

- 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.

KESTABILAN MODEL SIRS UNTUK ESTIMASI ANGKA PENYEBARAN VIRUS COVID-19 DI RIAU

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika

Oleh:

NESYA ANGGRAINI
11754202024

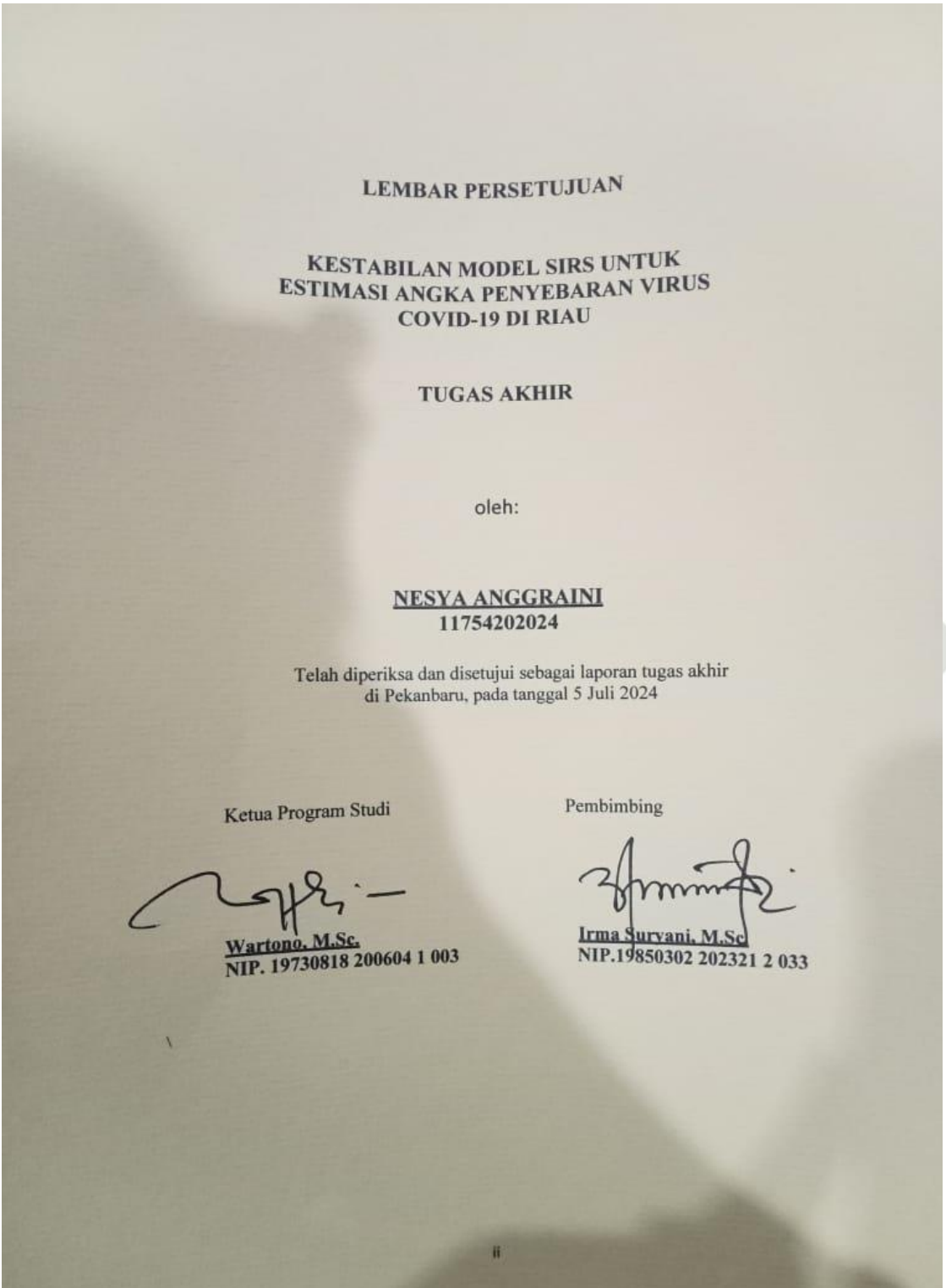


UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2024

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.

LEMBAR PENGESAHAN

**KESTABILAN MODEL SIRS UNTUK ESTIMASI ANGKA
PENYEBARAN VIRUS COVID-19 DI RIAU**

TUGAS AKHIR

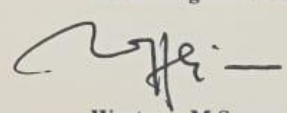
oleh:

NESYA ANGGRAINI
11754202024

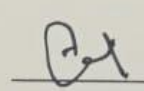
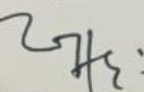
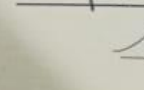
Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 5 Juli 2024

Pekanbaru, 5 Juli 2024
Mengesahkan

Ketua Program Studi


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

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

DEWAN PENGUJI

Ketua : Nilwan Andiraja, M.Sc

Sekretaris : Irma Suryani, M.Sc.

Anggota I : Wartono, M.Sc.

Anggota II : Mohammad Soleh, M.Sc.

iii

LEMBAR HAK ATAS KEYAAN 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 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.

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, 5 Juli 2024

Vera membuat pernyataan,



NESYA ANGGRAINI
11754202024

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

Janganlah kamu (merasa) lemah dan jangan (pula) kamu bersedih hati, padahal kamu paling tinggi (derajatnya) jika kamu orang-orang mukmin

- (Ali 'Imran : 139) -

Pertama dan yang paling utama puji beserta syukur tak lupa diucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

*Shalawat beserta salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah
Shalallahu Alaihi Wassalaam*

Sebuah karya kecil ini atau Tugas akhir ini ku persembahkan hanya untuk Ayahanda Rudi Anto Hasibuan dan Mama Syamsuhani Nasution

*Mungkin beribu ucapan terimakasihku tak cukup untuk membalas semua kasih sayang, pengorbananmu kepadaku, namun hanya itu yang dapatku ku ucapkan untuk membalas semua apa yang kalian lakukan kepadaku,
Terimakasih ayah..... terimakasih ibu...*

*serta adik-adikku tercinta
Terimakasih juga atas do'a, semangat dan dukungannya*

~Terimakasih banyak~

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.

KESTABILAN MODEL SIRS UNTUK ESTIMASI ANGKA PENYEBARAN VIRUS COVID-19 DI RIAU

NESYA ANGGRAINI
NIM: 11754202024

Tanggal Sidang : 5 Juli 2024
Tanggal Wisuda :

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

ABSTRAK

Covid-19 adalah bagian dari pandemi di seluruh dunia sejak awal tahun 2020 yang disebabkan oleh virus sehingga berakibat mengganggu saluran pernapasan sedang ataupun berat. Berbagai model matematika telah diajukan untuk memahami perilaku penyakit, salah satunya model SIR. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model matematika Covid-19 dengan tingkat insiden nonlinier menggunakan data Provinsi Riau, dengan asumsi logis untuk mengembangkan model. Penelitian ini mendiskritisasi model dengan menggunakan metode SIRS. Kemudian, Model diselesaikan untuk mencari titik ekuilibrium dan kestabilannya. Ditemukan bahwa model ini memiliki dua titik ekuilibrium, yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik. Berdasarkan nilai eigen, hasil yang diperoleh yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit stabil asimtotik jika $R_0 < 1$ dan titik ekuilibrium endemik penyakit stabil asimtotik jika $R_0 > 1$.

Kata Kunci: *Bilangan reproduksi dasar, Model SIRS Covid-19, Nilai eigen*

UIN SUSKA RIAU

STABILITY OF SIRS MODEL FOR ESTIMATING THE REPRODUCTION NUMBER OF THE COVID-19 AT RIAU

NESYA ANGGRAINI
NIM: 11754202024

Date of Final Exam : 5 July 2024

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

Covid-19 is part of worldwide pandemic since early 2020 which is caused by virus that results in moderate or severe respiratory tract disorders. Various mathematical models have been proposed to understand the behaviour of the disease, one of which is SIRS model. In this research, we discuss mathematical modelling of the spread of Covid-19 by providing analysis and predictions based on data from the case of Covid-19 in Riau Province. The aim of this research is to develop a Covid-19 mathematical model with nonlinear incidence rate using data from Riau Province, with logical assumptions to develop the model. This research discretize the model by using SIRS method. Then, It was found that this model has two equilibrium points, namely disease-free equilibrium point and endemic equilibrium point. Based on eigenvalues, result obtained that disease-free equilibrium asymptotically stable if $R_0 < 1$ and endemic equilibrium asymptotically stable if $R_0 > 1$.

