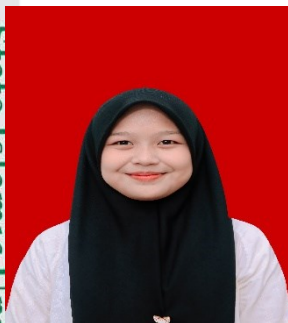


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN CACAR MONYET DENGAN FAKTOR VAKSINASI

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika

oleh:

ROSMAIDA
12150420084



UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2025



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN CACAR
MONYET DENGAN FAKTOR VAKSINASI**

TUGAS AKHIR

oleh:

ROSMAIDA
12150420084

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 02 Mei 2025

Ketua Program Studi

Wartono, M.Sc.
NIP. 197308182006041003

Pembimbing

Mohammad Soleh, M.Sc.
NIP. 197512312009101052

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN**ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN CACAR
MONYET DENGAN FAKTOR VAKSINASI****TUGAS AKHIR**

oleh:

ROSMAIDA
12150420084

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 24 April 2025

Pekanbaru, 02 Mei 2025
Mengesahkan

Ketua Program Studi

Wartono, M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

Plh. Dekan

Dr. Kusnaji, ST, PgDipEnst, M.Sc.
NIP. 19760724 200710 1 003**DEWAN PENGUJI**

Ketua : Wartono, M.Sc.
Sekretaris : Mohammad Soleh, M.Sc.
Anggota I : Irma Suryani, M.Sc.
Anggota II : Rahmawati, S.Si., M.Sc.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 24 April 2025
Yang membuat pernyataan,



Rosmaida

ROSMAIDA
12150420084

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillahirrabbiil Aalamiin. Ku persembahkan karya sederhana ini kepada orang-orang yang sangat kukasihi dan kusayangi. Karya ini merupakan bentuk rasa syukur saya dengan perasaan bahagia dan rasa hormat, penuh cinta dan kasih, serta terimakasih kupersembahkan kepada kedua orang tuaku, Ayah (Khairul Amri) dan Umak (Farida) sebagai tanda bakti kepada orang tua yang telah melahirkan, membimbing dan bekerja keras untuk membiayai sekolahku serta tiada henti mendoakan untuk kesuksesanku.

Kepada Keempat Kakak laki-laki tercinta Zulhendri, Junaidi, Indra Saputra, dan Muhammad Riski yang selalu memberikan dukungan, motivasi, nasehat serta selalu mendengarkan keluh kesah saya selama ini.

Kepada Etek (Sri Bulan S.Pd), Mamak, Kak ovi (Ns. Novriani, S.Kep) yang selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi dan semangat kepada penulis.

Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Rosmaida, terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap memilih berusaha walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan belum berhasil, namun tetap menjadi manusia yang mau berusaha dan tidak lelah untuk mencoba. Berbahagialah dimanapun berada. Apapun kurang dan lebihmu mari rayakan diri sendiri.

Terimakasih karena telah menjadi alasan kenapa skripsi ini harus selesai`.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN CACAR MONYET DENGAN FAKTOR VAKSINASI

ROSMAIDA
12150420084

Tanggal Sidang : 24 April 2025

Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Cacar monyet merupakan suatu penyakit yang disebabkan oleh virus *orthopox*. Penyakit ini mirip dengan cacar air yang dapat menyebabkan demam, sakit kepala, nyeri otot dan punggung serta munculnya ruam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model matematika penyebaran penyakit cacar monyet dengan faktor vaksinasi pada populasi hewan, menganalisa kestabilan titik-titik ekuilibrium, dan mengetahui pengaruh vaksinasi pada populasi hewan terhadap cacar monyet. Berdasarkan analisis model diperoleh hanya satu titik ekuilibrium bebas penyakit. Hasil uji kestabilan titik ekuilibrium menggunakan kriteria nilai eigen diperoleh bahwa titik ekuilibrium bebas penyakit stabil asimtotik yang artinya penyakit cacar monyet akan menghilang dari populasi. Vaksinasi pada populasi hewan tidak berpengaruh signifikan, tetapi semakin tinggi proporsi hewan yang divaksinasi maka semakin cepat penyakit cacar monyet punah. Sedangkan berdasarkan angka reproduksi dasar diperoleh bahwa semakin besar jumlah hewan yang divaksinasi maka semakin menurun angka reproduksi dasarnya. Artinya semakin besar jumlah yang divaksinasi maka semakin cepat penurunan jumlah terinfeksi.

Kata Kunci: Angka Reproduksi Dasar, Cacar Monyet, Stabil Asimtotik, Titik Ekuilibrium, Vaksinasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL MODEL OF MONKEYPOX SPREAD WITH VACCINATION FACTORS

ROSMAIDA
12150420084

Date of Final Exam : April 24, 2025
Date of Graduation :

*Department of Mathematics
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Monkeypox is a disease caused by the orthopox virus. This disease is similar to chickenpox which can cause fever, headache, muscle and back pain and rashes. This study aims to determine the mathematical model of the spread of monkeypox with vaccination factors in animal populations, analyze the stability of equilibrium points, and determine the effect of vaccination on animal populations on monkeypox. Based on the model analysis, only one disease-free equilibrium point was obtained. The results of the equilibrium point stability test using the eigenvalue criterion showed that the disease-free equilibrium point was asymptotically stable, meaning that monkeypox disease would disappear from the population. Vaccination in animal populations had no significant effect, but the higher the proportion of animals vaccinated, the faster the monkeypox disease would become extinct. Meanwhile, based on the basic reproduction number, it was found that the greater the number of animals vaccinated, the lower the basic reproduction number. This means that the greater the number of people vaccinated, the faster the number of infections will decrease.

Keywords: *Basic Reproduction Number, Monkeypox, Asymptotically Stable, Equilibrium Point, Vaccination.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat kesehatan dan keselamatan sehingga penulis diberikan kemudahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kelak diakhirat seluruh umatnya mendapat syafa'at dari beliau.

Selama melaksanakan proses penulisan Tugas Akhir ini, penulis mendapat bimbingan, arahan, masukan, nasehat dan lain sebagainya dari berbagai pihak hingga akhir penyusunan tugas akhir penelitian ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Wartono, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Mohammad Soleh, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan petunjuk serta arahan kepada penulis dari awal penulisan tugas akhir ini hingga selesai.

Ibu Irma Suryani, M.Sc. selaku Dosen Penasehat Akademik sekaligus Dosen Penguji 1 yang telah memberikan arahan dan petunjuk hingga sampai ke tahap ini.

Ibu Rahmawati, S.Si., M.Sc. selaku Penguji 2 penulis yang tak hentinya mencurahkan ilmunya kepada penulis.

Seluruh dosen beserta staff-staff Program Studi Matematika



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Yanti, Intan, Manda yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan semangat kepada penulis serta selalu setia mendengarkan curahan hati penulis dalam pengerjaan tugas akhir.

Teman-teman angkatan 2021, Wirda, Farida, Anggun, Nia, Nana, Ica, Dinda, Yusri, Diana, Maisya, Elda, Bella, Tania, Thoriq, Sadam, Ahmad, Akhdan. Terimakasih untuk kebersamaan dan kenangan yang tak terlupakan selama dalam perkuliahan. Sukses selalu untuk semuanya.

Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta arahan dari awal hingga selesai penulisan laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan yang dimiliki, untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun agar penulisan lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan rekan mahasiswa-mahasiswi dan pembaca, sekaligus dapat menambah ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pekanbaru, 23 Maret 2025

ROSMAIDA
12150420084

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penyakit Cacar Monyet	5
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	6
2.2.1 Titik Ekuilibrium	8
2.2.2 Kestabilan Titik Ekuilibrium	9
2.3 Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$	9
2.3.1 Angka Reproduksi Dasar	12
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	14
BAB IV PEMBAHASAN	16

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.1	Konstruksi Model Penyebaran Penyakit Cacar Monyet.....	16
4.2	Analisis Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	19
4.2.1	Titik Ekuilibrium	19
4.2.2	Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium.....	26
4.3	Bilangan Reproduksi Dasar.....	32
4.4	Simulasi Model.....	38
4.4.1	Simulasi Efektivitas Penggunaan Vaksin Pada Populasi Hewan	51
4.4.2	Simulasi Efektivitas Proporsi Vaksin Terhadap R_{0R}	51
BAB V	PENUTUP	52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Penularan Virus Cacar Monyet Dari Hewan Ke Manusia..	5
Gambar 2.2	Lesi Pada Cacar Monyet	6
Gambar 2.3	Diagram Model Penyakit Cacar Monyet $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$	10
Gambar 3.1	Flowchart Penelitian	15
Gambar 4.1	Diagram Model Penyakit Cacar Monyet $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	18
Gambar 4.2	Grafik Kelompok $S_H(x)$	42
Gambar 4.3	Grafik Kelompok $E_H(x)$	42
Gambar 4.4	Grafik Kelompok $I_H(x)$	43
Gambar 4.5	Grafik Kelompok $Q_H(x)$	43
Gambar 4.6	Grafik Kelompok $R_H(x)$	44
Gambar 4.7	Grafik Kelompok $V_H(x)$	44
Gambar 4.8	Grafik Kelompok $S_R(x)$	45
Gambar 4.9	Grafik Kelompok $E_R(x)$	45
Gambar 4.10	Grafik Kelompok $I_R(x)$	46
Gambar 4.11	Grafik Kelompok $V_R(x)$	46
Gambar 4.12	Simulasi Untuk Kelompok E_H Dengan $\vartheta_3 = 0, 0, 1, 0, 5, 0, 7, 0, 9$	47
Gambar 4.13	Simulasi Untuk Kelompok I_H Dengan $\vartheta_3 = 0, 0, 1, 0, 5, 0, 7, 0, 9$	48
Gambar 4.14	Simulasi Untuk Kelompok Q_H Dengan $\vartheta_3 = 0, 0, 1, 0, 5, 0, 7, 0, 9$	48
Gambar 4.15	Simulasi Untuk Kelompok E_R Dengan $\vartheta_3 = 0, 0, 1, 0, 5, 0, 7, 0, 9$	49
Gambar 4.16	Simulasi Untuk Kelompok I_R Dengan $\vartheta_3 = 0, 0, 1, 0, 5, 0, 7, 0, 9$	50

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

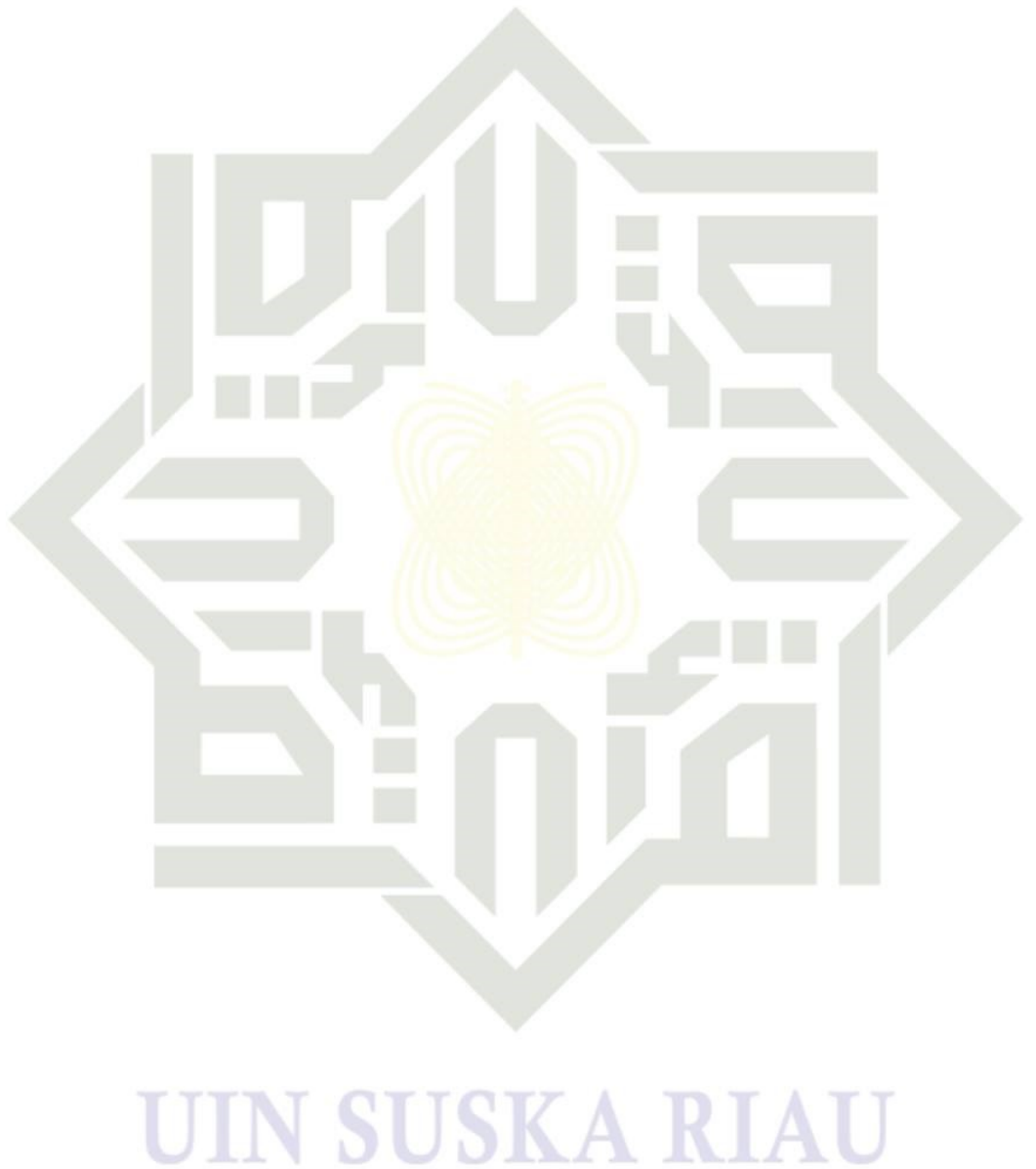
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Variabel-variabel Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$	11
Tabel 2.2	Daftar Parameter-parameter Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$	12
Tabel 4.1	Daftar Variabel-variabel Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	17
Tabel 4.2	Daftar Parameter-parameter Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	17
Tabel 4.3	Daftar Parameter-parameter Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ (lanjutan).....	18
Tabel 4.4	Data Awal Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	38
Tabel 4.5	Nilai Parameter-parameter Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$	39
Tabel 4.6	Efektivitas Penggunaan Vaksin Terhadap R_{0R}	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Perubahan Grafik Kelompok	56
--	----



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Setelah terjadinya pandemi *COVID-19* yang dimulai pada awal tahun 2020, dunia dan khususnya di Indonesia dihadapkan lagi dengan penyakit yang juga menjadi ancaman bagi populasi dunia. Pada tahun 2022, penyebaran cacar monyet telah mencapai lebih dari 3.000 kasus di dunia, dengan lebih dari 100 kematian yang dilaporkan di beberapa negara endemik Afrika. Pada tanggal 23 Juli 2022, WHO telah mengumumkan epidemi cacar monyet sebagai keadaan darurat yang akan menjadi perhatian kesehatan dunia dan memperkirakan akan lebih banyak lagi kasus yang teridentifikasi [1].

