

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN PENYAKIT AVIAN INFLUENZA DENGAN
MUTASI STRAIN**

SKRIPSI



HIDAYATUL FITRIA

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

2022

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN PENYAKIT AVIAN INFLUENZA DENGAN
MUTASI *STRAIN***

SKRIPSI



HIDAYATUL FITRIA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN PENYAKIT AVIAN INFLUENZA
DENGAN MUTASI STRAIN**

SKRIPSI

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

Hidayatul Fitria
NIM 081711233001

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 198604122008122003

Pembimbing II,



Dr. Miswanto, M.Si.
NIP. 196802041993031002

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran
Penyakit *Avian Influenza* dengan Mutasi *Strain*
Penyusun : Hidayatul Fitria
NIM : 081711233001
Tanggal Ujian : 18 Januari 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 198604122008122003

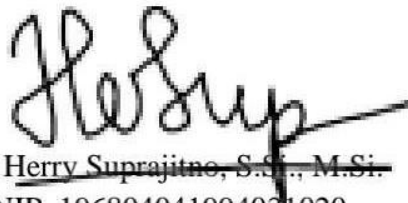
Pembimbing II,



Dr. Miswanto, M.Si.
NIP. 196802041993031002

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

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hidayatul Fitria
NIM : 081711233001
Program Studi : S-1 Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

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

“Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran Penyakit *Avian Influenza* dengan Mutasi *Strain*”

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, 28 Januari 2022



7A3AJX684947594
Hidayatul Fitria
NIM. 081711233001

Hidayatul Fitria, 2022, **Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran Penyakit Avian Influenza dengan Mutasi Strain**. Skripsi ini di bawah bimbingan Cicik Alfiniyah, M.Si., Ph.D. dan Dr. Miswanto, M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Penyakit *avian influenza* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus dari genus *influenza* dan keluarga virus *Orthomyxoviridae*. Salah satu penyebab transmisi penyakit *avian influenza* karena adanya kontak langsung dengan unggas yang terinfeksi. Pada perkembangannya, dikhawatirkan virus *avian influenza* bermutasi dan menghasilkan *strain* yang lebih *virulent*. Pada skripsi ini dikaji kestabilan model matematika penyebaran penyakit *avian influenza* dengan satu mutasi *strain*. Berdasarkan hasil analisis model matematika, diperoleh dua titik setimbang, yakni titik setimbang non endemik dan titik setimbang endemik. Selain itu diperoleh besaran *basic reproduction ratio* (R_0) yang menentukan eksistensi dan kestabilan titik setimbang dengan metode *Next Generation Matrix* (NGM). Titik setimbang non endemik stabil asimtotis jika $R_0 < 1$. Sedangkan titik setimbang endemik cenderung stabil asimtotis jika $R_0 > 1$. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi non endemik jumlah populasi manusia yang terinfeksi virus *avian influenza* melalui unggas dan mutan cenderung menurun dan mendekati nol. Berbeda dengan kondisi endemik, populasi manusia yang terinfeksi virus *avian influenza* melalui unggas di awal tahun meningkat dan mulai menurun hingga kemudian cenderung konstan. Populasi manusia yang terinfeksi virus *avian influenza* mutan jumlahnya mengalami peningkatan yang tajam dan kemudian langsung menurun karena adanya efek hambatan berupa infeksi yang tinggi sebelum akhirnya jumlah populasi cenderung konstan. Pengaruh laju mutasi *strain* berakibat pada bertambahnya jumlah populasi manusia yang terinfeksi virus *avian influenza* mutan dan berkurangnya populasi manusia yang terinfeksi virus *avian influenza* melalui unggas.

Kata kunci: Virus Avian Influenza, Mutasi *Strain*, Model Matematika, Analisis Kestabilan.

Hidayatul Fitria, 2022, **Stability Analysis of Mathematical Models Spread of Avian Influenza Disease with Strain Mutations**. This undergraduate thesis under the guidance Cicik Alfiniyah, M.Si., Ph.D. and Dr. Miswanto, M.Si. Department of Mathematics, Faculty of Science and Tecnology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Avian influenza is a disease caused by viruses from genus influenza and the *Orthomyxoviridae* virus family. One of the causes of avian influenza transmission is due to direct contact with infected birds. In this thesis, it is feared that the avian influenza virus mutates and produces more virulent strains. This thesis examines the stability of the mathematical model of the spread of avian influenza with one strain mutation. Based on the results of the analysis of the mathematical model, two equilibrium points were obtained, namely the non-endemic equilibrium point and the endemic equilibrium point. In addition, the basic reproduction ratio (R_0) is obtained which determines the existence and stability of the equilibrium point using the Next Generation Matrix (NGM) method. The non-endemic equilibrium point is asymptotically stable if $R_0 < 1$. Meanwhile, the endemic equilibrium point tends to be asymptotically stable if $R_0 > 1$. The simulation results show that in non-endemic conditions the number of human populations infected with avian influenza virus through poultry and mutants tends to decrease and approach zero. In contrast to endemic conditions, the human population infected with the avian influenza virus through poultry at the beginning of the year increased and began to decline until then tended to be constant. The human population infected with the mutant avian influenza virus experienced a sharp increase and then immediately decreased due to the inhibitory effect in the form of high infection before the population size tended to be constant. The effect of strain mutation rate resulted in an increase in the number of human populations infected with the mutant avian influenza virus and a decrease in the human population infected with avian influenza viruses through poultry.

