

SKRIPSI

**ANALISIS BIFURKASI TRANSMISI VIRUS *DENGUE*
DALAM TUBUH MANUSIA**



AGUNG KURNIAWAN
13610057
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2017

**ANALISIS BIFURKASI TRANSMISI VIRUS *DENGUE*
DALAM TUBUH MANUSIA**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



diajukan oleh

AGUNG KURNIAWAN

13610057

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2017



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas akhir

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 : Agung Kurniawan

NIM : 13610057

Judul Skripsi : Analisis Bifurkasi Transmisi Virus *Dengue* dalam Tubuh Manusia

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.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 1 September 2017

Pembimbing

Sugiyanto, M.Si.

NIP. 19800402 200501 1 003



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2124/Un.02/DST/PP.00.9/09/2017

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Bifurkasi Transmisi Virus Dengue dalam Tubuh Manusia

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AGUNG KURNIAWAN
Nomor Induk Mahasiswa : 13610057
Telah diujikan pada : Rabu, 20 September 2017
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Sugiyanto, S.Si., M.Si
NIP. 19800505 200801 1 028

Penguji I

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

Penguji II

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

Yogyakarta, 20 September 2017

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agung Kurniawan

NIM : 13610057

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 1 September 2017

Yang Menyatakan



Agung Kurniawan
NIM.13610057



Karya sederhana ini penulis persembahkan
untuk ibu, ibu, ibu dan kakak tercinta



”Terkadang kita tidak diberikan kesempatan untuk memilih atas apa yang terjadi pada kita, tetapi menjadikannya indah atau tidak itulah pilihan kita ”

(Agung K)

PRAKATA

Assalamualaikum Wr Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul ”*Analisis Bifurkasi Transmisi Virus Dengue dalam Tubuh Manusia*” ini dengan semaksimal mungkin. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada baginda Muhammad SAW, teladan bagi seluruh umat manusia.

Penulis menyadari bahwa proses penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, motivasi, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Murtono, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
2. Dr. M. Wakhid Musthofa, M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
3. Sugiyanto, M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah berkenan memberikan bimbingan serta arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. M. Farhan Qudratullah, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan kepada penulis selama kuliah.
5. Bapak dosen, Ibu dosen dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini sampai selesai.

6. Ibu, Bapak, serta kakak-kakakku tersayang yang tidak henti-hentinya memberikan semangat, nasehat dan do'a-do'anya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman matematika angkatan 2013, yang turut membantu hingga selesainya skripsi ini, terima kasih.
8. Keluarga PSM "Gita Savana" yang memberikan ilmu yang tidak penulis dapat di dalam kelas.
9. Semua pihak yang telah mendukung dalam proses penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Namun demikian, penulis tetap berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat membantu memberi suatu informasi yang baru bagi semua orang yang membacanya.

Wassalamualaikum Wr Wb

Yogyakarta, 1 September 2017

Agung Kurniawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMBANG	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan	7
1.5. Manfaat Penelitian	8
1.6. Tinjauan Pustaka	8
1.7. Sistematika Penulisan	12
II DASAR TEORI	13
2.1. Virus <i>Dengue</i>	13

2.1.1. Vektor <i>Dengue</i>	14
2.1.2. Transmisi Virus <i>Dengue</i>	15
2.1.3. Replikasi Virus <i>Dengue</i>	17
2.2. Model Matematika	18
2.3. Persamaan Diferensial	19
2.3.1. Sistem Persamaan Diferensial	21
2.4. Nilai Eigen dan Vektor Eigen	22
2.5. Titik Ekuilibrium	25
2.6. Kestabilan Titik Ekuilibrium	26
2.7. Linearisasi	30
2.8. Kriteria <i>Routh-Hurwitz</i>	31
2.9. Bilangan Reproduksi Dasar (<i>Basic Reproduction Number</i>)	35
2.10. Bifurkasi	37
III Metodologi Penelitian	39
3.1. Menentukan Masalah	39
3.2. Merumuskan Masalah	39
3.3. Studi Pustaka	40
3.4. Analisis dan Pemecahan Masalah	41
3.5. Penarikan Kesimpulan	43
IV Transmisi Virus <i>Dengue</i>	44
4.1. Demam <i>Dengue</i>	44
4.2. Model Matematika Transmisi Virus <i>Dengue</i>	45
4.2.1. Fakta dan Asumsi	45
4.2.2. Hal hal yang Mempengaruhi Model	46
4.3. Titik Ekuilibrium	50
4.4. Bilangan Reproduksi Dasar	55

4.5. Kestabilan Titik Ekuilibrium	59
4.5.1. Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Virus	59
4.5.2. Kestabilan Titik Ekuilibrium Terdapat Virus	63
V SIMULASI	73
5.1. Metode Euler	73
5.2. Simulasi Model	77
5.2.1. Simulasi Keadaan Bebas Virus	77
5.2.2. Simulasi Keadaan Terdapat Virus (Endemik)	81
5.3. Analisis Bifurkasi	85
5.3.1. Analisis Bifurkasi Titik Ekuilibrium Bebas Virus	86
5.3.2. Analisis Bifurkasi Titik Ekuilibrium Terdapat Virus	87
VI PENUTUP	93
6.1. Kesimpulan	93
6.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
A M-FILE SOFTWARE MATLAB VERSI 7.1	99
1.1. M-file Transmisi Virus <i>Dengue</i> dalam Tubuh Manusia pada Keadaan Bebas Virus	100
1.2. M-file Transmisi Virus <i>Dengue</i> dalam Tubuh Manusia pada Keadaan Terdapat Virus	102