Cacar monyet (*monkeypox*) adalah penyakit menular akibat virus *orthopox*. Penyakit ini mirip dengan cacar yang dapat menyebabkan demam, sakit kepala, nyeri otot dan punggung serta munculnya ruam [2]. Namun, pada penyakit ini akan muncul kelenjar getah bening yang membengkak. Penyakit ini terutama terjadi pada anak-anak, namun dapat juga menular kepada orang dewasa melalui kontak langsung dengan hewan yang terinfeksi, seperti tikus dan monyet atau melalui kontak kulit dengan cairan tubuh penderita.

Kasus pertama cacar monyet pada manusia terdeteksi di tahun 1970 pada bayi laki-laki yang berumur 9 bulan di Republik Demokratik Kongo. Sedangkan di Indonesia, kasus cacar monyet telah teridentifikasi pada seorang pria berusia 27 tahun dengan riwayat perjalanan yang diduga tertular setelah berhubungan langsung dengan individu yang terpapar penyakit [3]. Pada tanggal 15 September 2022, terdapat 2 kasus terpapar dan 63 kasus sembuh yang telah dilaporkan di 10 provinsi di Indonesia [4].

Kasus cacar monyet ini lebih jarang terjadi dibandingkan cacar air, namun cacar monyet memiliki angka kematian yang lebih tinggi dibandingkan cacar air. Angka kematian penderita cacar monyet adalah 1-10%, sedangkan pada cacar air hanya satu dari enam puluh ribu orang yang meninggal dunia [1]. Sejak awal tahun 2020an, jumlah kasus cacar monyet terus mengalami peningkatan di sejumlah

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

negara, sehingga menarik perhatian global terhadap upaya pencegahan dan pengendalian penyakit ini.

Model matematika terbukti menjadi alat penting untuk memahami dinamika penularan penyakit, proses pengambilan keputusan, dan pengendalian penyakit [5]. Permodelan matematika melibatkan deskripsi matematis dari fenomena alam ke dunia matematika. Model matematika digunakan untuk menemukan penyelesaian dari isu-isu di dunia nyata baik dengan pendekatan analitis maupun numerik dengan menggunakan asumsi dasar.

Sekelompok peneliti telah mengembangkan model matematis mengenai penularan penyakit cacar monyet, diantaranya yaitu [6] yang membahas tentang model epidemik SEIR untuk pengendalian dan mitigasi cacar monyet. Hasilnya, penularan cacar monyet dapat dikurangi secara signifikan dengan membatasi interaksi dekat hewan. Selanjutnya pada penelitian [7] mengembangkan model penyakit cacar monyet menggunakan model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$ diperoleh kesimpulan bahwasannya pengurangan penularan cacar monyet hanya terjadi pada populasi manusia dan tidak berpengaruh pada populasi hewan. Penelitian selanjutnya [8] mengembangkan model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$ dengan hasil mengurangi kontak dengan orang yang terinfeksi dan pengendalian hama terpadu dapat mengurangi penularan cacar monyet.

Berdasarkan latar belakang diatas, bahwasannya salah satu upaya penekanan penyebaran virus cacar monyet diantaranya dengan melakukan vaksinasi pada populasi baik manusia ataupun hewan. Tetapi pada model [7], vaksinasi hanya dilakukan terhadap populasi manusia, padahal penularan cacar monyet lebih sering terjadi dari hewan terinfeksi ke manusia. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk menganalisa model penyakit cacar monyet dengan membahas adanya vaksinasi pada populasi hewan pada jurnal [7]. Penulis melakukan sebuah penelitian yang berjudul **“Analisis Model Matematika Penyebaran Cacar Monyet dengan Faktor Vaksinasi”**.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan mengenai latar belakang tersebut, permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ terhadap penyebaran penyakit cacar monyet?

Bagaimana kestabilan titik-titik ekuilibrium dari model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ tersebut?

Bagaimana dampak vaksinasi pada populasi hewan terhadap penyebaran penyakit cacar monyet menggunakan model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$?

Batasan Masalah

Laporan ini diberi batasan masalah untuk mencegah pembahasan yang terlalu luas. Beberapa batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Model epidemik penyebaran virus cacar monyet yang diterapkan dalam penelitian ini adalah $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ yang dimodifikasi dari jurnal [7] dengan variabel tambahan yaitu vaksinasi pada populasi hewan.
2. Parameter yang dipakai pada penelitian ini bernilai positif karena setiap parameter dan variabel yang digunakan mewakili tingkat populasi yang tidak mungkin bernilai negatif.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang ditemukan dari jurnal [7] dan dijadikan sebagai parameter.

Simulasi numerik dilakukan dengan bantuan Maple.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mencari model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ pada penyakit cacar monyet.

Menganalisa kestabilan titik-titik ekuilibrium pada model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$.

Mengetahui pengaruh vaksinasi pada populasi hewan terhadap penyebaran penyakit cacar monyet dengan model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari sebuah penelitian pasti memiliki fungsi dan keuntungan untuk peneliti serta pihak-pihak lainnya. Sehubungan dengan tujuan penelitian yang disebutkan diatas, maka penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

Untuk mendapatkan informasi tentang perilaku penyebaran penyakit cacar monyet sehingga dapat dipakai dalam menentukan kebijakan untuk menangani penyebaran penyakit cacar monyet.

Untuk mengetahui informasi mengenai faktor faktor penting yang memengaruhi penyebaran cacar monyet melalui analisis dari model matematika.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika dalam penyusunan laporan proposal ini meliputi inti permasalahan yang dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini memaparkan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bagian ini mencakup berbagai teori yang akan digunakan sebagai dasar teori dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan cara-cara yang akan diterapkan atau langkah-langkah yang diambil oleh penulis untuk mengatasi permasalahan.

BAB IV PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan.

BAB V PENUTUP

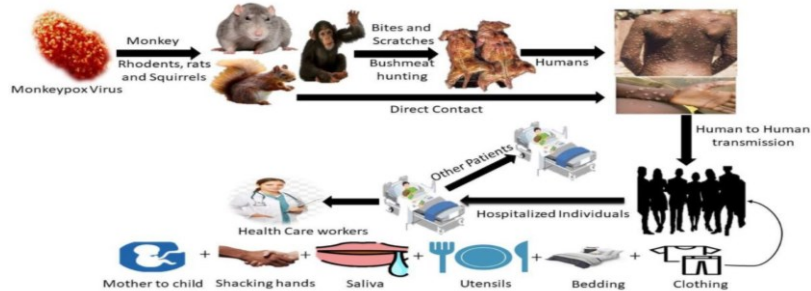
Bagian ini memuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penyakit Cacar Monyet

Cacar monyet (*monkeypox*) merupakan penyakit yang diakibatkan oleh virus *orthopox*. Virus ini sering kali ditemukan pada monyet yang dirawat untuk tujuan penelitian. Oleh karena itu, infeksi yang disebabkan oleh penyakit ini disebut cacar monyet [2]. Penyakit ini dapat menyebar melalui kontak langsung melalui gigitan, cakaran, dan konsumsi daging hewan pengerat yang terinfeksi. Penyebaran melalui orang ke orang berlangsung melalui kontak langsung antara kulit dengan kulit dan penyebaran tidak langsung melalui benda yang terkontaminasi seperti pakaian dan peralatan makan [9]. Untuk penularan cacar monyet dari hewan pengerat dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



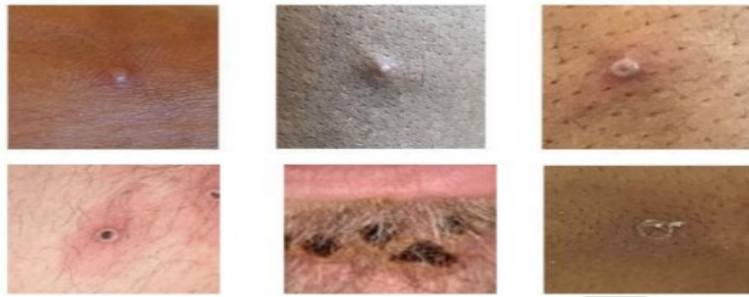
Gambar 2.1 Alur Penularan Virus Cacar Monyet Dari Hewan Ke Manusia

Gambar 2.1 merupakan alur penularan virus cacar monyet dari hewan ke manusia, dimana sumber utama penularannya tidak hanya monyet, tetapi juga berbagai jenis hewan lainnya seperti tikus, tupai, dan berbagai hewan mamalia lainnya.

