

SKRIPSI

ANALISIS SENSITIVITAS BILANGAN REPRODUKSI DASAR
PADA MODEL PENYEBARAN PENYAKIT *DENGUE* TANPA
DAN DENGAN PENGARUH DARI *Aedes-wolbachia*



Mega Alam

NPM: 2015710026

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2019

FINAL PROJECT

SENSITIVITY ANALYSIS OF BASIC REPRODUCTION
NUMBER ON DENGUE DISEASE MODEL WITHOUT AND
WITH THE PRESENCE OF *AEDES-WOLBACHIA*



Mega Alam

NPM: 2015710026

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2019

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS SENSITIVITAS BILANGAN REPRODUKSI DASAR PADA MODEL PENYEBARAN PENYAKIT *DENGUE* TANPA DAN DENGAN PENGARUH DARI *AEDES-WOLBACHIA*

Mega Alam

NPM: 2015710026

Bandung, 22 Juli 2019

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Farah Kristiani, M.Si.

Dr. Benny Yong

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Maria Anestasia, M.Si., MActSc

Livia Owen, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Erwinna Chendra

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**ANALISIS SENSITIVITAS BILANGAN REPRODUKSI DASAR PADA
MODEL PENYEBARAN PENYAKIT *DENGUE* TANPA DAN DENGAN
PENGARUH DARI *Aedes-wolbachia***

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 22 Juli 2019

Meterai Rp. 6000

Mega Alam
NPM: 2015710026

ABSTRAK

Penyakit *Dengue* merupakan masalah kesehatan masyarakat di daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia yang disebabkan oleh virus *Dengue* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes* betina yang terinfeksi virus *Dengue*. Berbagai program pemberantasan nyamuk telah banyak dilakukan, namun sebagian besar tidak dilanjutkan karena belum secara signifikan mampu mengurangi jumlah penderita penyakit *Dengue*. Tetapi, saat ini ada strategi inovatif untuk mengendalikan penularan penyakit *Dengue*, yaitu dengan menggunakan bakteri *Wolbachia* yang diinjeksikan ke nyamuk *Aedes aegypti* melalui proses laboratorium sehingga dapat mengurangi penularan penyakit *Dengue*. Dalam skripsi ini, nyamuk *Aedes* yang telah terinfeksi bakteri *Wolbachia* akan disebut *Aedes-Wolbachia*. Untuk mengetahui apakah pelepasan nyamuk *Aedes-Wolbachia* dapat diterapkan secara efektif di Kota Bandung maka akan dibahas model matematika penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*. Setelah itu akan ditentukan titik kesetimbangan, bilangan reproduksi dasar, dan akan dilakukan simulasi numerik berdasarkan nilai parameter di Bandung, serta akan dibahas mengenai analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter yang terdapat dalam kedua model tersebut. Dapat disimpulkan bahwa, pada model tanpa *Aedes-Wolbachia* terdapat dua titik kesetimbangan bebas penyakit dan satu titik kesetimbangan endemik, serta parameter yang berpengaruh secara signifikan dalam keadaan endemik adalah peluang transmisi *Aedes* dan laju kematian *Aedes*. Sedangkan pada model dengan *Aedes-Wolbachia* terdapat dua titik kesetimbangan bebas penyakit dan dua titik kesetimbangan endemik, dengan parameter yang berpengaruh secara signifikan dalam keadaan endemik adalah laju kematian *Aedes-Wolbachia* dan laju pemulihan manusia. Melalui simulasi juga dapat disimpulkan bahwa pelepasan nyamuk *Aedes-Wolbachia* dapat diterapkan di Kota Bandung.

Kata-kata kunci: Penyakit *Dengue*, *Aedes*, *Aedes-Wolbachia*, Titik Kesetimbangan, Matriks Generasi, Bilangan Reproduksi Dasar, Analisis Sensitivitas.