DAFTAR TABEL

1.1	Tinjauan Pustaka	11
2.1	Tabel Routh-Hurwitz	32
4.1	Tabel Variabel dan Parameter	50
5.1	Tabel Nilai Parameter Titik Ekuilibrium Bebas Virus	78
5.2	Tabel Nilai Parameter Titik Ekuilibrium Terdapat Virus	82

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

2.1	Ilustrasi Tipe Kestabilan Titik Ekuilibrium	27
3.1	Flowchart Analisis Bifurkasi Transmisi Virus <i>Dengue</i> dalam Tubuh Manusia	42
4.1	Bagan Model Sel Rentan	47
4.2	Bagan Model Sel Terinfeksi	47
4.3	Bagan Model Virus <i>Dengue</i>	48
4.4	Bagan Model Transmisi Virus <i>Dengue</i> dalam Tubuh Manusia	49
5.1	Grafik Dinamika Bebas Virus	78
5.2	Grafik Dinamika Sel Rentan	79
5.3	Grafik Dinamika Sel Terinfeksi	80
5.4	Grafik Dinamika Virus	80
5.5	Grafik Dinamika Keadaan Terdapat Virus	82
5.6	Grafik Dinamika Sel Rentan	83
5.7	Grafik Dinamika Sel Terinfeksi	83
5.8	Grafik Dinamika Virus	84
5.9	Grafik Pengaruh β Terhadap Titik Ekuilibrium Terdapat Virus (E_2) .	91

DAFTAR LAMBANG

- α : Laju kelahiran alami sel rentan
- β : Proporsi perpindahan virus *dengue* menginfeksi sel rentan
- σ : Laju kematian alami sel terinfeksi
- δ : Laju kematian alami sel rentan
- γ_1 : Laju kematian alami virus *dengue*
- γ_2 : Laju kematian alami virus *dengue* yang disebabkan sel T
- μ : Proporsi banyaknya sel terinfeksi yang menghasilkan virus
- n : Banyaknya duplikasi virus *dengue* baru per hari
- R : Himpunan semua bilangan real
- R_0 : Bilangan reproduksi dasar

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

ANALISIS BIFURKASI TRANSMISI VIRUS *DENGUE* DALAM TUBUH MANUSIA

Oleh

AGUNG KURNIAWAN

13610057

Demam *dengue* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus *dengue* dengan dampak demam tinggi, nyeri otot, nyeri sendi, terdapat ruam pada kulit dan pembesaran kelenjar getah bening. Penyebaran virus *dengue* terbatas pada suatu wilayah tertentu (*endemic*) dan vektor utama penyebaran virus *dengue* adalah nyamuk *Aedes Aegypti*.

Pada penelitian ini, model *SIV* yang terdiri dari *susceptible* (sel rentan), *infected* (sel terinfeksi) dan *viruses* (virus) yang digunakan untuk memodelkan dinamika transmisi virus *dengue* dalam tubuh dari beberapa asumsi yang telah dibentuk. Model matematika dianalisis untuk mengetahui kestabilan dari titik-titik ekuilibrium dengan menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz*.

Bilangan reproduksi dasar (R_0) merupakan parameter untuk mengetahui seberapa besar potensi penyebaran virus dalam tubuh. Analisis bifurkasi pada model matematika transmisi virus *dengue* mengkaji nilai parameter proporsi perpindahan virus yang menginfeksi sel rentan (β), sebagai batas kestabilan titik ekuilibrium terdapat virus. Saat $\beta > \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, maka penginfeksian virus *dengue* terhadap sel rentan akan meningkat dan sulit dikendalikan oleh tubuh.

Kata Kunci : *Demam Dengue, Virus, Model Matematika, Titik Ekuilibrium, Kestabilan Sistem, Routh-Hurwitz, Bifurkasi.*

ABSTRACT

BIFURCATION ANALYSIS OF DENGUE VIRUS TRANSMISSION IN THE HUMAN BODY

By

AGUNG KURNIAWAN

13610057

Dengue fever is a disease caused by virus called dengue that influence to several indications like high fever, muscle pain, joint pain, rash on skin, and the enlargement of lymph gland. Dengue virus spread restrictly in particular areas (endemic) and the primary vector of the dangue virus is Aedes Aegypti.

In this study, the endemic SIV model consisting of susceptible, infected and viruses was used to model dynamic transmission of dengue virus in the body from several assumptions that have been established. The mathematical model is analyzed to determine the stability of the equilibrium points using Routh-Hurwitz criteria.

Basic reproduction number (R_0) is a parameter define how big the potential spread of the virus in the body. The bifurcation analysis is applied to the dengue virus transmission mathematic model, by examining the value of the proportionate parameter of viruses dengue infect to susceptible cells (β), as the equilibrium point stability boundary has virus. When $\beta > \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$, than dengue virus will infect susceptible cells will increase and difficult to control by the body.

Keywords: *Dengue Fever, Virus, Mathematical Model, Equilibrium Point, System Stability, Routh-Hurwitz, Bifurcation.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam Al - qur'an surat Al - Baqoroh ayat 26 dengan terjemahan:

"Sesungguhnya Allah SWT tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang - orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan : "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang -orang yang fasik"(Al - aliyy, 2011)

Sebagaimana yang telah disebutkan dalam Al-qur'an surah Al-Baqoroh ayat 26. Segala makhluk yang ada di alam semesta ini, baik dalam keadaan hidup maupun tidak, Dia (Allah) lah yang menciptakan dan menjadikannya sebagai tanda atas kebesaran-Nya. Allah SWT memerintahkan manusia untuk selalu melihat tanda-tanda kebesaran-Nya agar manusia selalu bersyukur terhadap apa yang telah diberikan.