Gejala penyakit ini muncul dalam kurun waktu 2-5 minggu. Gejala yang muncul termasuk demam, lesu, pusing, nyeri pada punggung, menggigil, serta pembengkakan kelenjar getah bening dan biasanya dimulai dengan demam sebelum ruam muncul. Ruam biasanya terlihat di wajah dalam waktu 1-5 hari setelah demam muncul, kemudian menyebar ke seluruh tubuh termasuk tangan dan kaki [2]. Contoh lesi pada cacar monyet dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Lesi Pada Cacar Monyet

Gambar 2.2 menunjukkan ruam cacar monyet yang berubah melalui berbagai tahapan, seperti halnya cacar air, berkembang melalui berbagai tahapan akhirnya membentuk keropeng yang kemudian lepas dari kulit. Penyakit ini menyebabkan munculnya lesi di berbagai bagian tubuh, termasuk wajah, tangan, kaki dan area genital.

Pencegahan penyebaran cacar monyet dapat dilakukan dengan menerapkan gaya hidup bersih dan sehat, menjauhi kontak dengan hewan berisiko, menghindari berbagi peralatan makan dan pakaian, serta memasak daging hingga matang. Sedangkan untuk pengobatan dapat dilakukan dengan meminum obat ibuprofen untuk meredakan demam dan nyeri, tecovirimat untuk menurunkan jumlah virus yang hidup di dalam tubuh, oatmeal untuk meredakan rasa kering dan gatal yang timbul akibat ruam, isolasi diri, dan menutupi luka ruam dengan kain kasa.

Vaksinasi juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi jumlah kasus penyakit cacar monyet yang semakin meningkat. Menurut *World Health Organization (WHO)*, vaksin cacar monyet hanya direkomendasikan untuk individu yang berisiko tinggi. Ada dua jenis vaksin cacar monyet yang tersedia yaitu vaksin JYNNEOS dan vaksin ACAM2000. Efek samping dari vaksin JYNNEOS antara lain kemerahan, bengkak, dan gatal di area suntikan, sedangkan vaksin ACAM2000 menyebabkan ulkus, perikarditis, dan miokarditis di area suntikan [1].

2.2 Sistem Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial merupakan sebuah persamaan yang melibatkan turunan dari satu atau lebih variabel yang bergantung pada satu atau lebih variabel yang bebas [10]. Berdasarkan banyaknya variabel bebas, persamaan diferensial

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dibedakan menjadi dua jenis yaitu Persamaan Diferensial Biasa (PDB) dan Persamaan Diferensial Parsial (PDP).

Contoh persamaan diferensial disajikan pada Persamaan (2.1).

$$\frac{dy}{dx} = 5x + 3 \quad (\text{PDB}) \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - 4 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (\text{PDP})$$

Adapun menurut sifat kelinearannya, Persamaan diferensial dibagi menjadi dua macam yaitu persamaan diferensial linear dan persamaan diferensial nonlinear. Persamaan diferensial linear memiliki bentuk umum seperti berikut:

$$a_0(x) \frac{d^n y}{dx^n} + a_1(x) \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \dots + a_n(x) y = b(x) \quad (2.2)$$

Dimana $a_0 \neq 0$.

Jika suatu persamaan diferensial tidak dapat dituliskan dalam bentuk Persamaan (2.2), maka persamaan tersebut dianggap sebagai persamaan diferensial nonlinear. Contoh persamaan diferensial linear dan nonlinear seperti berikut:

$$1. \quad \frac{dy}{dx} + 4y = 4x \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) merupakan persamaan diferensial linear orde 1, karena variabel terikat y dan persamaan diferensialnya memuat orde satu.

$$2. \quad \frac{d^2 y}{dx^2} - 4 \frac{dy}{dx} + 4y^2 = 0 \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) merupakan persamaan diferensial nonlinear orde 2, karena memuat kuadrat pada variabel terikatnya yaitu y^2 .

Sistem persamaan diferensial merupakan sebuah sistem yang mengandung n persamaan diferensial, dimana g adalah fungsi yang belum diketahui, sedangkan n adalah angka positif yang lebih besar atau sama dengan 2 [11].

Bentuk umum dari suatu sistem n persamaan orde pertama dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= g_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= g_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \end{aligned} \quad (2.5)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\frac{dx_n}{dt} = g_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Dengan x_1, x_2, \dots, x_n menjadi variabel terikat dan t sebagai variabel bebas, maka $x_1 = x_1(t), x_2 = x_2(t), \dots, x_n = x_n(t)$, dimana $\frac{dx_n}{dt}$ sebagai turunan fungsi x_n terhadap variabel t dan g_i adalah fungsi yang bergantung pada variabel x_1, x_2, \dots, x_n serta t .

Dari Sistem Persamaan (2.5), dapat dibentuk sistem persamaan diferensial linear sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_{11}x_1 + f_{12}x_2 + \dots + f_{1n}x_n \\ \dot{x}_2 &= f_{21}x_1 + f_{22}x_2 + \dots + f_{2n}x_n \\ &\vdots \\ \dot{x}_n &= f_{n1}x_1 + f_{n2}x_2 + \dots + f_{nn}x_n \end{aligned} \quad (2.6)$$

Atau bentuk matriksnya yaitu:

$$\dot{x} = f(x)$$

Dengan x adalah vektor fungsi waktu, f adalah matriks koefisien konstan, dan \dot{x} yaitu menunjukkan turunan pertama dari x terhadap waktu.

2.2.1. Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium \hat{x} adalah solusi yang bernilai konstan seiring berjalannya waktu, dimana $f(\hat{x}) = 0$. Ketika $t = 1, 2, 3, \dots, n$ nilai titik-titik tersebut tidak mengalami perubahan. Secara umum, pemodelan epidemik titik ekuilibrium terbagi menjadi dua yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit yang menunjukkan dalam suatu populasi tidak ada individu yang mengidap penyakit dan titik ekuilibrium endemik penyakit yang berarti terdapat individu yang mengidap penyakit dalam populasi tersebut.

Definisi 2.1 [12] Titik ekuilibrium $\hat{x} \in R^n$ dari Persamaan (2.4) dikatakan:

Titik ekuilibrium \hat{x} akan stabil jika untuk $\varepsilon > 0$ terdapat $\delta > 0$, sehingga jika x_0 dengan $\|x_0 - \hat{x}\| < \delta$ maka $\|x(t, x_0) - \hat{x}\| < \varepsilon$ untuk setiap $t \geq 0$.

Titik ekuilibrium \hat{x} dikatakan stabil asimtotik jika titik ekuilibriumnya stabil dan terdapat $\delta_1 > 0$ sehingga apabila $\|x_0 - \hat{x}\| < \delta_1$ maka $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t, x_0) - \hat{x}\| = 0$.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dikatakan tidak stabil apabila titik ekuilibrium dari \hat{x} tidak memenuhi poin 1.