Keyword : *Eigen values, reproduction numbers, SIRS Covid-19 Model*

UIN SUSKA RIAU

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'aalamiin, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala*. Karena atas pertolongan, rahmat, kasih sayang, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“Kestabilan Model SIRS untuk Estimasi Angka Penyebaran Virus Covid-19 di Riau”**. Shalawat beserta salam kepada inspirasi dan teladan terbaik bagi para umat, yakni Rasulullah Shallallahu Alaihi Wassalam.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan hati tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Hairunas Rajab, 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
5. Bapak Dr.Rado Yendra,M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama perkuliahan.
6. Ibu Irma Suryani,M.Sc. selaku pembimbing tugas akhir penulis yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan dukungan, arahan, bimbingan, dan motivasi dalam meyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Muhammad Soleh, M.Sc. selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan untuk turut melengkapi tugas akhir ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
9. Orangtua tercinta Ayahanda Rudi Anto Hasibuan dan Ibunda Syamsuharni, kakak dan adik penulis yang telah mendoakan, memberikan dukungan dan

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.

motivasi kepada penulis hingga tugas akhir ini selesai.

10. Sahabat seperjuangan Nara Selma Nasution atas dukungan dan motivasinya sampai penyusunan tugas akhir ini terselesaikan.
11. Seluruh teman-teman Angkatan 2017 yang selalu bersedia untuk bertukar pikiran dan memberikan motivasi kepada penulis.
12. Semua pihak yang turut membantu dan memotivasi penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Allah membalas dengan mengaruniakan rahmat dan hidayah-Nya kepada mereka semua. Oleh karena itu, kritik dan saran dari berbagai pihak masih sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 5 Juli 2024

NESYA ANGGRAINI
11754202024

UIN SUSKA RIAU

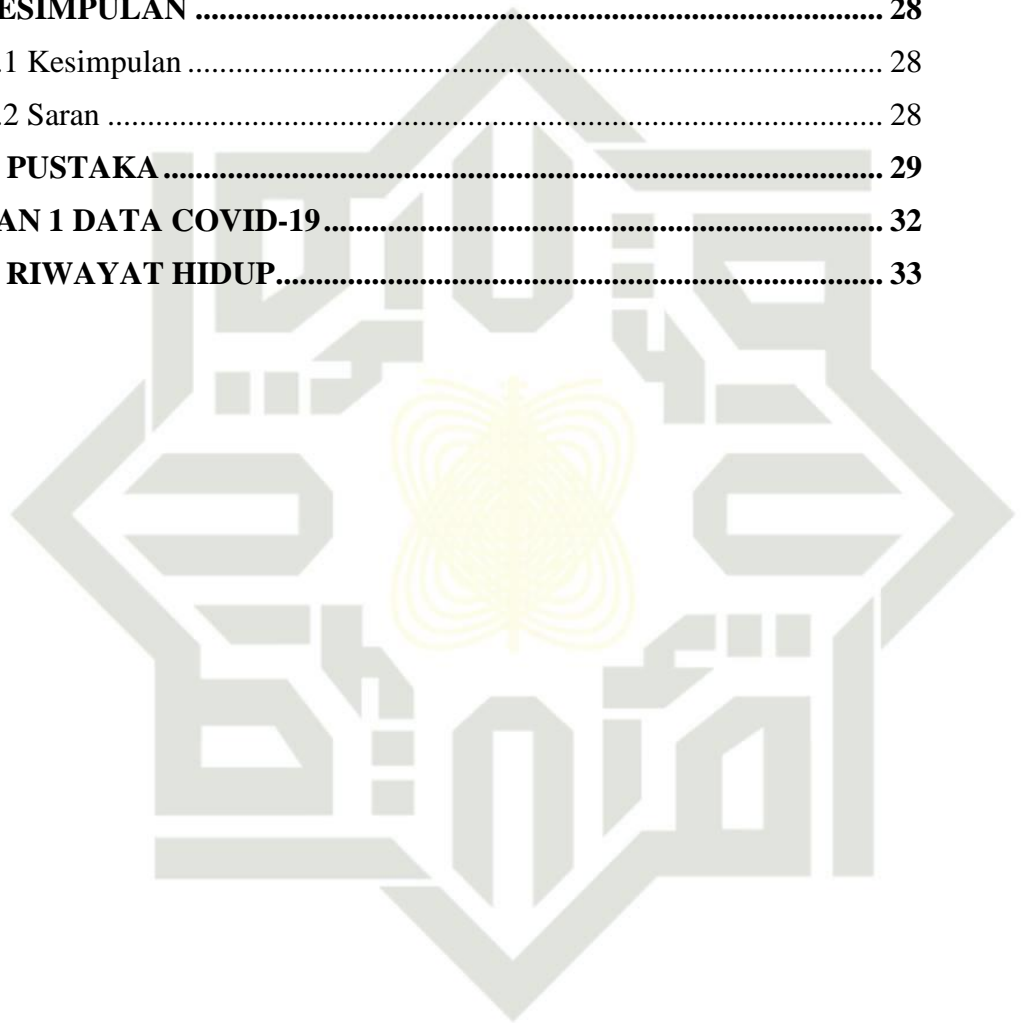
DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penulisan.....	5
1.5 Manfaat Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Virus Covid-19 (coronavirus Disease 2019).....	7
2.2 Pemodelan Matematika Susceptible Infective Rescofered Susceptible (SIRS)	8
2.3 Sistem Persamaan Diferensial.....	10
2.4 Nilai Eigen	10
2.5 Matriks Jacobi.....	11
2.6 Angka Reproduksi Dasar (R_0)	11
2.7 Titik Ekuilibrium dan Analisis Kestabilan	12
BAB III METODE PENELITIAN	17
BAB IV PEMBAHASAN	19
4.1 Asumsi – Asumsi dalam Model SIRS	19

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.

4.2 Titik Keseimbangan Model SIRS untuk Angka Penyebaran Covid-19	20
4.3 Analisis Kestabilan Titik ekuilibrium Model SIRS	22
4.4 Simulasi Numerik Model SIRS Untuk Penyebaran Virus Covid-19 di Riau	25
BAB V KESIMPULAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN 1 DATA COVID-19	32
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	33



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 SIMBOL

- S : Populasi yang berisiko tertular penyakit Covid-19
- I : Kelompok individu yang terpapar penyakit Covid-19 dan berpotensi menularkan infeksi
- R : Kelompok individu yang telah pulih dari penyakit Covid-19
- N : Jumlah individu dalam populasi
- α : Tingkat kelahiran
- β : Tingkat penularan penyakit Covid-19
- ϑ : Tingkat kematian individu yang terinfeksi
- μ : Tingkat kematian alami individu
- γ : Tingkat individu yang sembuh
- ξ : Tingkat individu yang rentan kembali