ABSTRACT

Dengue is a public health problem in tropical and subtropical regions caused by the Dengue virus and transmitted through the bite of female *Aedes* mosquitoes infected with the Dengue virus. Various mosquito eradication programs have been carried out, but most have not been continued because they have not significantly reduced the number of dengue cases. However, nowadays there is an innovative strategy to control the transmission of dengue disease, using the *Wolbachia* bacteria which can be injected into the *Aedes aegypti* mosquito through the laboratory process that can reduce the transmission of dengue disease. In this final project, the *Wolbachia*-infected *Aedes* mosquito will be called *Aedes-Wolbachia*. In order to find out whether the release of *Aedes-Wolbachia* mosquito could be applied effectively in Bandung, the mathematical model of the spread of dengue with and without the presence of *Aedes-Wolbachia* will be discussed. Furthermore, equilibrium points, basic reproduction numbers, and numerical simulations will be determined based on parameter values in Bandung, and sensitivity analysis will be discussed to determine the effect of the parameters contained in the models. It can be concluded that, in the model without *Aedes-Wolbachia*, there are two disease-free equilibrium points and one endemic equilibrium point, and the significant influential parameters in endemic conditions are the transmission probability of *Aedes* and *Aedes*' death rate. Meanwhile, the model with *Aedes-Wolbachia* has two disease-free equilibrium points and two endemic equilibrium points, with the significant influential parameters in endemic conditions are the *Aedes-Wolbachia*'s death rate and the human recovery rate. Through some simulations, it can also be concluded that the release of *Aedes-Wolbachia* mosquito can be applied in Bandung city.

Keywords: Dengue Disease, *Aedes*, *Aedes-Wolbachia*, Equilibrium Point, Next Generation Matrix, Basic Reproduction Number, Sensitivity Analysis.

All glory to God who is able to do far beyond all

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, kasih dan kekuatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Sensitivitas Bilangan Reproduksi Dasar pada Model Penyebaran Penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh dari *Aedes-Wolbachia*", disusun sebagai salah satu syarat wajib untuk menyelesaikan studi Strata-1 Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Dalam penyusunan skripsi ini, digunakan perangkat lunak Maple dan Matlab. Bagi rekan mahasiswa yang membutuhkan, dapat memintanya kepada Penulis.

Selama masa kuliah dan penyusunan skripsi, penulis mendapat banyak bantuan dan ilmu dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendukung dalam doa, memberikan semangat, dan bimbingan kepada penulis.
2. Ibu Farah Kristiani, M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan motivasi, saran, bantuan dan didikan dengan penuh kesabaran dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Benny Yong selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan semangat, motivasi, saran, dan bantuan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Maria Anestasia, MSi., MActSc dan Ibu Livia Owen, MSi. selaku dosen penguji, serta Bapak Liem Chin, MSi. selaku koordinator skripsi yang telah meluangkan waktu dan memberi saran untuk perbaikan dan pengembangan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan : Karina, Vivi, Laura, Charisma, Mona, Retno, Inez, Daud, Onto, Dius, Vano, Thomas, Dhito, Aryo, Gazza, Sandy, Lisa, Vania, Lydia, Fani, Maria, Stany, Edo, Raka, Jojo, dan Mahe. Terima kasih untuk setiap kesan dan pengalaman berharga selama penulis berkuliah di Unpar.
6. Teman-teman komsel *CheersUp*: Ci Vio, Ci Ester, Fern, Gio, Vanvan, Garry, Gege, Fridoom, dan Karen untuk semangat, doa, dukungan, serta kebersamaan.
7. Teman-teman sekolah: Wulan, Dea, Jiren, dan Gracia yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah dan penyemangat serta penasihat.
8. Valentina Sari yang telah mengecek setiap bahasa inggris yang ada pada skripsi.
9. Teman-teman matematika 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, dan teman-teman gereja serta seluruh dosen staf Tata Usaha, dan pekaya FTIS yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis menerima saran dari pembaca. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat serta menambah pengetahuan bagi pembaca.