Dimisalkan suatu sistem persamaan diferensial seperti pada Persamaan (2.7)

sebagai berikut:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, y) \quad (2.7)$$

$$\frac{dy}{dt} = g(x, y)$$

Titik (x_0, y_0) disebut titik ekuilibrium dari Sistem Persamaan (2.7) ketika memenuhi kondisi $f(x_0, y_0) = 0$ dan $g(x_0, y_0) = 0$. Titik ekuilibrium (x_0, y_0) sebagai penyelesaian tetap dari sistem persamaan karena $\frac{dx}{dt} = 0$ dan $\frac{dy}{dt} = 0$ pada titik (x_0, y_0) . Kondisi yang mengakibatkan $\frac{dx}{dt} = 0$ dan $\frac{dy}{dt} = 0$ dikenal sebagai kondisi keseimbangan dan titik dimana hal ini terjadi disebut titik keseimbangan [13].

2.2.2 Kestabilan Titik Ekuilibrium

Analisis kestabilan titik ekuilibrium diterapkan dengan memanfaatkan matriks Jacobian. Kestabilan titik ekuilibrium didapatkan dengan mempertimbangkan nilai eigen yang disimbolkan dengan λ_i dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ yang didapat dari persamaan $\det(\lambda I - A) = 0$ dimana I sebagai matriks identitas.

Nilai eigen ialah penyelesaian dari persamaan karakteristik polinomial $\det(\lambda I - A)$.

Diberikan sistem persamaan diferensial $\dot{x} = AX$, dengan A suatu matriks $n \times n$ dengan nilai eigen $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j$ dimana $j \leq n$

Titik ekuilibrium \bar{x} dikatakan stabil asimtotik jika $\lambda_i < 0 \forall i = 1, 2, \dots, j$

Titik ekuilibrium \bar{x} dikatakan stabil jika $\lambda_i < 0$ dan terdapat $\lambda_i = 0$ dengan $i = 1, 2, \dots, j$

Titik ekuilibrium \bar{x} dikatakan tidak stabil jika $\exists \lambda_i > 0$ [12].

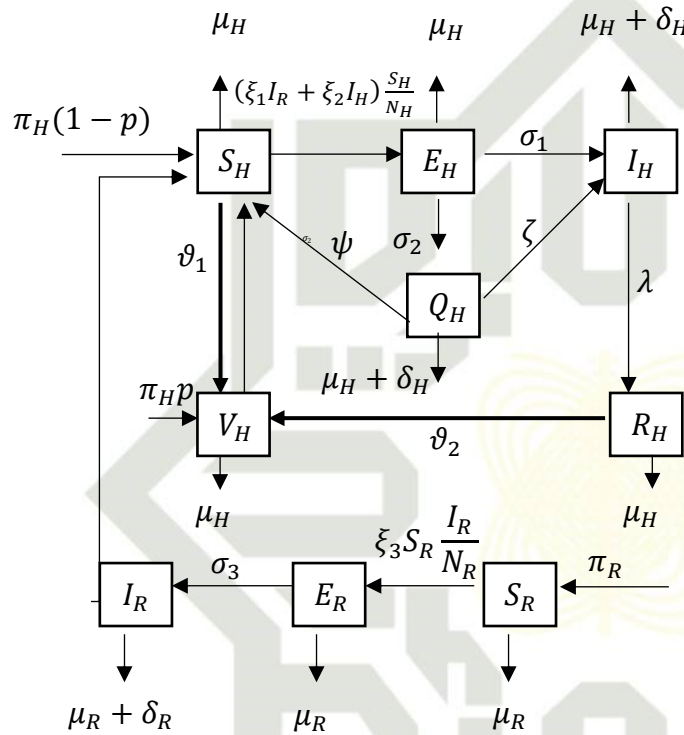
2.3 Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$

Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$ pada jurnal [7] membagi populasi manusia menjadi enam kelompok, yaitu kelompok manusia rentan (S_H), kelompok manusia memiliki gejala (E_H), kelompok manusia yang dikarantina (Q_H), kelompok manusia terinfeksi (I_H), kelompok manusia yang sehat (R_H) dan kelompok manusia

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

divaksinasi (V_H). Sedangkan pada populasi hewan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok hewan pengerat yang rentan (S_R), kelompok hewan pengerat yang memiliki gejala (E_R) dan kelompok hewan pengerat yang terinfeksi (I_R). Untuk diagram transfer model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$ dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Diagram Model Penyakit Cacar Monyet $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$

Berdasarkan Gambar 2.3 diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dS_H}{dt} = \pi_H(1-p) - (\xi_1 I_R + \xi_2 I_H) \frac{S_H}{N_H} - (\mu_H + \vartheta_1)S_H + \omega V_H \quad (2.9)$$

$$\frac{dE_H}{dt} = (\xi_1 I_R + \xi_2 I_H) \frac{S_H}{N_H} - (\mu_H + \sigma_1 + \sigma_2)E_H \quad (2.10)$$

$$\frac{dI_H}{dt} = \sigma_1 E_H + \zeta Q_H - (\mu_H + \delta_H + \lambda)I_H \quad (2.11)$$

$$\frac{dQ_H}{dt} = \sigma_2 E_H - (\psi + \zeta + \mu_H + \delta_H)Q_H \quad (2.12)$$

$$\frac{dR_H}{dt} = \lambda I_H - (\vartheta_2 + \mu_H)R_H \quad (2.13)$$

$$\frac{dV_H}{dt} = \vartheta_2 R_H + \pi_H p + \vartheta_1 S_H - (\omega + \mu_H)V_H \quad (2.14)$$

$$\frac{dS_R}{dt} = \pi_R - \mu_R S_R - \xi_3 I_R \frac{S_R}{N_R} \quad (2.15)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\frac{dI_R}{dt} = \xi_3 I_R \frac{S_R}{N_R} - \sigma_3 E_R - \mu_R E_R \quad (2.16)$$

$$\frac{dI_R}{dt} = \sigma_3 E_R - (\mu_R + \delta_R) I_R \quad (2.17)$$

Untuk variabel dan parameter yang digunakan pada model ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.1 Daftar Variabel-variabel Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$

Variabel	Keterangan
N_H	Jumlah total populasi manusia
S_H	Jumlah individu manusia yang rentan
E_H	Jumlah individu manusia yang mengalami gejala namun belum terinfeksi
I_H	Jumlah individu manusia yang terinfeksi
Q_H	Jumlah individu manusia yang di karantina
R_H	Jumlah individu manusia yang sembuh
V_H	Jumlah individu manusia yang di vaksin
N_R	Jumlah total populasi hewan
S_R	Jumlah hewan yang rentan
E_R	Jumlah hewan yang mengalami gejala namun belum terinfeksi
I_R	Jumlah hewan yang terinfeksi

Tabel 2.2 Daftar Parameter-parameter Pada Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R$

Parameter	Keterangan
π_H	Tingkat rekrutmen manusia
π_R	Tingkat rekrutmen hewan pengerat
ξ_1	Laju penularan hewan ke manusia
ξ_2	Laju penularan dari manusia ke manusia
ξ_3	Laju penularan dari hewan ke hewan
σ_1	Tingkat perpindahan dari manusia terpapar ke yang terinfeksi
σ_2	Tingkat perpindahan dari manusia terpapar ke yang dikarantina
σ_3	Tingkat perpindahan dari hewan pengerat yang terpapar ke yang terinfeksi

ψ	Sebagian kecil dari hewan pengerat yang dikarantina yang tidak terinfeksi
ζ	Perkembangan dari dikarantina ke terinfeksi
λ	Tingkat kesembuhan manusia
μ_H	Tingkat kematian alami manusia
μ_R	Tingkat kematian alami hewan pengerat
δ_H	Tingkat kematian manusia akibat penyakit
δ_R	Tingkat kematian hewan akibat penyakit
ϑ_1	Tingkat vaksinasi manusia dari kelas rentan
ϑ_2	Tingkat vaksinasi manusia dari kelas sembuh
ω	Tingkat kehilangan efektivitas vaksinasi pada manusia
p	Sebagian kecil dari imigran yang di vaksinasi

2.3.1 Angka Reproduksi Dasar (R_0)

Angka reproduksi dasar adalah rata rata jumlah individu yang terinfeksi oleh satu individu t selama periode infeksi di seluruh populasi yang rentan. Untuk menemukan angka reproduksi dasar, dapat dihitung berdasarkan nilai eigen matriks jacobian suatu sistem persamaan di titik ekuilibrium bebas penyakit [14].

