

**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 EKUILIBRIUM ENDEMIK PADA MODEL
MATEMATIKA KANKER SERVIKS AKIBAT
HUMAN PAPILLOMA VIRUS (HPV)
DENGAN ADANYA MIGRASI**

TUGAS AKHIR

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

oleh :

BOBY FAHLEZI
11554103159



UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN

KESTABILAN EKUILIBRIUM ENDEMIK PADA MODEL MATEMATIKA KANKER SERVIKS AKIBAT *HUMAN PAPILLOMA VIRUS (HPV)* DENGAN ADANYA MIGRASI

TUGAS AKHIR

oleh:

BOBY FAHEZI
11554103159

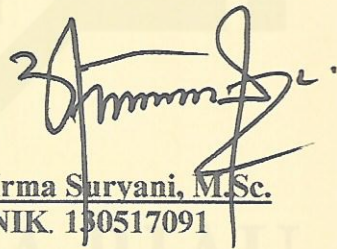
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 06 Juli 2022

Ketua Program Studi



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

Pembimbing



Irma Suryani, M.Sc.
NIK. 150517091

- 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 satu 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 EKUILIBRIUM ENDEMIK PADA MODEL MATEMATIKA KANKER SERVIKS AKIBAT HUMAN PAPILLOMA VIRUS (HPV) DENGAN ADANYA MIGRASI

TUGAS AKHIR

oleh:


BOBY FAHLEZI
11554103159

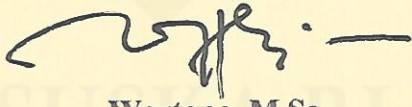
Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 06 Juli 2022

Pekanbaru, 06 Juli 2022
Mengesahkan

Ketua Program Studi

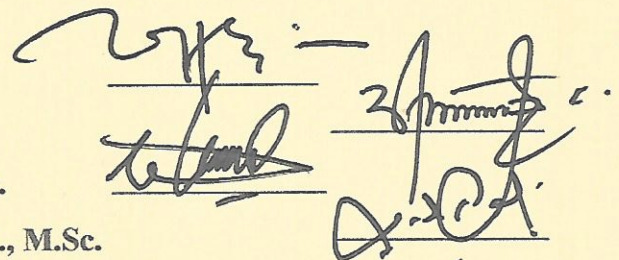
Dekan


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


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

DEWAN PENGUJI

Ketua : Wartono, M.Sc.
Sekretaris : Irma Suryani, M.Sc.
Anggota I : Mohamad Soleh, M.Sc.
Anggota II : Nilwan Andiraja, S.Pd., M.Sc.





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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : BOBY FAHLEZI
 NIM : 11554103159
 Tempat/Tgl. Lahir : PARIAMAN / 05-SEPTEMBER-1995
 Fakultas/Pascasarjana :
 Prodi : MATEMATIKA

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

KESTABILAN EKUILIBRIUM ENDEMIK PADA
 MODEL MATEMATIKA KANKER SERVIKS AKIBAT
 HUMAN PAPILOMA VIRUS (HPV) DENGAN ADANYA
 MIGRASI

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

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

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

Pekantoran, 25 Juli 2022
 membuat pernyataan



BOBY FAHLEZI
 NIM: 11554103159

* pilih salah satu sesuai jenis karya tulis

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut 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 meminjam tugas akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu 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 didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 06 Juli 2022

Yang Membuat Pernyataan,

BOBY FAHLEZI
11554103159

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.



PERSEMBAHAN

*Bacalah, dengan menyebut nama Rabb-mu.
Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.
Bacalah dan Rabb-mulah yang Maha mulia.*

Yang mengajarkan kalam (pena). Dia yang mengajarkan manusia sesuatu yang tidak diketahui (QS: Al-'Alaq 1-5)

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat (Q.S: Al-Mujadilah 11).

Alhamdulillahirrabbi'l'amin...

*Sujud syukurku kusembahkan kepadamu Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Agung yang Maha Tinggi yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas takdirmu telah engkau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar serta bersyukur dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal yang baik bagiku meraih cita-cita besarku. Lantunan Al-Fatihah beriringan Shalawat dan salam.
kuhanturkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad Shallaallahu'alaihi Wa Sallam.*

Ya Allah,

Waktu yang sudah kujalani dengan jalan hidup yang sudah menjadi takdirku, sedih, bahagia, dan bertemu orang-orang yang memberiku sejuta pengalaman bagiku, yang telah memberi warna-warni kehidupanku. Kubersujud dihadapanMu, Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai di penghujung awal perjuanganku. Segala puji bagi Mu ya Allah, Cinta dan Kasih sayang Ayahanda dan Ibunda Tercinta, yang begitu tulus untukku.

Hanya sebuah kado kecil yang dapat kuberikan yang memiliki sejuta makna, sejuta cerita, sejuta kenangan, pengorbanan, dan perjalanan untuk mendapatkan masa depan yang kuinginkan atas restu dan dukungan yang kalian berikan. Ayah, Ibu kalian tiada pernah hentinya selama ini memberiku kasih sayang, semangat, doa, dorongan, nasehat dan pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada.

Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas pengorbananmu. Mungkin ini belum sebanding dengan apa yang telah kalian berikan kepadaku.

Usaha, semangat dan kerja keras yang diiringi dengan keikhlasan hati dan kesabaran. Semoga ilmu yang telah diajarkan dan yang telah aku peroleh, menuntunku menjadi manusia yang berharga di dunia dan di akhirat nantinya. Aamiin.





