.2                              | Hasil Estimasi Parameter .....                                                    | 21 |
| 4.3                                | Analisis Kestabilan Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran Virus Ebola ..... | 24 |
| 4.3.1                              | Titik Setimbang.....                                                              | 24 |
| 4.3.2                              | Analisis Kestabilan Lokal Titik Setimbang.....                                    | 27 |
| 4.3.3                              | Analisis Sensitivitas .....                                                       | 34 |
| 4.4                                | Simulasi Numerik pada Model Matematika Penyebaran Virus Ebola.....                | 39 |
| BAB V PENUTUP.....                 |                                                                                   | 44 |
| 5.1                                | Kesimpulan.....                                                                   | 44 |
| 5.2                                | Saran .....                                                                       | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA .....               |                                                                                   | 46 |
| LAMPIRAN                           |                                                                                   |    |

**DAFTAR TABEL**

| <b>Nomor</b> | <b>Judul Tabel</b>                                                                    | <b>Halaman</b> |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 4.1          | Pendefinisian Variabel dalam Model Matematika Penyebaran Virus Ebola                  | 17             |
| 4.2          | Pendefinisian Parameter dalam Model Matematika Penyebaran Virus Ebola                 | 17             |
| 4.3          | Nilai Parameter Hasil dari Estimasi Menggunakan Algoritma Genetika                    | 22             |
| 4.4          | Nilai dan Sumber Parameter Hasil Estimasi pada Model Matematika Transmisi Virus Ebola | 23             |
| 4.5          | Nilai Awal Populasi pada Model Matematika Penyebaran Virus Ebola                      | 33             |
| 4.6          | Nilai Hasil Perhitungan Indeks Sensitivitas Parameter                                 | 35             |
| 4.7          | Hubungan Antara Perubahan pada Nilai Parameter $p$ Terhadap Nilai $R_0$               | 36             |

## DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul Gambar                                                                     | Halaman |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 4.1   | Diagram Transmisi Model Matematika Penyebaran Virus Ebola                        | 19      |
| 4.2   | Perbandingan Data dan Prediksi Model Populasi Kumulatif Manusia Terinfeksi Ebola | 24      |
| 4.3   | Grafik Bidang Fase Antara Populasi Rentan dan Populasi Terinfeksi Ebola          | 34      |
| 4.4   | Sensitivitas $\beta_3$ terhadap Nilai $R_0$ dengan Variasi Nilai $\delta$        | 37      |
| 4.5   | Grafik Populasi $I$ dengan Tiga Nilai Parameter $\beta_3$ yang Berbeda           | 38      |
| 4.6   | Grafik Populasi $I$ dengan Tiga Nilai Parameter $\delta$ yang Berbeda            | 38      |
| 4.7   | Grafik Populasi Manusia Rentan Ebola                                             | 40      |
| 4.8   | Grafik Populasi Manusia Terinfeksi Ebola                                         | 40      |
| 4.9   | Grafik Populasi Manusia Diisolasi                                                | 41      |
| 4.10  | Grafik Populasi Manusia Pulih                                                    | 41      |
| 4.11  | Grafik Populasi Manusia Mati karena Ebola                                        | 42      |
| 4.12  | Grafik Populasi Patogen di Lingkungan                                            | 42      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul Lampiran                                                                                          |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Data Jumlah Populasi Manusia Terinfeksi Ebola pada Tahun 2014-2015 di Guinea, Afrika Barat              |
| 2     | Kode Program Estimasi Parameter dengan Algoritma Genetika                                               |
| 3     | Hasil Estimasi Parameter dengan Algoritma Genetika                                                      |
| 4     | Kode Program Simulasi Perbandingan Data Riil dan Hasil Perhitungan                                      |
| 5     | Perhitungan Titik Setimbang Non Endemik                                                                 |
| 6     | Perhitungan untuk Mencari $R_0$                                                                         |
| 7     | Perhitungan Titik Setimbang Endemik                                                                     |
| 8     | Perhitungan Uji Kestabilan Titik Setimbang Non Endemik                                                  |
| 9     | Perhitungan Persamaan Karakteristik Titik Setimbang Endemik                                             |
| 10    | Kode Program Simulasi Bidang Fase pada Titik Setimbang Endemik                                          |
| 11    | Kode Program Grafik Sensitivitas $\beta_3$ terhadap Nilai $R_0$ dengan Tiga Nilai $\delta$ yang Berbeda |
| 12    | Kode Program Grafik Populasi $I$ dengan Tiga Nilai $\beta_3$ yang Berbeda                               |
| 13    | Kode Program Grafik Populasi $I$ dengan Tiga Nilai $\delta$ yang Berbeda                                |
| 14    | Kode Program Simulasi Numerik Model Matematika Penyebaran Virus Ebola                                   |