Bilangan reproduksi dasar dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan metode yang dikenalkan oleh Driessche & Watmough yaitu dengan mengkonstruksi suatu matriks yang berasal dari subpopulasi-subpopulasi yang menyebabkan infeksi saja. Matriks tersebut dikenal dengan *the next generation matrix*. Nilai R_0 merupakan nilai eigen tak negatif terbesar dari matriks tersebut.

Dengan memanfaatkan matriks generasi berikutnya (*next generation matrix*) angka reproduksi dasar dapat dihitung [15]. Misalkan $F_i(x)$ menunjukkan kecepatan munculnya infeksi baru dan $V_i(x)$ menunjukkan kecepatan pergerakan individu pada kelompok i dengan $x = S, E, I, R$. Dimana kelompok yang mengandung individu yang terinfeksi adalah E dan I sehingga dapat dibentuk matriks F dan V pada titik keseimbangan bebas penyakit. Angka reproduksi dasar ditemukan dari nilai eigen maksimum dari matriks FV^{-1} yang dinotasikan dengan K .

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

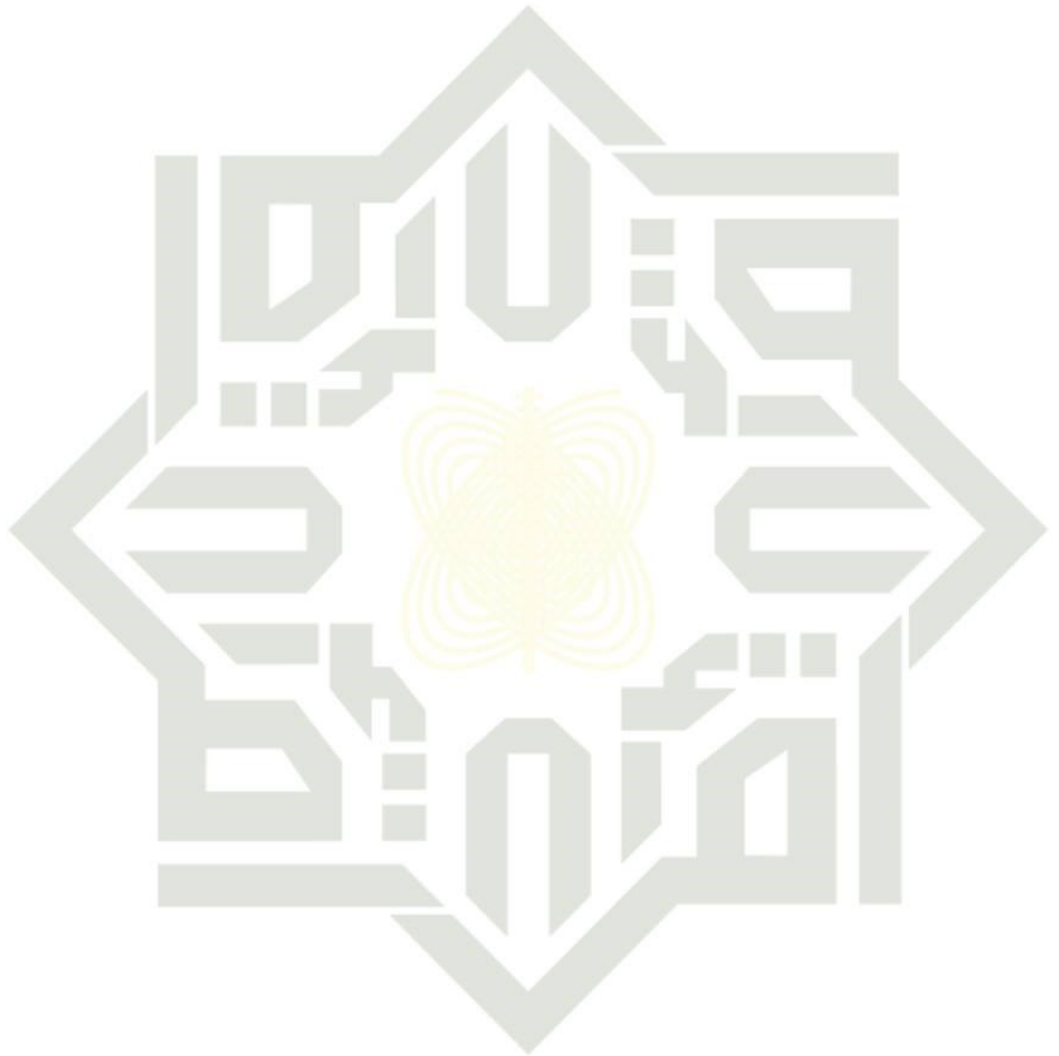
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ada tiga keadaan yang akan timbul pada angka reproduksi dasar, yaitu:

Ketika $R_0 < 1$, dengan demikian penyakit akan lenyap.

Ketika $R_0 = 0$, dengan demikian penyakit akan tetap.

Ketika $R_0 > 1$, dengan demikian penyakit akan menjadi epidemi.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode penelitian yang akan diterapkan adalah kajian pustaka yang berkaitan dengan pemodelan matematika dalam konteks penyebaran penyakit menular, khususnya cacar monyet. Adapun langkah langkahnya seperti berikut:

Mengumpulkan informasi dan mempelajari penelitian terdahulu dari buku atau jurnal mengenai penyakit cacar monyet. Data yang diambil merupakan data sekunder dari jurnal [7].

Memodifikasi model Persamaan (2.9) sampai dengan Persamaan (2.17) pada jurnal [7] dengan menambahkan kompartemen vaksinasi pada populasi hewan.

3. Membentuk diagram kompartemen penyebaran penyakit cacar monyet dari model.

4. Membuat model dalam bentuk persamaan diferensial sesuai variabel dan asumsi yang telah ditetapkan.

5. Mencari titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik penyakit mengacu pada persamaan diferensial.

Menganalisa kestabilan dari titik ekuilibrium yang sudah diperoleh menggunakan kriteria nilai eigen.

Menentukan angka reproduksi dasar (R_0) berdasarkan matriks generasi berikutnya (*next generation matrix*).