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 EKUILIBRIUM ENDEMIK PADA MODEL MATEMATIKA KANKER SERVIKS AKIBAT *HUMAN PAPILLOMA VIRUS (HPV)* DENGAN ADANYA MIGRASI

BOBY FAHLEZI
NIM: 11554103159

Tanggal Sidang : 06 Juli 2022

Tanggal Wisuda :

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

ABSTRAK

Kanker serviks merupakan salah satu penyakit kronis yang menyerang bagian organ reproduksi wanita, tepatnya di daerah bagian bawah rahim. Penyakit ini disebabkan oleh *Human papillomavirus* (HPV). Menurut *World Health Organization* (WHO), Indonesia ditempatkan sebagai negara dengan jumlah penderita kanker serviks terbanyak kedua di dunia. Model matematika menjadi salah satu solusi untuk menggambarkan penyebaran penyakit kanker serviks. Pada pemodelan kanker serviks penelitian ini populasi wanita dibagi menjadi empat sub populasi, yaitu sub populasi rentan (S), sub populasi terinfeksi HPV (I), sub populasi yang tidak terjangkit kanker serviks (U) dan sub populasi terjangkit kanker serviks (C). Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menganalisis model dengan adanya migrasi. Sistem persamaan yang terbentuk dianalisis melalui titik ekuilibrium endemik dengan adanya migrasi dan kestabilan endemik. Selanjutnya, kestabilan endemik dinyatakan stabil dapat di uji menggunakan matriks Jacobian. Pada titik ekuilibrium endemik stabil jika memenuhi syarat tertentu. Hasil analisis diilustrasikan melalui simulasi numerik menggunakan software Maple18, yang menghasilkan bahwa penyakit kanker serviks dalam populasi tersebut tetap ada.

Kata Kunci: Model Matematika, Titik Ekuilibrium endemik, Kestabilan Titik Ekuilibrium, Kanker Serviks, migrasi.



ENDEMIC EQUILIBRIUM STABILITY IN MATHEMATICAL MODELS OF CERVIC CANCER HUMAN PAPILOMA VIRUS (HPV) WITH MIGRATION

BOBY FAHLEZI
NIM: 11554103159

Date of Final Exam : 06 July 2022

Date of Graduation :

Mathematics Program Study
Faculty Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Cervical cancer is a chronic disease that attacks the female reproductive organs, precisely in the lower part of the uterus. This disease is caused by the human papillomavirus (HPV). According to the World Health Organization (WHO), Indonesia is placed as the country with the second highest number of cervical cancer sufferers in the world. Mathematical model is one solution to describe the spread of cervical cancer. In cervical cancer modeling in this study, the female population was divided into four sub-populations, namely the susceptible sub-population (S), the HPV-infected sub-population (I), the non-cervical cancer-infected sub-population (U) and the cervical cancer-infected sub-population (C). The purpose of this study is to identify and analyze models with migration. The system of equations formed is analyzed through the endemic equilibrium point in the presence of migration and endemic stability. Furthermore, the endemic stability is declared stable and can be tested using the Jacobian matrix. At the endemic equilibrium point is stable if it does meet certain conditions. The results of the analysis are illustrated through numerical simulations using Maple18 software, which results in that cervical cancer in this population persists.

Keywords: *Mathematical Model, Endemic Equilibrium Point, Equilibrium Point Stability, Cervical Cancer, migration*

Hak Cipta Diindungi 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 Diindungi 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

Alhamdulillah rabbil'alamin.

Segala puji Allah *subhanahuwaata'ala* atas yang senantiasa melimpahkan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nyalah penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat beriringan salam kepada Nabi Muhammad *shallallahu'alaihiwasallam* yang telah membawa kita dari zaman yang tidak berpengetahuan sampai zaman yang memiliki kemajuan ilmu dan teknologi yang kita rasakan pada saat ini.

Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana sains dan teknologi pada jurusan matematika. Dalam penyusunan dan penyelesaian penelitian ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, bantuan, arahan, nasehat, petunjuk, perhatian serta semangat dari berbagai pihak terutama orang tua tercinta dan yang tersayang, Ayahanda (A.Muis) dan Ibunda (Rosmani) yang tidak pernah lelah dan tiada henti melimpahkan kasih sayang, perhatian, motivasi yang membuat penulis mampu untuk terus dan terus melangkah, pelajaran hidup, juga materi yang tidak mungkin bisa terbalas. Jasa-jasamu kan selalu ku kenang hingga akhir hayatku dan semoga Allah menjadikan jasa-jasamu sebagai amalan soleh, Aamiin. Kemudian penulis juga mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Wartono, M.Sc, selaku Ketua Jurusan Matematika sekaligus selaku Pembimbing Akademik yang telah memberi bimbingan, pengarahan serta ilmunya
4. Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc, selaku Sekretaris Jurusan Matematika sekaligus selaku penguji kedua yang telah memberi kritik dan saran sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
5. Ibu Irma Suryani, M.Sc, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, pengarahan serta ilmunya.
6. Muhammad Soleh, M.Sc, selaku penguji pertama yang telah memberi

Hak Cipta Diindungi 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.

kritik dan saran sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Seluruh Dosen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. yang telah banyak memberi nasehat, bimbingan, serta bantuan kepada penulis.
8. Seluruh saudara tercinta Oji Septiyan, Mona Aulia, Abdi Amanda, M. Afdil, Nadira Aulia yang telah memberi semangat luar biasa.
9. Seorang yang telah menemani dari tahun 2019, Suci Pratiwi yang bersedia meluangkan waktu untuk memberi semangat dan membantu penyelesaian tugas akhir ini
10. Sahabat penulis Supriyanto, Suryadi, Yuhandi, Rahmat Amek, Bayu Fajar Perdana, Fathur Reanagus, Reza Charisman, Dimas Pangestu, Khoirul Anam, Faisal, Suci Rahmadayanti, Widya Sri Ayuni, Fadilla Ulfa, Novina Melinda atas suka dan dukanya.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan Doni Candhra Rofikar, Anggi Prayogo, Eko Wahyu, Siska Dara Wulandari, Dewi Sartika, Rahmat Illahi, Sartika Tri Susanti Pribadi, Yola Sundari serta angkatan 2015 terkhusus lokal B.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian.