DAFTAR SINGKATAN

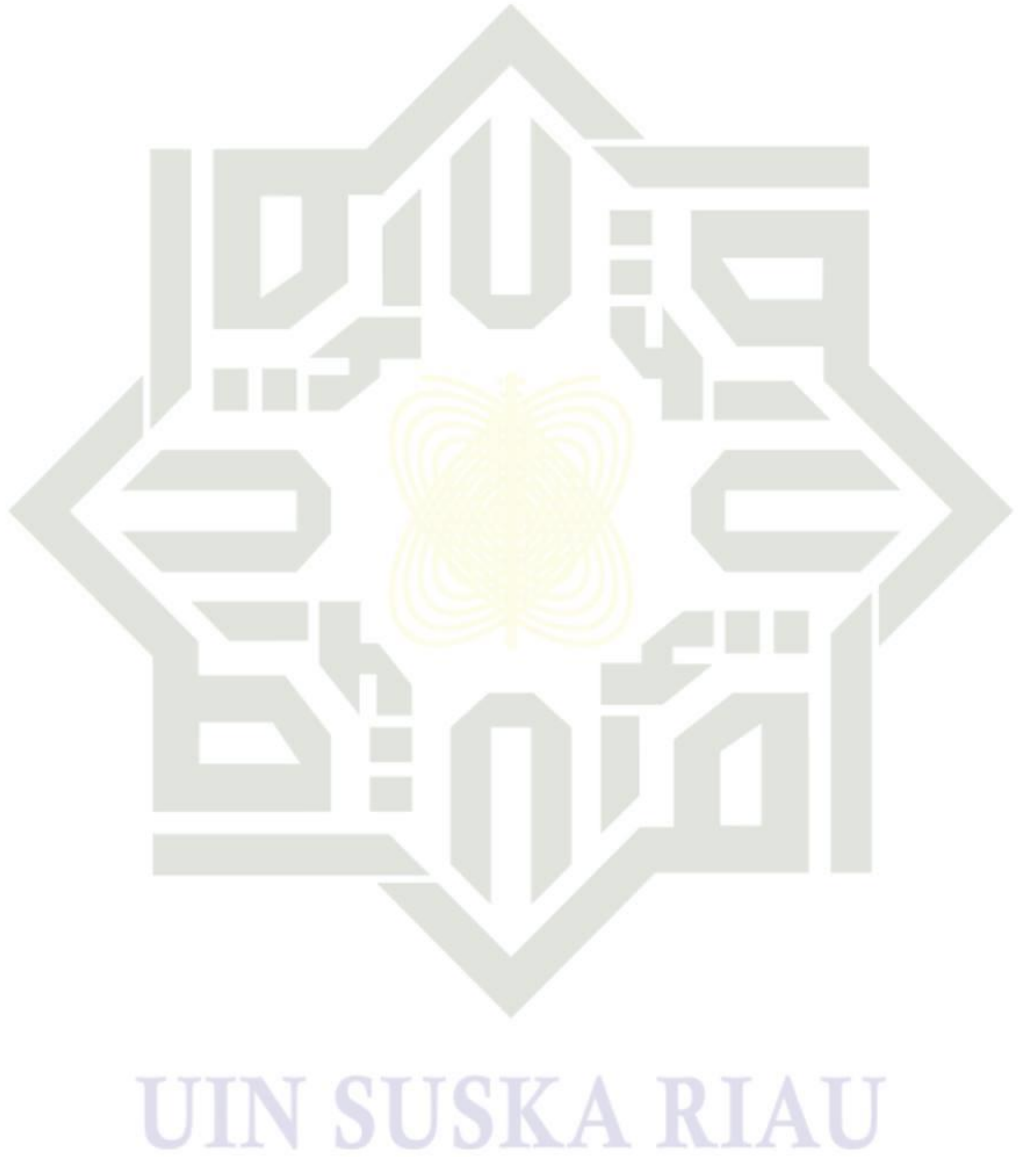
WHO	: <i>World Health Organization</i> (Organisasi Kesehatan Dunia)
SIRS	: <i>Susceptible Infected Recovered Susceptible</i>
Covid-19	: <i>Coronavirus Disease 2019</i>
MERS	: <i>Middle East Respiratory Syndrome</i>
SARS	: <i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i>

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 1 Daftar Data Covid-19.....	32
--------------------------------------	----



- 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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika memainkan peran yang sangat signifikan dalam proses perkembangan dan kemajuan dunia, dan sering dijuluki sebagai "Ratu Ilmu". Seiring dengan julukan tersebut, matematika memainkan peranan penting dalam menggambarkan hampir semua aktivitas melalui model matematika. Dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan seperti kesehatan, teknologi, dan sosial, matematika memiliki peran krusial dalam kemajuan tersebut. Salah satu aplikasi penting matematika dalam bidang kesehatan yaitu dengan melakukan pemodelan terhadap penyebaran penyakit menular. Dalam hal ini, Lekone dan Finkenstast (2006) menjelaskan bahwa model matematika dapat digunakan sebagai sarana untuk mendapatkan pemahaman tentang proses penyebaran penyakit menular yang berubah-ubah, yang membantu dalam memperoleh pengetahuan yang berharga [1].

Dalam model matematika untuk mempelajari penyebaran penyakit menular, terdapat beberapa subpopulasi yang dibedakan. Salah satunya adalah subpopulasi sangat rentan terhadap serangan penyakit, yang biasa dikatakan sebagai *Susceptible* (S). Terdapat juga kelompok individu yang sedang mengalami periode laten atau inkubasi penyakit, disebut sebagai *Exposed* (E). Selain itu, terdapat kelompok individu yang terpapar penyakit, disebut sebagai *Infected* (I), dan kelompok individu yang sudah pulih dari penyakit, disebut sebagai *Removed* (R). Model epidemiologi menggunakan kombinasi dari subpopulasi tersebut, dan ada beberapa jenis model yang umum digunakan, seperti model SI, SIS, SIR, dan SEIR. Setiap model menunjukkan ciri khas dan pola penyebaran yang berbeda-beda [2].

Model epidemi SIRS memiliki ciri khas di mana individu yang rentan terhadap penyakit menular dapat tertular penyakit tersebut melalui interaksi dengan individu yang telah terinfeksi. Namun, melalui pengobatan medis atau proses alami, individu yang terinfeksi memiliki peluang untuk sembuh dari penyakit tersebut [3]. Ada kemungkinan bahwa orang-orang yang telah pulih dari

penyakit dapat terinfeksi kembali, terutama jika sistem pertahanan tubuh mereka melemah. Oleh karena itu, individu yang sudah sembuh tetap rentan terhadap penyakit jika kondisi kekebalan tubuh mereka tidak optimal.

Penggunaan model matematika untuk menggambarkan penyebaran penyakit menular, baik itu penyebaran yang terjadi maupun yang tidak terjadi. Salah satu model yang digunakan yaitu model SIRS, yang juga dimanfaatkan untuk menggambarkan pola penyebaran penyakit Covid-19. Wabah Covid-19 yang telah menyebar secara global telah menimbulkan keprihatinan karena tingkat penyebaran yang cepat dan dampaknya yang merugikan dalam hal jumlah kasus kematian. Studi-studi telah dilakukan untuk memahami fitur khas dari penyakit ini, termasuk cara penyebarannya, daya tahan yang dimiliki pada berbagai media, dan bahan kimia yang memiliki potensi untuk menetralkan virus tersebut.

Penyakit Covid-19 berhubungan dengan varian virus Corona yang dikenal sebagai SARS-CoV-2. Keberadaan infeksi virus Corona pertama kali terdeteksi di Wuhan, China pada akhir bulan Desember 2019 [4]. Virus ini memiliki tingkat penularan yang sangat tinggi dan telah menyebar ke hampir seluruh negara, termasuk Indonesia. Situasi ini mendorong beberapa negara untuk mengimplementasikan kebijakan lockdown guna mencegah penyebaran virus Corona. Di Indonesia, penerapan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) dilakukan untuk mengendalikan penyebaran virus tersebut.

Sejumlah peneliti telah melaksanakan studi mengenai pemodelan Covid-19 guna mengantisipasi sejauh mana penyebaran dan memperkirakan puncak kasus Covid-19 baik di Indonesia maupun di beberapa provinsi di dalamnya. Model SIR (*Susceptible Infected Recovered*) saat ini banyak digunakan untuk memahami pola penyebaran virus Covid-19. Sebagai contoh, dalam jurnal Safriyani dan D.Rosadi telah dilakukan penelitian terkait hal tersebut [4] menggunakan model SIR untuk estimasi angka reproduksi Covid-19 di Kalimantan Timur dan Samarinda. Berdasarkan model tersebut, terdapat prediksi angka reproduksi dasar dan reproduksi efektif antara 1,03 hingga 2,81. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah orang yang terinfeksi Covid-19 diperkirakan akan terus meningkat sampai mencapai tingkat stabil. Angka reproduksi tersebut menjelaskan bahwa satu orang

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.

yang terinfeksi dapat menularkan virus kepada 2-3 individu baru, sehingga vaksinasi menjadi penting untuk melindungi banyak individu. Penelitian oleh J. Wangping *et al* [5] melakukan prediksi menggunakan model SIR yang diperluas terkait tren epidemi COVID-19 di Italia dan membandingkannya dengan Hunan, China. Wangping dan rekan-rekannya menggunakan data deret waktu COVID-19 dari tanggal 22 Januari 2020 hingga 16 Maret 2020. Selain itu, kajian tentang penyebaran Covid-19 juga dilakukan di Irlandia Utara [6] menggunakan model SEIR namun hanya melibatkan parameter tingkat infeksi dan tingkat kesembuhan. Secara khusus di Indonesia, penelitian terkait penggunaan model matematika untuk memprediksi penyebaran Covid-19 telah dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta [7], Kalimantan [8], Samarina [9], dan prediksi penyebaran Covid-19 oleh [10]. Secara keseluruhan, parameter yang digunakan pada penelitian-penelitian tersebut hanya terbatas pada tingkat infeksi, tingkat kesembuhan, dan tingkat kematian individu karena terinfeksi Covid-19.

Dalam menghadapi penyebaran yang cepat dari virus Covid-19, pemerintah telah mengimplementasikan berbagai kebijakan, termasuk salah satunya Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Kebijakan ini diambil sebagai upaya untuk mengendalikan penyebaran virus dan melindungi masyarakat. Beberapa peneliti telah mengusulkan model penyebaran Covid-19 yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) dan physical distancing, seperti yang dijelaskan dalam jurnal oleh Handayanto [11]. Model tersebut memperhitungkan bahwa satu orang yang terinfeksi Covid-19 dapat menularkan virus kepada 2-3 individu yang rentan terinfeksi. Efektivitas PSBB dalam mengatasi penyebaran Covid-19 juga telah dijelaskan dalam jurnal oleh Handayanto [11].

