

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.

**KENDALI OPTIMAL MODEL SIRS PENYEBARAN
PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA DI PROVINSI
JAMBI MENGGUNAKAN PENGOBATAN**

TUGAS AKHIR

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

oleh:

LISA UTAMI
11850425238



UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2023**



© Hak cipta Ta milik 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 PERSETUJUAN

KENDALI OPTIMAL MODEL SIRS PENYEBARAN PENYAKIT DIARE
AKUT PADA BALITA DI PROVINSI JAMBI
MENGUNAKAN PENGOBATAN

TUGAS AKHIR

oleh:

LISA UTAMI
11850425238

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Januari 2024

Ketua Program Studi

Wartono, M.Sc.

NIP. 19730818 200604 1 003

Pembimbing II

Nilwan Andiraja, M.Sc.

NIP. 19840803 201101 1 005

UIN SUSKA RIAU



© Hak cipta milik 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

**PENDALI OPTIMAL MODEL SIR S PENYEBARAN PENYAKIT DIARE
AKUT PADA BALITA DI PROVINSI JAMBI
MENGUNAKAN PENGOBATAN**

oleh:

LISA UTAMI
11850425238

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 12 Januari 2024

Pekanbaru, 12 Januari 2024
Mengesahkan

Ketua Program Studi

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



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

DEWAN PENGUJI

- Ketua : Wartono, M.Sc.
 Sekretaris : Nilwan Andiraja, M.Sc.
 Anggota I : Mohammad Soleh, M.Sc.
 Anggota II : Irma Suryani, M.Sc.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

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 di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan dalam daftar pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 12 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Lisa utami

11850425238

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

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhannahu Wata'ala yang telah memberikan kemudahan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Karya sederhana ini saya persembahkan kepada

Ayah dan Ibu

Kepada Ayah Jasmandan dan Ibu Fitriyeni, terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa yang tiada hentinya selama ini sehingga saya dapat menyelesaikan Pendidikan. Tanpa bantuan dan dorongan Ayah dan Ibu, saya mungkin tidak akan mampu untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Semoga Allah membalas kebaikan dan memudahkan jalan menuju kebahagiaan dunia dan akhirat.

Ketiga saudaraku

Untuk saudaraku Eka Umami, Ubaidillah dan Ahmad Fajri, terima kasih telah menjadi penyemangat untuk bisa menyelesaikan perkuliahan ini. Semoga kita bisa menjadi anak yang membanggakan kedua orang tua.

Orang terdekat

Terima kasih juga kepada atok, nenek, om dan tante yang memberikan semangat, doa, dan motivasi untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Dosen Pembimbing

Terima kasih kepada Bapak Nilwan Andiraja, S. Pd., M. Sc., atas bimbingan, arahan, dukungan dan telah meluangkan waktu dalam penyelesaian tugas akhir.

Teman – teman

Terima kasih kepada kakak dan teman-temanku yang selalu memberikan dukungan, pengalaman dan kebersamaan dalam perjalanan perkuliahan ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

KENDALI OPTIMAL MODEL SIRS PENYEBARAN PENYAKIT DIARE AKUT PADA BALITA DI PROVINSI JAMBI MENGGUNAKAN PENGOBATAN

LISA UTAMI

NIM : 11850425238

Tanggal Sidang : 12 Januari 2024

Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan kendali optimal pengobatan. Untuk model SIRS penyebaran penyakit Diare, kendali optimal ditentukan dengan menggunakan prinsip minimum Pontryagin dengan membentuk Persamaan *state*, Persamaan *costate*, dan kondisi *stasioner* dari Persamaan diferensial pada model diare akut pada balita dan fungsi tujuan. Hasil simulasi menunjukkan adanya perubahan ketika kendali yang diperoleh yaitu pengobatan disubstitusikan ke dalam model penyakit pada kelas individu yang terinfeksi. Dimana individu yang di berikan kendali lebih banyak yang sembuh dibandingkan yang tidak di berikan kendali.

Kata Kunci : Kendali Optimal, Penyakit Diare Akut Pada Balita, Prinsip Minimum Pontryagin, *Sweep Forward-Backward*, Pengobat

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.



CONTROL OF SIRS MODEL OF THE SPREAD OF ACUTE DIARRHEA DISEASE IN TODDLERS IN JAMBI PROVINCE USING TREATMENT

LISA UTAMI

NIM : 11850425238

Date of Final Exam : January 12th 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

The aim of the research in this final project is to obtain optimal control of treatment. For the SIRS model of the spread of diarrheal disease, optimal control is carried out using the Pontryagin minimum principle by forming state equations, costate equations, and stationary conditions from the differential equations in the model of acute diarrhea in toddlers and the objective function. The simulation results show that there are changes when the control obtained, namely treatment, is substituted into the disease model in the class of infected individuals. Where more individuals who were given control recovered than those who were not given control.

Keywords : *Optimal Control, Acute Diarrhea Disease in Toddlers, Pontryagin's Minimum Principle, Sweep Forward-Backward, Treatment*

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.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada *Allah Subhannahu Wata'ala*, yang telah memberikan kemudahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dengan berkat rahmat, ni'mat, kesempatan, dan kesehatan yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kendali Optimal Model SIRS Penyebaran Penyakit Diare Akut Pada Balita Di Provinsi Jambi Menggunakan Pengobatan ”.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan alam yakni Nabi Besar Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam, yang melalui perjuangannya, umat manusia diberikan petunjuk dari kegelapan menuju cahaya ilmu pengetahuan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat 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, dukungan, bantuan, arahan, nasehat, petunjuk, motivasi dari berbagai pihak terutama kedua orang tua tercinta yang tiada hentinya mendoakan, memberikan nasehat serta dukungan moral maupun moril.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang ikut andil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hairunas, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Dr. Hartono, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Wartono, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan Ketua Sidang yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

4. Nilwan Andiraja, S.Pd., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan pembimbing Tugas Akhir yang selalu ada memberikan bimbingan serta arahan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
5. Irma Suryani, M.Sc. dan Mohammad Soleh, M.Sc selaku penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.
6. Elfira Safitri, S.Pd., M.Si., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bantuan, dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Tugas Akhir ini telah disusun semaksimal mungkin oleh penulis. Namun, tidak menutup kemungkinan adanya kesalahan dan kekurangan dalam penulisan serta penyajian materi. Oleh karena itu, penulis tetap mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak guna memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pekanbaru, 12 januari 2024

Lisa utami
11850425238



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
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penyusunan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Penyakit Diare Akut Pada Balita	5
2.2 Kendali Optimal	7
2.3 Prinsip Pontryagin	7
2.4 Permodelan Matematika	10
2.5 Model SIRS Penyakit Diare	11
2.6 Metode <i>Forward-Backward Sweep</i>	13
2.7 Metode Runge-Kutta Orde 4	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
BAB IV PEMBAHASAN.....	16
4.1 Kendali Optimal Penyebaran Penyakit Diare Akut Pada Baita Di Provinsi Jambi	16

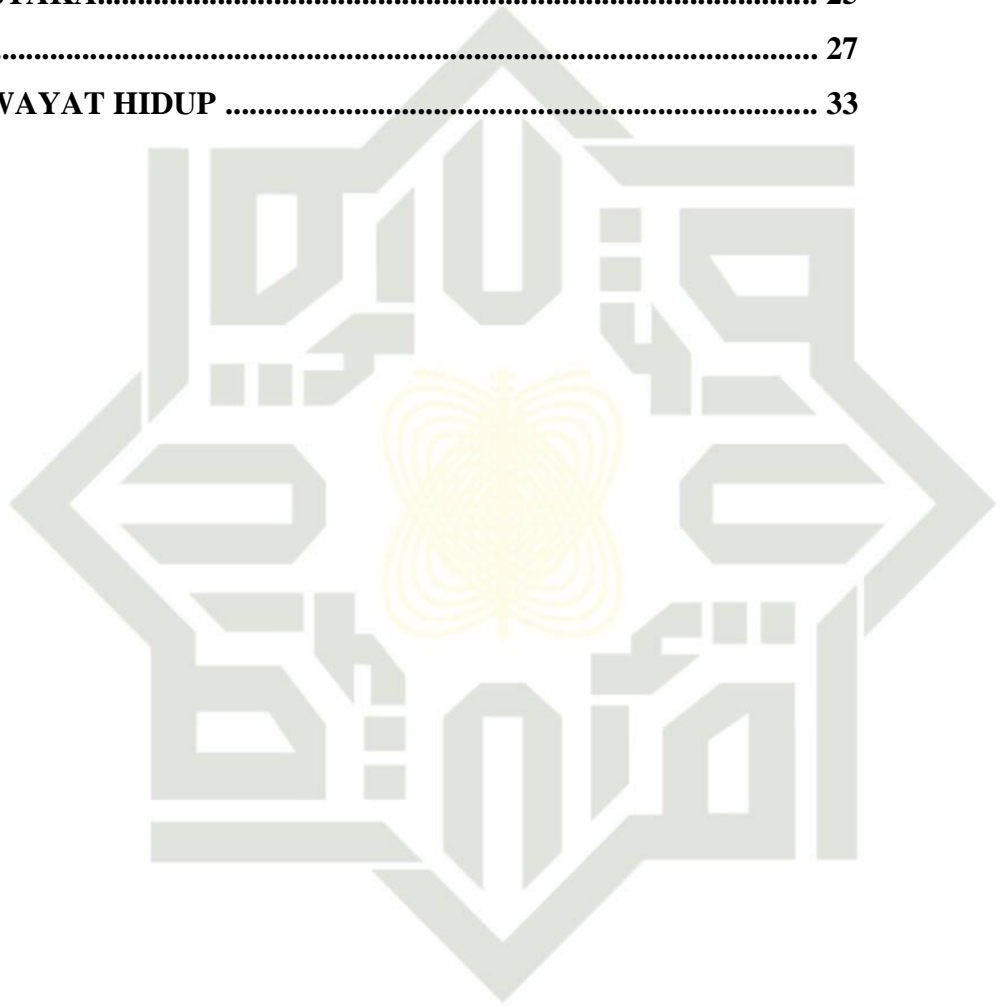
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