Semoga kebaikan yang telah mereka berikan kepada penulis menjadi amal kebaikan dan mendapat balasan yang setimpal dari Allah *subhanahu waata'ala*. Aamiin. Dalam penulisan ini penulis sadar bahwa penelitian tugas akhir ini belum sempurna. Namun, penulis sudah berusaha untuk mencapai hasil yang maksimal. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis harap semoga penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak-pihak yang memerlukan.

Pekanbaru, 06 Juli 2022

Boby Fahlezi



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 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 TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
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 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Kanker Serviks	5
2.2 Sistem Persamaan Diferensial.....	6
2.2.1 Sistem Persamaan Diferensial	6
2.2.2 Sistem Persamaan Non Diferensial.....	7
2.3 Titik Ekuilibrium dan Analisis Kestabilan	8
2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen	12
2.5 Metriks Jacobian	13
2.6 Pemodelan Matematika	14

Hak Cipta Diindungi 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

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Asumsi-Asumsi dalam Model.....	17
4.2	Model SIUC dengan Migrasi	18
4.3	Titik Kesetimbangan (<i>Equilibrium</i>)	20
4.4	Kestabilan Titik Kesetimbangan	23
4.5	Simulasi Numerik.....	27

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

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 : Subpopulasi rentan HPV
- I : Subpopulasi terinfeksi HPV
- U : Subpopulasi terinfeksi HPV tetapi tidak terjangkau kanker serviks
- C : Subpopulasi terinfeksi HPV dan terjangkau kanker serviks
- b : Angka kelahiran populasi
- μ : Angka kematian populasi
- p : Kemungkinan perempuan/laki-laki terinfeksi
- δ : Laju kematian populasi yang terinfeksi HPV
- v : Laju kontak terinfeksi
- m_1 : Laju imigrasi
- m_2 : Laju emigrasi

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Parameter dan variabel model <i>SIUC human papilloma virus (HPV)</i>	16
Tabel 4.1	Nilai Parameter.....	28



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram transfer penyebaran penyakit serviks akibat HPV	14
Gambar 4.1	Diagram Transfer Model SIUC dengan Migrasi	18
Gambar 4.2	Trayektori penyebaran kanker serviks akibat HPV dengan adanya Migrasi.....	29

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Analisis titik kesetimbangan Endemik menggunakan Maple18	34
---	----



- 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

Kesehatan merupakan hal yang berharga bagi manusia karena siapa saja dapat mengalami gangguan kesehatan [1]. Penyakit menular merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti virus, bakteri, parasit dan jamur. Salah satu penyebab penyakit menular yaitu hubungan seksual. Penyakit yang penyebarannya melalui hubungan seksual diantaranya adalah kanker serviks. Penyakit kanker serviks merupakan penyakit kanker terganas kedua yang menyerang wanita setelah kanker payudara [2].

Kanker serviks merupakan penyakit yang terjadi pada leher rahim (Serviks) yang disebabkan oleh adanya pertumbuhan abnormal dari jaringan epitel serviks akibat adanya infeksi yang persisten *Human papillomavirus* (HPV) tipe *high risk* (HR HPV) onkogenik [3]. Kanker serviks di Indonesia pada tahun 2018 berada pada angka 23,4 per 100.000 penduduk dengan rata-rata kematian 13,9 per 100.000 penduduk [4]. Pada tahun 2017, berdasarkan survei di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau terdapat 425 pasien dengan angka kematian 17 orang dan pada tahun 2018 semester pertama dari bulan Januari-Juli jumlah pasien dengan kanker serviks adalah 360 dan angka kematian 17 orang [5].

HPV merupakan virus DNA sirkuler rantai ganda, berukuran kecil, tidak memiliki selubung dan masuk dalam keluarga *Papillomaviridae* [3]. Human papillomavirus (HPV) merupakan agen infeksius epitel serviks. HPV dikategorikan menjadi tipe resiko tinggi (highrisk HPV,HRHPV) dan tipe resiko rendah (low risk HPV,LRHPV) dimana tergantung pada kemampuan virus tersebut untuk menimbulkan infeksi yang berhubungan dengan timbulnya kanker [6]. HPV adalah virus yang paling sering di jumpai pada penyakit menular seksual. HPV yang telah berhasil diidentifikasi adalah 13 tipe dan lebih dari 4 tipe HPV dapat menginfeksi area genital laki-laki dan perempuan mulut serta tenggorokan. Infeksi persisten dengan tipe resiko tinggi adalah faktor resiko

Hak Cipta Diindungi 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. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penting untuk kanker serviks yang berlangsung lama dan tidak menentu. Program skrining dapat mendeteksi dan mencegah perkembangan kanker serviks [7].

Kanker serviks sudah pernah dibahas dalam beberapa model Matematika. Sebelumnya, Puspitasari [8] membahas dalam jurnal yang berjudul “Analisis Kestabilan Lokal pada Model Matematika Kanker Serviks Akibat *Human Papillomavirus* “ yang membahas tentang analisis kestabilan lokal pada virus HPV dengan model matematika dan [8] menyimpulkan bahwa penelitian tersebut telah mengkonstruksi model matematika proses penyebaran penyakit kanker serviks yang direpresentasikan ke dalam sistem persamaan nonlinier dan hasil dari sistem persamaan nonlinear tersebut ialah diperoleh 1 titik ekuilibrium bebas penyakit yang dapat dijamin eksistensi dan kestabilannya. “*A Mathematical Model of Human Papillomavirus (HPV) in the United States and its Impact on Cervical*” yang dibahas oleh Lee [9] membahas tentang model matematika yang terinfeksi virus dengan model matematika dan menyimpulkan model matematika dari perspektif individu dan populasi akan membantu dalam pengambilan keputusan untuk mengevaluasi scenario pencegahan dan mitigasi HPV.

