



ANALISIS KESTABILAN PENYEBARAN PENYAKIT CAMPAK DENGAN PENGARUH MIGRASI, PENGOBATAN DAN IMUNISASI

TUGAS AKHIR

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

oleh:

NUR RAHMAPITRI
11850421441



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

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

2022

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 KESTABILAN PENYEBARAN PENYAKIT CAMPAK DENGAN PENGARUH MIGRASI, PENGOBATAN DAN IMUNISASI

TUGAS AKHIR

oleh:

NUR RAHMAPITRI
11850421441

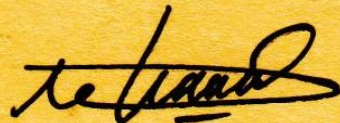
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 14 Juli 2022

Ketua Program Studi



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

Pembimbing



Mohammad Soleh, M. Sc.
NIP. 197512312009011052

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESTABILAN PENYEBARAN PENYAKIT CAMPAK DENGAN PENGARUH MIGRASI, PENGOBATAN DAN IMUNISASI

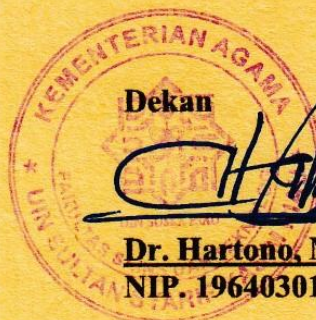

TUGAS AKHIR

oleh:

NUR RAHMAPITRI
11850421441

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 14 Juli 2022

Pekanbaru, 14 Juli 2022
Mengesahkan

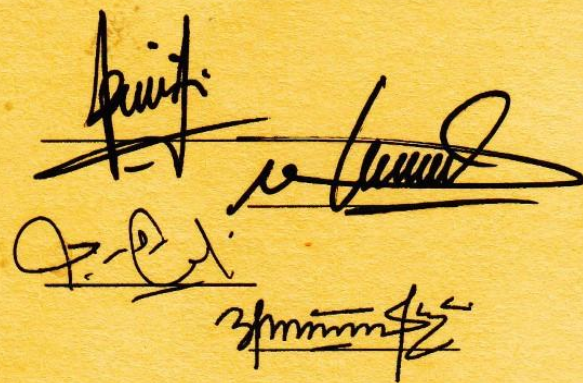

Dekan

Dr. Hartono, M.Pd.
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Program Studi


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

DEWAN PENGUJI

Ketua : Sri Basriati, M.Sc.
Sekretaris : Mohammad Soleh, M.Sc.
Anggota I : Nilwan Andirja, M.Sc.
Anggota II : Irma Suryani, M.Sc.



Lampiran Surat :
Nomor : Nomor 25/2021
Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : NUR RAHMA PITRI
NIM : 11850421441
Tempat/ Tgl. Lahir : Desa Kampar, 01 Januari 2000
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
Prodi : Matematika

Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya*:

Analisis Kestabilan Penyebaran Penyakit
Campak dengan Pengaruh Migrasi, Pengobatan
dan (Munisasi)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/(Karya Ilmiah lainnya)* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 27 Juli 2022
Yang membuat pernyataan



.....
NIM : 11850421441

* pilih salah satu sesuai jenis karya tulis

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 perpustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin 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.

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, 14 Juli 2022
Yang membuat pernyataan,

NUR RAHMA PITRI
11850421441

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

“Barang siapa menempuh suatu jalan (cara) untuk mendapatkan ilmu, maka Allah Subhanahu Wata’ala pasti mudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

Alhamdulillah rabbil’alamiin ucapan syukur kepada Allah Subhanahu Wata’ala atas nikmat, karunia serta rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan sebuah skripsi sederhana ini. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalaam.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Bapak dan Ibu Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga ku persembahkan karya kecil ini kepada Bapak (Khaidir) dan Ibu (Radiah)

Terima kasih ayah... Terima kasih amak...

Orang terdekatku

Sebagai tanda terima kasih, ku persembahkan karya kecil ini kepada kakak-abangku, adekku (Amelia), keponakanku (Marwah) dan saudara-saudaraku yang selalu memberiku semangat dan selalu menjadi tempatku untuk berkeluh kesah. Terima kasih...

Teman-teman

Buat kawan-kawanku yang selalu memberikan motivasi, nasehat, dukungan, yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini sekaligus pejuang skripsi (cik ay, widya, ainun, desi, vina, nisa, ami, mifta, neng dan Kawan-kawan matematika angkatan 2018 terutama kelas C)

Dosen Pembimbing

Tugas Akhir Bapak Mohammad Soleh, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsiku. Terima kasih banyak kepada bapak sudah membantuku selama ini, serta menasehati, membimbing dan mengarahkanku sampai skripsi ini selesai

- 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

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 KESTABILAN PENYEBARAN PENYAKIT CAMPAK DENGAN PENGARUH MIGRASI, PENGOBATAN DAN IMUNISASI

NUR RAHMA PITRI
NIM: 11850421441

Tanggal Sidang : 14 Juli 2022
Tanggal Wisuda :

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

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas tentang penyebaran penyakit Campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi menggunakan model SIQR. Titik ekuilibrium ditentukan dengan menyelesaikan persamaan pada model SIQR dan diuji kestabilannya dari titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik penyakit. Untuk analisa sifat kestabilan titik ekuilibrium dilakukan linearisasi pada sistem dengan menentukan matriks jacobian nya, hingga menunjukkan kestabilan asimtotik keduanya. Jika imigrasi lebih besar dari emigrasi maka pada bebas penyakit populasi yang terinfeksi akan semakin bertambah dan jika imigrasi lebih kecil dari emigrasi maka populasi yang terinfeksi menjadi menurun. Laju pengobatan sangat berperan penting terhadap penyebaran penyakit campak, jika sedikit pengobatan maka jumlah infeksi menjadi semakin banyak. Kemudian sebaliknya jika pengobatannya lebih banyak maka jumlah penyebaran infeksi penyakit campak dari individu ke individu lain berkurang.

Kata Kunci: Model SIQR, Migrasi, Stabil Asimtotik, Titik Ekuilibrium.

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.

ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE SPREAD OF MEASLES DISEASE WITH THE INFLUENCE OF MIGRATION, TREATMENT AND IMMUNIZATION

NUR RAHMA PITRI
NIM: 11850421441

Date of Final Exam : 14 July 2022
Date of Graduation :

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

ABSTRACT

In this final project, it is discussed about the spread of Measles disease with the influence of migration, treatment and immunization using the SIQR model. The equilibrium point is determined by solving the equation on the SIQR model and tested for stability from the disease-free equilibrium point and the endemic equilibrium point of the disease. For the analysis of the stability properties of the equilibrium point, linearization of the system is carried out by determining its jacobian matrix, until it shows the asymptotic stability of both. If immigration is greater than emigration then in disease-free the infected population will increase and if immigration is smaller than emigration then the infected population will decrease. Concluded that the large or small rate of immigration and equal to the rate of emigration in endemic diseases greatly affects the spread of Measles with the influence of migration, treatment and immunization. For this reason, efforts to migrate should be reduced, both those who immigrate and emigrate. The rate of treatment plays an important role in the spread of measles, if there is little treatment, the number of infections will increase. Then on the contrary if the treatment is more, the number of measles infection spreads from one individual to another is reduced.