Ada pun dalam kasus lain seperti [12]. Jurnal ini menjelaskan dinamika pecandu game online yang memiliki dua kondisi yaitu pecandu game online akan menghilang jika $(E1) = (S = 1, i = 0, r = 0)$ dan pecandu game online akan meningkat dan menjadi wabah tetapi pada saat tertentu akan menurun jika $(E2) = (S = 0.6591623470, i = 0.1133956606, r = 0.2274411530)$.

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 penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, terdapat perbedaan hasil penelitian. Beberapa penelitian menunjukkan adanya peningkatan laju penyebaran dan penurunan kasus Covid-19 yang menunjukkan efektivitas pembatasan sosial, namun juga terdapat faktor efektivitas sosial masyarakat yang kurang baik yang dapat memicu terinfeksi kembali pada individu yang rentan. Penelitian Maghira menggambarkan model matematika dalam menganalisis penyebaran penyakit Covid-19 menggunakan model SIRS, dengan penekanan pada interpretasi hasil analisis model tersebut. Pencegahan penularan Covid-19 menjadi fokus utama, di mana menghindari kontak dengan individu yang terinfeksi dianggap sebagai langkah kunci. Namun, tantangan muncul dengan kemungkinan individu yang sembuh kembali terinfeksi karena penurunan kekebalan tubuh. Faktor-faktor seperti tingkat penularan melalui kontak dengan individu terinfeksi, masuknya imigran dari negara terjangkit, dan penurunan kekebalan pada individu yang telah sembuh menjadi poin-poin krusial dalam memahami dinamika penyebaran Covid-19.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengulas jurnal Magfira Izzani dan Helma [13] dengan menambahkan asumsi bahwa individu yang telah pulih juga dapat menjadi rentan terhadap kembali terinfeksi penyakit. Berdasarkan peneliti terdahulu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Kestabilan Model SIRS Untuk Estimasi Angka Penyebaran Virus COVID-19 Di Riau”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis dapat merumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut;

1. Apa bentuk model epidemi SIRS untuk penyebaran virus Covid-19 di Riau?
2. Bagaimana angka reproduksi penyebaran virus Covid-19 di Riau?

1.3 Batasan Masalah

Diperlukan Batasan masalah agar penelitian lebih fokus dan tidak menyimpang, Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini adalah;

- a. Penelitian ini menggunakan model SIRS yang dikembangkan oleh Izzani Afwan dan Magfirah [13]. Dalam model ini, diasumsikan bahwa orang

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.

yang telah pulih bisa mengalami kerentanan kembali terhadap infeksi karena penurunan kekebalan tubuh. Selain itu, dalam model ini tidak dibedakan antara negara asal dan imigran, atau individu dalam kelompok yang rentan akan berpindah ke kelompok yang terinfeksi dan mengalami kematian.

- b. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu data sekunder kasus Covid-19 di Provinsi Riau yang di ambil langsung dari *Website* Dinas Kesehatan Provinsi Riau.
- c. Penelitian ini, membatasi permasalahan dengan laju penyeberan virus Covid-19 yang terjangkit terhadap estimasi angka penyebaran virus Covid-19 di Riau. Penulis mengambil data dari bulan Maret 2020– Mei 2020.

1.4 Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, penulis memiliki tujuan penulisan dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut;

1. Mengetahui model epidemi SIRS untuk penyebaran virus Covid-19 di Riau.
2. Mengetahui model epidemi SIRS untuk estimasi angka penyebaran virus Covid-19 di Riau.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat dibuat oleh penulis dalam penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut;

1. Bagi penulis

Penulis dapat mengetahui model epidemi SIRS untuk penyebaran dan estimasi angka penyebaran virus Covid-19 di Riau.

2. Bagi Pihak Lain

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi atau pembelajaran untuk melakukan penelitian selanjutnya dan dapat juga membantu dinas kesehatan dalam mengambil kebijakan terkait penyebaran virus Covid-19.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memastikan kelancaran dan struktur yang terarah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis telah mengorganisirnya menjadi beberapa bab. Berikut adalah urutan bab-bab yang akan disajikan:

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 berfokus pada dasar-dasar penelitian yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab kedua mengulas teori dasar yang relevan sebagai landasan untuk mengembangkan penelitian ini. Konsep dan teori terkait, seperti pemodelan, model epidemi, model epidemi SIR, estimasi angka penyebaran, Virus Covid-19, dan kajian terkait sebelumnya, akan dijelaskan secara detail.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ketiga menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan penulis dalam mencapai tujuan penelitian, mulai dari metode penelitian, teknik pengambilan data, hingga tahap penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat membahas proses analisis data dan langkah-langkah yang ditempuh untuk memperoleh hasil penelitian tugas akhir.

BAB V PENUTUP

Bab kelima berisi kesimpulan yang menggambarkan inti dari seluruh pembahasan dan memberikan saran-saran yang relevan.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Virus Covid-19 (coronavirus Disease 2019)

Keluarga virus Corona (CoV) merupakan penyebab sejumlah penyakit, mulai dari infeksi flu ringan hingga penyakit pernapasan yang parah seperti *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS). [14]. Virus corona termasuk dalam kategori zoonosis, ialah virus yang dapat berpindah dari hewan ke manusia. Sejarah Covid-19 pertama kali terdeteksi pada tahun 1960 pada pasien yang mengalami gejala flu biasa (common cold). Sebagian besar virus corona tidak berbahaya dan mendapatkan namanya berdasarkan kesamaan struktur dengan mahkota yang terlihat pada permukaannya. Dalam bahasa Latin, "corona" berarti "halo" atau "mahkota" [15].

Menurut [16] Penyebaran virus corona adalah zoonosis, penyakit tersebut awalnya berpindah dari hewan ke manusia. Mengenai Covid-19, proses penularan dari hewan ke manusia belum sepenuhnya diketahui, akan tetapi data filogenetik menunjukkan kemungkinan Covid-19 dapat dikategorikan sebagai zoonosis. Data dari dinas kesehatan menunjukkan adanya penularan antara manusia melalui kontak fisik dengan manusia lainnya, seperti yang terjadi pada tenaga medis yang merawat pasien Covid-19. Tenaga medis tersebut ikut tertular virus Covid-19. Kasus lain di luar China juga mengindikasikan penularan antar manusia, seperti kasus di Jerman di mana seseorang dari Kota Shanghai yang terinfeksi Covid-19 menularkannya kepada orang di kantornya. Laporan khusus juga mencatat bahwa penularan dapat terjadi ketika kasus awal belum menampakkan gejala (asimtomatik) atau masih dalam periode inkubasi. Terdapat juga temuan lain yang mendukung penularan dari manusia ke manusia, di mana terdapat sembilan kasus penularan langsung dari manusia ke manusia di luar China dari kasus indeks ke orang yang memiliki kontak erat tanpa riwayat perjalanan yang mencurigakan.

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.

2.2 Pemodelan Matematika Susceptible Infective Rescofered Susceptible (SIRS)

Pemodelan matematika adalah proses pembangunan model dari suatu sistem nyata menggunakan bahasa formal tertentu. Proses kontruksi yang dilakukan dapat berupa krontruksi grafis, simbolik, simulasi, dan ekperimen. Selain itu dalam pemodelan matematika terdapat juga model simbolik yaitu rumus atau persamaan, dan model simulasi yaitu program komputer. model matematika dapat juga didefinisikan sebagai model matematis dikembangkan dengan tujuan mempelajari fenomena khusus dalam dunia nyata dan menggambarannya secara konstruktif.

Para ilmuwan atau matematikawan melakukan pemodelan matematika untuk memecahkan sebuah masalah diberbagai dunia dengan mengambil sekumpulan fakta atau data dengan tujuan mengambil sebuah keputusan. Model matematika juga digunakan sebagai media atau sebagai pengetahuan mengenai dinamika penyebaran suatu penyakit menular. Untuk mendapatkan model matematika bisa dilakukan dengan mengasumsikan pendekatan/pembatasan suatu permasalahan yang akan diteliti. Berdasarkan variabel yang ditentukan, hubungan antar variable dengan asumsi yang dapat dibentuk sebuah persamaan yang mendeskripsikan suatu masalah yang ada di seluruh dunia sehingga diperoleh sebuah solusi dan sifat dalam model matematika.

Model SIR awalnya dikemukakan oleh Kermack dan Kendrick dalam makalah berjudul "*A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*" yang diterbitkan di [17]. Makalah tersebut menjadi acuan bagi para peneliti dalam pengembangan matematika epidemi penyebaran penyakit menular. Model SIR menjelaskan tiga kompartemen dalam populasi, yakni populasi yang rentan (*susceptible*), populasi yang terinfeksi (*infected*), dan populasi yang sembuh (*recovered*). Asumsi bahwa jumlah total populasi N tetap konstan dalam model ini, tanpa memperhitungkan pengaruh kelahiran, kematian, atau migrasi. Oleh karena itu, $S + I + R = N$, sehingga dapat dibentuk model matematika SIR sebagai berikut;

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.