Model penyebaran penyakit kanker serviks yang dikonstruksi dari persamaan diferensial menggambarkan penyebaran penyakit kanker serviks pada populasi rentan terhadap penyakit (*Susceptible*), populasi yang terinfeksi penyakit (*Infected*) dan populasi yang sembuh dari penyakit (*recovered*). Model tersebut merupakan model *Susceptible-Infected-Recovered* (SIR) yang dikembangkan oleh Kermack dan McKendrick. Pada model lain dibahas penyebaran penyakit kanker serviks dengan jumlah populasi dibagi menjadi empat sub populasi yang disebut model SIUC [8].

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mengulas kembali jurnal Puspitasari [8] dengan menambahkan adanya migrasi yang terjadi pada populasi. Diketahui bahwa terjadi perpindahan penduduk dari satu wilayah asal ke wilayah yang lainnya, oleh karena itu penulis tertarik mengambil judul “**Kestabilan Ekuilibrium Endemik pada Model Matematika Kanker Serviks akibat *Human Papillomavirus* (HPV) dengan Adanya Migrasi**”

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.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk model matematika proses penyebaran virus HPV pada kanker serviks dengan adanya migrasi?
2. Bagaimana titik ekuilibrium endemik model matematika penyebaran virus HPV pada kanker serviks dengan adanya migrasi?
3. Bagaimana simulasi numerik kestabilan penyebaran virus HPV terhadap model matematika kanker serviks dengan adanya migrasi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu dalam hal ini di fokuskan pada kestabilan titik ekuilibrium endemik model matematika pada virus HPV jurnal [8] dengan menambahkan adanya migrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan bentuk model matematika proses penyebaran virus HPV pada kanker serviks dengan adanya migrasi.
2. Memperoleh titik ekuilibrium endemik model matematika penyebaran virus HPV pada kanker serviks dengan adanya migrasi.
3. Analisis simulasi numerik kestabilan ekuilibrium endemik penyebaran virus HPV terhadap model matematika kanker serviks dengan adanya migrasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk menambah ilmu tentang proses penyebaran virus HPV dalam model matematika kanker servik. serta menambah wawasan tentang pemodelan matematika dan penerapannya, khususnya tetang titik ekuilibrium endemik model

Hak Cipta Diindungi 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.

SIUC penyakit kankers serviks dengan adanya perpindahan penduduk dari wilayah asal ke tempat lainnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung untuk bagian pembahasan.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang studi pustaka atau literatur, yaitu dengan membaca buku-buku, jurnal, tugas akhir dan sumber-sumber lainnya yang mendukung pembahasan.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisikan tentang pemaparan cara-cara dengan teoritis dalam memperoleh hasil yang diinginkan.

BAB V PENUTUP

Berisikan tentang penjelasan kesimpulan dan saran dari pembahasan



Hak Cipta Diindungi 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

2.1 Kanker Serviks

Kanker merupakan suatu keadaan sel yang bersifat abnormal dimana sel-sel pada bagian tubuh tertentu tumbuh diluar kendali dan dapat menyerang jaringan lain untuk membentuk sel-sel kanker lainnya. Serviks atau leher Rahim adalah bagian Rahim yang terhubung dengan vagina [10]. Pembentukan sel-sel abnormal ini juga dapat terjadi pada sel-sel yang melapisi leher rahim, yang kemudian dikenal dengan sebutan kanker serviks. Dari data *World Health Organization* (WHO) tahun 2010, diketahui terdapat 493.243 jiwa per tahun penderita kanker serviks baru di dunia dengan angka kematian karena kanker ini sebanyak 273.505 jiwa pertahun [11]. Di Indonesia, kanker serviks menempati peringkat kedua setelah kanker payudara yang paling banyak terjadi dari seluruh kasus kanker pada tahun 2020. Belum diketahui apa yang menyebabkan perubahan pada gen tersebut. Namun, kondisi ini diketahui terkait dengan infeksi HPV. Pengobatan kanker serviks tergantung pada stadium kanker yang dialami pasien dan kondisi kesehatannya. Tindakan yang dilakukan dokter meliputi kemoterapi, radioterapi, bedah, atau kombinasi dari ketiganya.

Human papilloma Virus (HPV) merupakan penyebab dari kanker serviks. Sedangkan penyebab banyak kematian pada kaum wanita adalah virus HPV tipe 16 dan 18. Virus ini sangat mudah berpindah dan menyebar, tidak hanya melalui cairan, tapi juga bisa berpindah melalui sentuhan kulit. Selain itu, penggunaan wc umum yang sudah terkena virus HPV, dapat menjangkit seseorang yang menggunakannya jika tidak membersihkannya dengan baik [12].

Pada beberapa serotipe HPV yang berbeda telah diidentifikasi, ada serotipe risiko rendah yang bertanggung jawab untuk kerusakan anogenital jinak, dan serotipe berisiko tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan prakanker dan kanker pada leher rahim. Studi epidemiologis pada infeksi HPV menetapkan peran virus ini sebagai penyebab utama kanker serviks. Diperkirakan bahwa

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

infeksi HPV bertanggung jawab atas 500.000 kasus kanker serviks di seluruh dunia setiap tahun. Vaksinasi terhadap infeksi HPV merupakan cara yang efektif untuk menurunkan kejadian kanker serviks, terutama di kalangan wanita muda. Ketersediaan vaksin HPV memberikan kesempatan untuk menurunkan jumlah kasus penyakit di seluruh dunia yang di sebabkan oleh HPV [13].