4.2 Langkah Sweep Forward-Backward	18
4.3 Simulasi numerik	22
BAB V PENUTUP	24
5.1 Kesimpulan.....	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN	27
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	33



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR SIMBOL

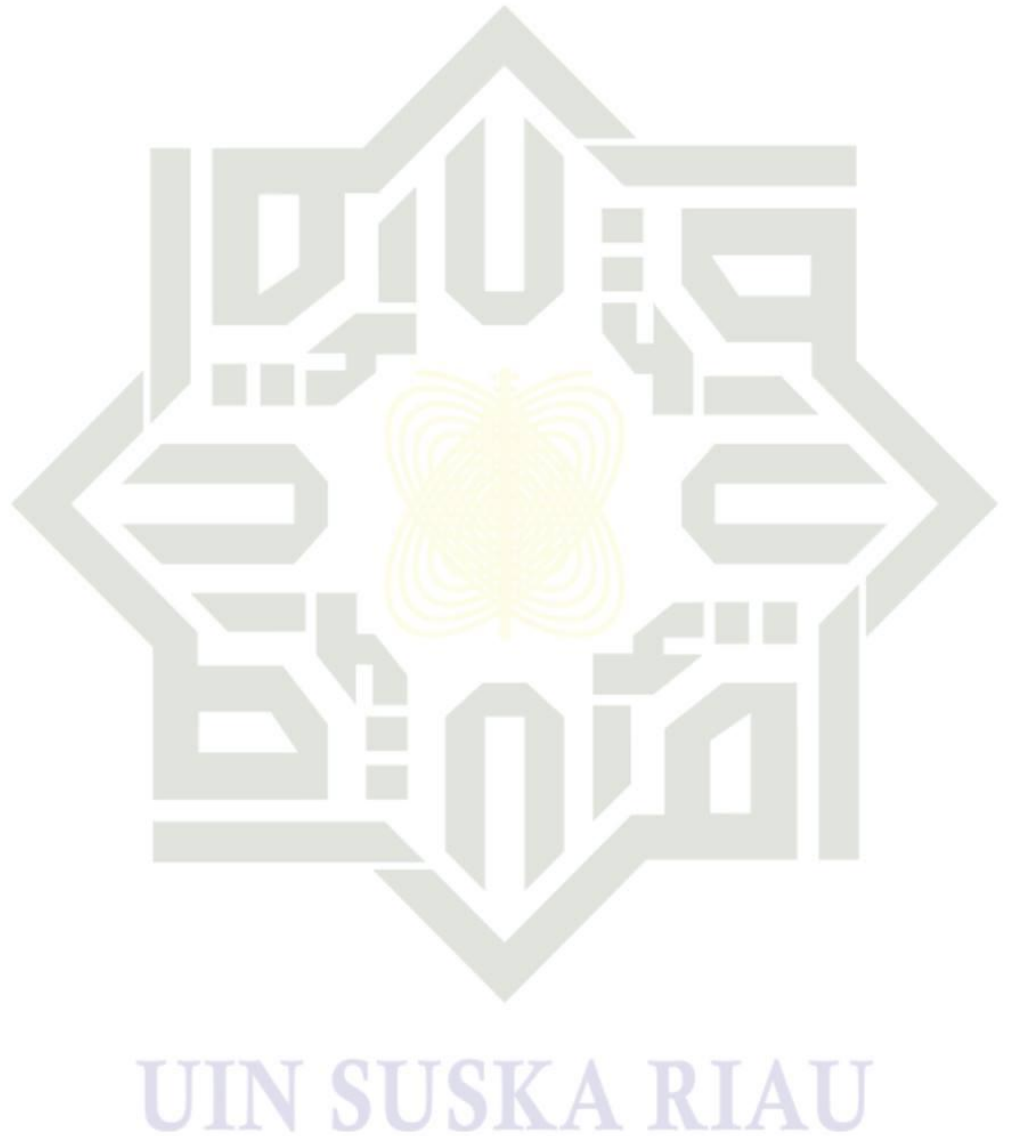
- © Hak Cipta milik UIN Suska Riau
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau 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.
- S : Individu yang rentan
 I : Individu terinfeksi
 R : Individu sembuh
 π : Angka Kelahiran Balita
 μ : Angka Kematian Alami Balita,
 p : Angka Kontak Balita Dengan Orang Yang Berisiko Tertular
 c : Angka Kesembuhan Balita
 α : Angka Kerentanan Kembali Balita
 α_k : pengobatan
- State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alur Penyebaran Model SIR	11
Gambar 2. 2 Parameter Penyebaran Model SIRS.....	12
Gambar 4. 1 Simulasi Kelas Individu Terinfeksi Dengan dan Tanpa Kendali....	23
Gambar 4. 1 Simulasi Kelas Individu Terinfeksi Dengan dan Tanpa Kendali....	24



- 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

Tindakan buang air besar yang lebih sering dari tiga kali sehari, dengan atau tanpa darah atau lendir pada tinja, dan perubahan konsistensi menjadi lunak atau encer, disebut diare [1]. Secara klinis, ada enam kategori utama penyebab diare yaitu malabsorpsi, alergi, keracunan, defisiensi imun, infeksi akibat bakteri, virus, atau infeksi parasit, dan penyebab lainnya [2]. Di Indonesia, terdapat 4.485.513 kasus diare pada tahun 2019, dengan 40% kasusnya melibatkan anak-anak [1].

Pada balita, diare merupakan penyebab kematian kedua terbanyak. dan tingkat kelima untuk semua kelompok umur. Diare pada anak laki-laki hampir sama dengan diare pada wanita. Jalur fecal-oral merupakan jalur dimana makanan dan minuman yang terkontaminasi dapat menyebarkan diare [3]. Menurut statistik BPS Provinsi Jambi, salah satu penyakit yang paling banyak ditemui di sana adalah diare.

Pada penelitian sebelumnya, yang dilakukan oleh [4] telah dibangun model SIRS untuk penyebaran penyakit diare akut pada balita di Provinsi Jambi yaitu dengan parameter model mempertimbangkan faktor kelahiran dan kematian. Selanjutnya dilakukan analisis kestabilan dan simulasi numerik model SIRS pada penyebaran penyakit diare. Model SIRS pada penelitian tersebut masih dapat dikembangkan sesuai dengan kondisi di Indonesia saat ini. Penelitian oleh [4] ini digunakan model SIRS yang didasarkan pada asumsi standar, tiga klasifikasi digunakan untuk mengkategorikan populasi ini yaitu S berarti balita rentan, I berarti balita terinfeksi, dan R berarti balita sembuh. Populasinya hanya satu yaitu balita, satu jenis penyakit (diare), orang yang tertular dan sembuh akan rentan kembali, dan balita tidak diimunisasi rotella. Diasumsikan bahwa angka kelahiran dan kematian alami dianggap setara. Penelitian ini menunjukkan bahwa titik kesetimbangan penyakit endemik memiliki sistem stabil asimtotik lokal dan titik kesetimbangan bebas penyakit memiliki sistem stabil asimtotik lokal, artinya tidak ada seorang pun yang tertular atau mampu menularkan penyakit diare akut pada

**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.

balita di Provinsi Jambi. Keseimbangan bebas penyakit dalam penelitian ini mempunyai sistem yang stabil secara spasial asimtotik, artinya tidak ada satu pun penduduk balita di Provinsi Jambi yang tertular atau mampu menyebarkan penyakit endemik atau penyakit diare akut. Setiap penderita mempunyai kemampuan untuk menularkan penyakit diare karena pada titik keseimbangan terdapat sistem stabil asimtotik lokal yang berarti setiap individu terinfeksi dapat menularkan penyakit diare akut kepada rata-rata dari satu individu rentan, sehingga penyakit ini secara bertahap menyebar ke seluruh populasi

Penelitian oleh [5] membahas tentang Penyakit diare akut mempunyai ancaman yang lebih besar terhadap populasi manusia terutama masyarakat miskin lingkungan sanitasi atau higienis, yang menyebabkan kematian dan mobilitas yang sangat besar di Masyarakat. Maka diusulkan model untuk menggambarkan penularan penyakit diare akut dan strategi pengendalian yang optimal dalam suatu komunitas. Jumlah reproduksi dan dinamika global model diperoleh stabilitas Global dari Persamaan model keadaan bebas penyakit dan endemik ditentukan. Ditemukan bahwa Ekuilibrium Bebas Penyakit secara global stabil tanpa gejala. Adapun pengendalian masalah optimal dirancang dengan dua strategi pengendalian, yaitu pencegahan melalui meminimalkan kontak antara penderita diare akut menular dan rentan, serta pengobatan seorang individu. Diperoleh adanya model kendali yang optimal dan hasil numerik dinamika penyakit disajikan. Ditemukan bahwa, jika tingkat kontak yang efektif meningkat, hal ini meningkatkan jumlah reproduksi persamaan model, serta jika efektivitas kepatuhan terhadap kebersihan yang baik meningkat, hal ini menurunkan jumlah reproduksi model sebesar memvariasikan tingkat kontak, dan terlebih lagi seiring dengan meningkatnya tingkat produksi bakteri diare akut maka akan meningkatkan kasus sekunder dari individu yang terinfeksi.