Keywords: *SIQR Model, Migration, Asymptotic Stable, Equilibrium Point.*

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.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbal'alamin. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subnallahu wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat kesehatan dan keselamatan sehingga penulis dapat diberi kemudahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kestabilan Penyebaran Penyakit Campak Dengan Pengaruh Migrasi, Pengobatan dan Imunisasi”.

Shalawat dan salam juga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad *Sallallahu'alaihi Wasallam*, karena beliau lah kita manusia dapat dibawa dari alam kegelapan ditunjukkan ke alam yang penuh dengan pengetahuan. Semoga kelak diakhirat seluruh umatnya mendapat *syafa'at* dari beliau. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dilakukan untuk memperoleh gelar sarjana Sains di Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini penulis banyak sekali mendapat bimbingan, bantuan, arahan, nasehat, petunjuk, perhatian serta semangat dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung terutama orang tua tercinta. Oleh karena itu, dengan hati tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Wartono, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan penguji telah memberikan kritikan dan saran



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.

sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Bapak Mohammad Soleh, M.Sc. selaku pembimbing Tugas Akhir penulis, yang selalu ada dan memberikan bimbingan serta arahan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Ibu Irma Suryani, M. Sc selaku penguji yang telah memberikan kritikan dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Kedua orang tua tercinta, Bapak khaidir dan Ibu Radiah, yang tiada henti-hentinya mendoakan, memberi dorongan moral maupun materi selama menempuh pendidikan serta adik tersayang yaitu Amelia Novrianti.

9. Semua pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

10. Teman-teman yang telah membantu dan memberikan dukungan khususnya keluarga STM (Cik ay, ami, Mifta, Neng, Nisa, Rahma, Widya, Ustadzah Mila, Kak fitri), Kak Riska, Kak Syafira Alifia, Kak Melvi Utari, kak Siti Uswatun Hasanah dan Pioma'18.

Tugas Akhir ini telah disusun semaksimal mungkin oleh penulis. Namun, tidak tertutup kemungkinan adanya kesalahan dan kekurangan dalam penulisan maupun penyajian materi. Oleh karena itu, kritik dan saran dari berbagai pihak masih sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 14 Juli 2022

NUR RAHMA PITRI
11850421441



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 SIMBOL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penyakit Campak.....	5
2.1.1 Pengertian Penyakit Campak.....	5
2.1.2 Gejala Campak	5
2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan.....	6
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	6
2.3 Linearisasi	7
2.4 Analisis Titik Ekuilibrium.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	13

- 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

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 IV PEMBAHASAN.....	16
4.1 Model Matematika SIQR Penyebaran Penyakit Campak dengan Pengaruh Migrasi, Pengobatan dan Imunisasi	16
4.1.1 Pembentukan Model Matematika.....	16
4.2 Titik Ekuilibrium.....	18
4.2.1 Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	18
4.2.2 Titik Ekuilibrium Endemik Penyakit Campak	19
4.3 Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium.....	21
4.3.1 Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	22
4.3.2 Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium Endemik Penyakit Campak.....	24
4.4 Simulasi Kasus Model SIQR Penyebaran Penyakit Campak dengan Pengaruh Migrasi, Pengobatan dan Imunisasi	27
Berdasarkan data kementerian kesehatan kota Pekanbaru pada tahun 2022, populasi penduduk Kota Pekanbaru berjumlah 994.585 jiwa, berikut data jumlah terinfeksi campak bulan Mei-Juni 2022:	27
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	57
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	60



DAFTAR SIMBOL

S	: Jumlah total individu yang rentan
I	: Jumlah total individu yang infeksi
Q	: Jumlah total individu yang karantina
R	: Jumlah total individu yang sembuh
Λ	: Peluang laju kelahiran
δ_1	: Peluang laju imigrasi
δ_2	: Peluang laju emigrasi
α	: Peluang laju dari rentan ke infeksi
β	: Peluang laju dari infeksi ke karantina
η	: Peluang laju kesembuhan pada tiap individu
γ	: Peluang laju kesembuhan individu yang dikarantina
m	: Peluang laju kesembuhan pengobatan yang infeksi
φ	: Laju kematian disebabkan penyakit
μ	: Laju kematian terjadi dengan alami
ρ	: Proporsi imunisasi

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Skema diagram transfer penularan penyakit campak.....	14
Gambar 3.2	Skema diagram transfer penularan penyakit campak dengan pengobatan.....	14
Gambar 4.1	Grafik $S(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak	31
Gambar 4.2	Grafik $I(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak	32
Gambar 4.3	Grafik $Q(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak	33
Gambar 4.4	Grafik $R(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak	34
Gambar 4.5	Grafik $S(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) > (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	35
Gambar 4.6	Grafik $I(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) > (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	37
Gambar 4.7	Grafik $Q(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) > (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	39
Gambar 4.8	Grafik $R(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) > (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	40
Gambar 4.9	Grafik $S(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) < (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	41
Gambar 4.10	Grafik $I(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) < (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	42
Gambar 4.11	Grafik $Q(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) < (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	43
Gambar 4.12	Grafik $R(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) < (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	44
Gambar 4.13	Grafik $S(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) = (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	45
Gambar 4.14	Grafik $I(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) = (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan	46

- 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

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 4.15 Grafik $Q(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) = (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan47

Gambar 4.16 Grafik $R(t)$ Model SIQR Pada Penyebaran Penyakit Campak dengan $(\delta_1) = (\delta_2)$ dan Tingkatan Pengobatan48



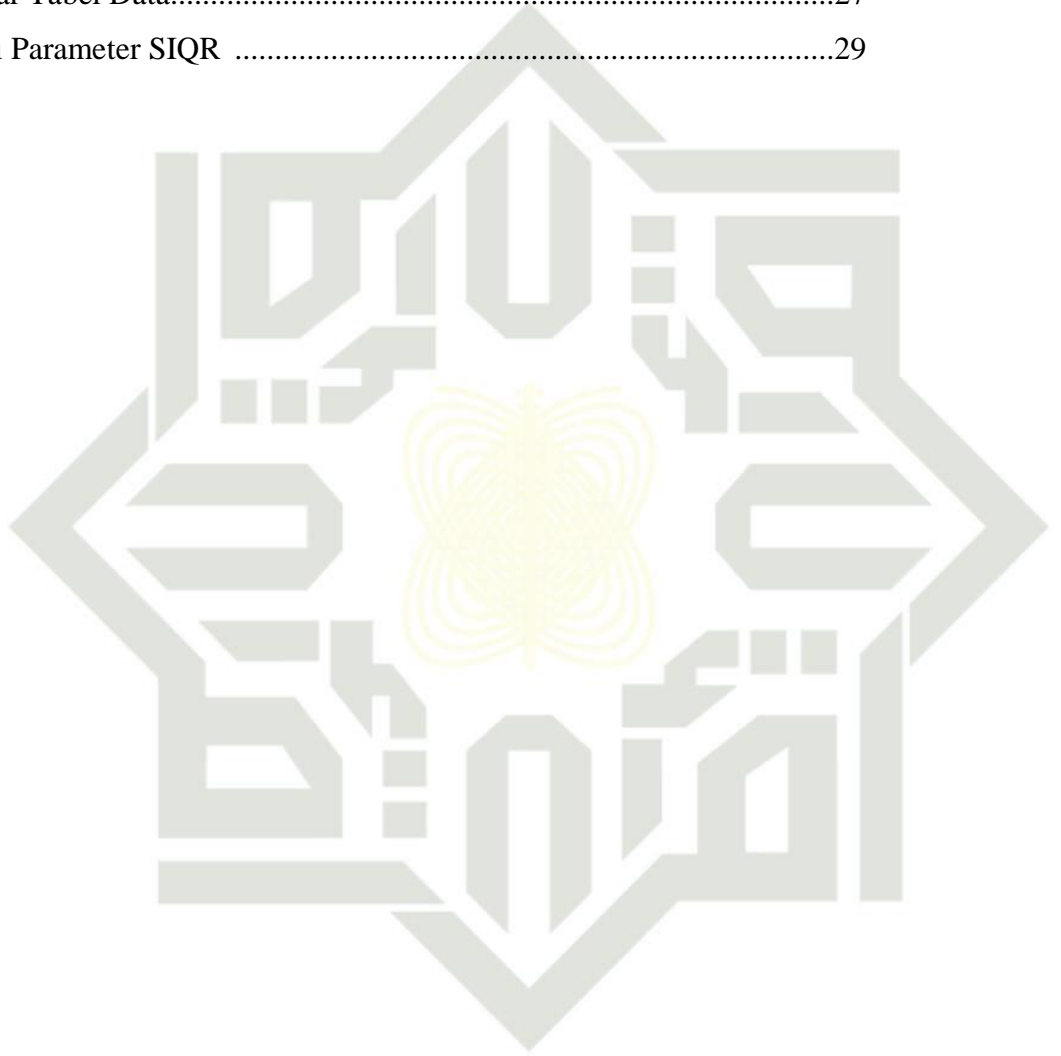
UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar Variabel-Variabel	16
Tabel 4.2 Daftar Parameter-Parameter.....	16
Tabel 4.3 Daftar Tabel Data.....	27
Tabel 4.4 Nilai Parameter SIQR	29