2.2 Sistem Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial secara umum didefinisikan sebagai berikut:

Persamaan diferensial adalah persamaan yang melibatkan turunan dari satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu atau lebih variabel bebas, sedangkan sistem persamaan differensial terdiri dari beberapa persamaan differensial linear dan nonlinear.

Apabila terdapat beberapa persamaan differensial, maka akan terbentuk suatu sistem persamaan differensial. Bentuk umum dari suatu persamaan differensial orde pertama adalah sebagai berikut [14]:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \tag{2.1}$$

Persamaan differensial (2.1) dapat ditulis sebagai persamaan vektor dengan vektor kolom $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ dan $f = [f_1, f_2, \dots, f_n]^T$ Sistem persamaan diferensial (2.1) dapat ditulis sebagai berikut

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t) \tag{2.2}$$

Solusi dari (2.2) adalah sekumpulan fungsi differensial dari n pada suatu interval $a < t < b$, $x = h_1(t), \dots, x_n = h_n(t)$ yang memenuhi (2.2) pada interval $a < t < b$.

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.

2.2.1 Sistem Persamaan Diferensial Linier

Secara umum sistem persamaan adalah sistem linear jika fungsi linear dalam x_1, x_2, \dots, x_n dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)x_2 + \dots + a_{1n}(t)x_n \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_{21}(t)x_1 + a_{22}(t)x_2 + \dots + a_{2n}(t)x_n \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= a_{n1}(t)x_1 + a_{n2}(t)x_2 + \dots + a_{nn}(t)x_n \end{aligned} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) dapat ditulis menjadi:

$$x = Ax + g \quad (2.4)$$

Dengan

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & \cdots & a_{1n}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}(t) & \cdots & a_{nn}(t) \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, g = \begin{bmatrix} g_1(t) \\ \vdots \\ g_n(t) \end{bmatrix}$$

Sistem (2.4) disebut homogen jika $g = 0$, sehingga :

$$x = Ax \quad (2.5)$$

Jika $g \neq 0$, maka Sistem (2.4) disebut non homogen.

2.2.2 Sistem Persamaan Diferensial Non Linier

Persamaan diferensial non linear adalah persamaan diferensial biasa yang taklinear. Persamaan diferensial dikatakan non linear jika persamaan diferensial tersebut memenuhi paling sedikit satu dari kriteria berikut :

- a. Memuat variabel tak bebas dari turunan-turunannya berpangkat selain satu.
- b. Terdapat perkalian dari variabel tak bebas dan atau turunan-turunannya.
- c. Terdapat fungsi transendental dari variabel tak bebas dan turunan-turunannya.

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 2.1

Diberikan sistem persamaan diferensial non linear:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_1 + x_1x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = 4x_1^2 - 2x_2 \end{cases} \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) merupakan sistem persamaan diferensial non linear dengan variabel bebas dan variabel tak bebas x_1 dan x_2 . Persamaan (2.6) disebut sistem diferensial non linear karna memuat perkalian antara variabel tak bebas x_1 dan x_2 pada persamaan pertama dan terdapat kuadrat dari variabel tak bebas x_1 pada persamaan kedua.

2.3 Titik ekuilibrium dan analisis kestabilan

Titik ekuilibrium (titik keseimbangan) merupakan titik tetap yang tidak berubah terhadap waktu. Titik ekuilibrium bebas penyakit terjadi jika dalam suatu populasi tidak terdapat individu yang terinfeksi penyakit dan titik ekuilibrium endemik penyakit yaitu suatu keadaan dimana dalam populasi tersebut selalu terdapat individu yang terinfeksi penyakit.

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

Definisi 2.1 [14] Titik $\bar{x} \in R^n$ disebut titik ekuilibrium jika $f(\bar{x}) = 0$

Contoh 2.2

Diberikan sistem persamaan differensial yaitu:

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

Tentukan titik ekuilibrium dari sistem persamaan differensial tersebut.

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.

Penyelesaian:

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

$$x_1 x_2 + x_1 = 0$$

atau dapat ditulis menjadi

$$x_1(x_2 + 1) = 0$$

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 di dapat titik ekuilibrium $E_2 = (1, -1)^T$.

Selanjutnya akan diberikan definisi kestabilan di titik ekuilibrium.

Definisi 2.2 [10] Titik ekuilibrium x yang memenuhi $f(x) = 0$

Dikatakan

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 berakibat $\|x(t, x_0) - \bar{x}\| < \varepsilon$, untuk setiap $t \geq 0$
2. Stabil asimtotik jika \bar{x} stabil dan terdapat $\delta_1 > 0$ sehingga $\|x(t, x_0) - \bar{x}\| < \delta_1$ yang berakibat $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t, x_0) - \bar{x}\| = 0$
3. Tidak stabil jika titik ekuilibrium tidak memenuhi (1).
 Kestabilan titik ekuilibrium x dapat ditentukan dengan memperhatikan nilai-nilai eigen, yaitu $\lambda_1 = 1, 2, \dots, n$ yang diperoleh dari persamaan karakteristik.