Berdasarkan penelitian [4] dan [5], penulis akan memodelkan penyebaran penyakit diare akut pada balita dengan menambahkan kendali pengobatan pada penelitian [5]. Dalam hal ini penulis akan membahas bagaimana mengatasi dan mencegah terjadinya penyebaran penyakit diare di Provinsi Jambi dengan melakukan pengobatan berdasarkan model SIRS. Oleh karena itu, peneliti



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.

mengangkat judul yaitu “Kendali Optimal Model SIRS Penyebaran Penyakit Diare Akut Pada Balita Di Provinsi Jambi Menggunakan Pengobatan ”.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, maka untk rumusan masalahnya adalah “**Bagaimana kendali optimal pengobatan untuk model penyebaran diare akut pada balita dengan model SIRS di Provinsi Jambi?**”.

1.2 Batasan Masalah

Ada beberapa batasan berdasarkan rumusan masalah di atas guna mencapai tujuan penelitian ini. Permasalahan dalam tugas akhir ini mempunyai keterbatasan sebagai berikut:

1. Hanya menggunakan model SIRS pada tugas akhir ini.
2. Dalam paradigma ini pengobatan berfungsi sebagai kendali dan diberikan pada kelas I
3. Waktu pada fungsi tujuan adalah waktu berhingga.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan kendali optimal penyebaran diare akut pada balita dengan model SIRS di Provinsi Jambi.

1.5 Manfaat penelitian

Berikut beberapa manfaat penelitian bagi penulis dan pihak lain dalam tugas akhir ini:

1. Sebagai perspektif dan informasi segar untuk memperluas pemahaman tentang sistem pengendalian
2. Membantu mengurangi kejadian diare akut pada anak.

1.6 Metodologi Penyusunan

Sistematika penulisan tugas akhir ini merupakan garis besar setiap bab yang memuat topik-topik pokok yang akan dibahas secara berurutan. Berikut ini yang dapat dikaji untuk mengkaji proses penulisan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum mengenai isi tugas akhir. Dimulai dari latar belakang masalah, yang menggambarkan cara terbaik untuk mengendalikan suatu penyakit. Selanjutnya

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.

membahas rumusan masalah, keterbatasannya, tujuan penelitian, kelebihan penelitian, dan sistematika penulisan.

LANDASAN TEORITIS

Untuk menjawab permasalahan yang akan dieksplorasi, bab ini mengeksplorasi hipotesis pendukung topik yang dibahas dalam penelitian.

METODE PENELITIAN

Tahapan studi yang akan dilakukan untuk mengatasi masalah ini diuraikan dalam bab ini. Langkah-langkah tersebut menjadi kerangka dalam melakukan penelitian guna mencapai tujuan yang telah ditentukan.

PEMBAHASAN Model SIRS

Digunakan dalam bab ini untuk menjelaskan bagaimana penyebaran diare akut pada balita.

PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.



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 II

LANDASAN TEORI

Pengertian campak, gejala, pencegahan, terapi, sistem Persamaan Diferensial, linearisasi, analisis titik kesetimbangan, dan model epidemi SIRS semuanya dibahas dalam bab ini.

2.1 Penyakit Diare Akut Pada Balita

Salah satu masalah kesehatan infeksi saluran pencernaan yang paling banyak terjadi di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, adalah diare. WHO dan UNICEF memperkirakan terdapat sekitar 2 miliar kejadian diare di seluruh dunia setiap tahunnya, dan penyakit ini merenggut nyawa 1,9 juta anak balita. Tujuh puluh delapan persen kematian ini terjadi di negara-negara berkembang, sebagian besar di Asia Tenggara dan Afrika. Pada tahun 2018, studi yang dilakukan oleh Riset Kesehatan Dasar menemukan bahwa prevalensi diare adalah 8,6% pada semua kelompok umur, 12,3% pada balita, dan 10,6% pada bayi baru lahir. Sementara itu, diare terus menjadi salah satu penyebab utama kematian pada bayi baru lahir (7%), serta bayi di bawah 28 hari (6%), menurut Sistem Registrasi Sampel tahun 2018. Berdasarkan data Komdat Kesehatan Masyarakat pada Januari hingga November 2021, 14% kematian pasca melahirkan disebabkan oleh diare. Informasi terkini diperoleh dari Survei Status Gizi di Indonesia, 9,8% masyarakat mengalami diare pada tahun 2020. Ada hubungan yang erat antara kejadian penderita stunting dengan diare. Pada bayi dan anak kecil, diare berulang dapat menyebabkan stunting. Data Profil Kesehatan Indonesia tahun 2020 menunjukkan bahwa pada anak usia 29 hari hingga 11 bulan, penyakit menular khususnya diare dapat menjadi faktor penyebab kematian. Mirip dengan tahun sebelumnya, 14,5% kematian pada tahun 2020 disebabkan oleh diare sebagai penyebab utama penyakit. Diare merupakan faktor penyebab 4,55% kematian balita pada kelompok usia 12-59 bulan [6].

Diare akut merupakan suatu keadaan buang air besar pada bayi atau anak-anak atau orang dewasa yang melebihi 5 kali dalam sehari, disertai dengan adanya



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.

perubahan konsistensi tinja menjadi lebih cair dengan atau tanpa lendir serta darah yang berlangsung selama kurang dari 1 minggu [7]. Balita yang mengalami diare dapat menunjukkan gejala dan tanda awal sebagai berikut: merengek, gelisah, suhu tubuh meningkat, nafsu makan menurun, mencret (berlendir, kemungkinan berdarah), anus lecet, dehidrasi (dehidrasi berat dapat menyebabkan volume darah menurun, denyut nadi menjadi kecil dan cepat, denyut jantung meningkat, tekanan darah turun, dan anak dapat mengalami syok), penurunan berat badan, penurunan turgor kulit, serta mata dan ubun-ubun menjadi cekung, serta kulit dan mulutnya menjadi kering [8].

Diare akut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian berdasarkan tingkat dari dehidrasinya seperti,

1. Diare Akut pada balita dengan dehidrasi ringan atau sedang yaitu rewel, gelisah, mata cekung, makan dengan lahap, haus dan turgor kulit lambat kembali
2. Frekuensi lamanya dan konsentrasi diare pada balita dengan dehidrasi berat merupakan indikasi diare akut, yang umum terjadi pada kelompok usia ini. Anak demam pada malam hari, buang air besar empat kali sehari, muntah lima kali sehari, dan rewel. Responden kedua melaporkan bahwa anak tersebut buang air besar lebih dari empat kali sehari, muntah lebih dari lima kali sehari, dan rewel. Pada pemeriksaan fisik kasus I dan II data obyektif ditemukan gejala dehidrasi antara lain mata cekung, bibir kering, dan turgor kulit kembali lambat selama lebih dari dua detik.

Pencegahan yang bisa dilakukan yaitu :

1. memberikan asi
2. Makanan pendamping asi
3. Menggunakan air bersih yang cukup
4. Mencuci tangan
5. Menggunakan jamban
6. Membuang tinja bayi yang benar
7. Pemberian Imunisasi campak
8. Penyediaan air bersih



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.

9. Pengelolaan sampah
10. Sarana pembuangan air limbah

Pengobatan yang harus dilakukan yaitu :

1. Rehidrasi menggunakan oralit osmolaritas rendah
2. Zinc selama 10 hari berturut-turut.
3. Pemberian ASI dan makanan
4. Pemberian antibiotik sesuai indikasi [7]

2.2 Kendali Optimal

Menurut [9] masalah kendali optimal adalah penentuan kondisi masalah yang tepat untuk memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan. Variabel kendali dinotasikan $u(t)$ dan variabel keadaan dinotasikan $x(t)$ dalam permasalahan pengendalian optimal yang melibatkan sistem Persamaan diferensial biasa. Fungsi kendala yaitu keadaan sistem kontinu pada waktu t ditulis sebagai berikut:

$$\dot{x}(t) = \frac{dx}{dt} = g(t, x(t), u(t)) \tag{2.1}$$

Fungsi tujuan dipengaruhi oleh $u(t)$ dan $x(t)$ dengan bentuk umum sebagai berikut

$$J = \int_{t_0}^T f(t, x(t), u(t)) dt, \tag{2.2}$$

dengan kondisi batas $x(t_0) = x_0$ dan $x(T)$ bebas.