Dalam Al-qur'an surah Al-Baqoroh ayat 26, Allah SWT memberikan perumpamaan berupa nyamuk sebagai makhluk yang dipandang rendah dan tidak memiliki peran dalam rantai kehidupan. Dalam hakikatnya setiap makhluk ciptaan Allah SWT memiliki tujuan dan fungsi masing-masing dalam rantai kehidupan, tidak terkecuali nyamuk. Namun tidak sedikit sebagian dari kita

mengabaikan hal tersebut dan menganggap rendah makhluk lain. Hal seperti itu menjadikan kita kurang bersyukur atas segala kebesaran yang telah diberikan oleh Allah SWT. Salah satu kebesaran Allah SWT menciptakan nyamuk, dimana nyamuk adalah salah satu hewan yang dapat dikaji dan diambil hikmahnya, nyamuk merupakan salah satu penyebab berkembangnya penyakit berbahaya bagi manusia yaitu penyakit demam *dengue*, nyamuk berperan sebagai vektor utama pembawa penyakit demam *dengue* akibat penginfeksian virus *dengue* yang ditularkan.

Indonesia adalah negara yang terletak pada daerah tropis, ada beberapa penyakit yang identik menyerang manusia pada daerah tropis salah satunya adalah demam *dengue*. Penyakit demam *dengue* merupakan penyakit menular yang pertama kali ditemukan di Manila, Filipina pada tahun 1953. Untuk kasus di Indonesia, penyakit demam *dengue* ditemukan pertama kali di kota Surabaya pada tahun 1968, akan tetapi konfirmasi pasti melalui isolasi virus baru dilakukan pada tahun 1970. Sejak saat itu, penyakit demam *dengue* mulai menyebar ke berbagai daerah, sehingga sampai tahun 1980 seluruh provinsi di Indonesia dinyatakan terjangkit penyakit demam *dengue*.

Demam *dengue* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus *dengue*, dimana virus ini hanya dapat menular melalui gigitan nyamuk, vektor atau penyebar utama virus *dengue* adalah nyamuk berjenis *Aedes Aegypti*. Oleh karenanya penyakit demam *dengue* termasuk dalam kelompok *Anthropod Borne Diseases*. Virus *dengue* ini memiliki empat serotipe yaitu *Dengue-1 (DEN-1)*, *Dengue-2 (DEN-2)*, *Dengue-3 (DEN-3)*, dan *Dengue-4 (DEN-4)* (Aryu, 2010).

Virus berasal dari bahasa latin *virion* yang berarti racun atau bahan yang mematikan. Virus merupakan parasit berukuran mikroskopik yang tidak memi-

liki perlengkapan selular untuk bereproduksi sendiri. Maka untuk melangsungkan hidupnya, virus mencari sel inang untuk ditempati, dan saat virus mendapatkan sel inang untuk melangsungkan hidupnya, virus akan bereproduksi dan menghasilkan virus - virus baru.

Masa inkubasi dari infeksi virus *dengue* berkisar 7 sampai 10 hari. Fase viremia merupakan fase dimana virus masuk dalam aliran pembuluh darah. Ketika fase viremia terjadi, penderita akan mengalami demam tinggi akibat infeksi virus *dengue*. Ada dua kemungkinan yang terjadi setelah fase viremia pada penderita. Kemungkinan pertama penderita akan pulih dan kemungkinan kedua penderita akan mengalami sakit yang lebih parah.

Demam *dengue* merupakan fase awal sebelum terjadinya demam berdarah *dengue* dan demam *shock syndrom*. Setelah virus *dengue* masuk dalam tubuh dan menginfeksi sel rentan dengan estimasi waktu 1 sampai 7, dapat dilihat gejala klinis yang mudah dikenali yaitu terjadi demam tinggi pada penderita. Pada fase ini penderita memiliki dua kemungkinan. Kemungkinan pertama penderita akan sembuh dan kemungkinan kedua, akan terjadi berpindah ke fase selanjutnya yaitu demam berdarah *dengue* dan demam *shock syndrom*, yang dapat mengakibatkan kematian pada penderita jika telat penanganan di fase demam *dengue*.

Dalam perkembangan zaman yang semakin maju di berbagai bidang ilmu, diperlukan suatu kajian yang dapat diterima secara mudah dan cepat terhadap setiap peristiwa yang terjadi dalam kehidupan. Peristiwa-peristiwa yang terjadi dapat dikaji dengan berbagai macam ilmu pengetahuan, baik dari ilmu sosial, ekonomi, kesehatan dan ilmu-ilmu lainnya. Salah satunya, pengkajian menggunakan ilmu matematika, yaitu suatu permasalahan dapat dirumuskan dan dicari solusinya dalam model matematika, sebelum dikembangkan di bidang ilmu lain.

Ilmu matematika memiliki pengaplikasian yang cukup banyak dalam berbagai bidang ilmu dengan permasalahan yang diangkat baik dari kehidupan nyata ataupun tidak. Dengan membuat beberapa asumsi dari permasalahan yang dikaji, lalu mentransformasikan permasalahan yang dikaji ke dalam model matematika. Dari model matematika yang telah dibentuk, selanjutnya model dianalisis untuk mendapatkan solusi dari permasalahan yang dikaji.