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 LAMPIRAN

Lampiran Syntax Program Maple.....	57
------------------------------------	----



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.



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.



UIN SUSKA RIAU



BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penyakit campak merupakan salah satu penyakit menular, Penyakit campak ini kebanyakan menyerang anak-anak usia pra sekolah dan usia sekolah dasar (SD). Penyakit campak termasuk penyakit yang membahayakan jika terkena panas disertai keringat kemudian mengenai permukaan pada campak di tubuhnya, dimana keringat tersebut mengandung racun, yang dapat menyebabkan penyakit campak mudah menular. Selanjutnya penyakit campak ditandai dengan demam tinggi, pilek, mata merah, bintik-bintik putih kemudian muncul ruam pada kulit. Kebersihan baik lingkungan maupun badan juga dapat menjadi faktor mudah seseorang terkena penyakit campak.

Kasus penyakit campak pertama tahun 2022 di Kota Pekanbaru dimulai dari tanggal 09 mei 2022, diketahui bahwa terdapat 3 orang warga kota pekanbaru yang terinfeksi penyakit campak setelah dinyatakan positif dari pihak laboratorium pemerintah kota Pekanbaru. Kemudian pada bulan Juni terdapat 22 orang tercatat yang terkena penyakit campak di Kota Pekanbaru.

Penyakit campak termasuk penyakit yang bisa dicegah penyebarannya diantaranya dengan tindakan imunisasi [2]. Pemerintah menyediakan program imunisasi rutin yang terdiri dari imunisasi dasar dan lanjutan [3]. Imunisasi berperan penting dalam pencegahan penularan penyakit campak. Kemudian, imunisasi salah satu upaya kesehatan yang terbukti paling efektif [4]. Selain itu, diberikan juga pengobatan untuk penyakit campak sehingga bisa terhindar dari kelas infeksi ditingkatan lebih parah [5].

Untuk memahami penyebaran penyakit campak dapat digunakan model matematika. Penelitian oleh [6] dibahas tentang pengaruh migrasi dan imunisasi. Dengan adanya migrasi yang terjadi pada populasi, dibuktikan bahwa bertambah besar nilai parameter imigrasi maka bertambah besar pula harapan terjadinya penyakit campak pada populasi. Sebaliknya jika bertambah kecil nilai emigrasi

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.

maka bertambah sedikit penyebaran penyakit campak pada populasi. Kemudian adanya imunisasi dapat mengurangi epidemik penyakit campak.

Penelitian oleh [7] dibahas tentang pengaruh imunisasi dan vaksinasi menggunakan vaksin (*measles rubella*) MR pada penyebaran penyakit campak. Penambahan Imunisasi MR berhasil membuat penyakit menghilang dan dapat juga mencegah meluasnya penyebaran penyakit dalam populasi. Penelitian oleh [8] dibahas tentang pengobatan dengan menggunakan model epidemi SIRS. Pada penelitian ini mengatakan bahwa peranan pengobatan begitu penting untuk mengurangi epidemi penyakit campak. Penelitian oleh [5] dibahas tentang faktor pengobatan dengan menggunakan model SMEIUR. Pengaruh penambahan faktor pengobatan ini berperan menurunkan akibat dari gejala-gejala penyakit campak.

Berdasarkan penelitian [5] dan [6], penulis akan memodelkan penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi. Dalam hal ini penulis akan membahas bagaimana mengatasi dan mencegah terjadinya penyebaran penyakit campak dengan melakukan pengobatan, kemudian menggunakan model SIQR. Oleh karena itu, peneliti mengangkat judul yaitu **“Analisis Kestabilan Penyebaran Penyakit Campak dengan Pengaruh Migrasi, Pengobatan dan Imunisasi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang adalah sebagai berikut:

- Bagaimana model matematika pada penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi?
- Bagaimana menentukan titik ekuilibrium model penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi serta kestabilannya?
- Bagaimana simulasi model penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi?



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.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yakni:
 Penelitian menggunakan model matematika pada penyebaran penyakit campak yang dilakukan untuk populasi wilayah tertentu, dan tidak mengacu pada jenis kelamin dan umur didalam populasi.

Penelitian memperkenalkan model baru yang membahas penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi.

Tujuan Penelitian

- Tujuan penelitian dari rumusan masalah diatas adalah:
1. Mendapatkan model matematika yang sesuai dengan penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi.
 2. Mendapatkan titik ekuilibrium penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi serta kestabilannya.
 3. Mendapatkan kestabilan dari model penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat manfaat yang diinginkan baik dari segi penulis itu sendiri atau dari pihak manapun, berikut manfaatnya adalah:

1. Bidang keilmuan
 Bagi penulis dan pembaca, penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang model *Susceptible, Infected, Quarantined* dan *Recovered* serta mengetahui titik ekuilibrium dan kestabilan dari model penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi.
2. Bagi pemerintah
 Sebagai informasi tambahan tentang dampak penyakit campak dengan menggunakan model *Susceptible, Infected, Quarantined* dan *Recovered*.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian ini terbagi dari tiga komponen yang dibahas tiap bab demi bab adalah:



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 I PENDAHULUAN

Bab pertama membahas tentang latar belakang masalah yang akan dibahas, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab kedua membahas teori - teori yang dapat memperkuat dalam hal ini berkaitan dengan pembahasan yang menjadi pola dalam menyelesaikan permasalahan laporan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga menguraikan tentang langkah-langkah yang ditempuh peneliti dalam membentuk model matematika.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang tahap untuk mendapatkan hasil penelitian tugas akhir.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang didapatkan oleh penulis dari bab sebelumnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan tentang pengertian campak, gejala campak, pencegahan dan pengobatan, sistem persamaan diferensial, linearisasi, analisis titik ekuilibrium, model epidemi SIQR.