Bandung, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Penyakit <i>Dengue</i>	5
2.1.1 Siklus Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i>	5
2.1.2 Siklus Penyebaran Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> yang Dipengaruhi oleh Bakteri <i>Wolbachia</i> Tipe <i>WMel</i> dan <i>WMelPop</i>	6
2.2 Persamaan Diferensial	7
2.3 Sistem Persamaan Diferensial Orde Satu	7
2.4 Sistem Persamaan Diferensial Tak Linear Orde Satu	8
2.5 Sifat Kestabilan	9
2.6 Model <i>Susceptible-Exposed-Infected-Recovered</i> (S-E-I-R)	10
2.7 Bilangan Reproduksi Dasar	11
2.8 Metode Matriks Generasi	12
2.9 Analisis Sensitivitas Bilangan Reproduksi Dasar	12
3 MODEL KOMPARTEMEN MATEMATIKA UNTUK PENYAKIT <i>Dengue</i> TANPA DAN DENGAN PENGARUH <i>Aedes-Wolbachia</i>	15
3.1 Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	15
3.1.1 Pembentukan Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes Wolbachia</i>	16
3.1.2 Titik Kesetimbangan Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	20
3.1.3 Kestabilan Titik Kesetimbangan Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	22
3.1.4 Bilangan Reproduksi Dasar untuk Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	24
3.2 Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	26

3.2.1	Pembentukan Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes Wolbachia</i>	27
3.2.2	Titik Kesetimbangan Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	32
3.2.3	Bilangan Reproduksi Dasar untuk Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	38
4	SIMULASI NUMERIK DAN ANALISIS SENSITIVITAS	41
4.1	Simulasi Numerik untuk Titik Kesetimbangan	41
4.1.1	Simulasi Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	41
4.1.2	Simulasi Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	47
4.2	Analisis Sensitivitas pada Bilangan Reproduksi Dasar	61
4.2.1	Analisis Sensitivitas Bilangan Reproduksi Dasar pada Model Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	61
4.2.2	Analisis Sensitivitas Bilangan Reproduksi Dasar pada Model Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	63
5	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
	DAFTAR REFERENSI	75

DAFTAR GAMBAR

2.1 Siklus Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i>	6
2.2 Model S-E-I-R	11
3.1 Model Kompartemen Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	15
3.2 Model Kompartemen Penyebaran Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	26
4.1 Kondisi Pertama dari $\rho_N = 0,0001$	42
4.2 Kondisi Kedua dari $\rho_N = 5$	44
4.3 Kondisi Ketiga pada Proporsi Manusia dari $\rho_N = 10$	45
4.4 Kondisi Ketiga pada Proporsi <i>Aedes</i> dari $\rho_N = 10$	46
4.5 Kondisi Pertama pada Proporsi Manusia dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	48
4.6 Kondisi Pertama pada Proporsi <i>Aedes</i> dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	49
4.7 Kondisi Pertama pada Proporsi <i>Aedes-Wolbachia</i> dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	50
4.8 Kondisi Kedua pada Proporsi Manusia dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	52
4.9 Kondisi Kedua pada Proporsi <i>Aedes</i> dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	53
4.10 Kondisi Kedua pada Proporsi <i>Aedes-Wolbachia</i> dengan $\rho_N = 5$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	54
4.11 Kondisi Ketiga pada Proporsi Manusia dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	55
4.12 Kondisi Ketiga pada Proporsi <i>Aedes</i> dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	56
4.13 Kondisi Ketiga pada Proporsi <i>Aedes-Wolbachia</i> dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,95$	57
4.14 Kondisi keempat pada Proporsi Manusia dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	58
4.15 Kondisi keempat pada Proporsi <i>Aedes</i> dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	59
4.16 Kondisi keempat pada Proporsi <i>Aedes-Wolbachia</i> dengan $\rho_N = 8,75$ dan $\frac{\rho_W}{\rho_N} = 0,85$	60