Definisi 2.3 [11] Misalkan diberikan SPD linier sebagai berikut:

$$\dot{x} = Ax \tag{2.7}$$

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

Maka persamaan karakteristik SPD pada Persamaan (2.6), yaitu $(A - \lambda I)x = 0$,

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

dapat ditulis menjadi,

$$a\lambda^2 - b\lambda + c = 0 \tag{2.8}$$

Maka dari Persamaan (2.7) diperoleh nilai nilai eigen sebagai berikut:

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

Kestabilan dari titik ekuilibrium dapat ditentukan berdasarkan nilai eigen dari matriks jacobian. kriteria kestabilan titik ekuilibrium dapat disajikan pada teorema berikut.

Teorema 2.1[12] Diberikan persamaan differensial $\dot{x} = Ax$ 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 dan hanya jika $\exists R_\epsilon(\lambda_i) < 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$.
- b. Titik ekuilibrium \dot{x} dikatakan stabil jika dan hanya jika $\exists R_\epsilon(\lambda_i) \leq 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$.
- c. Titik ekuilibrium \dot{x} dikatakan tidak stabil jika $\exists R_\epsilon(\lambda_i) > 0$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, k$.

Contoh 2.3

Diberikan persamaan differensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= -2x_1 + x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= 2x_1 - 3x_2 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

Menentukan titik ekuilibrium

$$\begin{aligned} -2x_1 + x_2 &= 0 \\ 2x_1 - 3x_2 &= 0 \\ -2x_1 + x_2 &+ \\ 2x_1 - 3x_2 &= 0 \\ -2x_2 &= 0 \\ x_2 &= 0 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi 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 (λ_1, λ_2) dari matriks jacobian $Jf(x_1, x_2)$ mempunyai bagian real negative. Berdasarkan Teorema 2.1 maka titik ekuilibrium $(0,0)$ adalah stabil asimotik.

2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Secara formal definisi nilai eigen dan vektor eigen adalah sebagai berikut:

Definisi 2.5 [13] Misalkan A adalah matriks $n \times n$, maka vektor x yang tidak nol di \mathbf{R} disebut vektor eigen (*vector eigen*) dari A jika Ax adalah kelipatan skalar dari x , yaitu:

$$Ax = \lambda x \tag{2.9}$$

skalar λ dinamakan eigen (*eigen value*) dari A . Persamaan (2.9) bisa ditulis sebagai

$$\begin{aligned} Ax &= \lambda x \\ Ax - \lambda x &= 0 \\ (A - \lambda)x &= 0 \end{aligned} \tag{2.10}$$

Persamaan (2.10) memiliki pecahan jika dan hanya jika $\det(A - \lambda) = 0$

Contoh 2.4

Diketahui matriks

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 6 & -1 \end{bmatrix}$$

Tentukan vektor vektor eigen dari matriks A !

Hak Cipta Ditanggung Undang-Undang

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

Penyelesaian:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 6 & -1 \end{bmatrix}, \text{ maka}$$

$$\det(A - \lambda I) = 0$$

$$\det \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 \\ 6 & -1-\lambda \end{bmatrix} = 0$$

$$(1-\lambda)(-1-\lambda) = 0$$

$$\det \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 6 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0$$

$$6x_1 - 2x_2 = 0$$

$$x_1 = \frac{1}{3}x_2$$

Misal $x_2 = t$, maka $x_1 = \frac{1}{3}x_2$

$$x = \begin{bmatrix} \frac{1}{3}t \\ t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \\ 1 \end{bmatrix} t$$

Jadi vektor eigen yang bersesuaian dengan $\lambda_1 = 1$ adalah $x_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \\ t \end{bmatrix}$

Untuk $\lambda_2 = -1$

$$\det \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 6 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0$$

$$2x_1 = 0$$

$$6x_2 = 0$$

Maka $x_1 = 0$, misal $x_2 = t$

$$x = \begin{bmatrix} 0t \\ 1t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} t$$

Jadi, vektor eigen yang bersesuaian dengan $\lambda_2 = -1$ adalah $x = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

2.5 Martiks Jacobian

Diberikan sistem sebagai berikut:

$$\dot{x} = f(x) \tag{2.11}$$

Jika Persamaan (2.12) mempunyai titik ekuilibrium x maka Persamaan (2.12) dapat ditulis sebagai:

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

$$\dot{x} = Df(\bar{x})x + \varphi(x) \tag{2.13}$$

Bentuk $\varphi(x)$ disebut sebagai bagian nonlinier dari Persamaan (2.12) dan $Df(\bar{x})$ disebut sebagai bagian linier dari Persamaan(2.12) pada titik ekuilibrium.

Definisi 2.6 [15] Matriks yang berhubungan dengan sebuah

fungsi $f : R^n \rightarrow R^n$ yang memiliki koordinat fungsi f_1, f_2, \dots, f_n dengan entri

(i, j) dari $\frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x_0)$, turunan parsial pertama dari atas daerah asal fungsi f .

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(x_0) & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n}(x_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_m}{\partial x_1}(x_0) & \dots & \frac{\partial f_m}{\partial x_n}(x_0) \end{bmatrix} \tag{2.14}$$

Jika $Df(\bar{x})$ tidak mempunyai nilai eigen $R_\epsilon \{ \lambda_j \} 0$ maka sifat kestabilan Persamaan (2.12) dapat dilihat dari persamaan.

$$\dot{x} = Df(\bar{x})x$$

2.6 Pemodelan Matematika

Proses ini menghasilkan model matematika dari masalah yang diidentifikasi. Metode matematis kemudian digunakan untuk memperoleh solusi matematis dari masalah. Proses tidak berhenti setelah diperoleh solusi. Solusi tersebut perlu untuk diterjemahkan kembali dalam domain di luar matematika atau sesuai dengan konteksnya [3].

