

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga laporan skripsi "ANALISIS DAN ESTIMASI PARAMETER MODEL EPIDEMI DENGAN WAKTU TUNDA DENGAN ALGORITMA GENETIKA" dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang.

Laporan skripsi ini diselesaikan dengan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Eric Jobiliong, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Dr. Nuri Arum Anugrahati, selaku wakil dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Laurence, M.T., selaku Direktur Administrasi dan Kemahasiswaan Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Bapak Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Matematika dan dosen pembimbing, yang telah memberi berbagai masukan dalam penyelesaian laporan skripsi ini dan juga saran dalam menjalani perkuliahan.
5. Ibu Lina Cahyadi, S.Si., M.Si. sebagai co-pembimbing yang telah memberikan banyak masukan
6. Bapak Ferry Vincentius Ferdinand, S.Si., S.Inf., M.Pd., M.M., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan saran-saran dan dukungan kepada saya dalam menjalani perkuliahan.
7. Para dosen lainnya yang telah mendidik dan memberi dukungan moral selama perkuliahan.
8. Orangtua serta adik yang telah memberikan banyak dukungan.
9. Delvicia Saputra sebagai kekasih yang selalu mengingatkan untuk mengerjakan skripsi serta menemani dalam suka maupun duka.
10. Jason Leviel Hermawan dan Adrean Christianto Limardiono sebagai teman seperjuangan yang selalu memberikan dukungan moral maupun pengetahuan.
11. Tasya Christie Sitorus yang telah membantu dalam proses pembelajaran persamaan diferensial tunda.
12. Patrick Alfredo Tanoto yang telah membantu dalam pembuatan program serta

pembelajaran teori-teori dalam penulisan skripsi ini.

Penulis sangat terbuka akan kritik dan saran dari pembaca yang dapat membantu membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Tangerang, 7 Juni 2021

(Yoso Armando)



# DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	
ABSTRAK . . . . .	v
<i>ABSTRACT</i> . . . . .	vi
KATA PENGANTAR . . . . .	vii
DAFTAR ISI . . . . .	ix
DAFTAR GAMBAR . . . . .	xii
DAFTAR TABEL . . . . .	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> . . . . .	1
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	6
1.3 Tujuan Penelitian . . . . .	6
1.4 Batasan Masalah dan Asumsi . . . . .	6
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	7
1.5.1 Manfaat Teoritis . . . . .	7
1.5.2 Manfaat Praktis . . . . .	7
1.6 Sistematika Penulisan . . . . .	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> . . . . .	
2.1 Persamaan Diferensial Biasa Linear . . . . .	9
2.2 Titik Tetap . . . . .	10
2.3 Kestabilan Titik Tetap Persamaan Diferensial Biasa Linear . . . . .	11
2.4 Dinamika Persamaan Diferensial Biasa Nonlinear . . . . .	14
2.5 Persamaan Diferensial dengan Waktu Tunda . . . . .	16
2.5.1 Persamaan Diferensial Tunda Linear . . . . .	16
2.5.2 Persamaan Diferensial Tunda Nonlinear . . . . .	17
2.6 Model Epidemi . . . . .	18
2.6.1 Model SI . . . . .	19
2.6.2 Model SIR . . . . .	20
2.6.3 Model SIS . . . . .	20
2.6.4 Model SIRS . . . . .	20
2.7 Solusi Numerik Persamaan Diferensial Tunda . . . . .	21
2.8 Algoritma Genetika . . . . .	23
2.8.1 Populasi . . . . .	25
2.8.2 <i>Evaluation</i> . . . . .	25
2.8.3 <i>Selection</i> . . . . .	25
2.8.3.1 Fitness-Proportionate Selection . . . . .	26
2.8.3.2 <i>Sigma Scaling</i> . . . . .	27
2.8.3.3 <i>Elitism</i> . . . . .	27

2.8.3.4	<i>Boltzmann Selection</i>	27
2.8.3.5	<i>Rank Selection</i>	27
2.8.3.6	<i>Tournament Selection</i>	28
2.8.3.7	<i>Steady-State Selection</i>	28
2.8.4	<i>Crossover</i>	28
2.8.5	<i>Mutation</i>	29
2.9	Tinjauan Pustaka	29

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Dinamika Model Epidemii	31
3.2	Dinamika Model Epidemii dengan Waktu Tunda	32
3.3	Simulasi dengan DDE23 untuk Mendapatkan Solusi	32
3.4	Mencari Nilai Parameter dengan Algoritma Genetika	32