DAFTAR TABEL

2.1	Jenis-jenis Kestabilan	10
3.1	Variabel dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	16
3.2	Parameter dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	16
3.3	Variabel dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	26
3.4	Parameter dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	27
3.5	Notasi dan Uraian k_1, k_2, k_3 dan B_1, B_2, \dots, B_5	33
3.6	Notasi dan Uraian $u_1, u_2, u_3, C_1, C_2, C_3, B_{6ij}, B_{7ij}, B_{8ij}, B_{9ij}$, dan $B_{10}, B_{12}, \dots, B_{13}$	35
4.1	Nilai Parameter dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	41
4.2	Nilai Parameter dalam Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i>	47
4.3	Indeks Sensitivitas terhadap Parameter pada Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i> ketika $\mathfrak{R}_0 < 1$	62
4.4	Indeks Sensitivitas terhadap Parameter pada Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> tanpa Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i> ketika $\mathfrak{R}_0 > 1$	62
4.5	Indeks Sensitivitas terhadap Parameter pada Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i> ketika $\mathfrak{R}_0 < 1$	70
4.6	Indeks Sensitivitas terhadap Parameter pada Model Kompartemen Penyakit <i>Dengue</i> dengan Pengaruh <i>Aedes-Wolbachia</i> ketika $\mathfrak{R}_0 > 1$	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit *Dengue* merupakan masalah kesehatan masyarakat di daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia yang disebabkan oleh virus *Dengue* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes* yang terinfeksi virus *Dengue*. Ada empat serotipe virus *Dengue*, yaitu DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4. Ketika virus *Dengue* menginfeksi nyamuk, diperlukan periode waktu untuk mereplikasi dan menyebar ke seluruh tubuh nyamuk sebelum dapat ditularkan ke manusia yang rentan. Periode ini disebut masa inkubasi, dan berkisar antara 8 dan 10 hari. Semakin dekat masa hidup nyamuk dengan masa inkubasi, semakin kecil kemungkinan virus *Dengue* ditularkan [1].

Ada dua spesies nyamuk yang dapat menularkan virus *Dengue*, yaitu : *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Diantara keduanya, *Aedes aegypti* lebih mudah menularkan virus *Dengue*. *Aedes aegypti* lebih memilih untuk mendapatkan makanannya dari darah manusia, dan lebih memilih wadah air buatan seperti pot, dan wadah air hujan yang tersedia banyak di daerah tempat tinggal manusia, sebagai tempat berkembang biak. Umur *Aedes aegypti* bervariasi tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan [2].

Program pemberantasan nyamuk telah banyak dilakukan, namun tindakan-tindakan tersebut sebagian besar tidak dilanjutkan [3]. Misalnya menggunakan insektisida tidak efektif karena nyamuk menjadi tahan terhadap insektisida tertentu [4]. Strategi pemberantasan sarang nyamuk juga telah dilakukan, tapi belum secara signifikan mampu mengurangi jumlah penderita penyakit *Dengue* [5]. Oleh karena itu, diperlukan strategi baru untuk memutus siklus penularan penyakit *Dengue*.

Ada strategi inovatif untuk mengendalikan penularan penyakit *Dengue*, yaitu dengan menggunakan bakteri *Wolbachia* [6]. Bakteri *Wolbachia* yang dapat diinjeksikan ke dalam nyamuk *Aedes aegypti* melalui proses laboratorium, dapat mengurangi penularan penyakit *Dengue* melalui dua mekanisme. Dalam skripsi ini, nyamuk *Aedes* yang telah terinfeksi bakteri *Wolbachia* akan disebut *Aedes-Wolbachia*. Pertama, bakteri *Wolbachia* di dalam nyamuk *Aedes* dapat menghambat replikasi dan penyebaran virus *Dengue*, akibatnya kemampuan nyamuk *Aedes-Wolbachia* untuk menularkan virus dapat berkurang. Kedua, bakteri *Wolbachia* dapat mengurangi masa hidup nyamuk *Aedes-Wolbachia* sehingga masa hidup nyamuk tersebut dapat mendekati atau kurang dari masa inkubasinya. Akibatnya, waktu bagi nyamuk *Aedes-Wolbachia*, untuk mentransmisikan penyakit *Dengue* ke manusia yang rentan menjadi lebih sedikit [7].