Pada tahun 2007 Nuning Nuraini dkk, membangun sebuah model matematika dari proses transmisi virus *dengue* di dalam tubuh manusia. Dimana model tersebut menjelaskan fenomena virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan di peredaran darah manusia. Dalam penelitian tersebut dibahas mengenai transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia dengan model dinamika *SIV* yang terbagi dalam tiga subpopulasi yaitu *Susceptible* (sel rentan), *Infection* (sel terinfeksi), dan *Viruses* (virus). Pada penelitian ini akan dicari pengaruh dari perubahan parameter β yang menyebabkan terjadinya bifurkasi. Parameter β adalah parameter yang menunjukkan proporsi perpindahan virus yang menginfeksi akan sel rentan .

Secara medis tubuh akan memproduksi sel rentan dengan jumlah yang konstan, saat virus *dengue* menginfeksi sel rentan maka sel rentan akan berubah menjadi sel terinfeksi. Perpindahan sel rentan ke sel terinfeksi dipengaruhi oleh besarnya virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan, semakin besar proporsi virus maka semakin besar pula perpindahan sel rentan ke sel terinfeksi sehingga populasi sel rentan akan turun secara signifikan, hal ini dikarenakan tubuh memproduksi sel rentan dengan jumlah yang konstan. Dapat disimpulkan besarnya proporsi perpindahan virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan mengakibatkan sel rentan menjadi sel terinfeksi, sehingga virus *dengue* menjadi penentu utama dalam transmisi virus *dengue* dalam tubuh.

Analisis bifurkasi merupakan analisis perubahan kestabilan sistem terhadap titik ekuilibrium yang dipengaruhi oleh perubahan suatu parameter tertentu. Pada kenyataannya ada beberapa faktor yang mempengaruhi berubahnya sebuah kestabilan sistem, perubahan tersebut mengakibatkan sebuah permasalahan baru yang menjadikan sistem yang telah dibentuk tidak bekerja dengan maksimal. Dengan analisis bifurkasi, analisis ini bertujuan untuk meminimalkan terjadinya perubahan sebuah kestabilan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yang telah dianalisis sebelumnya, agar sistem yang telah dibentuk dapat bekerja secara maksimal.

Bifurkasi terjadi dalam sistem dinamik yang memuat satu atau lebih parameter dan ditekankan pada perubahan perilaku yang mungkin dialami jika parameter-parameter tersebut berubah, sehingga menyebabkan perubahan perilaku dinamik dari sistem tersebut. Terdapat beberapa macam jenis bifurkasi, diantaranya bifurkasi *saddle-node*, bifurkasi *transkritikal*, bifurkasi *superkritikal*, bifurkasi *pitchfork*, bifurkasi *hopf* (Guckenheimer & Holmes, 1983). Namun pada penelitian ini, analisis bifurkasi berfokus pada penelitian titik bifurkasi. Dimana titik bifurkasi digunakan sebagai batas kestabilan sebuah parameter dalam mempengaruhi kestabilan sistem, dan grafik sebagai alat bantu dalam menjelaskan dinamika sistem tersebut.

Dari perilaku dinamika model *SIV* pada transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia, akan ditentukan titik ekuilibrium dan dilakukan analisis kestabilan pada masing-masing titik ekuilibrium. Berdasarkan analisis tersebut akan diselidiki kemungkinan terjadinya bifurkasi pada model *SIV* melalui titik ekuilibrium. Pada model ini, bifurkasi digunakan untuk melihat perpindahan virus yang menginfeksi sel rentan yang mengakibatkan terinfeksi sel rentan

(sel terinfeksi), sehingga dapat diketahui seberapa besar peran virus dan ke-stabilannya dalam menginfeksi sel rentan dalam tubuh, pada transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas pada skripsi ini. Secara deskriptif masalah-masalah yang dirumuskan mencakup:

1. Bagaimana membuat model matematika transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia ?
2. Bagaimana cara mencari titik ekuilibrium dan melakukan analisis kestabilan titik ekuilibrium?
3. Bagaimana cara menganalisis bifurkasi pada parameter dari β dalam model transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia?
4. Bagaimana menginterpretasikan model dari simulasi model matematika dari analisis bifurkasi transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia?

1.3. Batasan Masalah

Pembahasan analisis bifurkasi transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam pemodelan matematika analisis bifurkasi transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia terdapat 3 subpopulasi, yaitu sel rentan, sel terinfeksi dan virus *dengue*.

2. Objek kajian dalam skripsi ini adalah populasi sel bukan populasi manusia (*Human*).
3. Analisis bifurkasi dilakukan dengan mencari nilai parameter β , yaitu parameter proporsi perpindahan virus *dengue*.
4. Simulasi model, penulis menggunakan data yang diteliti oleh Nuning Nuraeni dkk dengan menggunakan software Matlab 7.1.
5. Metode yang digunakan dalam simulasi adalah metode *Euler*.
6. Dalam Skripsi ini analisis bifurkasi yang berfokus pada penentuan titik bifurkasi dan grafik bifurkasi.