2.1 Penyakit Campak

2.1.1 Pengertian Penyakit Campak

Menurut Kemenkes RI, penyakit campak merupakan penyakit yang sangat menular atau dikenal dengan *measles*. Penyakit ini disebabkan oleh virus campak (*Myxovirus Viridae Measles*) [9]. Penyakit campak terjangkit tidak hanya pada anak-anak tetapi kalangan remaja dan orang dewasa juga terkena penyakit campak [10]. Virus campak adalah family dari *paramyxovirus genus morbillivirus* yang berdiameter sekitar 140 milimikron virus morbili [11], tidak tahan panas dan akan mati pada PH kurang dari 4,5 [12].

Penyakit campak dapat menyerang siapa saja dan juga penyakit dapat menyebabkan kematian [13]. Penyebaran penyakit campak terjadi melalui batuk dan bersin, serta kontak langsung kepada penderita [9]. Saat seseorang mengalami penyakit campak, 90% orang yang berinteraksi dekat dengan penderita dapat tertular jika tidak kebal terhadap penyakit campak [10].

2.1.2 Gejala Campak

Berikut dibawah ini adalah gejala dari penyakit campak [9].

Demam panas $> 38^{\circ} \text{C}$ selama 3 hari atau lebih kemudian disertai beberapa gejala yaitu diantaranya batuk, pilek, mata merah.

Timbul benjolan kecil warna merah (*makulopapular*) di belakang telinga sampai 3 hari atau lebih dari itu, hari berikut menyebarnya keseluruh tubuh.

Terjadi ruam kulit pada tubuh (*makulopapular*) sampai 3 hari atau lebih, berkisar selama 4 sampai 7 hari menular pada seluruh tubuh.

Pada bagian bawah pipi ditemukan bercak putih keabuan dengan dasar merah (*mucosa bucal*).

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

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.

2.1.3 Pencegahan dan Pengobatan

Berikut ini adalah pencegahan dan pengobatan pada penyakit campak:

Pencegahan campak

Diantara pencegahan campak ialah pemberian ASI eksklusif, nutrisi lengkap dan seimbang dengan umur, badan bersih serta lingkungan, hindari berkontak dengan sesama terutama ibu hamil, serta pemberian imunisasi[10]. Program imunisasi dapat berperan penting dalam pencegahan, dimana imunisasi tersebut merupakan cara yang terbukti efektif untuk memperoleh kesehatan pada tubuh [4].

Pengobatan campak

Pengobatan terhadap penyakit campak disini dapat dilakukan pemberian pengobatan tradisional yaitu berupa tanaman obat herbal seperti daun-daunan, yaitu daun “Pare” dan daun “Jarak” yang dengan daun itu dapat menghilangkan batuk lendir, serta menurunkan panas pada demam. Pengobatan tradisional ini dilakukan pada zaman nenek moyang terdahulu hingga turun temurun yang dilakukan sampai saat ini. Namun jika cara tersebut tidak dapat menyembuhkan pada penyakit campak langkah berikutnya melakukan tindakan medis kepihak kesehatan ataupun puskesmas [14].

2.2 Sistem Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah persamaan yang menunjukkan hubungan antara satu fungsi yang tidak diketahui dengan satu atau lebih turunan dari fungsi [15].

Persamaan diferensial biasa dapat ditulis secara umum sebagai berikut:

$$y^{(n)} = f(x, y, y', y'', \dots, y^{(n-1)}) \quad \text{atau} \quad F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n-1)}) = 0 \quad (2.1)$$

Contohnya:

$$y' + 2y = 0$$

$$x^2y'' + 3y' + 2y = 5x$$

Sistem persamaan diferensial adalah sekumpulan persamaan diferensial-persamaan diferensial atau dapat dirumuskan secara umum berikut:

$$y_1' = f_1[x, y_1, y_2, \dots, y_n]$$

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.

$$\begin{aligned}
 y_2' &= f_2[x, y_1, y_2, \dots, y_n] \\
 y_3' &= f_3[x, y_1, y_2, \dots, y_n] \\
 &\vdots \\
 y_n' &= f_n[x, y_1, y_2, \dots, y_n]
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Persamaan (2.2) disebut sistem persamaan diferensial linear, jika fungsi linear pada y_1, y_2, \dots, y_n linear terhadap x_1, x_2, \dots, x_n sistem demikian dapat ditulis sebagai berikut: [16]

$$\begin{aligned}
 y_1' &= a_{11}(x)y_1 + a_{12}(x)y_2 + \dots + a_{1n}(x)y_n + b_1(x) \\
 &\vdots \\
 y_n' &= a_{n1}(x)y_1 + a_{n2}(x)y_2 + \dots + a_{nn}(x)y_n + b_n(x)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Atau dapat juga ditulis kembali sebagai berikut:

$$y' = Ay + b \tag{2.4}$$

Dengan

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

2.3 Linearisasi

Linearisasi adalah proses perubahan dari suatu sistem persamaan tak linear ke sistem persamaan linear. Biasanya linearisasi digunakan untuk memperoleh kestabilan titik ekuilibrium dengan menggunakan Matriks Jacobian.

Diberikan sistem persamaan diferensial tak linear sebagai berikut [17]:

$$\begin{aligned}
 x(t) &= F(x, y) \\
 y(t) &= G(x, y)
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Dari (2.6) didapatkan titik ekuilibrium yang digunakan untuk melinearisasi. Dari itu akan didapat sistem linear yang mana (x, y) mendekati (\hat{x}, \hat{y}) . Dengan demikian solusi fungsi $F(x, y)$ dan $G(x, y)$ ketika (\hat{x}, \hat{y}) dekat dengan (x, y) .

$$\begin{aligned}
 x(t) &= F(x, y) \approx F(\hat{x}, \hat{y}) + \frac{\partial F}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y})(x - \hat{x}) + \frac{\partial F}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y})(y - \hat{y}) \\
 y(t) &= G(x, y) \approx G(\hat{x}, \hat{y}) + \frac{\partial G}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y})(x - \hat{x}) + \frac{\partial G}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y})(y - \hat{y})
 \end{aligned}$$

Oleh karena $F(x, y) \approx G(x, y)$, maka



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.

$$x(t) = F(x, y) \approx \frac{\partial F}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y})(x - \hat{x}) + \frac{\partial F}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y})(y - \hat{y})$$

$$x(t) = G(x, y) \approx \frac{\partial G}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y})(x - \hat{x}) + \frac{\partial G}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y})(y - \hat{y})$$

Terbentuk matriks jacobian dari Sistem 2.6 yang merupakan sistem persamaan linear [18].