Keywords: *Avian Influenza Virus, Strain Mutations, Mathematical Models, Stability Analysis.*

KATA PENGANTAR



Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran Penyakit *Avian Influenza* dengan Mutasi *Strain*”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang merupakan panutan dari setiap umat manusia. Keberhasilan penulis tentunya tidak luput dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., M.T., Ak., CMA. selaku Rektor Universitas Airlangga.
2. Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si. selaku Kepala Departemen Matematika dan Koordinator Program Studi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
4. Dr. Liliek Susoliwati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Wali yang senantiasa memberi masukan, arahan serta motivasi selama menjalani perkuliahan.
5. Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa sabar dan teliti dalam membimbing, mengingatkan, memberi masukan serta semangat.
6. Dr. Miswanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa sabar dan teliti dalam membimbing, mengingatkan, memberi masukan serta semangat.
7. Seluruh Dosen di Universitas Airlangga, khususnya di Departemen Matematika yang telah meluangkan waktu untuk membagikan ilmu tanpa mengenal lelah.
8. Kedua orang tua tercinta, Sholihin dan Indah Lestari, adik penulis Faisol If As, serta seluruh keluarga yang selama ini selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat.

9. Sahabat terbaik, Adinda Resi Pratiwi, Dwi Yulia Eva Arsika, Kiki Yuniar Kristiawan, dan Fariz Zulfikri yang selama ini selalu memberikan doa, dukungan, bantuan, dan semangat.
10. Teman - teman seperjuangan Matematika 2017 yang telah memberi pengalaman, masukan, pembelajaran, dan dukungan selama perkuliahan.
11. Kakak tingkat program studi Matematika yang telah memberi pengalaman, masukan, pembelajaran, dan dukungan selama perkuliahan.
12. Semua pihak yang membantu dan mendukung dalam terselesaikannya proposal penulis.

Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat sebagai bahan Pustaka dan penambahan informasi khususnya bagi mahasiswa Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini, masih terdapat kekurangan sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan penulisan berikutnya.

Surabaya, 10 Januari 2022

Penyusun,

Hidayatul Fitria

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
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 Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Avian Influenza</i>	5
2.1.1 Penularan Virus <i>Avian Influenza</i>	5
2.1.2 Gejala dan Bahaya Virus <i>Avian Influenza</i>	6
2.1.3 Pencegahan Virus <i>Avian Influenza</i>	7
2.1.4 Pengobatan Virus <i>Avian Influenza</i>	8
2.2 Mutasi <i>Strain Virus Avian Influenza</i>	9
2.3 <i>Incidence Rate</i>	10
2.4 Sistem Persamaan Diferensial	10
2.5 Kestabilan Sistem Linier	12
2.6 Bilangan Reproduksi Dasar	14
2.7 Kriteria Routh-Hurwitz	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	18
4.1.1 Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	23
4.1.2 Analisis Kestabilan Titik Setimbang	26
4.1.3 Analisis Sensitivitas Parameter	35
4.2 Simulasi Numerik Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	40
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Notasi, Deskripsi, dan Satuan Variabel pada Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	20
4.2	Notasi Deskripsi, dan Satuan Parameter pada Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	20
4.3	Nilai Parameter Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	33
4.4	Nilai Awal Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	33
4.5	Indeks Sensistivitas Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	35
4.6	Nilai Parameter untuk Simulasi Numerik Kondisi Non Endemik pada Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	41
4.7	Nilai Parameter untuk Simulasi Numerik Kondisi Endemik pada Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	42

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
4.1	Diagram Transmisi Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	21
4.2	Grafik Bidang Fase Populasi I_b dan I_m pada Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i>	34
4.3	Grafik Simulasi Sensitivitas Parameter β terhadap R_0 dengan Tiga Nilai θ yang Berbeda	37
4.4	Grafik Simulasi Pengaruh Parameter β terhadap Populasi I_b	38
4.5	Grafik Simulasi Pengaruh Parameter β terhadap Populasi I_m	38
4.6	Grafik Simulasi Pengaruh Parameter θ terhadap Populasi I_b	39
4.7	Grafik Simulasi Pengaruh Parameter θ terhadap Populasi I_m	40
4.8	Grafik Dinamika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i> saat $R_0 < 1$	41
4.9	Grafik Dinamika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi <i>Strain</i> saat $R_0 > 1$	43
4.10	Grafik Simulasi Pengaruh Parameter Laju Mutasi <i>Strain</i> (ε) terhadap Populasi I_b dan I_m	44

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
1	Perhitungan Titik Setimbang Non Endemik
2	Perhitungan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)
3	Perhitungan Titik Setimbang Endemik
4	Analisis Kestabilan Titik Setimbang Non Endemik
5	Analisis Kestabilan Titik Setimbang Endemik
6	Kode Program Simulasi Numerik Bidang Fase
7	Analisis Sensitivitas Parameter
8	Kode Program Simulasi Numerik Sensitivitas Parameter β terhadap R_0 dengan Tiga Nilai θ yang Berbeda
9	Kode Program Simulasi Pengaruh Parameter β terhadap Populasi I_b
10	Kode Program Simulasi Pengaruh Parameter β terhadap Populasi I_m
11	Kode Program Simulasi Pengaruh Parameter θ terhadap Populasi I_b
12	Kode Program Simulasi Pengaruh Parameter θ terhadap Populasi I_m
13	Kode Program Simulasi Numerik Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi Strain saat $R_0 < 1$
14	Kode Program Simulasi Numerik Model Matematika Penyebaran Penyakit <i>Avian Influenza</i> dengan Mutasi Strain saat $R_0 > 1$
15	Kode Program Simulasi Numerik Pengaruh Parameter Laju Mutasi <i>Strain</i> (ε) terhadap Populasi I_b dan I_m