1.4. Tujuan

Dari rumusan masalah di atas, tujuan penulis dalam menyusun skripsi ini adalah:

1. Mengetahui dan mengkaji lebih dalam model matematika transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia.
2. Menentukan titik ekuilibrium dan menganalisis kestabilan dari titik ekuilibrium.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh perpindahan virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan (β) dan kestabilannya dalam model transmisi virus *dengue* di dalam tubuh manusia dengan analisis bifurkasi.
4. Mengetahui dinamika virus *dengue* di dalam tubuh manusia yang diinterpretasikan ke dalam sebuah simulasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penyusunan skripsi ini adalah:

1. Skripsi ini dapat digunakan untuk memperdalam dan mengembangkan wawasan keilmuan, khususnya dalam bidang pemodelan penyakit.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi untuk para pembaca, baik dari konsentrasi matematika maupun bidang konsentrasi lain, yang ingin membahas mengenai pemodelan penyakit terutama penyakit demam *dengue*.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi secara medis dalam penanganan penyakit demam *dengue* yang diakibatkan oleh infeksi virus *dengue*.

1.6. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini, penulis mengacu pada literatur-literatur yang tersebut di dalam daftar pustaka, yang dilakukan dengan mengkaji jurnal dan skripsi yang berkaitan dengan penelitian ini.

Skripsi yang berjudul *Analisis Bifurkasi pada Sistem Dinamik dari Model Matematika Penyebaran Virus Hepatitis C* yang ditulis oleh Mahardika mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2015. Dalam penelitiannya membahas model matematika penyebaran virus Hepatitis C, dan analisis kemungkinan terjadi bifurkasi pada perubahan parameter κ yang didefinisikan sebagai parameter frekuensi rata-rata penggunaan jarum suntik secara bersama-sama.

Skripsi yang berjudul *Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Chikungunya dengan Dua Jenis Nyamuk Aedes (Aedes Aegypti dan Aedes Albopictus)* yang ditulis oleh Farida Amanati mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga pada tahun 2016. Dalam penelitiannya membahas model matematika penyebaran demam chikungunya pada populasi manusia dengan dua vektor pembawa virus, yaitu nyamuk *Aedes Aegypti* dan *Aedes Albopictus*, dalam penelitian ini dikaji mengenai kestabilan sistem dari penyebaran penyakit demam chikungunya.

Penelitian ini merujuk pada jurnal "*A Mathematical Model of Dengue Internal Transmission Process*" yang ditulis oleh Nuning Nur'aini, Soewono dan Sidarto (2007). Dalam jurnal ini peneliti membahas transmisi virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh yang dimodelkan ke dalam model matematika dengan beberapa asumsi yang telah dibuat, guna mengetahui kestabilan model dengan cara menganalisis kestabilan titi-titik ekuilibriumnya.

Adapun persamaan dan perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka meliputi:

Persamaan penelitian ini dengan skripsi yang berjudul *Analisis Bifurkasi pada Sistem Dinamik dari Model Matematika Penyebaran Virus Hepatitis C* yang ditulis oleh Mahardika (2015), terletak pada metode analisis yang digunakan dalam mencari titik batas sebuah kestabilan yang dipengaruhi oleh parameter tertentu yang disebut dengan analisis bifurkasi. Sementara perbedaan penelitian ini dengan skripsi Mahardika (2015), terletak pada objek permasalahan yang dikaji. Pada penelitian ini objek permasalahan yang dikaji adalah penyebaran dan penginfeksi virus *dengue* terhadap sel rentan dalam tubuh manusia, sementara pada skripsi Mahardika (2015) objek permasalahan yang dikaji adalah penyebaran virus hepatitis C pada populasi manusia.

Persamaan penelitian ini dengan skripsi yang *Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Chikungunya dengan Dua Jenis Nyamuk Aedes (Aedes*

Aegypti dan *Aedes Albopictus*) yang ditulis oleh Farida Amanati (2016), terletak pada vektor pemabawa virus yang ditularkan yaitu nyamuk *Aedes Aegypti*. Sementara perbedaan penelitian ini dengan skripsi Farida Amanati (2016), terletak pada analisis pemecahan masalah yang dikaji dan faktor virus yang ditularkan. Pada skripsi yang ditulis Farida Amanati (2016), analisis pemecahan masalah berfokus pada kestabilan model dan faktor virus yang ditularkan merupakan virus *Chikungunya* pada populasi manusia. Sementara di penelitian ini, analisis pemecahan masalah selain menganalisis kestabilan model tetapi juga menganalisis kemungkinan terjadinya perubahan kestabilan akibat salah satu parameter tertentu, dan faktor virus yang ditularkan merupakan virus *dengue* yang menyerang sel dalam tubuh.

Sementara perbedaan penelitian ini dengan jurnal rujukan pada penelitian sebelumnya adalah, pada penelitian ini penulis membahas objek permasalahan berupa transmisi virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh manusia yang disebabkan oleh vektor nyamuk *Aedes Aegypti*. Dalam penelitian ini juga akan dianalisis kestabilan model matematika dari titik-titik ekuilibrium yang diperoleh. Sementara pembaruan penelitian ini terletak pada pengembangan analisis titik batas atau bifurkasi, pada parameter proporsi perpindahan virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh. Dalam analisis bifurkasi ini, akan diperoleh batas kestabilan pada proporsi perpindahan virus *dengue* yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh.