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y}) & \frac{\partial F}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y}) \\ \frac{\partial G}{\partial x}(\hat{x}, \hat{y}) & \frac{\partial G}{\partial y}(\hat{x}, \hat{y}) \end{bmatrix} \tag{2.7}$$

Contoh 2.1 Carilah sistem persamaan berikut ke matriks jacobian

$$\frac{dx_1}{dt} = x_1^3 + 2x_2^2$$

$$\frac{dx_2}{dt} = x_1^3 x_2^2$$

Penyelesaian:

$$f_1(x_1 x_2) = x_1^3 + 2x_2^2$$

$$f_2(x_1 x_2) = x_1^3 x_2^2$$

Matriks jacobinya yaitu:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3x_1^2 & 4x_2 \\ 3x_1^2 x_2^2 & 2x_1^3 x_2 \end{bmatrix}$$

Contoh 2.2 Carilah linearisasi berikut ke matriks jacobian

$$x^2 + y^2 = f_2$$

$$2x + 3xy = f_2$$

Selanjutnya dicari titik ekuilibrium dengan menjadikan ruas kanan masing-masing persamaan sama dengan nol.

$$x^2 + y^2 = 0$$

$$2x + 3xy = 0$$

Maka titik ekuilibrium dari persamaan diatas adalah (0,0)

Matriks jacobinya yaitu:

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.

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 2x & 2y \\ 2 + 3y & 3x \end{pmatrix}$$

Kemudian disubstitusikan ke titik ekuilibrium (0,0)

$$J(0,0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Sehingga diperoleh sistem persamaan linear dari perubahan sistem persamaan nonlinear menjadi linear yang disebut dengan sistem linearisasi.

$$\begin{pmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\frac{dx}{dt} = 0$$

$$\frac{dy}{dt} = 2x$$

Definisi 2.1 [19]

Apabila matrik A merupakan matrik berukuran $n \times n$, maka vektor tak nol \bar{x} didalam \mathbb{R}^n disebut vektor eigen dari matrik A jika terdapat skalar dari \bar{x} , maka

$$A\bar{x} = \lambda\bar{x} \tag{2.8}$$

Nilai eigen nilai karekteristik dari matrik A disebut skalar λ sedangkan \bar{x} disebut vector eigen. Untuk memperoleh nilai eigen dari matrik A maka ditulis sebagai berikut:

$$0 = A\bar{x} - \lambda\bar{x} = (A - \lambda I)\bar{x} \tag{2.9}$$

Vektor eigen merupakan solusi sejati $\bar{x} \neq 0$. Oleh karena itu agar mendapatkan vector eigen harus terdapat pemecahan dengan nol, yakni

$$\det(A - \lambda I) = 0 \tag{2.10}$$

Maka bentuk persamaan diatas disebut dengan persamaan polinom karekteristik.

2.4 Analisis Titik Ekuilibrium

Definisi 2.2 [20]

Titik ekuilibrium $\hat{x} \in \mathbb{R}^n$ jika $f(\hat{x}) = 0$ dikatakan:

Stabil apabila untuk setiap $\varepsilon > 0$ terdapat $\delta > 0$ sedemikian hingga untuk $x(t)$ yang memenuhi $\|x(x_0) - \hat{x}\| < \delta$ berlaku $\|x(x_0) - \hat{x}\| < \varepsilon$ untuk setiap $t \geq t_0$.

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.

Stabil asimtotik apabila titik ekuilibrium $x \in R^n$ stabil dan terdapat $\delta_0 > 0$ sedemikian hingga untuk setiap solusi $x(t)$ yang memenuhi $\|x(x_0) - \hat{x}\| < \delta_0$ berlaku $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \hat{x}$.

Tidak stabil apabila titik ekuilibrium (1) tidak terpenuhi.

Teorema 2.1 [21]

Titik ekuilibrium \hat{x} pada sistem $\dot{x} = f(x)$.

Apabila matriks jacobian $Jf(\hat{x})$ memiliki $Re(\lambda_i) < 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$ maka \hat{x} stabil asimtotik lokal. Jika $Re(\lambda_i) \leq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$ maka \hat{x} stabil dan untuk nilai eigen $Re(\lambda_i) = 0$ bersesuaian dengan vektor eigen sebanyak multiplisitas λ_i . Multiplisitas λ_i adalah dimensi dari ruang eigen yang bersesuaian dengan nilai eigen.

2. Jika terdapat nilai eigen matriks Jacobian $Jf(\hat{x})$ yang memiliki bagian real positif, maka titik ekuilibrium x tidak stabil.

Contoh 2.2 Tentukan ruang eigen dan multiplisitas dari matriks

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -3 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Penyelesaian:

Akan dicari terlebih dahulu nilai eigen dari matriks di atas :

$$|A - \lambda I| = \begin{vmatrix} -1 - \lambda & 0 & 1 \\ 3 & -\lambda & -3 \\ 1 & 0 & -1 - \lambda \end{vmatrix} = -\lambda \begin{vmatrix} -1 - \lambda & 1 \\ 1 & -1 - \lambda \end{vmatrix}$$

$$-\lambda((-1 - \lambda)^2 - 1) = -\lambda(\lambda^2 + 2\lambda)$$

$$\text{Det}(A - \lambda I) = |A - \lambda I| = 0$$

$$\lambda(\lambda^2 + \lambda) = 0$$

$$\lambda^2(\lambda + 2) = 0$$

Sehingga diperoleh persamaan karakteristiknya sebagai berikut :

$$\lambda = 0 \text{ atau } \lambda = -2$$

Untuk nilai eigen $\lambda = 0$, maka akan dicari ruang nol dari matriks $A - (0)I = A$

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -3 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \xrightarrow{R_2 + 3R_1} \\ \xrightarrow{R_3 + R_1} \end{array}$$



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.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ jika } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \text{ maka diperoleh } -x_1 + x_3 = 0$$

$$\text{Maka } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_3 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = x_2 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + x_3 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Jadi ruang vektor nol dari matriks $A - (0)I$ adalah $\left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$

Untuk nilai eigen $\lambda = -2$, maka akan dicari ruang nol dari matriks $A - (-2)I = A + 2I$

$$A + 2I = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -3 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\begin{matrix} R_2 - 3R_1 \\ R_3 - R_1 \end{matrix}}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -6 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ jika } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \text{ maka diperoleh } x_1 + x_3 = 0 \text{ dan } 2x_2 - 6x_3 = 0$$

$$\text{Maka } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x_3 \\ x_3 \\ x_3 \end{bmatrix} = x_3 \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Jadi ruang vektor nol dari matriks $A - (0)I$ adalah $\left\{ \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$

Jadi multiplisitas $\lambda = 0$ adalah 2 dan $\lambda = -2$ adalah 1.

Teorema 2.2 Kestabilan Routh-hurwitz [16]

Salah satu alternatif untuk memperoleh nilai eigen disebut dengan teorema *Routh-hurwitz*. Diberikan persamaan karakteristik dari suatu matriks bujur sangkar

$$p(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_nx + a_n$$

Akar - akar persamaan polinomial memiliki *real* yang negatif jika dan hanya jika masing-masing determinan dari matriks mxm untuk setiap $k = 1, 2, \dots, n$ lainnya merupakan positif.