Variabel kendali yang mengoptimalkan dinotasikan $u^*(t)$. Selanjutnya $u^*(t)$ disubstitusikan ke dalam Persamaan *state* sehingga diperoleh *state* yang optimal. Masalah kendali optimal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan Prinsip Minimum *Pontryagin*.

2.3 Prinsip Pontryagin

Ketika menangani masalah pengendalian optimal, prinsip minimum Pontryagin merupakan konsep penting untuk diingat. Persyaratan yang diperlukan untuk mencapai pengendalian $u(t)$ yang dapat memaksimalkan fungsi tujuan diuraikan dalam prinsip ini. Untuk memastikan kondisi ini, variabel baru yang disebut variabel *costate*, diwakili oleh $\lambda(t)$, diperkenalkan dan digunakan untuk membangun suatu fungsi yang disebut fungsi Hamilton. Persamaan (2.1) dan (2.2) memberikan definisi fungsi Hamilton sebagai berikut.

$$H = f(t, x(t), u(t)) + \lambda g(t, x(t), \tag{2.3}$$



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 f adalah integran pada fungsi tujuan Persamaan (2.2) dan g adalah ruas kanan Persamaan *state* (2.1).

Selanjutnya, untuk mendapat kendali, maka Persamaan (2.3) diturunkan secara parsial terhadap u sehingga didapat Persamaan stasioner, yaitu,

$$\frac{\partial H}{\partial u} = 0.$$

Pada saat mengubah masalah dalam menemukan kendali yang memaksimalkan (atau meminimalkan) fungsi tujuan di dasari pada persamaan diferensial dan kondisi awal, untuk memaksimalkan titik Hamiltonian terhadap kendali. Jadi untuk mencari kondisi yang diperlukan, Tidak perlu menghitung integral dalam fungsi tujuan, tetapi hanya menggunakan Hamiltonian. Nanti, akan terlihat kegunaan dari properti Hamiltonian yang dimaksimalkan searah dengan kendali yang optimal.

Kondisi kecekungan pada kendali itu maksimal atau minimal pada fungsi jika memenuhi kondisi berikut,

$$\frac{\partial^2 H}{\partial u^2} < 0 \text{ pada } u^*,$$

maka masalahnya adalah memaksimalkan, namun jika

$$\frac{\partial^2 H}{\partial u^2} > 0 \text{ pada } u^*,$$

maka masalahnya adalah meminimalkan [11].

Selain variabel kendali $u(t)$, fungsi Hamilton juga memuat variabel *state* $x(t)$ dan *costate* $\lambda(t)$. Berdasarkan Persamaan (2.3), Persamaan *state* dapat dinyatakan sebagai

$$\dot{x}(t) = \frac{\partial H}{\partial x} = g(t, x(t), u(t)),$$

dan Persamaan *costate* dapat dinyatakan sebagai

$$\dot{\lambda}(t) = \frac{d\lambda}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \lambda}$$

Jika nilai awal $x(0)$ dan nilai akhir $x(t)$ diberikan, maka dapat langsung ditentukan nilai turunan $\dot{x}(t)$ dan $\dot{\lambda}(t)$. Namun jika tidak diberikan kondisi akhir $x(t)$, maka digunakan suatu kondisi yang disebut kondisi transversal, yaitu $\lambda(t) = 0$ sebagai kondisi akhir.



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.

Jika diberikan batasan $a \leq u \leq b$ pada variabel kendali $u(t)$, maka kendali $u(t)$ dapat dinyatakan sebagai berikut

$$u^* = \begin{cases} u = a & \text{jika } \frac{\partial H}{\partial u} < 0, \\ a \leq u \leq b, & \text{jika } \frac{\partial H}{\partial u} = 0, \\ u = b & \text{jika } \frac{\partial H}{\partial u} > 0, \end{cases}$$

Selanjutnya untuk melengkapi pembahasan, maka diberikan contoh sebagai berikut:

Contoh :

Diberikan fungsi tujuan

$$J = \int_0^2 [2x(t) - 3u(t) - u(t)^2] dt$$

Kemudian diberikan Persamaan diferensial dinamik bergantung pada

$$\dot{x}(t) = x(t) + u(t), x(0) = 5$$

Dengan kendali u di batasi sebagai berikut, $0 \leq u(t) \leq 2$, tentukan kendali optimal?

Penyelesaian :

Diketahui Hamilton berdasarkan Persamaan (2.3) dari masalah diatas adalah :

$$H = 2x - 3u - u^2 + x\lambda + u\lambda$$

Kemudian, hitung *costate* nya :

$$\dot{\lambda}(t) = -\frac{\partial H}{\partial x} = -2 - \lambda$$

$$\dot{\lambda} + \lambda = -2$$

Dari persamaan *costate* di peroleh $P = 1, Q = 2$ maka di selanjutnya di tentukan faktor integrasinya yaitu [13],

$$\begin{aligned} FI &= e^{\int p dt} \\ &= e^{\int dt} \\ &= e^t \end{aligned}$$

Jika kedua ruas persamaan dikalikan e^t maka,

$$\begin{aligned} (e^t) \dot{\lambda} + \lambda &= -2 (e^t) \\ e^t \dot{\lambda} + e^t \lambda &= -2e^t \end{aligned}$$

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.

Bentuk persamaan faktor integrasi tersebut sama dengan $y = u * v$ maka,

$$\begin{aligned} \frac{d(uv)}{dt} &= \frac{d(e^t \lambda)}{dt} = -2e^t \\ \int d(e^t \lambda) &= \int -2e^t dt \\ e^t \lambda &= -2e^t C_1 \\ \lambda &= -2e^t \cdot e^{-t} + C_1 e^{-t} \\ \lambda &= -2 + C_1 e^{-t} \end{aligned}$$

Diketahui waktu akhir (T) = 2, maka *costate* untuk Persamaan sebagai berikut :

$$\lambda(2) = 0 \Rightarrow c_1 = 2e^2 \Rightarrow \lambda = 2e^{2-t} - 2$$

Dicari kendali u sebagai berikut :

$$\frac{\partial H}{\partial u} = -3 - 2u + \lambda = 0 \rightarrow u = \frac{\lambda - 3}{2}$$

Karena diketahui kendali dibatasi pada $0 \leq u(t) \leq 2$, maka kendali dapat di nyatakan sebagai berikut :

$$u^*(t) = \begin{cases} u = 0 & \text{jika } \frac{1}{2}(\lambda - 3) < 0, \\ 0 \leq \frac{1}{2}(\lambda - 3) \leq 2 & \text{jika } \frac{1}{2}(\lambda - 3) = 0, \\ u = 2 & \text{jika } \frac{1}{2}(\lambda - 3) > 0. \end{cases}$$

2.4 Permodelan Matematika

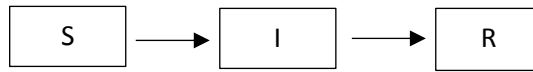
Pada tahun 1929, Kermack dan McKendrick menciptakan model epidemi SIR. Menurut Hethcote (2000), terdapat tiga kategori populasi dalam model SIR: kelompok masyarakat yang *susceptible* terhadap penyakit, kelompok masyarakat yang tertular (*infected*), dan kelompok masyarakat yang sudah sembuh dan kebal terhadap penyakit (*recovered*)[12].

Model SIR terdiri dari tiga kompartemen: kompartemen *susceptible* yang berisi kelompok orang yang terkena dampak, kompartemen *infected* yang berisi kelompok individu yang terinfeksi, dan kompartemen *recovered* yang berisi kelompok individu yang sembuh. Bagan berikut menunjukkan bagaimana aliran penyebaran ditampilkan:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 2.1 Alur Penyebaran Model SIR

Perlu dicatat bahwa, tergantung pada penyakit yang diteliti, kompartemen S atau kelompok orang dalam kisaran dapat dianggap sebagai semua individu sehat berdasarkan gambar di atas. Bayi, anak-anak, remaja, dan orang dewasa mungkin berpengaruh. Selain itu, penting untuk mengevaluasi kelompok yang mungkin meningkatkan jumlah kompartemen S (sejumlah faktor dapat dipertimbangkan), termasuk imigrasi dan angka kelahiran.

Ada kemungkinan jumlah orang di kompartemen I akan berubah. Interaksi antara orang-orang “rentan” dan “sakit” mungkin menjadi alasan pertumbuhan populasi. Selain itu, angka kelahiran perlu diperhitungkan jika pasien di kompartemen I adalah pasien tahunan.

Kematian, emigrasi, pemulihan, dan faktor-faktor lain dapat berkontribusi terhadap penurunan jumlah orang di kompartemen I.