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Model Epidemii dengan Waktu Tunda	35
4.2	Analisa Kestabilan Model Epidemii Tanpa Waktu Tunda	36
4.2.1	Model SI	36
4.2.1.1	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_0$	38
4.2.1.2	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_1$	38
4.2.1.3	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_2$	39
4.2.2	Model SIR	40
4.2.2.1	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_0$	40
4.2.2.2	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_1$	41
4.2.3	Model SIS	41
4.2.3.1	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_0$	42
4.2.3.2	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_1$	43
4.2.3.3	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_2$	43
4.2.4	Model SIRS	43
4.2.4.1	Analisa Kestabilan pada Himpunan Titik Keseimbangan $E_0$	44
4.2.4.2	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_1$	45
4.2.4.3	Analisa Kestabilan pada Titik Keseimbangan $E_2$	45
4.3	Pengaruh Waktu Tunda pada Model Epidemii	46
4.3.1	Pengaruh Waktu Tunda pada Model SI	46
4.3.2	Pengaruh Waktu Tunda pada Model SIR	48
4.3.3	Pengaruh Waktu Tunda pada Model SIS	49
4.3.4	Pengaruh Waktu Tunda pada Model SIRS	50
4.4	Algoritma Genetika untuk Mencari Nilai Parameter	52
4.4.1	Model SI	52
4.4.2	Model SIR	52
4.4.3	Model SIS	53
4.4.4	Model SIRS	53
4.5	Analisis dan Kesimpulan Simulasi Algoritma Genetika	54

4.5.1 Model SI . . . . .	54
4.5.2 Model SIR . . . . .	55
4.5.3 Model SIS . . . . .	55
4.5.4 Model SIRS . . . . .	55
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan . . . . .	56
5.2 Saran . . . . .	56

DAFTAR PUSTAKA



# DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Grafik Solusi Persamaan (1.2) [1] . . . . .	2
Gambar 1.2 Grafik Solusi Persamaan (1.5) [1] . . . . .	2
Gambar 1.3 Populasi individu rentan terhadap waktu, dengan $\tau = 0$ , $\tau = 5$ , $\tau = 10$ . (a) $\beta = 0,001$ dan (b) $\beta = 0,1$ [2] . . . . .	3
Gambar 1.4 Populasi individu laten terhadap waktu, dengan $\tau = 0$ , $\tau = 5$ , $\tau = 10$ . (a) $\beta = 0,001$ dan (b) $\beta = 0,1$ [2] . . . . .	3
Gambar 1.5 Populasi individu terinfeksi terhadap waktu, dengan $\tau = 0$ , $\tau = 5$ , $\tau = 10$ . (a) $\beta = 0,001$ dan (b) $\beta = 0,1$ [2] . . . . .	4
Gambar 1.6 Populasi individu sembuh terhadap waktu, dengan $\tau = 0$ , $\tau = 5$ , $\tau = 10$ . (a) $\beta = 0,001$ dan (b) $\beta = 0,1$ [2] . . . . .	4
Gambar 2.1 Dinamika Persamaan 2.17 . . . . .	14
Gambar 2.2 Solusi Numerik Persamaan (2.38) dengan $\beta = 0.3$ . . . . .	22
Gambar 2.3 Solusi Numerik Persamaan (2.38) dengan $\beta = 0.5$ . . . . .	22
Gambar 2.4 Solusi Numerik Persamaan (2.38) dengan $\beta = -2$ . . . . .	23
Gambar 2.5 <i>Flowchart</i> Algoritma Genetika . . . . .	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian . . . . .	31
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Analisa Model . . . . .	32
Gambar 4.1 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , dan $t \in [0, 200]$ tanpa waktu tunda . . . . .	47
Gambar 4.2 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , $t \in [0, 200]$ , dan waktu tunda $\tau = 14$ . . . . .	47
Gambar 4.3 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , $R(0) = 0$ , dan $t \in [0, 1000]$ tanpa waktu tunda . . . . .	48
Gambar 4.4 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , $R(0) = 0$ , $t \in$ $[0, 1000]$ , dan waktu tunda $\tau = 14$ . . . . .	48
Gambar 4.5 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , dan $t \in [0, 1000]$ tanpa waktu tunda . . . . .	49
Gambar 4.6 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , $t \in [0, 1000]$ , dan waktu tunda $\tau = 14$ . . . . .	50
Gambar 4.7 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu $t$ dengan $S(0) = 0.98$ , $I(0) = 0.02$ , $R(0) = 0$ dan $t \in [0, 1000]$ tanpa waktu tunda . . . . .	51

Gambar 4.8 Jumlah populasi kelas rentan dan kelas terinfeksi terhadap waktu  $t$  dengan  $S(0) = 0.98$ ,  $I(0) = 0.02$ ,  $R(0) = 0$   $t \in [0, 1000]$ , dan waktu tunda  $\tau = 14$  . . . . . 51



## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1 Deskripsi Parameter pada Model . . . . .	36
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Algoritma Genetika dengan $sval = 0.7$ , $cval = 0.7$ , $mval = 0.7$ untuk $n = 40$ . . . . .	52
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Algoritma Genetika dengan $sval = 0.7$ , $cval = 0.7$ , $mval = 0.7$ untuk $n = 40$ . . . . .	52
Tabel 4.4 <i>Error</i> Simulasi Algoritma Genetika . . . . .	53
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Algoritma Genetika dengan $sval = 0.7$ , $cval = 0.7$ , $mval = 0.7$ untuk $n = 40$ . . . . .	53
Tabel 4.6 <i>Error</i> Simulasi Algoritma Genetika . . . . .	53
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Algoritma Genetika dengan $sval = 0.7$ , $cval = 0.7$ , $mval = 0.7$ untuk $n = 40$ . . . . .	54
Tabel 4.8 <i>Error</i> Simulasi Algoritma Genetika . . . . .	54