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_{2k-1} \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & a_{2k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_k \end{vmatrix} \quad (2.11)$$

2.5 Model Epidemi SIQR

Model SIQR merupakan perluasan dari model SIR. Model tersebut berupa *Susceptible (S), Infected (I), Recovered (R)* [21]. Disebabkan penyakit campak



BAB III METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan SIQR penyebaran penyakit campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi yaitu metode penelitian studi literature dengan mempelajari buku-buku serta jurnal-jurnal yang terkait dengan permasalahan pemodelan matematika. Yakni diantaranya sebagai berikut:

Menentukan asumsi variabel-variabel dan mendeskripsikan parameter yang digunakan pada model SIQR. Populasi total terbagi menjadi S menunjukkan individu rentan, I kelas infeksi, Q populasi yang dikarantina, R jumlah individu yang sembuh. Pada saat waktu (t) adalah:

- $S(t)$: Jumlah total individu yang rentan pada waktu ke- t
- $I(t)$: Jumlah total individu yang infeksi pada waktu ke- t
- $Q(t)$: Jumlah total individu yang karantina pada waktu ke- t
- $R(t)$: Jumlah total individu yang sembuh
- Λ : Peluang laju kelahiran
- δ_1 : Peluang laju imigrasi
- δ_2 : Peluang laju emigrasi
- a : Peluang laju dari rentan ke infeksi
- β : Peluang laju dari infeksi ke karantina
- η : Peluang laju kesembuhan pada tiap individu
- Υ : Peluang laju kesembuhan individu yang dikarantina
- m : Peluang laju kesembuhan pengobatan yang infeksi
- φ : Laju kematian disebabkan penyakit
- μ : Laju kematian terjadi dengan alami
- ρ : Proporsi imunisasi

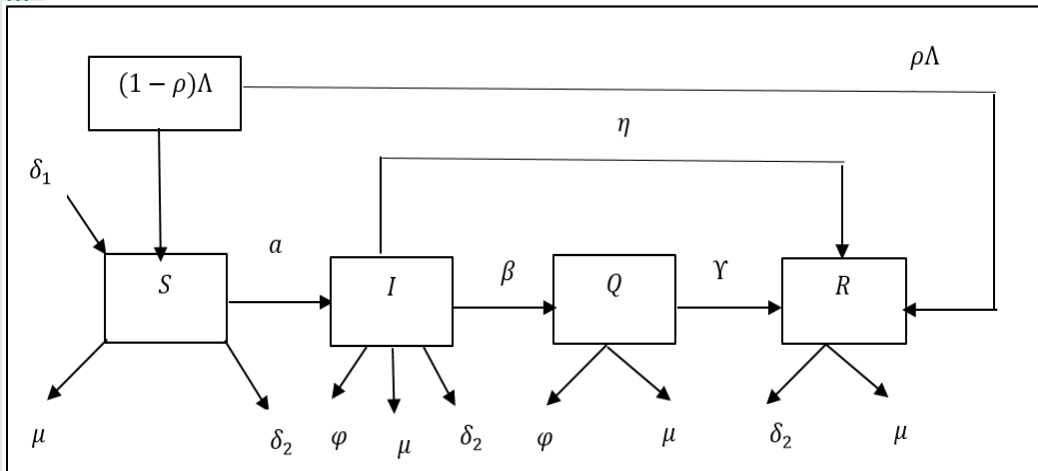
Membuat diagram transfer untuk membentuk model matematika. Setelah menentukan asumsi-asumsi yang sesuai dengan model epidemik SiQR dan berkaitan dengan karakteristik penyebaran Campak, kemudian membuat

- 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

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.

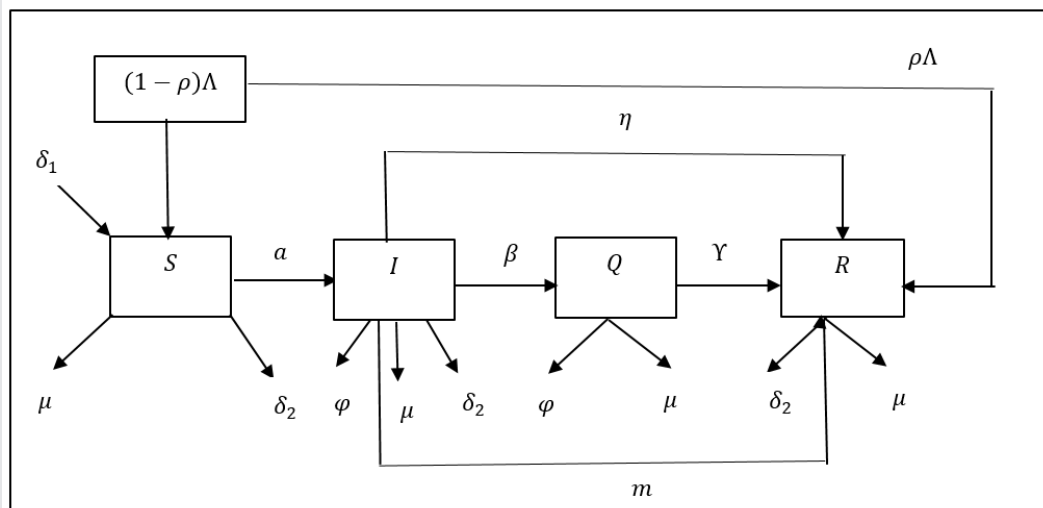
diagram transfer berdasarkan asumsi tersebut. Berikut adalah model penelitian oleh Ainun Fatmawati [6].



Ainun Fatmawati, dkk. (2020)

Gambar 3.1. Skema Penularan Penyakit Campak

Berdasarkan model diatas dibentuk model baru dengan menambahkan asumsi adanya laju pengobatan menuju kelas *Recovered* (sembuh) sebesar (m).



Gambar 3.2. Skema Penularan Penyakit Campak dengan Pengobatan

Menentukan titik ekuilibrium model bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik penyakit.

Menganalisa kestabilan titik ekuilibrium, dilakukan dengan melinearisasi pada sistem ditentukan matriks jacobian pada titik ekuilibrium. Berikutnya

memperoleh nilai eigen dan matriks dengan menggunakan definisi dan teorema dari polynomial karakteristik. Mencari nilai eigen dari polynomial karakteristik dengan menggunakan *criteria Routh-Hurwitz*.

Simulasikan populasi yang rentan, terinfeksi dan sembuh menggunakan Aplikasi *Maple*

Mendapatkan kesimpulan hasil analisa titik keseimbangan dan simulasi model.



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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 V PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Model yang diperoleh pada penyebaran penyakit Campak dengan dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi menggunakan model SIQR, adalah:

$$\frac{dS}{dt} = (1 - p)\Lambda + \delta_1 S - aSI - (\mu + \delta_2)S$$

$$\frac{dI}{dt} = aSI - \eta I - \beta I - (m + \varphi + \mu)I$$

$$\frac{dQ}{dt} = \beta I - \gamma Q - (\varphi + \mu)Q$$

$$\frac{dR}{dt} = \eta I + \gamma Q + mI - (\mu + \delta_2)R + p\Lambda$$

$$N = S + I + Q + R$$

dimana menjadi S menunjukkan individu rentan, I menunjukkan kelas infeksi, Q menunjukkan populasi yang dikarantina, R menunjukkan jumlah individu yang sembuh.