Kelahiran, kematian, dan kesembuhan dapat berdampak pada kompartemen R. Akibatnya, agar model SIR mencerminkan subjek penelitian secara akurat, beberapa asumsi harus dibuat [13]

Selain itu, para ilmuwan terus membangun model alternatif, termasuk SIS, SIRD dan lainnya. Model penularan penyakit yang disebut model SIRS dibuat dengan menggunakan model Kermack & Mckendrick SIR. Alasan di balik model SIRS adalah setelah sembuh dari suatu penyakit, seseorang akan mengembangkan kekebalan, namun hanya bertahan sebentar sebelum menghilang. Orang tersebut kemudian menjadi anggota populasi rentan ketika kekebalannya hilang[12].

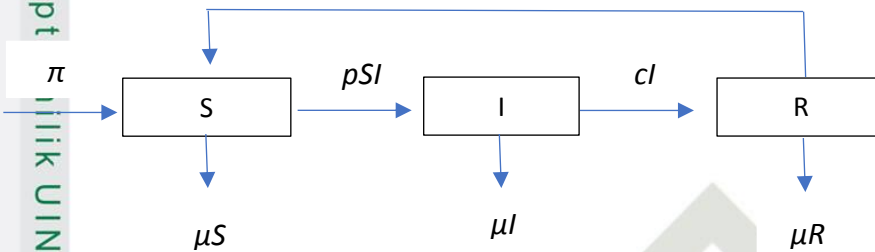
2.5 Model SIRS Penyakit Diare

Pada penelitian [4], telah dibahas tentang model matematika Model SIRS digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis penyakit diare akut yang menyerang anak-anak di Provinsi Jambi. Notasi yang disertakan adalah: π = angka kelahiran balita, μ = angka kematian alami balita, p = angka kontak balita dengan orang yang berisiko tertular, c = angka kesembuhan balita, α = angka kerentanan kembali balita, S = jumlah orang yang rentan balita, I = jumlah balita tertular, 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.

R jumlah balita sembuh. Faktor-faktor tersebut memungkinkan dibuatnya skema SIRS yaitu sebagai berikut untuk kasus diare berat pada balita di Provinsi Jambi:



Gambar 2.2 Parameter Penyebaran Model SIRS

Dari gambar 2.2 maka di dapatlah Persamaan diferensial untuk ketiga kelas sebagai berikut :

$$\frac{ds}{dt} = \pi - \mu S - pSI + \alpha R \quad (2.4)$$

Populasi pada (2.4) akan berubah karena terdapat parameter π menunjukkan ada balita yang lahir dan ada kematian alami konstan μ mengurangi populasi yang rentan. Pada tingkat terinfeksi p tergantung pada populasi yang terinfeksi. Balita yang sembuh, secara bertahap bergabung dengan kelas yang rentan pada tingkat kehilangan imunitas α .

$$\frac{dI}{dt} = pSI - \mu I - cI \quad (2.5)$$

Tingkat perubahan populasi balita terinfeksi dalam Persamaan (2.5) menunjukkan sebagian dari kelas rentan menjadi terinfeksi dan bergabung dalam kelas terinfeksi. Populasi yang erinfeksi berkurang dengan tingkat kematian konstan μ dan tingkat kesembuhan c .

$$\frac{dR}{dt} = cI - \mu R - \alpha R \quad (2.6)$$

Tingkat perubahan populasi balita sembuh dalam Persamaan (2.6) menunjukkan ketika populasi balita yang terinfeksi sembuh pada tingkat c , mereka akan ditambah ke kelas R . Da balita yang meninggal pada tingkat kematian konstan μ dari kelas yang sembuh. Bagian dari populasi balita ini berangsur-angsur kehilangan kekebalannya pada tingkat α dan bergerak lagi ke kelas yang rentan. Kejurangan pada artikel [4], belum terdapat fungsi tujuan dan variabel kendali.



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.

Pada penelitian [5] telah diberikan fungsi tujuan sebagai berikut untuk mendapatkan tingkat kendali optimal dan variabel *state* yang mengoptimalkan fungsi tujuan. Fungsi tujuan diberikan sebagai berikut:

$$J(\alpha_1(t), \alpha_2(t)) = \int_0^{t_f} (b_1 I + \frac{1}{2} w_1 \alpha_1^2(t) + \frac{1}{2} w_2 \alpha_2^2(t)) dt \quad (2.12)$$

Dan meminimalkan fungsi biaya [5] yaitu $J(\alpha_1^*(t), \alpha_2^*(t)) = \min_{u \in U} J(\alpha_1(t), \alpha_2(t))$, Di mana, $\{0 \leq \alpha_1 < 0,95, 0 \leq \alpha_2 < 0,95\}, \forall t \in [0, T]$.

Koefisien variabel *state* b_1 dengan kendali bernilai positif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan jumlah infeksi dan biaya untuk mendapatkan yang optimal $(\alpha_1^*, \alpha_2^*) \ni J(\alpha_1^*, \alpha_2^*) = \min \{(\alpha_1, \alpha_2) / \alpha_i \in U\}$, Di mana, $U = \{(\alpha_1, \alpha_2) / \text{dengan setiap } \alpha_i \text{ berlaku } 0 \leq \alpha_i < 1 \text{ untuk } 0 \leq t \leq t_f\}$.

Maka didapatkan kendali optimal $\alpha_1^*(t)$ dan $\alpha_2^*(t)$ sebagai berikut :

$$\alpha_1^*(t) = \max \left\{ 0, \min \left(1, \frac{x(\lambda_1 \beta C_B \phi - x(\lambda_2 \beta C_B \phi))}{(K + C_B)w^*} \right) \right\}$$

$$\alpha_2^*(t) = \max \left\{ 0, \min \left(1, \frac{1(\lambda_2 - \lambda_4)}{w_2} \right) \right\}$$

2.6 Metode *Forward-Backward Sweep*

Metode *Forward-Backward Sweep* adalah teknik numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan pengendalian yang optimal. Algoritma teknik Sapu Maju-Mundur secara umum adalah sebagai berikut:

Langkah 1 : Membuat dugaan awal untuk nilai u .

Langkah 2 : Terapkan Metode Runge-Kutta langkah maju tingkat lanjut ke-4 untuk menyelesaikan Persamaan *state* x menggunakan kondisi awal $x(0) = x_0$ dan nilai u .

Langkah 3 : Selesaikan Persamaan *costate* λ dengan teknik Runge-Kutta orde 4 secara mundur menggunakan kondisi *costate* $\lambda(T)$ dan nilai awal u dan x .

Langkah 4 : Masukkan nilai x dan λ yang telah diperbarui ke dalam karakteristik kendali optimal untuk memperbarui nilai u .

Langkah 5 : Verifikasi konvergensi, jika nilai eror dari iterasi saat ini dan yang sebelumnya sangat kecil maka cetak nilai-nilai saat ini, namun jika nilai erornya tidak kecil maka proses kembali ke langkah 2

2.7 Metode Runge-Kutta Orde 4

Karena teknik Runge-Kutta hanya memerlukan satu titik sebelumnya untuk menentukan nilai baru, maka ini merupakan prosedur satu langkah. Perkiraan $x(t + h)$ dapat dibentuk dengan langkah (h), $x(t)$, dan $x_0 = f(t; x(t))$ menghasilkan rumus berikut:

$$x(t + h) = x(t) + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4),$$

dengan

$$k_1 = f(t, x(t)),$$

$$k_2 = f\left(t + \frac{1}{2}h, x(t) + \frac{1}{2}hk_1\right),$$

$$k_3 = f\left(t + \frac{1}{2}h, x(t) + \frac{1}{2}hk_2\right),$$

$$k_4 = f\left(t + h, x(t) + hk_3\right)$$

dengan

h = ukuran langkah waktu yang telah ditetapkan

t = waktu

k = titik terpilih dalam tiap subselang

$x(t)$ = variabel terikat yang bergantung pada variabel t

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

1. 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

Dalam bab ini akan diuraikan metodologi penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian. Langkah-langkahnya ialah:

1. Model SIRS yang digunakan pada penyebaran penyakit diare adalah Persamaan (2.4) – (2.6) dan pada Persamaan (2.5) akan diubah dengan menambahkan kendali pengobatan (α_k)
2. Dibentuk fungsi tujuan untuk penyebaran penyakit diare akut pada balita berdasarkan Persamaan (2.12)
3. Untuk mendapat kendali optimal, dibuat fungsi Hamilton berdasarkan pada Persamaan (2.3).
4. Setelah itu akan dibuat Persamaan *state* dan *costate* berdasarkan langkah (3).
5. Dalam menentukan nilai kendali optimal untuk menghentikan penyebaran penyakit diare harus ditetapkan keadaan *stasioner* atau kendali untuk upaya memaksimalkan tingkat kesembuhan.
6. Setelah itu gunakan software MATLAB untuk menggunakan metode *Forward-Backward Sweep* untuk mendapatkan solusi numerik.
7. Mendapatkan kesimpulan hasil kendali optimal dan simulasi model.
8. Membuat kesimpulan akhir yang telah diperoleh secara keseluruhan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang diuraikan pada Bab IV diperoleh kesimpulan bahwa berdasarkan Persamaan diferensial dinamik kasus penyebaran penyakit Diare Akut pada balita di Provisi Jambi dengan melibatkan upaya pengobatan pada waktu berhingga diperoleh kendali sebagai berikut:

$$\alpha_k = \frac{\lambda_2 I - \lambda_3 I}{w}$$

Berdasarkan hasil simulasi numerik diketahui bahwa kasus penyebaran Diare Akut pada balita pada kelas individu terinfeksi yang telah di berikan kendali pengobatan terlihat tetap terjadi peningkatan namun dengan adanya kendali pengobatan individu yang terinfeksi lebih sedikit dibandingkan tanpa kendali sehingga jumlah kesembuhan lebih tinggi di kelas dengan kendali.