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Mahardika (2015)	Analisis Bifurkasi Pada Sistem Dinamik Dari Model Matematika Penyebaran Virus Hepatitis C	Penelitian ini secara fokus membahas penyebaran virus hepatitis C dan kemungkinan terjadi bifurkasi pada parameter κ
2.	Farida Amanati (2016)	Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Chikungunya Dengan Dua Jenis Nyamuk Aedes (Aedes Aegypti dan Aedes Albopictus)	Penelitian ini membahas penyebaran penyakit demam Chikungunya dengan dua vektor nyamuk Aedes Aegypti dan Aedes Albopictus
3.	Agung Kurniawan (2017)	Analisis Bifurkasi Transmisi Virus <i>Dengue</i> Dalam Tubuh Manusia	Penelitian ini membahas tentang pergerakan virus <i>dengue</i> yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh manusia

1.7. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan, tujuan dan manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan teori-teori dan penelitian terdahulu, yang digunakan sebagai acuan dan dasar dalam penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian meliputi langkah kerja, pertanyaan penelitian, serta tahapan dan alur penelitian.

BAB IV : MODEL MATEMATIKA TRANSMISI VIRUS *DENGUE* DALAM TUBUH MANUSIA

Pada bab ini dijelaskan mengenai virus *dengue* dan pembahasan mengenai model matematika transmisi virus dengue dalam tubuh manusia.

BAB V : SIMULASI DAN ANALISIS BIFURKASI

Pada bab ini akan dijelaskan hasil penelitian dengan metode bifurkasi pada parameter β dan dilanjutkan dengan simulasi model dengan parameter yang sudah ada.

BAB VI : PENUTUP

Pada bab ini ditulis kesimpulan akhir dari penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB VI

PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada penulisan skripsi ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan mempelajari fenomena yang terjadi, serta telah diberikan definisi dan asumsi. Diperoleh konstruksi model transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia sebagai berikut:

$$\frac{dS(t)}{dt} = \alpha - \beta S(t)V(t) - \delta S(t)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)V(t) - \sigma I(t)$$

$$\frac{dV(t)}{dt} = \mu n I(t) - (\gamma_1 + \gamma_2)V(t) - \beta S(t)V(t).$$

Dalam model matematika transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia, model matematika terbagi menjadi tiga sub populasi, diantaranya populasi sel rentan (S), sel terinfeksi (I) dan virus (V).

2. Model matematika transmisi virus *dengue* yang telah dianalisis, diperoleh dua titik ekuilibrium serta sifat kestabilannya dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

(a) Titik ekuilibrium bebas virus $E_1 = (S, I, V) = (\frac{\sigma}{\delta}, 0, 0)$. Titik ekuilibrium bebas virus memiliki nilai eigen dengan nilai realnya negatif, jika dan hanya jika pada nilai eigen λ_3 memenuhi syarat saat $D > 0$, $a_1^2 - 4a_2 < a_1^2$ maka nilai $a_2 > 0$. Dengan syarat di atas titik ekuilibrium bebas virus memiliki nilai eigen yang realnya bernilai negatif. Sehingga dapat disimpulkan titik ekuilibrium bebas virus pada model matematika transmisi virus *dengue* stabil asimtotik.

(b) Titik ekuilibrium terdapat virus (endemik) $E_2 = (S^*, I^*, V^*)$.

$$\begin{aligned} S^* &= \frac{\sigma(\gamma_1 + \gamma_2)}{\beta(\mu n - \sigma)} \\ I^* &= \frac{\alpha\beta(\mu n - \sigma) - \delta\sigma(\gamma_1 + \gamma_2)}{\beta\sigma(\gamma_1 + \gamma_2)} \\ V^* &= \frac{\alpha\beta(\mu n - \sigma) - \delta\sigma(\gamma_1 + \gamma_2)}{\sigma\beta(\mu n - \sigma)}. \end{aligned}$$

Titik ekuilibrium terdapat virus (endemik) dikatakan stabil asimtotik jika dan hanya jika memenuhi $a_1 R_0^4 + a_2 R_0^3 + a_3 R_0^2 + a_4 R_0 + a_5 > 0$.

3. Analisis bifurkasi pada model matematika transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia dilakukan pada titik-titik ekuilibrium yang diperoleh:

(a) Analisis bifurkasi pada titik ekuilibrium bebas virus diperoleh kesimpulan, bahwa tidak terjadi bifurkasi pada titik ekuilibrium bebas virus. Karena semua nilai eigen bernilai negatif meski salah satu parameter disama dengankan nol. Sehingga pada keadaan bebas virus, tubuh mampu mengendalikan penginfeksi virus melalui sel imun T pada tubuh. Dengan berjalannya waktu, virus akan hilang dengan sendirinya dan akan stabil selama tidak ada penginfeksi kembali virus *dengue* dalam tubuh.

- (b) Sementara analisis bifurkasi pada titik ekuilibrium terdapat virus diperoleh kesimpulan, bahwa titik ekuilibrium terdapat virus tidak stabil saat proporsi perpindahan virus yang menginfeksi sel rentan ($\beta > 9,7372e + 018$), dan titik ekuilibrium terdapat virus akan stabil saat proporsi perpindahan virus yang menginfeksi sel rentan ($0 < \beta \leq 9,7372e + 018$). Semakin besar perpindahan virus *dengue* maka akan semakin besar pula jumlah populasi virus yang menginfeksi sel rentan dalam tubuh, dan hal ini mengakibatkan semakin parah dan sulitnya penanganan secara medis terhadap demam *dengue* yang dialami penderita.
4. Simulasi model matematika transmisi virus *dengue* dilakukan menggunakan data dari jurnal Nuning Nuraini (2007) dengan software Matlab 7.1. Dari simulasi model diperoleh kesimpulan sebagai berikut:
- (a) Dari simulasi titik ekuilibrium bebas virus, dapat disimpulkan bahwa populasi virus dan sel terinfeksi dalam tubuh akan habis seiring berjalannya waktu, sehingga dengan keadaan tersebut tidak akan terjadi penginfeksi kembali virus pada sel rentan.
- (b) Simulasi pada titik ekuilibrium terdapat virus, dapat ditarik kesimpulan bahwa virus akan tetap ada dalam tubuh sampai waktu tertentu, yang mengakibatkan sel terinfeksi akan tetap bereproduksi sel yang menjadi duplikasi dari virus *dengue*, dan akan tetap menginfeksi tubuh. Dari grafik terlihat pada titik ekuilibrium terdapat virus, virus akan tetap menginfeksi stabil pada angka populasi 28,7229, sel terinfeksi pada angka populasi 23,181 dan sel rentan pada angka populasi 25,8023.