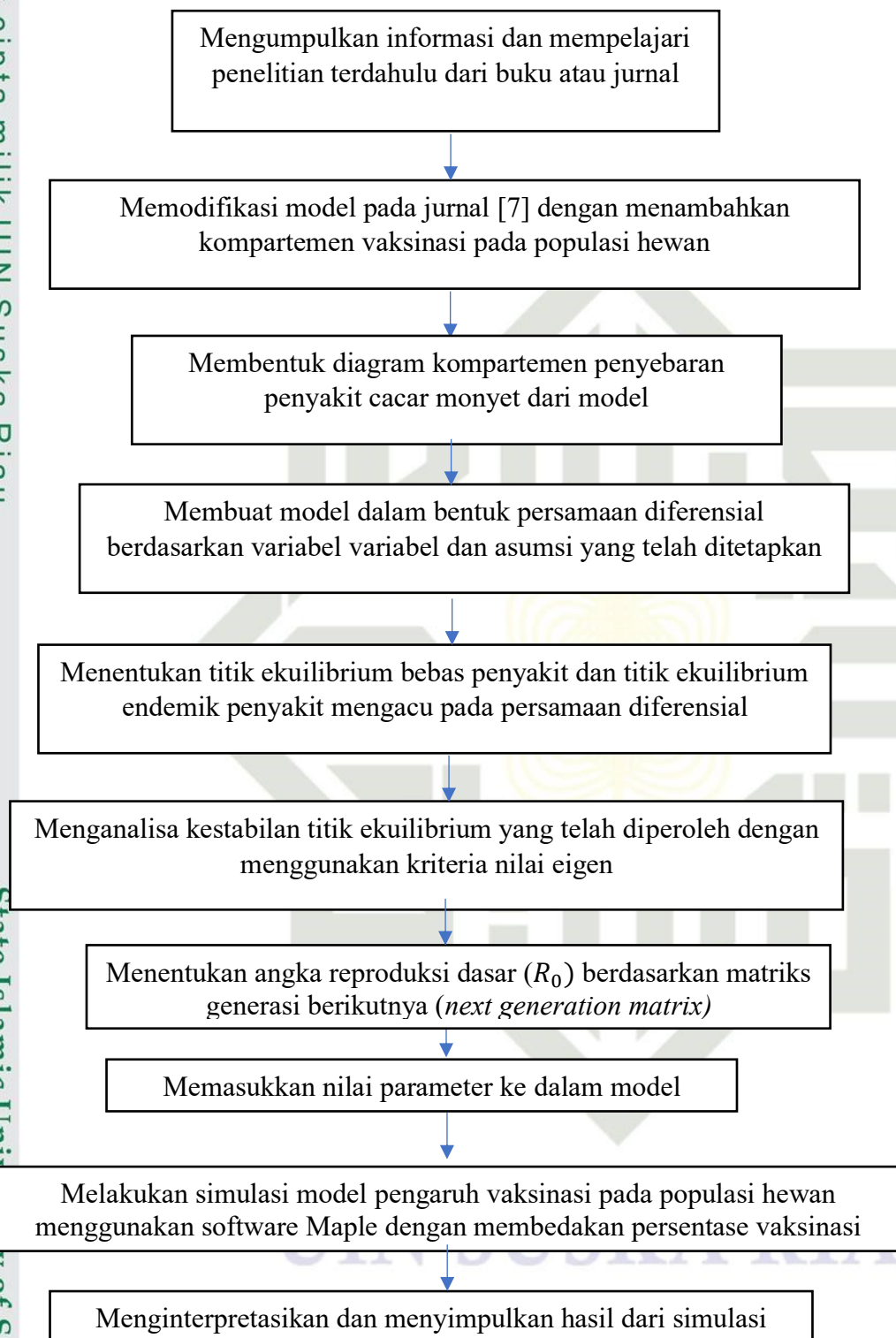
Memasukkan nilai parameter ke dalam model.

Melakukan simulasi model pengaruh vaksinasi pada populasi hewan terhadap penyakit cacar monyet menggunakan software Maple dengan membedakan jumlah atau persentase vaksinasi.

Menyimpulkan hasil dari simulasi model yang dilakukan dalam penelitian ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan asumsi-asumsi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan model matematika penyebaran cacar monyet dengan faktor vaksinasi sebagai berikut:

Model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ dengan adanya menambahkan asumsi faktor vaksinasi pada populasi hewan (V_R) yaitu:

$$\frac{dS_H}{dt} = \pi_H(1 - p) - (\xi_1 I_R + \xi_2 I_H) \frac{S_H}{N_H} - (\mu_H + \vartheta_1) S_H + \omega_1 V_H + \psi Q_H$$

$$\frac{dE_H}{dt} = (\xi_1 I_R + \xi_2 I_H) \frac{S_H}{N_H} - (\mu_H + \sigma_1 + \sigma_2) E_H$$

$$\frac{dI_H}{dt} = \sigma_1 E_H + \zeta Q_H - (\mu_H + \delta_H + \lambda) I_H$$

$$\frac{dQ_H}{dt} = \sigma_2 E_H - (\psi + \zeta + \mu_H + \delta_H) Q_H$$

$$\frac{dR_H}{dt} = \lambda I_H - (\vartheta_2 + \mu_H) R_H$$

$$\frac{dV_H}{dt} = \vartheta_2 R_H + \pi_H p + \vartheta_1 S_H - (\omega_1 + \mu_H) V_H$$

$$\frac{dS_R}{dt} = -\mu_R S_R - \xi_3 I_R \frac{S_R}{N_R} - \vartheta_3 S_R + \omega_2 V_R$$

$$\frac{dE_R}{dt} = \xi_3 I_R \frac{S_R}{N_R} - \sigma_3 E_R - \mu_R E_R$$

$$\frac{dI_R}{dt} = \sigma_3 E_R - (\mu_R + \delta_R) I_R$$

$$\frac{dV_R}{dt} = \pi_R - \omega_2 V_R - \mu_R V_R + \vartheta_3 S_R$$

Dengan $S_H(x) + E_H(x) + I_H(x) + Q_H(x) + R_H(x) + V_H(x) = N_H$ dan $S_R(x) + E_R(x) + I_R(x) + V_R(x) = N_R$

Pada model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ diperoleh satu titik ekuilibrium bebas penyakit, titik ekuilibrium endemik penyakit tidak ada karena nilai $I_H < 0$.

Kestabilan titik ekuilibrium bebas penyakit stabil asimtotik karena semua λ bernilai negatif, sedangkan kestabilan titik ekuilibrium endemik penyakit tidak dicari karena model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ tidak memiliki titik ekuilibrium endemik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan maka model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ pada penyebaran penyakit cacar monyet dengan pengaruh faktor vaksinasi pada populasi hewan disimpulkan bahwa setelah waktu yang panjang, penyakit cacar monyet akan punah atau tidak menyebar lagi dalam populasi. Hasil simulasi numerik efektivitas proporsi jumlah yang divaksinasi pada populasi hewan pengerat diperoleh bahwa tingkat proporsi tidak berpengaruh signifikan terhadap penyebaran cacar monyet. Sedangkan dari hasil hitung R_{OR} didapatkan bahwa semakin tinggi proporsi populasi yang divaksinasi maka semakin menurun nilai R_{OR} . Artinya semakin besar jumlah yang divaksinasi semakin cepat penurunan jumlah terinfeksi.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, penulis membahas mengenai model $S_H E_H I_H Q_H R_H V_H S_R E_R I_R V_R$ penyebaran penyakit cacar monyet dengan menambahkan asumsi faktor vaksinasi pada populasi hewan pada model terdahulu. Untuk penulis selanjutnya dapat menambahkan variabel baru dari model ini seperti isolasi pada populasi manusia, karantina pada populasi hewan jika dimungkinkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

World Health Organization (WHO) , “Monkeypox,” 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/monkeypox>

C. Ihekweaz. dan T. D. M. P.Eskild, I. Abu Bakar, “International Journal of Infectious Diseases Monkeypox — Enhancing public health preparedness for an emerging lethal human zoonotic epidemic threat in the wake of the smallpox post-eradication era,” *Journal of Mathematics*, vol. 78, pp. 78–84, 2019.