5.2 Saran

Semoga dengan tugas akhir ini dapat menambah wawasan bagi penulis dan juga pembaca. Pada penelitian ini kendali optimal diselesaikan dengan menggunakan prinsip minimum *Pontryagin* yang selanjutnya diselesaikan menggunakan Metode *Sweep Forward-Backward*, oleh karena itu pembaca dapat melanjutkan tugas akhir ini menggunakan metode lain agar wawasan menjadi lebih luas dan ilmu yang dipelajari dapat berkembang sesuai dengan kemajuan ilmu yang akan datang.

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.

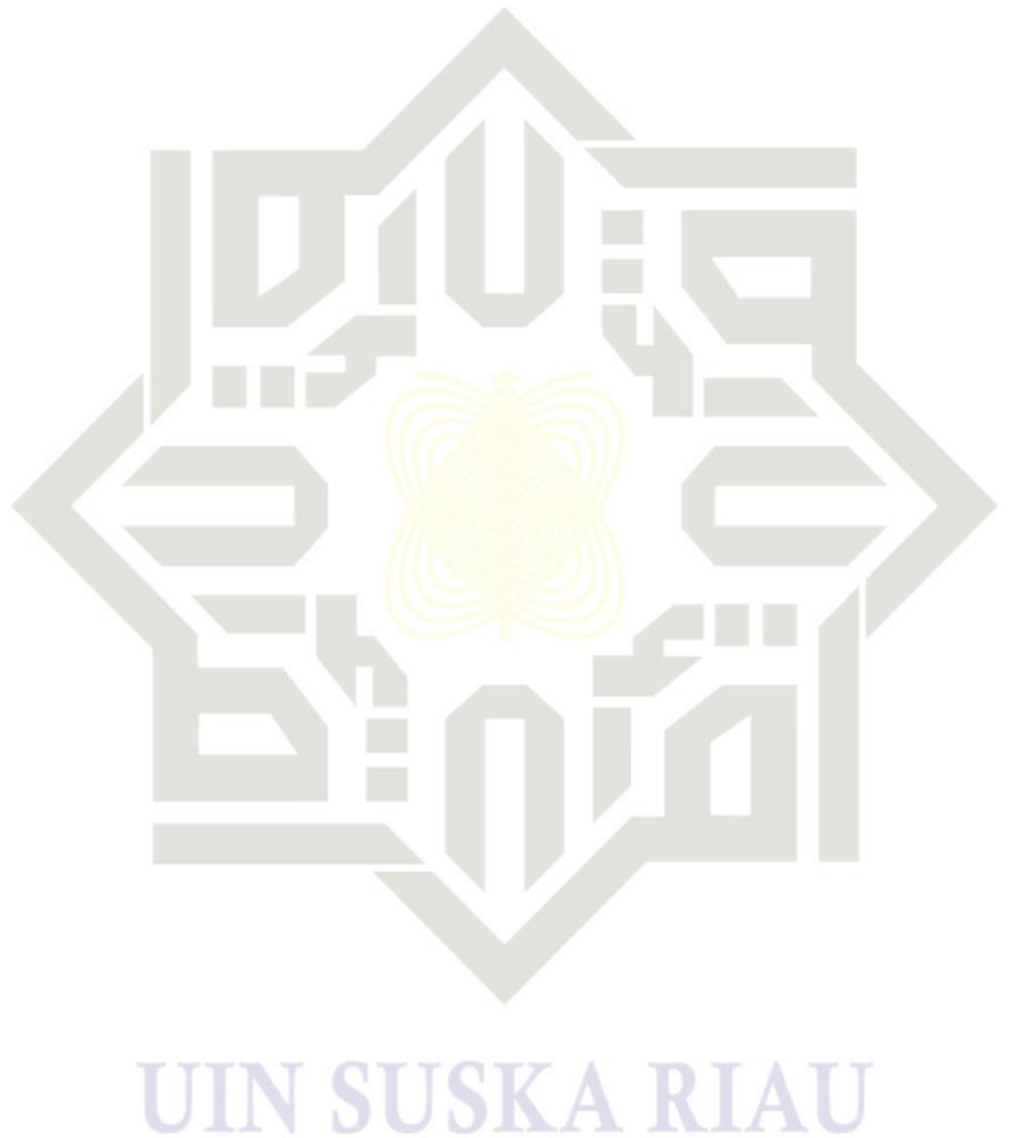
DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Iryanto, T. Joko, dan M. Raharjo, "Literature Review : Faktor Risiko Kejadian Diare Pada Balita Di Indonesia," *Artikel Kesehat Lingkung.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.47718/jkl.v11i1.1337.
- [2] N. Jenggawah, S. Pada, K. Berpikir, K. Dan, dan M. Belajar, "Pola Peresepan Obat Pada Pasien Diare Anak Di Instalasi Rawat Inap RSUD dr. Abdoer Rahem Kabupaten Situbondo Tahun 2019," *Pustaka Kesehatan.*, vol. 11, no. 1, pp. 68–74, 2010.
- [3] N. Saputri dan Y. P. Astuti, "Hubungan Faktor Lingkungan Dengan Kejadian Diare Pada Balita Di Puskesmas Bernung," *Artikel Ilmu Keperawatan dan Kebidanan.*, vol. 10, no. 1, p. 101, 2019, doi: 10.26751/jikk.v10i1.619.
- [4] Nabila, Zulistia, Kamid, Rarasati, Niken, , "Model Sirs Pada Penyebaran Penyakit Diare Akut Pada Balita Di Provinsi Jambi, " *Journal Mathematic Science dan Application*, vol 1, no. 1, pp. 1-13, 2020.
- [5] N. O. Lasisi, N. I. Akinwande, dan S. Abdulrahaman, "Optimal control dan effect of poor sanitation on modelling the acute diarrhea infection," *Journal Of Complexity In Health Sciences. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2020, doi: 10.21595/chs.2020.21409.
- [6] Direktorat Pencegahan Dan Pengendalian Penyakit Menular. Laporan Kinerja 2022. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, 2022.
- [7] Rura, F. T. "Hal-Hal Yang Ada Hubungan Dengan Diare Akut Pada Balita Di Beberapa Lokasi Di Wilayah Indonesia Peiode Tahun 2014 Sampai Dengan Tahun (2020)," (Skripsi Sarjana, Universitas Bosowa), vol. 2020, pp. 1–109, 2022.
- [8] V.A.R.Barao, R.C.Coata, J.A.Shibli, M.Bertolini, dan J.G.S.Souza, "Prilaku Pencegahan Penyakit Diare," *Artikel solusi kesehatan.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [9] Nuraini, D. A. R. (2021) Kontrol Optimal Model Epidemii Sir Dengan Laju Infeksi Tersaturasi. (Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya Malang). <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/168555>
- [10] G. Puspita, M. Kharis, dan Supriyono, "Pemodelan Matematika Pada Penyebaran Penyakit Difteri Dengan Pengaruh Karantina Dan Vaksinasi," *UNNES Journal of Mathematics*, vol. 6, no. 1, pp. 25–35, 2017.
- [11] M. Irwan, "SIR Model Introduction," *Artikel Matematika Dan Statistika Serta Aplikasi*, vol. 9, no. 2, 2021.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

- [1] A. Korobeinikov, G. C. Wake. 2002, Lyapunov functions dan global stability for SIR, SIRS, dan SIS epidemiological models. *Applied Mathematics Letters*.
- [1] Staffnew.uny. (2018). Diakses pada 18 januari 2024 dari <https://staffnew.uny.ac.id/upload/131808335/pendidikan/Persamaan+Diferensial+Orde+1.pdf>