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.

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \alpha I \\ \frac{dR}{dt} &= \alpha I\end{aligned}\tag{2.1}$$

dimana, s adalah jumlah individu rentan, i adalah jumlah individu terinfeksi, R adalah jumlah individu pulih, α adalah tingkat kelahiran, dan β adalah laju kontak S ke I .

Berdasarkan asumsi di atas, untuk membangun penerapan model matematika untuk menganalisis penyebaran Covid-19 dengan menggunakan skema model tipe SIRS, kita akan menggabungkan beberapa variabel yang meliputi kelompok populasi yang berisiko terhadap infeksi Covid-19 (disebut sebagai kelompok rentan atau S), kelompok individu yang terpapar penyakit Covid-19 dan dapat menyebabkan penularan infeksi kepada individu yang rentan melalui kontak langsung (disebut sebagai kelompok terinfeksi atau I), serta kelompok individu yang telah pulih dari penyakit Covid-19 (disebut sebagai kelompok pulih atau R) [12]. Untuk mengembangkan model matematika tentang penyebaran Covid-19 dengan skema tipe SIRS, akan digunakan parameter-parameter matematika sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \alpha S - \frac{\beta SI}{N} - \mu S + \xi R \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \gamma I - (\mu + \theta)I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R - \xi R\end{aligned}\tag{2.2}$$

dimana, S adalah jumlah individu rentan, I adalah jumlah individu terinfeksi, R adalah jumlah individu pulih, α adalah tingkat kelahiran, β adalah laju kontak S ke I , γ adalah laju kontak I ke R , μ adalah tingkat kematian, ξ adalah tingkat individu yang rentan kembali dan θ adalah tingkat individu yang terinfeksi.

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.

2.3 Sistem Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang melibatkan turunan dari satu atau lebih variabel terikat terhadap satu atau lebih variabel bebas, sedangkan sistem persamaan diferensial terdiri dari beberapa persamaan diferensial [18].

Contoh 2.1:

- a. $\frac{dy}{dx} = 2x + 5$
- b. $\frac{dy}{dx} = -3xy$

2.4 Nilai Eigen

Nilai eigen digunakan untuk mengetahui kestabilan dari suatu sistem persamaan diferensial.

Definisi 2.1. [18] Apabila terdapat matriks A berukuran $n \times n$, maka vector non-nol x dalam R^n disebut sebagai vector eigen (*eigenvector*) dari A jika Ax ialah kelipatan skala dari x yakni;

$$Ax = \lambda x \tag{2.3}$$

Di mana skalar λ yaitu nilai eigen (*eigenvalue*) dari A , dan nilai x sebagai vektor eigen yang sesuai dengan nilai eigen tersebut.

Metode untuk mencari nilai eigen adalah dengan mencari solusi non-nol dari persamaan eigen tersebut. Persamaan tersebut akan memiliki solusi non-nol jika dan hanya jika:

$$\det(A - \lambda I)x = 0 \tag{2.4}$$

Persamaan (2.4) disebut sebagai persamaan karakteristik A .

Contoh 2.2:

Carilah persamaan umum dari persamaan differensial berikut ini;

$$\begin{aligned} \dot{x} &= 4x_1 + 2x_2 \\ \dot{x}_2 &= 3x_1 - x_2 \end{aligned}$$

Penyelesaian,

Bentuk matrik dari sistem diatas

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} x$$

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,

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} \lambda - 4 & -2 \\ -3 & \lambda + 1 \end{vmatrix} = 0 \\ \Leftrightarrow & (\lambda - 4)(\lambda + 1) - 6 = 0 \\ \Leftrightarrow & \lambda^2 - 3\lambda - 10 = 0 \\ \Leftrightarrow & (\lambda + 2)(\lambda - 5) = 0 \end{aligned}$$

Jadi diperoleh nilai eigen $\lambda_1 = -2$ dan $\lambda_2 = 5$.

2.5 Matriks Jacobi

Definisi 2.2. [18] Matriks Jacobian J dari sistem persamaan :

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_3 &= f_3(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ y_m &= f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned}$$

Adalah:

$$J(f(x)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial y_1}{\partial x_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y_m}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial y_m}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Yaitu matriks yang berukuran $m \times n$. Matriks ini sering kali ditulis sebagai matrik :

$$J(f(x)) = \left[\frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right] \quad (2.6)$$

Dan disebut matriks Jacobian.

2.6 Angka Reproduksi Dasar (R_0)

Angka reproduksi dasar (R_0) merupakan ukuran mean jumlah individu yang berisiko terinfeksi secara langsung oleh individu lain yang sudah terinfeksi di dalam populasi yang masih berisiko (kasus primer ke kasus sekunder), sebagaimana dijelaskan oleh Diekmann dan Heesterbeek pada tahun 2000 [22].

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.

Dengan demikian, R_0 dapat menggambarkan tingkat penyebaran suatu wabah penyakit. Berikut adalah beberapa kondisi yang mungkin terjadi terkait nilai R_0 [22]:

1. Jika $R_0 < 1$, jika sebuah kondisi infeksi yang menyebar pada waktu tertentu tidak berhenti menyebar dan bahkan tidak menghilang dengan sendirinya. Maka titik ekuilibrium non endemik tersebut ini menunjukkan karakteristik global secara asimptotik, yang berarti untuk setiap jumlah individu yang terinfeksi pada awalnya seiringnya waktu berjalan wabah tersebut akan hilang dengan sendirinya. Apabila nilai $R_0 < 1$ maka suatu daerah dapat menjadikan prediksi R_0 sebagai acuan untuk melakukan kehidupan *new normal*.
2. Jika $R_0 > 1$, apabila jumlah individu yang terinfeksi terus meningkat sampai mencapai titik keseimbangannya.
3. Jika $R_0 = 1$, jika individu yang terinfeksi dapat menjadi suatu endemik maka individu tersebut akan tetap pada kondisi populasinya.

2.7 Titik Ekuilibrium dan Analisis Kestabilan

Menurut Haberman, dengan mengetahui defenisi titik kesetimbangan dalam suatu sistem dapat lebih mudah untuk memahami titik kesetimbangannya[19].

Definisi 2.3 Suatu titik kesetimbangan merujuk pada kondisi sistem yang tidak mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Dalam konteks sistem dinamika yang diungkapkan melalui persamaan diferensial, titik kesetimbangan dapat ditemukan dengan mencari titik-titik di mana nilai derivatif pertama adalah nol. Suatu titik $\hat{m} \in R^n$ ialah titik kesetimbangan dari suatu sistem persamaan

$\hat{m} = F(x)$, εR^n jika memenuhi persamaan $f(m^*) = 0$, dimana

$$f(x) = \begin{pmatrix} f_1(m_1, m_2, \dots, m_n) \\ f_2(m_1, m_2, \dots, m_n) \\ \vdots \\ f_n(m_1, m_2, \dots, m_n) \end{pmatrix} \text{ dalam bidang epidemiologi, terdapat dua konsep titik}$$

kesetimbangan yang dikenal sebagai "titik kesetimbangan bebas penyakit" dan "titik kesetimbangan endemik". Titik kesetimbangan bebas penyakit merujuk pada kondisi di mana sistem tidak lagi terkena penyakit yang menyebar di populasi,

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.

sedangkan titik kesetimbangan endemik menggambarkan keadaan di mana penyakit tetap ada dan menetap dalam populasi secara berkelanjutan [19].

Analisis kestabilan dilakukan untuk mengetahui bagaimana informasi yang menggambarkan perilaku sistem pada titik ekuilibrium. Keadaan setimbang tersebut dikatakan stabil jika solusi yang dekat dengan titik ekuilibrium menuju titik ekuilibrium tersebut. Berikut ini diberikan definisi tentang titik ekuilibrium dan kestabilannya:

Definisi 2.4 [23] Titik $\bar{x} \in R^n$ merupakan titik ekuilibrium jika $f(\bar{x}) = 0$

Contoh 2.3

Diberikan sistem persamaan diferensial yaitu:

$$f(x) = \begin{pmatrix} x_1x_2 + x_1 \\ x_1^2 + x_2 \end{pmatrix}$$

Tentukan titik ekuilibrium dari sistem persamaan diferensial tersebut.

Penyelesaian.