Pada penelitian [8], sudah ditemukan model matematika dinamika populasi nyamuk dengan mempertimbangkan pengaruh efek bakteri *Wolbachia* dalam perkawinan dan kompetisi alam pada tahap akuatik. Kemudian telah dicari titik kesetimbangan dan sifat kestabilan pada model tersebut. Strategi pelepasan nyamuk *Aedes-Wolbachia* juga telah diterapkan di Kota Yogyakarta, Indonesia, yang merupakan hasil kerja sama dengan pemerintah Australia [9].

Pada skripsi ini, akan dibahas model matematika penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia* dengan memperhatikan kompartemen manusia. Setelah itu akan ditentukan titik kesetimbangan, bilangan reproduksi dasar, dan akan dilakukan simulasi numerik berdasarkan nilai parameter yang relevan dengan kondisi Bandung, serta akan dibahas mengenai analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh parameter yang terdapat pada kedua

model tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, masalah yang dirumuskan dalam skripsi ini antara lain adalah :

1. Bagaimana model kompartemen untuk penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*?
2. Bagaimana titik kesetimbangan, sifat kestabilan, dan bilangan reproduksi dasar dari model kompartemen untuk penyebaran penyakit *Dengue* tanpa pengaruh *Aedes-Wolbachia*?
3. Bagaimana titik kesetimbangan dan bilangan reproduksi dasar dari model kompartemen penyakit *Dengue* dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*?
4. Bagaimana simulasi numerik untuk model matematika penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*?
5. Parameter apa yang paling berpengaruh terhadap penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah :

1. Menentukan model kompartemen pada penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*.
2. Menentukan titik kesetimbangan, sifat kestabilan, dan bilangan reproduksi dasar dari model kompartemen penyakit *Dengue* tanpa pengaruh *Aedes-Wolbachia*.
3. Menentukan titik kesetimbangan dan bilangan reproduksi dasar dari model kompartemen penyakit *Dengue* dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*.
4. Melakukan simulasi numerik pada model matematika penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*.
5. Melakukan analisa sensitivitas pada model matematika penyebaran penyakit *Dengue* tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia* untuk melihat parameter apa yang paling berpengaruh terhadap model.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam skripsi ini adalah :

1. Jumlah populasi manusia konstan.
2. Manusia yang sudah pulih tidak dapat kembali menjadi manusia yang rentan terhadap penyakit (hanya memperhitungkan satu jenis virus *Dengue*).
3. Bakteri *Wolbachia* yang digunakan hanya tipe *WMel* dan *WMelPop*.

1.5 Sistematika Pembahasan

Dalam skripsi ini, digunakan sistematika pembahasan yang terdiri dari lima bab. Berikut sistematika penulisan:

Bab I: Pendahuluan

Bab ini menguraikan penjelasan awal mengenai hal-hal yang akan dibahas di dalam penulisan skripsi ini. Bab ini terdiri dari lima subbab yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II: Landasan Teori

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori dasar yang digunakan dalam skripsi ini. Hal-hal yang dibahas berupa penyakit *Dengue* dan siklus penyebarannya, serta persamaan diferensial, sistem persamaan diferensial orde satu, sistem persamaan diferensial tak linear orde satu, titik kesetimbangan, bilangan reproduksi dasar, matriks generasi dan model S-E-I-R.

Bab III: Model Kompartemen Penyakit *Dengue* tanpa dan dengan Pengaruh *Aedes-Wolbachia*

Bab ini berisi tentang model kompartemen, titik kesetimbangan dan sifat kestabilan dari titik kesetimbangan, dan bilangan reproduksi dasar pada model kompartemen tanpa pengaruh *Aedes-Wolbachia*. Bab ini juga berisi tentang model kompartemen, titik kesetimbangan, dan bilangan reproduksi dasar pada model kompartemen dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*.

Bab IV: Hasil Numerik dan Analisa

Bab ini berisi memperlihatkan simulasi numerik untuk membandingkan model kompartemen tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia* dengan parameter yang telah ditentukan dan analisa sensitivitas untuk menentukan parameter apa yang paling berpengaruh pada model kompartemen tanpa dan dengan pengaruh *Aedes-Wolbachia*.

Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan berisi kesimpulan dari pembahasan di bab sebelumnya dan saran.