LAMPIRAN

```

function z=program_sirs
test= -1;
tf=12;
delta=0.001;
M=9;
t=linspace(0,tf,M+1);
h=tf/M;
h2=h/2;
phi=5619.08;
alpha=0.167;
miu=0.001176;
P=0.00076;
S=7429;
I=22485;
R=14615;
C=1;
W=1;
SQ=1;
I0=1;
R0=1;
S=zeros(1,M+1);
I=zeros(1,M+1);
R=zeros(1,M+1);
U=zeros(1,M+1);
lS=zeros(1,M+1);
lI=zeros(1,M+1);
lR=zeros(1,M+1);
S(1)=S0;
I(1)=I0;
R(1)=R0;
while(test<0)
oldU=U;
oldS=S;
oldI=I;
oldR=R;
oldlS=lS;
oldlI=lI;
oldlR=lR;
for i=1:M
MS=((phi-(miu*S(i)-(P*S(i)*I(i))))+(alpha*R(i)));
MI=((P*S(i)*I(i))-(miu*I(i))-(C*I(i))-(U(i)*I(i)));
MR=((C*I(i))+(U(i)*I(i))-(miu*R(i))-(alpha*R(i)));
MlS=((phi-(miu*(S(i)+h2*M1S))-(
(P*(S(i)+h2*M1S)*(I(i)+h2*M1I))+(alpha*(R(i)+h2*M1R))));
MlI=((P*(S(i)+h2*M1S)*(I(i)+h2*M1I))-(miu*(I(i)+h2*M1I))-
(C*(I(i)+h2*M1I))-((1/2*(U(i)+U(i+1)))*(I(i)+h2*M1I)));
MlR=((C*(I(i)+h2*M1I))+((1/2*(U(i)+U(i+1)))*(I(i)+h2*M1I))-
(miu*(R(i)+h2*M1R))-(alpha*(R(i)+h2*M1R)));
M2S=((phi-(miu*(S(i)+h2*M2S))-(
(P*(S(i)+h2*M2S)*(I(i)+h2*M2I))+(alpha*(R(i)+h2*M2R))));
M2I=((P*(S(i)+h2*M2S)*(I(i)+h2*M2I))-(miu*(I(i)+h2*M2I))-
(C*(I(i)+h2*M2I))-((1/2*(U(i)+U(i+1)))*(I(i)+h2*M2I)));
M2R=((C*(I(i)+h2*M2I))+((1/2*(U(i)+U(i+1)))*(I(i)+h2*M2I))-
(miu*(R(i)+h2*M2R))-(alpha*(R(i)+h2*M2R)));

```

- 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

M4S=((phi-(miu*(S(i)+h*M3S))-
(P*(S(i)+h*M3S)*(I(i)+h*M3I))+(alpha*(R(i)+h*M3R))));
M4I=((P*(S(i)+h*M3S)*(I(i)+h*M3I)-(miu*(I(i)+h*M3I))-
(C*(I(i)+h*M3I)-(U(i+1)*(I(i)+h*M3I))));
M4R=((C*(I(i)+h*M3I)+(U(i+1)*(I(i)+h*M3I)-(miu*(R(i)+h*M3R))-
(alpha*(R(i)+h*M3R))));
S(i+1)=S(i)+(h/6)*(M1S+(2*M2S)+(2*M3S)+M4S);
I(i+1)=I(i)+(h/6)*(M1I+(2*M2I)+(2*M3I)+M4I);
R(i+1)=R(i)+(h/6)*(M1R+(2*M2R)+(2*M3R)+M4R);
for i=1:M
j=M+2-i;
N1S=((miu.*1S(j)))+(1S(j)*P.*(I(j))-((1I(j).*P.*(I(j)))));
N1I=((-2*(1I(j)))+(1S(j).*P.*(S(j))-
(1I(j).*P.*(S(j)))+(miu*1I(j)))+(1I(j)*C)+(U(j)).*1I(j)-(1I(j)*C)-
(U(j)).*1I(j))););
N1R=((-alpha*1S(j)))+(miu*1R(j))+(alpha*1R(j));
N2S=((miu.*1S(j)-h2*N1S))+(1S(j)-h2*N1S).*(P).*(1/2.*(I(j)+I(j-
1))-(1I(j)-h2*N1I).*(P).*(1/2.*(I(j)+I(j-1)))));
N2I=((-2*(1/2.*(I(j)+I(j-1)))+(1S(j)-h2*N1S).*(P).*1S(j)-S(j-
1)))+(1I(j)-h2*N1I).*(P).*(1S(j)-S(j-1)))+(miu.*1I(j)-
h2*N1I)))+(1I(j)-h2*N1I).*C)+(1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1I(j)-
h2*N1I)))-((1R(j)-h2*N1R).*C))-((1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1R(j)-
h2*N1R)))););
N2R=((-1S(j)-h2*N1S).*alpha)+(miu.*1R(j)-h2*N1R)))+(1R(j)-
h2*N1R).*alpha););
N3S=((miu.*1S(j)-h2*N2S))+(1S(j)-h2*N2S).*(P).*(1/2.*(I(j)+I(j-
1))-(1I(j)-h2*N2I).*(P).*(1/2.*(I(j)+I(j-1)))));
N3I=((-2*(1/2.*(I(j)+I(j-1)))+(1S(j)-h2*N2S).*(P).*1S(j)-S(j-
1)))+(1I(j)-h2*N2I).*(P).*(1S(j)-S(j-1)))+(miu.*1I(j)-
h2*N2I)))+(1I(j)-h2*N2I).*C)+(1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1I(j)-
h2*N2I)))-((1R(j)-h2*N2R).*C))-((1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1R(j)-
h2*N2R)))););
N3R=((-1S(j)-h2*N2S).*alpha)+(miu.*1R(j)-h2*N2R)))+(1R(j)-
h2*N2R).*alpha););
N4S=((miu.*1S(j)-h*N3S))+(1S(j)-h*N3S).*(P).*(I(j-1))-(1I(j)-
h*N3I).*(P).*(I(j-1))););
N4I=((-2.*(I(j-1)))+(1S(j)-h*N3S).*(P).*(S(j-1)))+(1I(j)-
h*N3I).*(P).*(S(j-1)))+(miu.*1I(j)-h*N3I)))+(1I(j)-h*N3I).*C)+(U(j-
1)).*(1I(j)-h*N3I))-((1R(j)-h*N3R).*C)-(U(j-1)).*(1R(j)-h*N3R)););
N4R=((-(alpha.*1S(j)-h*N3S)))+(miu.*1R(j)-h*N3R)))+(1R(j)-
h*N3R).*alpha););
l(j-1)=1S(j)-(h/6)*(N1S(1)+(2*N2S(1))+(2*N3S(1))+N4S(1));
lI(j-1)=1I(j)-(h/6)*(N1I(1)+(2*N2I(1))+(2*N3I(1))+N4I(1));
lR(j-1)=1R(j)-(h/6)*(N1R(1)+(2*N2R(1))+(2*N3R(1))+N4R(1));
temp=((1I(j-1))*(I)+(1R(j-1))*(I))/W;
U1=0;
U=1.5*(U1+oldU);
er1=delta*sum(abs(U)-sum(abs(oldU-U)));
er2=delta*sum(abs(S)-sum(abs(oldS-S)));
er3=delta*sum(abs(I)-sum(abs(oldI-I)));
er4=delta*sum(abs(R)-sum(abs(oldR-R)));
er5=delta*sum(abs(1S)-sum(abs(old1S-1S)));
er6=delta*sum(abs(1I)-sum(abs(old1I-1I)));
er7=delta*sum(abs(1R)-sum(abs(old1R-1R)));
    
```



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.

```

test=min(err1,min(err2,min(err3,min(err4,min(err5,min(err6,err7)))
));
fprintf('pada S(i+1)=%10.8f, lamdaS(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',S(i+1),lS(j-1),abs(oldS-
S),abs(oldS-lS));
fprintf('pada I(i+1)=%10.8f, lamdaI(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',I(i+1),lI(j-1),abs(oldI-
I),abs(oldI-lI));
fprintf('pada R(i+1)=%10.8f, lamdaR(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',R(i+1),lR(j-1),abs(oldR-
R),abs(oldR-lR));
% another possibility (size of lS =1, Comment the line R0=1)
end
z(:,:)=t;
z(:,:)=S;
z(:,:)=I;
z(:,:)=R;
z(5,:)=U;
z(6,:)=lS;
z(7,:)=lI;
z(8,:)=lR;
test= -1;
tf=12;
delta=0.001;
M=99;
t=linspace(0,tf,M+1);
h=tf/M;
h2=h/2;
phi=5619.08;
alpha=0.167;
miu=0.001176;
P=0.00076;
A=56279;
B=361;
D=361;
C=;
W=;
A0=1;
B0=1;
D0=1;
A=zeros(1,M+1);
B=zeros(1,M+1);
D=zeros(1,M+1);
x=zeros(1,M+1);
lA=zeros(1,M+1);
lB=zeros(1,M+1);
lD=zeros(1,M+1);
A(:)=A0;
B(:)=B0;
D(:)=D0;
while(test<0)
    dx=x;
    dB=B;

```

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang 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.