Model penyebaran penyakit kanker serviks yang dikonstruksi menghasilkan persamaan model yang menggambarkan penyebaran penyakit kanker serviks pada populasi rentan terhadap penyakit (*Susceptible*), populasi yang terinfeksi penyakit (*Infected*) dan populasi yang sembuh dari penyakit (*recovered*). Model tersebut merupakan model *Susceptible-Infected-Recovered* (SIR). Pada model lain dibahas penyebaran penyakit kanker serviks dengan

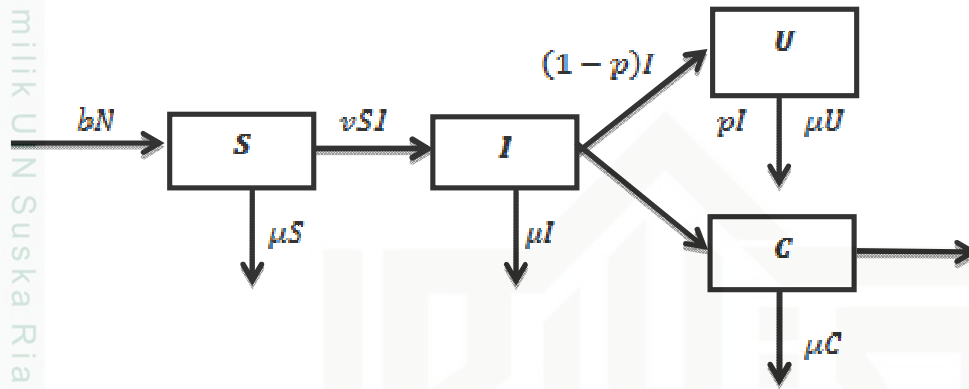
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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.

jumlah populasi dibagi menjadi empat sub populasi yaitu, populasi rentan (S), populasi terinfeksi (I), populasi terinfeksi kemudian terjangkit penyakit (C) dan populasi sembuh (U).



Gambar 2.1 Diagram transfer penyebaran penyakit serviks akibat HPV.

$$\frac{dS}{dt} = bN - (\mu + vI)S$$

$$\frac{dI}{dt} = vSI - (1 - p)I - (p + \mu)I$$

$$\frac{dU}{dt} = (1 - p)I - \mu U$$

$$\frac{dC}{dt} = pI - (\mu + \delta)C$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Studi literatur merupakan metodologi penelitian penulis yaitu dengan mempelajari buku-buku dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan pokok permasalahan. Pada model ini digunakan empat subpopulasi, yakni:

- a. **Subpopulasi rentan (S)** adalah populasi yang mempunyai kemungkinan untuk terinfeksi HPV
- b. **Subpopulasi terinfeksi (I)** adalah populasi yang terinfeksi HPV,
- c. **Subpopulasi sembuh dari penyakit (U)** adalah populasi yang terinfeksi HPV tetapi tidak terjangkit kanker serviks,
- d. **Subpopulasi terinfeksi dan terjangkit penyakit (C)** adalah populasi yang terinfeksi HPV kemudian terjangkit kanker serviks

Pada penelitian ini akan mengkaji model SIUC untuk transmisi HPV dengan adanya migrasi..

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat asumsi yang melibatkan parameter dan variable
2. Mengidentifikasi parameter dan variable yang digunakan dalam model

Tabel 3.1 Parameter dan variabel model SIUC Human Papilloma Virus (HPV)

No	Parameter dan Variabel	Keterangan
1	S	Subpopulasi rentan HPV
2	I	Subpopulasi terinfeksi HPV
3	U	Subpopulasi terinfeksi HPV tetapi tidak terjangkit kanker serviks
4	C	Subpopulasi terinfeksi HPV dan terjangkit kanker serviks
5	b	Angka kelahiran populasi

Hak Cipta Diindungi 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.

6	μ	Angka kematian populasi
7	p	Kemungkinan perempuan/laki-laki terinfeksi
8	δ	Laju kematian populasi yang terinfeksi HPV
9	v	Laju kontak terinfeksi
10	m_1	Laju imigrasi
11	m_2	Laju emigrasi

3. Model matematika dari parameter untuk setiap subpopulasi yang di peroleh dari asumsi-asumsi yang diberikan sebagai berikut:

$$\frac{ds}{dt} = bN - (\mu + v)i)s \quad (3.1)$$

$$\frac{di}{dt} = vsi - (1 - p)i - (p + \mu)i \quad (3.2)$$

$$\frac{du}{dt} = (1 - p)i - \mu u \quad (3.3)$$

$$\frac{dc}{dt} = pi - (\mu + \delta)c \quad (3.4)$$

4. Persamaan yang terdapat pada langkah 3 diatas ditambah dengan adanya migrasi yaitu emigrasi dan imigrasi pada populasi
5. Menentukan titik ekuilibrium pada model yang di peroleh pada langkah ke-4 yaitu titik ekulibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik. Pada kasus tugas akhir ini penulis hanya akan membahas titik ekulibrium endemik.
6. Menganalisa kestabilan dari titik ekuilibrium yang didapat pada langkah ke-5.
7. Membuat simulasi numerik dengan menggunakan *software maple*
8. Menyimpulkan hasil yang diperoleh secara keseluruhan

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Bentuk model matematika proses penyebaran virus HPV pada kanker serviks dengan adanya migrasi dapat dilihat pada Sistem (4.1).
2. Dari Sistem (4.1) kemudian dicari titik ekuilibriumnya menggunakan Sistem (4.3) yang diperoleh,

$$(\hat{s}, \hat{i}, \hat{u}, \hat{c}) = \left(\frac{1 + \mu + m_2}{v}, \frac{(b + m_1)}{1 + \mu + m_2} - \left[\frac{\mu + m_2}{v} \right], (1 - P) \left[\frac{(b + m_1)}{(1 + \mu + m_2)(\mu + m_2)} - \frac{1}{v} \right], P \left[\frac{(b + m_1)}{(1 + \mu + m_2)(\mu + m_2 + \delta)} - \frac{(\mu + m_2)}{(\mu + m_2 + \delta)v} \right] \right)$$

3. Simulasi numerik menjelaskan bahwa peningkatan dan penurunan penyebaran kanker serviks akibat HPV dipengaruhi dengan adanya perpindahan dan imigrasi yang terjadi di dalam subpopulasi.