Terdapat dua kestabilan titik ekuilibrium pada model SIQR yaitu:

a. Titik ekuilibrium bebas penyakit $E_0 = (\hat{S}, \hat{I}, \hat{Q}, \hat{R}) =$

$$\left(\frac{(1-p)\Lambda}{-\delta_1 + \mu + \delta_2}, 0, 0, \frac{p\Lambda}{\mu + \delta_2} \right)$$

b. Titik ekuilibrium endemik penyakit

$$E_1 = S^*, I^*, Q^*, R^* \text{ dengan}$$

$$S^* = \frac{\eta + \beta + m + \varphi + \mu}{a}$$

$$I^* = \frac{1}{a} \left(\frac{(1-p)a\Lambda}{\eta + \beta + m + \varphi + \mu} + \delta_1 - \mu - \delta_2 \right)$$

$$Q^* = \frac{\beta \left(\frac{(1-p)a\Lambda}{\eta + \beta + m + \varphi + \mu} + \delta_1 - \mu - \delta_2 \right)}{(\gamma + \varphi + \mu)}$$

- 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

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.

$$R^* = \frac{\gamma \left(\frac{\beta \left(\frac{(1-p)a\Lambda}{\eta+\beta+m+\varphi+\mu} + \delta_1 - \mu - \delta_2 \right)}{(-\gamma - \varphi - \mu)} \right) + m \left(\frac{1}{a} \left(\frac{(1-p)a\Lambda}{\eta+\beta+m+\varphi+\mu} + \delta_1 - \mu - \delta_2 \right) \right) + \eta \left(\frac{1}{a} \left(\frac{(1-p)a\Lambda}{\eta+\beta+m+\varphi+\mu} + \delta_1 - \mu - \delta_2 \right) \right) + p\Lambda}{(\mu + \delta_2)}$$

Simulasi model penyebaran penyakit campak dengan adanya pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi untuk kasus pada Kota Pekanbaru berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Pekanbaru Bulan Mei-Juni Tahun 2022 terdapat 22 orang yang terkena infeksi penyakit campak dari jumlah total populasi 994,585 pada tahun itu. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa:

- a. Jika laju imigrasi kecil dari atau sama dengan laju emigrasi, maka titik kestabilan ekuilibrium bebas penyakit tersebut stabil asimtotik sedangkan pada saat laju imigrasi lebih besar dari laju emigrasi, maka titik kestabilan ekuilibrium bebas penyakit tersebut tidak stabil.
- b. Jika laju imigrasi kecil dari, lebih besar dan sama dengan laju emigrasi, maka titik kestabilan ekuilibrium endemik penyakit tersebut tidak stabil.
- c. Laju pengobatan sangat berperan penting terhadap penyebaran penyakit campak, jika sedikit pengobatan maka jumlah infeksi menjadi semakin banyak. Kemudian sebaliknya jika pengobatannya lebih banyak maka jumlah penyebaran infeksi penyakit campak dari individu ke individu lain berkurang.

Saran

Dalam penulisan ini, penulis membahas model SIQR terhadap penyebaran penyakit Campak dengan pengaruh migrasi, pengobatan dan imunisasi. Besar atau kecil laju imigrasi dan sama dengan laju emigrasi berpengaruh terhadap penyebaran campak, kemudian juga untuk pengobatan yang berpengaruh terhadap individu yang sakit tetapi tidak dapat mencegah penyebaran penyakit campak tersebut. Pada saat ini Kota Pekanbaru masih terdapat individu yang terkena penyakit campak, namun pengobatan dalam penelitian ini berperan penting untuk menyembuhkan individu yang terdampak ketika besar pengaruh pengobatan pada individu maka besar kemungkinan individu tersebut untuk sembuh, begitu sebaliknya. Dalam penelitian ini subpopulasi yang digunakan adalah *susceptible*



(S), *Infected (I)*, *Quarantined (Q)*, *Recoverd (R)*. bagi pembaca yang tertarik dengan masalah ini untuk mengembangkan model penyebaran penyakit campak dengan menambahkan subpopulasi *Terpapar (E)* atau orang yang terinfeksi tetapi tidak menyebarkan.



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.

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

- Kementrian Kesehatan RI. Profil Kesehatan Indonesia 2020. Jakarta. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2021.
- K. E. Oktaviasari. Relationship of Measles Immunization with Measles in East Java. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, vol. 6, no. 2, p. 166, 2018, doi: 10.20473/jbe.v6i22018.166-173..
- Kementrian Kesehatan RI. Profil kesehatan Kota Pekanbaru Tahun 2017. Dinas Kesehatan Pekanbaru. 2018.
- R. Meilani dan R. E. Budiati. Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kejadian Campak Di Puskesmas Purwosari Kabupaten Kudus. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat*, vol. 2, no. 9, pp. 93–112, 2013.
- [5] A. F. D. Hubu, N. Achmad, dan N. Nurwan. Model matematika SMEIUR pada penyebaran penyakit campak dengan faktor pengobatan. *Jambura journal of Biomathematics*, vol. 1, no. 2, pp. 71–80, 2020, doi: 10.34312/jjbm.v1i2.7970.
- [6] R. M. Ainun Fatmawati, lisnawati R Aju. “Model Dinamika Penyebaran Penyakit Campak Dengan pengaruh migrasi dan penambahan imunisasi”. *Jurnal Ilmiah Matematika, Sain dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 9–15, 2020.
- [7] W. D. Sihotang, C. C. Simbolon, J. Hartiny, D. Tindaon, dan L. P. Sinaga. Analisis Kestabilan Model SEIR Penyebaran Penyakit Campak dengan Pengaruh Imunisasi dan Vaksin MR. *Journal Matematika Statistik dan Komputasi*, vol. 16, no. 1, p. 107, 2019, doi: 10.20956/jmsk.v16i1.6594.
- S. A. Saputro dan P. Widyaningsih. Program Vaksinasi Penyakit Campak di Indonesia Melalui Model Susceptible Infected Recovered (SIR) dan Hasilnya. *Jurnal FKIP*, November, pp. 993–1008, 2016.
- Kementrian Kesehatan RI, Profil Kesehatan Indonesia 2018. Jakarta. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2019.
- [8] F. Agushybana, Nuryanti dan D. A. Margawati. *Buku Pintar Imunisasi Campak dan Rubella*. Semarang: FKM UNDIP Press. 2018.
- [9] F. Ardiansyah, K. Budhi R, A. Suwondo. Faktor Yang Mempengaruhi KLB Campak Anak Usia Sekolah Dasar. *Jurnal Epidemiologi Komunitas*, vol. 8487, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [10] Y. Yundri, M. Setiawati, S. Suhartono, H. Setyawan dan K. Budhi. Faktor-Faktor Risiko Status Imunisasi Dasar Tidak Lengkap pada Anak (Studi di Wilayah Kerja Puskesmas II Kuala Tungkal). *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*. vol. 2, no. 2, p. 78, 2017, doi:



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.

10.14710/jekk.v2i2.4000.

- [3] k. B. Fraser dan s. J. Martin. *Experimental Virology*. London: academic press. 1978.
- [4] J. Pattilouw, M. Syafar, dan H. Ishak. Perilaku Pencarian Pengobatan Terhadap Penyakit Campak Pada Provinsi Maluku. *Jurnal Kesehatan*, vol. 6, no. 3, pp. 381–387, 2016.
- [5] W. Murtafi'ah and D. Apriandi, *Persamaan Diferensial Biasa dan Aplikasinya*. Jawa Timur, 2018. [Online]. Available: kwu.unipma.ac.id
- [6] H. A. C. Rorres. *Aljabar Linear Elementer*. Jakarta: Erlangga. 2004.
- [7] S. B Waluya. 2006. *Persamaan Diferensial*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2006.
- [8] John Guckenheimer Philip Holmes. *Applied Mathematical Sciences 42*. New York: Springer. 1983.
- [19] Danang Mursita. *Aljabar Linear*. Bandung: Rekayasa Sains. 2010.
- [20] S. Wiggins dan D. S. Mazel. Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos. *Computer Phys Journal*, vol. 4, no. 5, p. 563, 1990, doi: 10.1063/1.4822950.
- [21] J. R. Chasnov. *Mathematical Biology*. Hong Kong. 2009.