6.2. Saran

Setelah membahas analisis bifurkasi transmisi virus *dengue* dalam tubuh, penulis ingin menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam skripsi ini, penulis mengkaji transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia yang terdiri dari tiga sub populasi yaitu sel rentan, sel terinfeksi dan virus. faktor yang mempengaruhi berkurangnya jumlah populasi pada sel terinfeksi dan virus, hanya terbatas pada kematian alami dan sel imun T. Oleh karena itu, penulis menyarankan kepada pembaca yang tertarik pada penelitian ini, untuk mengembangkan model transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia, dengan memperhatikan pengaruh sel imun pada tubuh dan sel imun tambahan pada laju sel terinfeksi dan virus *dengue*.
2. Penulis juga menyarankan kepada pembaca yang tertarik pada penelitian ini, untuk mengembangkan model transmisi virus *dengue* dalam tubuh manusia dengan memperhatikan dan mempertimbangkan, kemungkinan tubuh manusia mengalami infeksi virus *dengue* untuk kedua, ketiga atau ke-n kalinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H. 2000. *Elementary Linear Algebra Eight Edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Aryu, Candra. 2010. *Demam Berdarah Dengue : Epidemiologi, Patogenesis, dan Faktor Resiko Penularan*. Aspirator, 2(2), 110-119.
- Brauer, F., & Chavez. 2012. *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*. Second edition. Canada: Department of Mathematics University of British Columbia.
- Desy, K.H. & Winarko, S. 2016. *Analisis Bifurkasi Pada Model Epidemiologi SEIR Demam Berdarah Di Surabaya*. Surabaya: Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol 5,1.
- Driessche, P.V.D., & Watmough, J. 2002. *Reproduction Numbers and Sub-Threshold Endemic Equilibrium for Compartmental Models of Disease Transmission*. Mathematical Bioscience, 180 (2002)29-48.
- Guckenheimer & Holmes. 1983. *Nonlinier Oscilator, Dynamical System, and Bifurcation of Vektor Fields*. New York: Springer.
- Khoiril, H., & Setijo. 2015. *Kestabilan dan Bifurkasi Model Epidemik SEIR dengan Laju Kesembuhan Tipe Jenuh*. Surabaya: Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nur'aini, Nuning. 2007. *A Mathematical Model Of Dengue Internal Transmission Process*. J. Indones. Math.Soc.(MIHMI), Vol 13,1(2007),pp 123-132.
- O. Diekmann, J.A.P., & Heesterbeek, J.A.J. 1990. *On Definition and Computation of the Basic Reproduction ratio R_0 in Models for infection diseases in Heterogeneous Populations* Jurnal of Mathematical Biology, 28(1990), 365-382.
- Olsder, G., & Woude. 2003. *Mathematical System Theory*. Netherlands: Second edition, Delft University Press.
- Perko, L. 2001. *Differential Equations and Dynamical Systems Third Edition*. United State of America: Departement of Mathematic North Arizona University.
- Pooja, C., Yadav,A., & Chawla,V. 2013. *Clinical Implication and T of Dengue*. India: Asian Pacific Journal of Tropical Medacine.
- Side, S., & Rangkuti, Y. 2015. *Pemodelan Matematika dan Solusi Numerik untuk Penularan Demam Berdarah*. Medan: Perdana Publishing.

Sugiyanto., & Mugiyono, S. 2011. *Persamaan Difrensial Biasa*. Yogyakarta: SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.

Supriyanto. 2006. *Metode Euler*. Depok: Departemen Fisika, Universitas Indonesia.

Wakhid, Irsa. 2014. *Dengue*. Makasar : Parasitologi Fakultas Kedokteran. Universitas Hasanuddin.



LAMPIRAN A

M-FILE SOFTWARE MATLAB VERSI 7.1

1.1. M-file Transmisi Virus *Dengue* dalam Tubuh Manusia pada Keadaan Bebas Virus

```

1- clc;
2- clear;
3
4 %inisialisasi parameter
5- alpha = 10;
6- beta = 0.00258;
7- delta = 0.1;
8- sigma = 0.32;
9- mu = 0.5;
10- n = 75;
11- gama1=5;
12- gama2=25;
13- deltaT=0.05;
14 %nilai r nol
15- r nol = (alpha*beta*((mu*n)-sigma))/(sigma*delta*(gama1+gama2))
16
17 %titik equilibrium
18- disp('titik');
19- if(r nol < 1)
20-     disp('E1');
21-     S = (alpha/delta)
22-     I = 0
23-     V = 0
24- else
25-     disp('E2');
26-     S = (sigma*(gama1+gama2))/(beta*((mu*n) - sigma))
27-     I = ((alpha*beta*((mu*n) - sigma))-(delta*sigma*(gama1+gama2)))/(sigma*beta*((mu*n)-sigma))
28-     V = ((alpha*beta*((mu*n) - sigma)) - (delta*sigma*(gama1+gama2)))/(beta*sigma*(gama1+gama2))
29- end