Titik ekuilibrium dapat ditentukan jika $f(x) = 0$, sehingga sistem tersebut menjadi

$$x_1x_2 + x_1,$$

Atau dapat ditulis menjadi

$$x_1(x_2 + x_1),$$

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh $\bar{x}_1 = 0$ atau $\bar{x}_2 = -1$,

Jika $\bar{x}_1 = 0$ dan menurut persamaan

$$x_1^2 + x_2 = 0,$$

Maka diperoleh $\bar{x}_2 = 0$ sehingga didapat titik ekuilibrium $E_1 = (0,0)^T$.

Jika $\bar{x}_2 = -1$ dan menurut persamaan

$$x_1^2 + x_2 = 0,$$

Maka diperoleh $\bar{x}_1 = 1$ sehingga didapat titik ekuilibrium $E_2 = (1, -1)^T$.

Selanjutnya akan dijelaskan definisi kestabilan di titik ekuilibrium.

Definisi 2.5 [23] Titik ekuilibrium x , $f(x) = 0$ memenuhi,

1. Stabil jika untuk setiap $\varepsilon > 0$ terdapat $\delta(\varepsilon) > 0$, sedemikian sehingga untuk setiap solusi $x(t)$ yang memenuhi $\|x(t, x_0) - \bar{x}\| < \delta$ yang mengakibatkan $\|x(t, x_0) - \bar{x}\| < \varepsilon$, untuk setiap $t \geq 0$

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.

2. Stabil asimtotik jika \bar{x} stabil dan terdapat $\delta_1 > 0$, sehingga $\|x(t, x_0) - \bar{x}\| < \delta_1$ yang mengakibatkan $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t, x_0) - \bar{x}\| = 0$
3. Tidak stabil jika titik ekuilibrium tidak terpenuhi (1)
Kestabilan titik ekuilibrium x dapat ditentukan dengan memperhatikan nilai-nilai eigen, yaitu $\delta_i = 1, 2, \dots, n$ yang dapat diperoleh dari persamaan karakteristik.

Definisi 2.7 misalkan diberikan SPD linier sebagai berikut:

$$\dot{x} = Ax \quad (2.7)$$

Dengan

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

Maka persamaan karakteristik SPD pada Persamaan (2.7), yaitu $(A - \lambda I)x = 0$, dapat ditulis menjadi:

$$a\lambda^2 - b\lambda + c = 0 \quad (2.8)$$

Maka dari Persamaan (2.8) diperoleh nilai-nilai eigen sebagai berikut

$$\lambda_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.9)$$

Kestabilan dari titik ekuilibrium dapat ditentukan berdasarkan nilai eigen dari matriks Jacobian. Kriteria kestabilan titik ekuilibrium dapat disajikan pada teorema berikut:

Teorema 2.1 [23] Diberikan persamaan diferensial $\dot{x} = Ax$ dengan A adalah matriks berukuran $n \times n$ memiliki k nilai eigen yang berbeda $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ dengan $k \leq n$.

- a. Titik ekuilibrium \dot{x} dikatakan stabil asimtotik, jika hanya jika $R_e(\lambda_i) < 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$
- b. Titik ekuilibrium \dot{x} dikatakan stabil, jika hanya jika $R_e(\lambda_i) \leq 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$
- c. Titik ekuilibrium \dot{x} dikatakan tidak stabil, jika hanya jika $R_e(\lambda_i) > 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$

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.

Contoh 2.4

Di berikan persamaan diferensial sebagai berikut:

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

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

Carilah titik ekuilibrium dan kestabilan titik ekuilibriumnya?

Penyelesaian:

Dari soal contoh 2.1 didapat titik ekuilibrium: $(x_1^*, x_2^*) = (0,0)$. Selanjutnya, Jacobian matriksnya,

$$Jf(x_1, x_2) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \end{bmatrix}$$

Dengan $f_1(x_1, x_2) = -2x_1 + x_2$ dan $f_2(x_1, x_2) = 2x_1 - 3x_2$, kemudian ditentukan terlebih dahulu turunan dari masing masing fungsi terhadap variabelnya, sehingga diperoleh:

$$\frac{\partial f_1(x_1, x_2)}{\partial x_2} = 1$$

$$\frac{\partial f_2(x_1, x_2)}{\partial x_1} = 2$$

$$\frac{\partial f_2(x_1, x_2)}{\partial x_2} = -3$$

Urutan yang telah diperoleh kemudian dibentuk ke dalam matriks jacobian sebagai berikut;

$$Jf(x_1, x_2) = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 2 & -3 \end{bmatrix}$$

Kemudian akan di cari nilai eigen,

$$\det(\partial I - Jf(x_1, x_2)) = 0$$

$$\det\left(\lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 2 & -3 \end{bmatrix}\right) = 0$$

$$\det\left(\begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 2 & -3 \end{bmatrix}\right) = 0$$

$$\det \begin{bmatrix} \lambda + 2 & -1 \\ -2 & \lambda + 3 \end{bmatrix} = 0$$

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.

Sehingga didapatkan persamaan karakteristiknya sebagai berikut:

$$(\lambda + 2)(\lambda + 3) - (-2)(-1) = 0$$

$$(\lambda + 2)(\lambda + 3) - 2 = 0$$

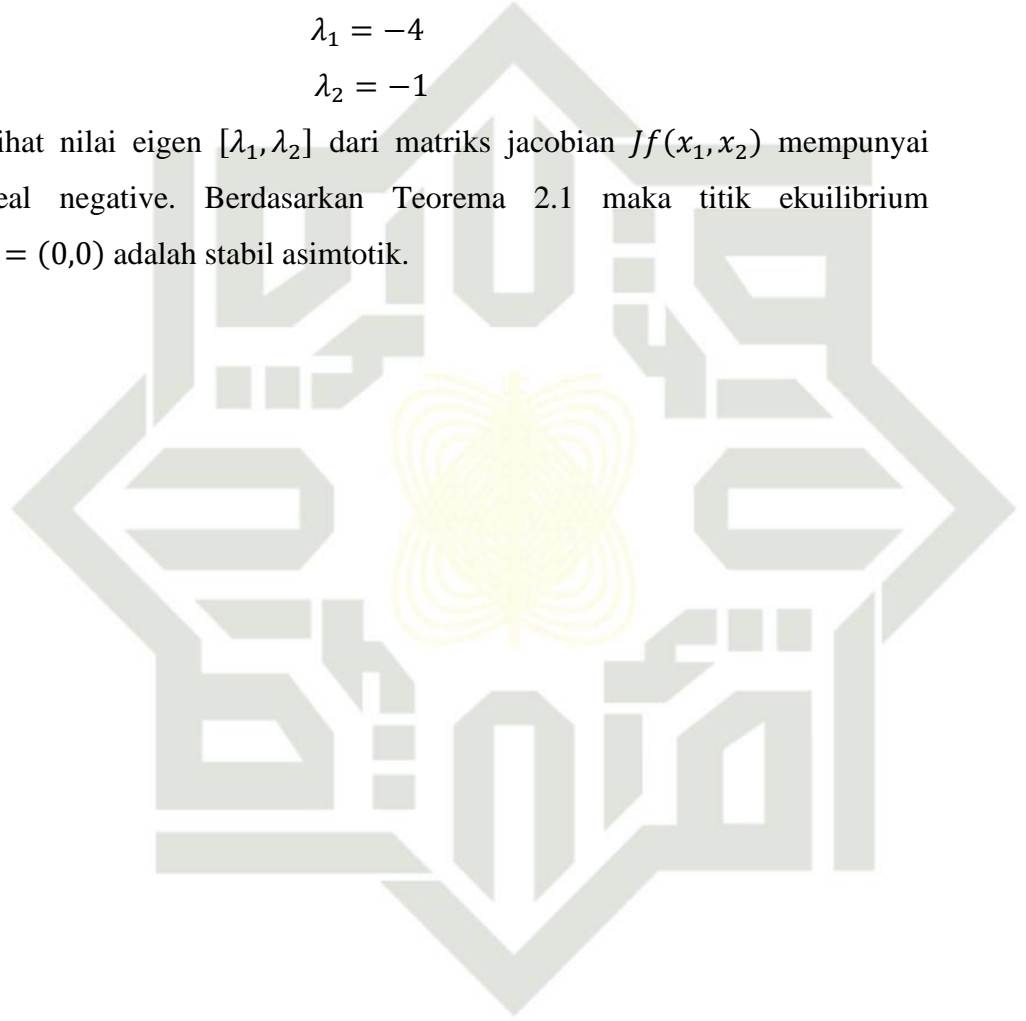
$$\lambda^2 + 3\lambda + 2\lambda + 6 - 2 = 0$$

$$(\lambda + 4)(\lambda + 1) = 0$$

$$\lambda_1 = -4$$

$$\lambda_2 = -1$$

Dapat dilihat nilai eigen $[\lambda_1, \lambda_2]$ dari matriks jacobian $Jf(x_1, x_2)$ mempunyai bagian real negative. Berdasarkan Teorema 2.1 maka titik ekuilibrium $(x_1^*, x_2^*) = (0,0)$ adalah stabil asimtotik.