```

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
for i=1:M
M1A=((phi-(miu*A(i)-(A(i)*P*B(i))))+(alpha*D(i)));
M1B=((B(i)*P*A(i)-(miu*B(i)-(C*B(i)-(x(i)*B(i)))));
M1D=((C*B(i)+(x(i)*B(i)-(miu*D(i)-(alpha*D(i)))));
M2A=((phi-(miu*(A(i)+h2*M1A))-
(P*(A(i)+h2*M1A)*(B(i)+h2*M1B))+(alpha*(D(i)+h2*M1D))));
M2B=((B(i)+h2*M1B))*P*(A(i)+h2*M1A)-(miu*(B(i)+h2*M1B))-
(C*(B(i)+h2*M1B))-((1/2*(x(i)+x(i+1)))*(B(i)+h2*M1B));
M2D=((C*(B(i)+h2*M1B))+((1/2*(x(i)+x(i+1)))*(B(i)+h2*M1B)))-
(miui*(D(i)+h2*M1D))-(alpha*(D(i)+h2*M1D));
M3A=((phi-(miu*(A(i)+h2*M2A))-
(P*(A(i)+h2*M2A)*(B(i)+h2*M2B))+(alpha*(D(i)+h2*M2D))));
M3B=((B(i)+h2*M2B))*P*(A(i)+h2*M2A)-(miu*(B(i)+h2*M2B))-
(C*(B(i)+h2*M2B))-((1/2*(x(i)+x(i+1)))*(B(i)+h2*M2B));
M3D=((C*(B(i)+h2*M2B))+((1/2*(x(i)+x(i+1)))*(B(i)+h2*M2B)))-
(miui*(D(i)+h2*M2D))-(alpha*(D(i)+h2*M2D));
M4A=((phi-(miu*(A(i)+h.*M3A))-
(P.*(A(i)+h.*M3A)*(B(i)+h.*M3B))+(alpha.*(D(i)+h.*M3D))));
M4B=((B(i)+h.*M3B))*P.*(A(i)+h.*M3A)-(miu.*(B(i)+h.*M3B))-
(C.*(B(i)+h.*M3B))-((x(i+1)).*(B(i)+h.*M3B));
M4D=((C*(B(i)+h.*M3B))+((x(i+1))*(B(i)+h.*M3B)))-
(miui*(D(i)+h.*M3D))-(alpha*(D(i)+h.*M3D));
A(i+1)=A(i)+(h/6)*(M1A+(2*M2A)+(2*M3A)+M4A);
B(i+1)=B(i)+(h/6)*(M1B+(2*M2B)+(2*M3B)+M4B);
D(i+1)=D(i)+(h/6)*(M1D+(2*M2D)+(2*M3D)+M4D);
end
for i=1:M
j=M+2-i;
N1A=((miu.*1A(j))+(1A(j)*P.*(B(j))-((1B(j)).*P.*(B(j)))));
N1B=((-2*(1B(j)))+(1A(j).*P.*(A(j)))-
(1B(j)).*P.*(A(j)))+(miu*1B(j))+(1B(j)*C)+(U(j)).*1B(j)-(1B(j)*C)-
(U(j)).*1B(j)));
N1D=((-alpha*1A(j))+(miu*1D(j))+(alpha*1D(j)));
N2A=((miu.*1A(j)-h2*N1A)+(1A(j)-h2*N1A)*(P.*(1/2.*(B(j)+B(j-1))-
(1B(j)-h2*N1B)).*(P.*(1/2.*(B(j)+B(j-1)))));
N2B=((-2*(1/2.*(B(j)+B(j-1)))+(1A(j)-h2*N1A)*(P).*1A(j)-A(j-1)+
((1B(j)-h2*N1B)).*(P.*(1A(j)-A(j-1)))+(miu.*1B(j)-
h2*N1B))+((1B(j)-h2*N1B).*C)+(1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1B(j)-
h2*N1B))-((1D(j)-h2*N1D).*C))-((1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1D(j)-
h2*N1D))));
N2D=((-1A(j)-h2*N1A).*alpha)+((miu.*1D(j)-h2*N1D))+((1D(j)-
h2*N1D).*alpha);
N3A=((miu.*1A(j)-h2*N2A)+(1A(j)-h2*N2A)*(P.*(1/2.*(B(j)+B(j-1))-
(1B(j)-h2*N2B)).*(P.*(1/2.*(B(j)+B(j-1)))));
N3B=((-2*(1/2.*(B(j)+B(j-1)))+(1A(j)-h2*N2A)*(P).*1A(j)-A(j-1)+
((1B(j)-h2*N2B)).*(P.*(1A(j)-A(j-1)))+(miu.*1B(j)-
h2*N2B))+((1B(j)-h2*N2B).*C)+(1/2.*(U(i))+(U(j-1)).*(1B(j)-
h2*N2B))-((1D(j)-h2*N2D).*C))-((1/2.*(U(j))+(U(j-1)).*(1D(j)-
h2*N2D))));
N3D=((-1A(j)-h2*N2A).*alpha)+((miu.*1D(j)-h2*N2D))+((1D(j)-
h2*N2D).*alpha);

```



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.

```

N4A=((miu.*lA(j)-h*N3A))+ (lA(j)-h*N3A).*(P).*(B(j-1))-(lB(j)-
h*N3B).*(P).*(B(j-1)));
N4B=((-2.*(B(j-1)))+(lA(j)-h*N3A).*(P).*(A(j-1))+(lB(j)-
h*N3B).*(P).*(A(j-1))+((miu.*lB(j)-h*N3B))+((lB(j)-h*N3B).*C)+(U(j-
1)).*(lB(j)-h*N3B))-((lD(j)-h*N3D).*C)-(U(j-1)).*(lD(j)-h*N3D)));
N4D=((-(alpha.*lA(j)-h*N3A))+((miu.*lD(j)-h*N3D))+((lD(j)-
h*N3D).*alpha));
lA(j-1)=lA(j)-(h/6)*(N1A(1)+(2*N2A(1))+(2*N3A(1))+N4A(1));
lB(j-1)=lB(j)-(h/6)*(N1B(1)+(2*N2B(1))+(2*N3B(1))+N4B(1));
lD(j-1)=lD(j)-(h/6)*(N1D(1)+(2*N2D(1))+(2*N3D(1))+N4D(1));
end
temp=((lB(j-1))*(B)+(lD(j-1))*(B))/W;
xl=min(0.1,max(0.9,temp));
x=0.5*(xl+oldx);
err1=delta*sum(abs(x)-sum(abs(oldx-x)));
err2=delta*sum(abs(A)-sum(abs(oldA-A)));
err3=delta*sum(abs(B)-sum(abs(oldB-B)));
err4=delta*sum(abs(D)-sum(abs(oldD-D)));
err5=delta*sum(abs(lA)-sum(abs(oldlA-lA)));
err6=delta*sum(abs(lB)-sum(abs(oldlB-lB)));
err7=delta*sum(abs(lD)-sum(abs(oldlD-lD)));

test=min(err1,min(err2,min(err3,min(err4,min(err5,min(err6,err7))))));
fprintf('pada A(i+1)=%10.8f, lamdaA(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',A(i+1),lA(j-1),abs(oldA-
A),abs(oldA-lA));
fprintf('pada B(i+1)=%10.8f, lamdaB(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',B(i+1),lB(j-1),abs(oldB-
B),abs(oldB-lB));
fprintf('pada D(i+1)=%10.8f, lamdaD(j-
1)=%10.8f,err1=%10.8f,err2=%10.8f,err3=%10.8f,err4=%10.8f,err5=%10
.8f,err6=%10.8f,err7=%10.8f\n',D(i+1),lD(j-1),abs(oldD-
D),abs(oldD-lD));
%another possibility (size of lA =1, Comment the line D0=1)
end
z(:, :) =t;
z(:, :) =A;
z(:, :) =B;
z(:, :) =D;
z(:, :) =x;
z(:, :) =lA;
z(:, :) =lB;
z(:, :) =lD;
figure(1)
plot(t,S,'b',t,A,'g','linewidth',1);
xlabel('t (waktu)');
ylabel('S (Individu Rentan)');
legend('Tanpa Kendali U=0','Dengan Kendali Umin=0.1 & Umax=0.9');
grid on;
title('Populasi Individu Rentan');
grid off
figure(2)
plot(t,I,'b',t,B,'g','linewidth',2);

```



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.

```

xlabel('t (waktu)');
ylabel('I (Individu terinfeksi)');
legend('Tanpa Kendali U=0', 'Dengan Kendali Umin=0.1 & Umax=0.9');
grid on;
title('Populasi Individu terinfeksi');
grid off
figure(3)
plot(t,R, 'b',t,D, 'g', 'linewidth', 3);
xlabel('t (waktu)');
ylabel('R (Individu sembuh)');
legend('tanpa Kendali U=0', 'Dengan Kendali Umin=0 & Umax=0.9');
grid on;
title('Populasi Individu sembuh');
grid off
    
```



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Lisa Utami lahir di Ujungbatu, Rokan Hulu pada tanggal 09 Agustus 2000. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Muhammad Amin dan Ibu Nurlaili. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) pada tahun 2006 di TK Aisyah Kampa, Kab. Kampar. Lalu menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) tahun 2012 di SDN 001 Sawah Baru, Kab. Kampar. Selanjutnya pada tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) Penulis menyelesaikan pendidikan tahun 2015 di Mts Negeri Kampa, Kab. Kampar. Pada tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) Penulis menyelesaikan pendidikan pada tahun 2018 di Pondok Pesantren Islamic Centre Al-hidayah Kampa, Kab. Kampar. Tahun 2018 Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Negeri yakni di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi dengan Jurusan Matematika.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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