```

```

30
31 %nilai awal
32 - S(1) = 400;
33 - I(1) = 0;
34 - V(1) = 10;
35 - i = 1;
36 - t(1) = 0;
37 - m = 1:10:(100/deltaT)+1;
38
39 %iterasi
40 - while(t <= 100)
41 -     S(i+1) = S(i) + (alpha*deltaT)-(beta*S(i)*V(i)*deltaT)-(delta*S(i)*deltaT);
42 -     I(i+1) = I(i) + (beta*S(i)*V(i)*deltaT)-(sigma*I(i)*deltaT);
43 -     V(i+1) = V(i) + (mu*n*I(i)*deltaT)-(gamma1*V(i)*deltaT)-(gamma2*V(i)*deltaT)-(beta*S(i)*V(i)*deltaT);
44 -     t(i+1) = t(i) + deltaT;
45 -     i= i+1;
46 - end
47
48 - disp(' ');
49 - disp('*****');
50 - disp('Dinamik');
51 - disp('*****');
52 - disp(' Waktu(t)   S(t)   I(t)   V(t) ');
53 - disp([t(m)' (S(m))' (I(m))' (V(m))']);
54
55 %plot grafik
56 - plot(t,S,'r','lineWidth',2);
57 - hold on; plot (t,I,'b','lineWidth',2);
58 - hold on; plot (t,V,'g','lineWidth',2);
59 - title('Dinamik sistem');
60 - xlabel('t');
61 - ylabel('S, I, V');
62 - legend('S=rentan','I=infeksi','V=virus');
63 - grid on;

```

1.2. M-file Transmisi Virus *Dengue* dalam Tubuh Manusia pada Keadaan Ter-dapat Virus

```

1 - clc;
2 - clear;
3
4 %inisialisasi parameter
5 - alpha = 10;
6 - beta = 0.00258;
7 - delta = 0.1;
8 - sigma = 0.32;
9 - mu = 0.5;
10 - n = 75;
11 - gama1=5;
12 - gama2=25;
13 - deltaT=0.05;
14 %nilai rnol
15 - rnol = (alpha*beta*((mu*n)-sigma))/(sigma*delta*(gama1+gama2))
16
17 %titik equilibrium
18 - disp('titik');
19 - if(rnol<1)
20 -     disp(' (E1)');
21 -     S = (alpha/delta)
22 -     I = 0
23 -     V = 0
24 - else
25 -     disp(' (E2)');
26 -     S = (sigma*(gama1+gama2))/(beta*((mu*n) - sigma))
27 -     I = ((alpha*beta*((mu*n) - sigma))-(delta*sigma*(gama1+gama2)))/(sigma*beta*((mu*n)-sigma))
28 -     V = ((alpha*beta*((mu*n) - sigma)) - (delta*sigma*(gama1+gama2)))/(beta*sigma*(gama1+gama2))
29 - end

```

```

30
31 %nilai awal
32 - S(1) = 400;
33 - I(1) = 0;
34 - V(1) = 10;
35 - i = 1;
36 - t(1) = 0;
37 - m = 1:10:(100/deltaT)+1;
38
39 %iterasi
40 - while(t <= 100)
41 -     S(i+1) = S(i) + (alpha*deltaT)-(beta*S(i)*V(i)*deltaT)-(delta*S(i)*deltaT);
42 -     I(i+1) = I(i) + (beta*S(i)*V(i)*deltaT)-(sigma*I(i)*deltaT);
43 -     V(i+1) = V(i) + (mu*n*I(i)*deltaT)-(gamma1*V(i)*deltaT)-(gamma2*V(i)*deltaT)-(beta*S(i)*V(i)*deltaT);
44 -     t(i+1) = t(i) + deltaT;
45 -     i = i+1;
46 - end
47
48 - disp(' ');
49 - disp('*****');
50 - disp('Dinamik');
51 - disp('*****');
52 - disp(' Waktu(t)   S(t)   I(t)   V(t) ');
53 - disp([t(m)' (S(m))' (I(m))' (V(m))']);
54
55 %plot grafik
56 - plot(t,S,'r','lineWidth',2);
57 - hold on; plot (t,I,'b','lineWidth',2);
58 - hold on; plot (t,V,'g','lineWidth',2);
59 - title('Dinamik sistem');
60 - xlabel('t');
61 - ylabel('S, I, V');
62 - legend('S=rentan','I=infeksi','V=virus');
63 - grid on;

```

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama : Agung Kurniawan

Umur : 22 Tahun

Tempat, Tanggal, Lahir : Magetan, 02 Oktober 1995

Agama : Islam

Status : Belum menikah

Jenis Kelamin : Laki-laki

Alamat : Ds. Madigondo RT 14 RW 05, Takeran, Magetan,
Jawa Timur

No. Hp : 089679368669

E-mail : *agungkurniawan555@yahoo.com*



B. Latar Belakang Pendidikan

1. Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Madigondo (2001 – 2007)
2. Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTsN) Kuncen (2007 – 2010)
3. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) 1 Negeri Madiun (2010 - 2013)
4. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, masuk Tahun 2013