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 METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan/metode kajian pustaka yang terkait dengan pemodelan matematika dalam konteks penyebaran penyakit menular, khususnya Covid-19. Oleh karena itu, peneliti menetapkan beberapa langkah yang harus dipenuhi dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data terkait Covid-19 di Provinsi Riau tahun 2020

Data yang diambil merupakan data sekunder dari website Dinas Kesehatan Pekanbaru. Penulis mengambil data dari Maret – Mei 2020.

2. Mendefinisikan Variabel dan Parameter yang Digunakan dalam Model

Variabel dan parameter yang dapat dimanfaatkan dalam mengembangkan model matematika penyebaran penyakit Covid-19 dengan pendekatan model *SIRS* adalah

- a) S : Populasi yang berisiko tertular penyakit Covid-19
- b) I : Kelompok individu yang terpapar penyakit Covid-19 dan berpotensi menularkan infeksi
- c) R : Kelompok individu yang telah pulih dari penyakit Covid-19
- d) N : Jumlah individu dalam populasi
- e) α : Tingkat kelahiran
- f) β : Tingkat penularan penyakit Covid-19
- g) ϑ : Tingkat kematian individu yang terinfeksi
- h) μ : Tingkat kematian alami individu
- i) γ : Tingkat individu yang sembuh
- j) ξ : Tingkat individu yang rentan Kembali

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.

3. Model SIRS

Model SIRS penyebaran Covid-19 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \alpha - \frac{\beta SI}{N} - \mu S + \xi R \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - (\mu + \vartheta + \gamma)I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - (\mu + \xi)R \end{aligned} \tag{3.1}$$

dimana, S adalah jumlah individu rentan, I adalah jumlah individu terinfeksi, R adalah jumlah individu pulih, α adalah tingkat kelahiran, β adalah laju kontak S ke I, γ adalah laju kontak I ke R, μ adalah tingkat kematian, ξ adalah tingkat individu yang rentan kembali dan θ adalah tingkat individu yang terinfeksi.

4. Mencari titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar.
5. Menentukan angka reproduksi (R_0)
6. Mencari kestabilan titik ekuilibrium
7. Menarik hasil kesimpulan yang didapatkan secara menyeluruh

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 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Diskritisasi dari sistem (2.1) menggunakan metode SIRS menjadikan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \alpha - \frac{\beta SI}{N} - \mu S + \xi R \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - (\mu + \vartheta + \gamma)I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - (\mu + \xi)R\end{aligned}$$

2. Persamaan model SIRS memiliki dua titik ekuilibrium yaitu titik ekuilibrium terdiri dari titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik. Titik ekuilibrium bebas penyakit $E_0 = \left(\frac{\alpha}{\mu}, 0, 0\right)$ dan endemik penyakit $E_1 = (S^*, I^*, R^*) = \left(\frac{(\mu + \vartheta + \gamma)}{\beta}, \frac{\alpha\beta(\mu + \xi) - N\mu(\mu + \vartheta + \gamma)(\mu + \xi)}{[(\mu + \vartheta + \gamma)(\mu + \xi)\beta - \xi\gamma N]}, \frac{\gamma I}{(\mu_3 + \xi)}\right)$ dengan $R_0 = \frac{\alpha\beta}{\mu N(\mu + \vartheta + \gamma)}$. Sedemikian sehingga $\lambda_3 < 0$ jika dan hanya jika $R_0 > 1$. Karena λ_1, λ_2 dan λ_3 bernilai negatif maka berdasarkan Teorema 2.1 titik ekuilibrium endemik E_1 stabil asimtotik.

5.2 Saran

Pada penelitian ini dievaluasi model SIR terhadap penyebaran Covid-19, yang mengasumsikan bahwa populasi memiliki faktor (efek penghambat). Dalam penelitian ini juga digunakan model SIRS untuk mendiskritisasi suatu penyakit. Bagi pembaca yang tertarik dengan pembahasan ini dapat melakukan analisis dan model lainnya menambahkan asumsi, agar ditemukan berbagai analisa upaya apa saja yang dapat menurunkan penyakit ini lebih cepat sebagai perbandingan model.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang 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

- [1] Lekone, dan Finkenstadt., “Statistical Inference in a Stochastic Epidemic SEIR Model with Control Intervention: Ebola as a Case as Study,” *Biometrics*, vol. 62, hal. 1170–1177, 2006.
- [2] Suryani., Suryanto, A., Bagus E.W., “Analisis Dinamik Model Epidemi Sirs Dengan Modifikasi Tingkat Kejadian Infeksi Nonmonoton Dan Pengobatan,” *Forum Ilmiah*, vol. 14, no. 1, hal. 87–93, 2017.
- [3] Hamka, M., Sani, A., Mukhsar., Cahyono, E., Arman., “Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease (2019) Dengan Model Sis,” *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, vol. 3, no. 1, hal. 263–270, 2023.
- [4] Sifriyani and D. Rosadi, “Pemodelan Susceptible Infected Recovered (Sir) Untuk Estimasi Angka Reproduksi Covid-19 Di Kalimantan Timur Dan Samarinda,” *J. Media Stat.*, vol. 7, hal. 1–13, 2020.
- [5] Wangping et al., “Extended SIR Prediction of the Epidemics Trend of COVID19 in Italy and Compared With Hunan, China,” *Front. Med.*, vol. 7, 2020, doi: 10.3389/fmed.2020.00169.
- [6] Hall, P., Kiss, G., Kuhn, T., Moutari, S., Patterson, E., Smith, E., “Mathematical Modelling of the COVID-19 Epidemic in Northern Ireland in 2020,” *Open Journal of Modelling and Simulation*, vol. 9, hal. 91–110, 2020.
- [7] Kusumo, F., Susyanto, N., Endrayanto, I., Meliala, A., “Model Berbasis SIR Dalam Prediksi Awal Penyebaran Covid-19 di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY),” *Jurnal Matematika Thales*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [8] Teguh, R., Sahay, A., Adji, F., “Pemodelan Penyebaran Infeksi Covid-19 Di Kalimantan,” *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, vol. 14, no. 2, 2020.
- [9] Sifriyani, S., Rosadi, D., “Susceptible Infected Recovered (SIR) Model For Estimating Covid-19 Reproduction Number In East Kalimantan And Samarinda,” *Media Statistika*, vol. 13, no. 2, hal. 170–181, 2020.

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.