LAMPIRAN

Syntax Program Maple $\delta_1 < \delta_2$

```
restart : with(plots) : with(DEtools);
with(linalg) : unprotect(gamma) :

pi := 0.03786705 : eta := 1 : beta := 0.00000101 : mu := 0.05 : alpha := 0.0000111 : Y := 0.625 : o
:= 0 : delta1 := 0.3 : delta2 := 0.4 : N := 9894585 : m := 0.90 : Lambda := 0.01117855 :

de1 := diff(S(t), t) = (1 - pi)Lambda + delta1*S(t) - mu*S(t) - delta2*S(t) - alpha*S(t)*C(t);
de1 := d/dt S(t) = 0.01075525129 - 0.15 S(t) - 0.0000111 S(t) C(t)

de2 := diff(C(t), t) = alpha*S(t)*C(t) - (eta + beta + m + o + mu)*C(t);
de2 := d/dt C(t) = 0.0000111 S(t) C(t) - 1.95000101 C(t)

de3 := diff(Q(t), t) = beta*C(t) - (Y + o + mu)*Q(t);
de3 := d/dt Q(t) = 0.00000101 C(t) - 0.675 Q(t)

de4 := diff(R(t), t) = eta*C(t) + Y*Q(t) + m*C(t) - (mu + delta2)*R(t) + pi*Lambda;
de4 := d/dt R(t) = 1.90 C(t) + 0.625 Q(t) - 0.45 R(t) + 0.0004232987118

inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22];
inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22]

myopts := stepsize = 0.1;
myopts := stepsize = 0.1

plot1 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, S],
arrows = none, myopts) : display(plot1);

plot2 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, C],
arrows = none, myopts, linecolor = red) : display(plot2);

plot3 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, Q],
arrows = none, myopts, linecolor = green) : display(plot3);

plot4 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, R],
arrows = none, myopts, linecolor = blue) : display(plot4);
```

- 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

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.

2. Syntax Program Maple $\delta_1 = \delta_2$

```
restart : with(plots) : with(DEtools);

with(linalg) : unprotect(gamma) :

pi := 0.03786705 : eta := 1 : beta := 0.00000101 : mu := 0.05 : alpha := 0.0000111 : Y := 0.625 : o
:= 0 : delta1 := 0.3 : delta2 := 0.3 : N := 9894585 : m := 0.90 : Lambda := 0.01117855 :

de1 := diff(S(t), t) = (1 - pi)Lambda + delta1*S(t) - mu*S(t) - delta2*S(t) - alpha*S(t)*C(t);
      de1 :=  $\frac{d}{dt} S(t) = 0.01075525129 - 0.05 S(t) - 0.0000111 S(t) C(t)$ 

de2 := diff(C(t), t) = alpha*S(t)*C(t) - (eta + beta + m + o + mu)*C(t);
      de2 :=  $\frac{d}{dt} C(t) = 0.0000111 S(t) C(t) - 1.95000101 C(t)$ 

de3 := diff(Q(t), t) = beta*C(t) - (Y + o + mu)*Q(t);
      de3 :=  $\frac{d}{dt} Q(t) = 0.00000101 C(t) - 0.675 Q(t)$ 

de4 := diff(R(t), t) = eta*C(t) + Y*Q(t) + m*C(t) - (mu + delta2)*R(t) + pi*Lambda;
      de4 :=  $\frac{d}{dt} R(t) = 1.90 C(t) + 0.625 Q(t) - 0.35 R(t) + 0.0004232987118$ 

inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22];
        inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22]

myopts := stepsize = 0.1;
        myopts := stepsize = 0.1

plot1 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 ..5, [inits], scene = [t, S],
arrows = none, myopts) : display(plot1);

plot2 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 ..5, [inits], scene = [t, C],
arrows = none, myopts, linecolor = red) : display(plot2);

plot3 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 ..5, [inits], scene = [t, Q],
arrows = none, myopts, linecolor = green) : display(plot3);

plot4 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 ..5, [inits], scene = [t, R],
arrows = none, myopts, linecolor = blue) : display(plot4);
```

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

UIN Suska Riau

Stal

ami

iver

of Sultan Syarif Kasim Ria

3. Syntax Program Maple $\delta_1 > \delta_2$

```
restart : with(plots) : with(DEtools);
with(linalg) : unprotect(gamma) :

pi := 0.03786705 : eta := 1 : beta := 0.00000101 : mu := 0.05 : alpha := 0.0000111 : Y := 0.625 : o
:= 0 : delta1 := 0.4 : delta2 := 0.3 : N := 9894585 : m := 0.90 : Lambda := 0.01117855 :

de1 := diff(S(t), t) = (1 - pi)Lambda + delta1*S(t) - mu*S(t) - delta2*S(t) - alpha*S(t)*C(t);
      de1 :=  $\frac{d}{dt} S(t) = 0.01075525129 + 0.05 S(t) - 0.0000111 S(t) C(t)$ 

de2 := diff(C(t), t) = alpha*S(t)*C(t) - (eta + beta + m + o + mu)*C(t);
      de2 :=  $\frac{d}{dt} C(t) = 0.0000111 S(t) C(t) - 1.95000101 C(t)$ 

de3 := diff(Q(t), t) = beta*C(t) - (Y + o + mu)*Q(t);
      de3 :=  $\frac{d}{dt} Q(t) = 0.00000101 C(t) - 0.675 Q(t)$ 

de4 := diff(R(t), t) = eta*C(t) + Y*Q(t) + m*C(t) - (mu + delta2)*R(t) + pi*Lambda;
      de4 :=  $\frac{d}{dt} R(t) = 1.90 C(t) + 0.625 Q(t) - 0.35 R(t) + 0.0004232987118$ 

inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22];
      inits := [S(0) = 994585, C(0) = 11, Q(0) = 8, R(0) = 22]

myopts := stepsize = 0.1;
      myopts := stepsize = 0.1

plot1 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, S],
arrows = none, myopts) : display(plot1);

plot2 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, C],
arrows = none, myopts, linecolor = red) : display(plot2);

plot3 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, Q],
arrows = none, myopts, linecolor = green) : display(plot3);

plot4 := DEplot([de1, de2, de3, de4], [S(t), C(t), Q(t), R(t)], t = 0 .. 5, [inits], scene = [t, R],
arrows = none, myopts, linecolor = blue) : display(plot4);
```

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Kampar, 01 Januari 2000, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Khaidir dan Ibu Radiah. Penulis menyelesaikan pendidikan formal pada Sekolah Dasar Negeri 006 Tanjung Bungo hingga menyelesaikannya tahun 2012. Kemudian menyelesaikan pendidikan MTS pada tahun 2015 hingga MA pada tahun 2018 di Ponpes As-salam Naga Beralih, Air Tiris. Setelah menyelesaikan studi di bangku MA Ponpes As-Salam Naga Beralih, Air Tiris. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan lulus di Fakultas Sains dan Teknologi dengan program studi Matematika. Pada tahun 2020 mengikuti pendidikan non-formal yaitu program STM (Sekolah Tahfidz Matematika) yang beralamat jln. Mahasantri Perumahan Mustamindo Blok N.10.

© Hak cipta

kaRiau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Ria

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.