R. KEMENKES, “Kasus Monkeypox Pertama di Indonesia Terkonfirmasi,” 2022. Available : <https://www.kemkes.go.id/article/kasus-monkeypox-pertama-di-indonesia-terkonfirmasi-html>.

L. Arromadhani and B. Prawoto, “Stability Analysis of Monkeypox Transmission Model by Administering Vaccine,” *Journal of Mathematics*, vol. 7, pp. 195–210, 2023.

[5] F. Camponovo, C. F. Ockenhouse, C. Lee, and M. A. Penny, “Mass campaigns combining antimalarial drugs and anti-infective vaccines as seasonal interventions for malaria control , elimination and prevention of resurgence : a modelling study,” *Journal of BMC Infectious Diseases*, vol. 4, pp. 1–15, 2019.

[6] O. I. Idisi *et al.*, “Healthcare Analytics A new compartmentalized epidemic model to analytically study the impact of awareness on the control and mitigation of the monkeypox disease,” *Journal of Healthcare Analytics*, vol. 4, no. September, p. 100267, 2023.

L. Leandry and E. W. Mureithi, “Informatics in Medicine Unlocked An investigation on the Monkeypox virus dynamics in human and rodent populations for a deterministic mathematical model,” *Journal of Informatics in Medicine Unlocked*, vol. 41, no. August, p. 101325, 2023.

O. A. Adepoju, And, and H. O. Ibrahim, “Healthcare Analytics An optimal control model for monkeypox transmission dynamics with vaccination and immunity loss following recovery,” *Journal of Healthcare Analytics*, vol. 6, no. March, 2024.

B. Titanji, B. Tegomoh, and dkk, “Monkeypox : A Contemporary Review for Healthcare Professionals,” *Journal of Open Forum Infectious Diseases*, vol. 9, no. 7, pp. 1–13, 2022.

[7] D. Lestari, *Diktat Persamaan Differensial*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.

[8] N. Finizo and G. Ladas, *An introduction to differential equation with difference equation, forier analysis, and partial equation*. New York: McGraw-Hill: Wadsworth Pub Co, 1982.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

G. . Olsder and J van der woude, *Mathematical Systems Theory*, 2nd ed. Delft University Press, 2003.

C. H. Edward, D. E. Penney, and D. Calvis, *Differential Equation and Boundary Value Problems*, 5th ed. New Jersey: Prentice hall inc: Pearson, 2015.

S. Side, W. Sanusi, and N. F. Setiawan, “Analisis dan Simulasi Model SITR pada Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Kota Makassar,” *Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. V, No 24, pp. 191–204, 2016.

P. Van Den Driessche and J. Watmough, “Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission,” *Journal of Mathematical Biosciences*, vol. 180, pp. 29–48, 2002.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Perubahan Grafik Kelompok

```
restart : with( plots ); with(DEtools);
a := 1160000; b := 200000; c := 0.0025; d := 0.000063; e := 0.0027;
f := 0.2; g := 2; h := 3; i := 2; j := 0.52; k := 0.83; l := 1.5; m
:= 0.002; n := 0.5; o := 0.2; p := 0.1; q := 0.01; r := 0.1; s
:= 0.003; t := 0.003; u := 0.0004; NH(x) := 720000; NR(x)
:= 1800000
de1 := diff(SH(x), x) = 1159536 - (c · IR(x) + d · IH(x)) ·  $\frac{SH(x)}{NH(x)}$ 
- (l + p) · SH(x) + s · VH(x) + i · QH(x);
de2 := diff(EH(x), x) = (c · IR(x) + d · IH(x)) ·  $\frac{SH(x)}{NH(x)}$  - (l + f
+ g) · EH(x);
de3 := diff(IH(x), x) = f · EH(x) + j · QH(x) - (l + o + k)
· IH(x);
de4 := diff(QH(x), x) = g · EH(x) - (i + j + l + o) · QH(x);
de5 := diff(RH(x), x) = k · IH(x) - (q + l) · RH(x);
de6 := diff(VH(x), x) = q · RH(x) + a · u + p · SH(x) - (s + l)
· VH(x);
de7 := diff(SR(x), x) = -m · SR(x) - e · IR(x) ·  $\frac{SR(x)}{NR(x)}$  - r · SR(x)
+ t · VR(x);
de8 := diff(ER(x), x) =  $\frac{e · IR(x) · SR(x)}{NR(x)}$  - (h + m) · ER(x);
de9 := diff(IR(x), x) = h · ER(x) - (m + n) · IR(x);
de10 := diff(VR(x), x) = b - (t + m) · VR(x) + r · SR(x);
inits := [ SH(0) = 400000; EH(0) = 200000; IH(0) = 100000;
QH(0) = 500000; RH(0) = 200000; VH(0) = 400000; SR(0)
= 800000; ER(0) = 500000; IR(0) = 300000; VR(0) = 200000];
(with plots) : with(DEtools);
myopts := stepsize = 0.1;
plot1 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 .. 20, [inits], scene = [x, SH], linecolor
= navy, arrows = none, myopts, labels = ["x(tahun)", "SH"],
labelfont = ["roman", 10]) :
plot2 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 .. 15, [inits], scene = [x, EH], linecolor
= green, arrows = none, myopts, labels = ["x(tahun)", "EH"],
labelfont = ["roman", 10]) :
```




Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
plot3 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..20, [inits], scene = [x, IH], linecolor = red,
arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "IH"], labelfont
= ["roman", 10]) :
```

```
plot4 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..20, [inits], scene = [x, QH], linecolor
= blue, arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "QH"],
labelfont = ["roman", 10]) :
```

```
plot5 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..20, [inits], scene = [x, RH], linecolor
= navy, arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "RH"],
labelfont = ["roman", 10]) :
```

```
plot6 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..15, [inits], scene = [x, VH], linecolor = red,
arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "VH"], labelfont
= ["roman", 10]) :
```

```
plot7 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..4000, [inits], scene = [x, SR], linecolor
= orange, arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "SR"],
labelfont = ["roman", 10]) :
```

```
plot8 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..20, [inits], scene = [x, ER], linecolor
= magenta, arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "ER"],
labelfont = ["roman", 10]) :
```

```
plot9 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9, de10],
[SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x), ER(x),
IR(x), VR(x)], x = 0 ..40, [inits], scene = [x, IR], linecolor = red,
arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)", "IR"], labelfont
= ["roman", 10]) :
```

```
plot10 := DEplot([de1, de2, de3, de4, de5, de6, de7, de8, de9,
de10], [SH(x), EH(x), IH(x), QH(x), RH(x), VH(x), SR(x),
ER(x), IR(x), VR(x)], x = 0 ..5000, [inits], scene = [x, VR],
linecolor = brown, arrows = none, myopts, labels = [" x(tahun)",
"VR"], labelfont = ["roman", 10]) :
```

$$\text{display}(plot1);$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Rosmaida, lahir di Tapus, 28 Juni 2003 merupakan anak ke lima dari lima bersaudara yang berasal dari pasangan Bapak Khairul Amri dan Ibu Farida yang beralamat di Tapus lama, Kec Padang Gelugur, Kab Pasaman, Provinsi Sumatera Barat. Adapun perjalanan dalam menempuh pendidikan formal penulis sebagai berikut: Pada Tahun 2009 penulis memasuki pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 09 Sentosa Padang Gelugur. Pada Tahun 2015, penulis memasuki Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTSN) 3 Pasaman. Kemudian pada Tahun, 2018 penulis memasuki Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Padang Gelugur dan menyelesaikan pendidikan SMA pada Tahun 2021. Selanjutnya pada Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Matematika.