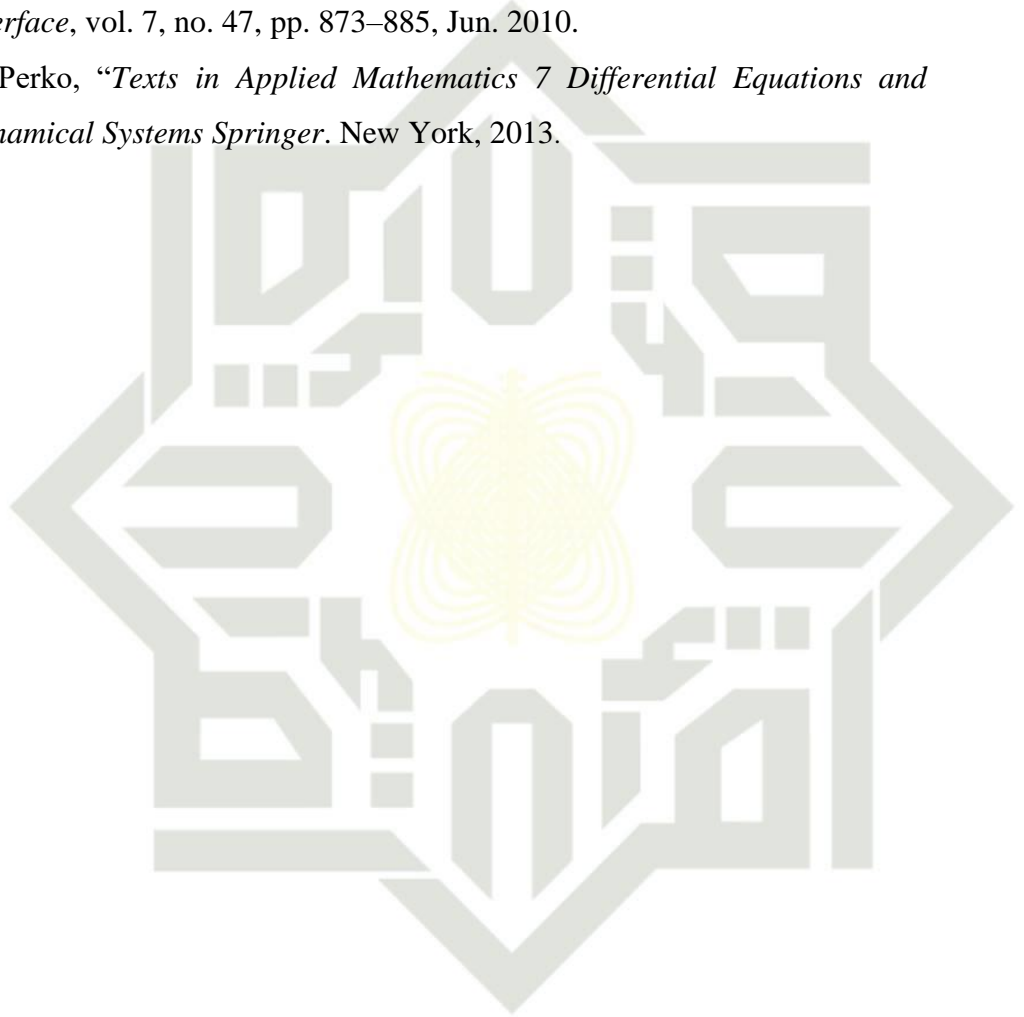
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [10] Repi, F., Repi, V., “Prediksi Penyebaran COVID-19 dengan SIR Model,” *Jurnal Ilmiah GIGA*, vol. 26, no. 1, hal. 46–59, 2023.
- [11] R. Trias Handayanto, J. Raya, J. Raya Perjuangan, M. Mulya, B. Utara, dan J. Barat, “Efektifitas Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di Kota Bekasi dalam Mengatasi Covid dengan Model Susceptible-Infected-Recovered (SIR),” *Jurnal Kajian Ilmiah*, vol.20, no.2, 2020.
- [12] C. Aisa Putri Noor, S. Septia Ibrahim, dan S. Maryam Barham, “Model Epidemik SIRS pada Pecandu Game Online.” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol.6, no.1, 2020.
- [13] M. Izzani Afwan, “Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Covid-19 dengan Menggunakan Model SIRS,” *Jurnal UNPjoMath*, vol.4, No.2, 2021.
- [14] R. H. Pasaribu, Z. I. S. Harahap, B. A. Putra, dan S. L. A. Siregar, “Aplikasi Pemodelan Matematika dalam Memodelkan Penyebaran Virus Covid-19 di Indonesia,” *Jurnal FPMIPATI PGRI Semarang*, vol.6, no. 2, 2020.
- [15] A.Puji, “<https://hellosehat.com/infeksi/infeksi-virus/penyakit-coronavirus/>,” Akses 13 Maret 13.30 WIB, 2022.
- [16] P. D. O. Davies, “Multi-drug resistant tuberculosis,” *CPD Infection*, vol. 3, no. 1, hal. 9–12, 2002.
- [17] A. G. Kermack, W.O., McKendrick, *Contribution to The Mathematical Theory of Epidemics*. London: Proc. Roy. Soc., 1927.
- [18] I. Suryani dan F. Ariad, “Analisis Kestabilan Model Seirs Pada Penyebaran Penyakit Flu Singapura (Hand, Foot And Mouth Disease) Dengan Saturated Incidence Rate,” *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [19] A. J. Zamzam, S. B. Waluya, dan M. Kharis, “Pemodelan Matematika Dan Analisis Kestabilan Model Penyebaran Hiv/Aids Dengan Treatment,” *Unnes Journal of Mathematics*, vol. 7, no. 2, hal. 142–154, 2018.
- [20] F. L. G. Oliveira dan M. I. R. Moreira, “Analisis Dinamik Model Epidemi SIRS dengan Tingkat Kematian Beragam,” *Jurnal of The Japan Society of Air Pollution*, vol.6, no.1, 1989.

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.

- [21] BPS Provinsi Riau, "Angka Harapan Hidup (AHH) Saat Lahir (Tahun),2019. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/03/30/umur-harapan-hidup-penduduk-riau-7224-tahun-pada-2023>
- [22] O. Diekmann, J. A. P. Heesterbeek, dan M. G. Roberts, "The construction of next-generation matrices for compartmental epidemic models," *J R Soc Interface*, vol. 7, no. 47, pp. 873–885, Jun. 2010.
- [23] L. Perko, "*Texts in Applied Mathematics 7 Differential Equations and Dynamical Systems Springer*. New York, 2013.



Lampiran 1 Data Covid-19

Tabel 1 Daftar Harian Covid-19 Provinsi Riau 2020

Hari ke-t	Jumlah orang sehat [S(t)]	Jumlah orang sakit [I(t)]	Jumlah orang sembuh [R(t)]	Jumlah pasien meninggal	Jumlah penduduk [N]
0	6313295	98310	81998	2626	6493603
1	6311239	99380	82984	2677	6493603
2	6308819	100623	84161	2713	6493603
3	6306804	102086	84713	2759	6493603
4	6304302	102926	86375	2794	6493603
5	6300992	105125	87486	2849	6493603
6	6298701	106376	88526	2900	6493603
7	6295605	107532	90466	2927	6493603
8	6293324	108316	91963	2979	6493603
9	6290418	109550	93635	3035	6493603
10	6288191	110720	94692	3090	6493603
11	6286529	111423	95651	3125	6493603
12	6284621	112491	96491	3155	6493603
13	6282229	113563	97811	3186	6493603
14	6280451	114499	98653	3238	6493603
15	6278159	115108	100336	3280	6493603
16	6275805	115925	101873	3313	6493603
17	6274124	116514	102965	3343	6493603
18	6272591	117349	103663	3371	6493603
19	6270644	118113	104846	3401	6493603
20	6268922	118721	105960	3444	6493603
21	6267688	119287	106628	3472	6493603
22	6266298	119643	107662	3503	6493603
23	6264751	120201	108651	3528	6493603
24	6263281	120707	109615	3559	6493603
25	6262054	121256	110293	3588	6493603
26	6261127	121769	110707	3609	6493603
27	6259732	122134	111737	3642	6493603
28	6258171	122565	112867	3666	6493603
29	6257219	122805	113579	3684	6493603
30	6256098	123233	114272	3714	6493603
31	6255188	123575	114840	3737	6493603
32	6254404	123881	115318	3755	6493603
33	6253502	124170	115931	3781	6493603
34	6252804	124380	116419	3811	6493603
35	6252120	124555	116928	3832	6493603
36	6251511	124697	117395	3861	6493603
37	6250925	124921	117757	3879	6493603
38	6250266	125134	118203	3892	6493603
39	6249754	125328	118521	3914	6493603
40	6249175	125490	118938	3926	6493603
41	6248720	125644	119239	3936	6493603
42	6248067	125795	119741	3945	6493603
43	6247709	125880	120014	3960	6493603
44	6247344	126032	120227	3969	6493603
45	6247068	126135	120400	3977	6493603
46	6246861	126226	120516	3983	6493603
47	6246536	126350	120717	3992	6493603
48	6246249	126443	120911	3998	6493603
49	6246007	126504	121092	4007	6493603
50	6245692	126644	121267	4014	6493603
51	6245421	126755	121427	4021	6493603
52	6245192	126837	121574	4027	6493603
53	6245010	126921	121672	4033	6493603
54	6244759	127015	121829	4038	6493603
55	6244590	127072	121941	4046	6493603
56	6244430	127126	122047	4049	6493603
57	6244232	127169	122202	4051	6493603
58	6244035	127258	122310	4058	6493603
59	6243899	127319	122385	4062	6493603
60	6243739	127362	122502	4064	6493603

(Sumber: Instagram Dinas Kesehatan Provinsi Riau bulan Maret-Mei 2020)

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 RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Padang Sidempuan, 08 September 1997, sebagai anak pertama dari 4 bersaudara. Dilahirkan dari pasangan Bapak Rudi Anto Hasibuan dan Ibu Syamsuharni. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 01 Bukittinggi pada tahun 2011. Pada tahun 2014 menyelesaikan pendidikan menengah pertama di MTsN 1 Bukittinggi dan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Bukittinggi pada tahun 2017. Selanjutnya setelah menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi.

Pada bulan Januari tahun 2020 penulis melaksanakan Kerja Praktek di Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru. Dimana menghasilkan penelitian yang berjudul **“Tingkat Kepuasan Kelompok Tani Terhadap Pelayanan Administrasi dan Fasilitas serta Pemahaman Materi Dalam Penyelenggaraan Pemahaman Diklat (Studi Kasus UPT PPP Provinsi Riau”**, di bawah bimbingan Bapak Sri Basriati, S.Si,M.Sc. yang diseminarkan pada tanggal 12 Juni 2020. Pada tahun yang sama, tepatnya pada semester tujuh penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Nagari Panampuang, Kecamatan Ampek Angkek, Kabupaten Agam.

UIN SUSKA RIAU