5.2. Saran

Penulis melakukan analisis model matematika untuk melihat penyebaran kanker serviks akibat HPV dan melihat kestabilan lokalnya. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa membahas tentang penyebaran kanker serviks akibat HPV, dimana sub populasi rentan terhadap penyakit dibedakan menjadi dua yaitu wanita dan pria dengan interaksi yang sama yaitu interaksi seksual. Bukan hanya itu tetapi pada sub populasi rentan, individu akan diberikan vaksin, individu terserang penyakit kanker serviks diberikan perilaku terapi agar bisa sembuh, dan membahas kestabilan secara globalnya.

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. Bastian, “Penerapan algoritma k-means clustering analysis pada penyakit menular manusia (studi kasus kabupaten Majalengka),” *Jurnal Sist. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–34, 2018.
- [2] A. P. Sari and F. Syahrul, “Faktor yang berhubungan dengan tindakan vaksinasi hpv pada wanita usia dewasa,” *Jurnal Berk. Epidemiol.*, vol. 2, no. 3, pp. 321–330, 2014.
- [3] A. Y. Paulina Rosa Evriarti, “Paulina Rosa Evriarti , Andi Yasmo. 2019. Patogenesis Human Papillomavirus (HPV) pada Kanker Serviks.Jakarta.Jurnal Biotek Medisiana Indonesia,” *Jurnal Biotek Medisiana Indones.*, vol. 8.1, pp. 23–32, 2019.
- [4] V. Nita and Novi Indrayani, “Pendidikan Kesehatan Dalam Upaya Pencegahan Kanker Serviks Pada Wanita Usia Subur,” *Din. Jurnal Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 306–310, 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v4i2.4175.
- [5] F. Utomo, A. Afandi, and S. B. Rivai, “Korelasi Durasi Penggunaan Kontrasepsi Oral Dan Stadium Kanker Serviks Di Rsud Arifin Achmad Provinsi Riau,” *Collab. Med. Jurnal* vol. 3, no. 1, pp. 24–31, 2020, doi: 10.36341/cmj.v3i1.1126.
- [6] J. Paavonen, “Human papillomavirus infection and the development of cervical cancer and related genital neoplasias,” *Int. Jurnal Infect. Dis.*, vol. 11, no. SUPPL. 2, 2007, doi: 10.1016/S1201-9712(07)60015-0.
- [7] R. V Barnabas, P. Laukkanen, P. Koskela, O. Kontula, M. Lehtinen, and G. P. Garnett, “Epidemiology of HPV 16 and cervical cancer in Finland and the potential impact of vaccination: mathematical modelling analyses,” *PLoS Med.*, vol. 3, no. 5, p. e138, 2006.
- [8] N. Puspitasari, Y. A. Adi, and R. S. Winanda, “Analisis Kestabilan Lokal pada Model Matematika Kanker Serviks Akibat Human Papillomavirus,” *Jurnal Ilmu Alam dan Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 115–125, 2019.

Hak Cipta Diindungi 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] S. L. Lee and A. M. Tameru, "A mathematical model of human papillomavirus (HPV) in the united states and its impact on cervical cancer," *Jurnal Cancer*, vol. 3, no. 1, pp. 262–268, 2012, doi: 10.7150/jca.4161.
- [10] Widodo, "pengantar model Matematika," Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2007.
- [11] Strogatz, "Nonlinear dynamics and chaos," Cambridge: Harvard Univeesity, 1994.
- [12] Subiono, "Matematika Sistem", Surabaya: Jurusan Matematika, FMIPA-ITS 2010.
- [13] H. Anton, "Aljabar Linear Elementer Edisi Kelima," Jakarta: Erlangga, 1987.
- [14] Perko, L. "*Differential Equations and Dynamical Systems*". New York: Springer-Verlag, 1991
- [15] Clark. "*Analisis Calculus, and Differential Equations*". Georgia: Universitas of Georgia, 1999.

LAMPIRAN

```
> restart :
> with(DEtools) :
> with(plots) :
> with(linalg) : unprotect(gamma) :
> μ := 0.001; δ := 0.0043; ν := 0.6; p := 0.7; b := 0.0187; a := 0.0188; d := 0.0174; s := L(t); i := P(t); u := Q(t); c := R(t);
```

```
μ := 0.001
δ := 0.0043
ν := 0.6
p := 0.7
b := 0.0187
a := 0.0188
d := 0.0174
s := L(t)
i := P(t)
u := Q(t)
c := R(t)
```

```
> L(t) =  $\frac{1 + \mu + d}{\nu}$ ;
```

```
L(t) = 1.697333333
```

```
> P(t) =  $\left( \frac{(b+a)}{1 + \mu + d} - \left( \frac{\mu + d}{\nu} \right) \right)$ ;
```

```
P(t) = 0.00615579994
```

```
> Q(t) =  $(1 - p) \cdot \left( \frac{(b+a)}{(1 + \mu + d) \cdot (\mu + d)} - \frac{1}{\nu} \right)$ ;
```

```
Q(t) = 0.1003663032
```

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Diarangi 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. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

```

> R(t) = p * ( (b+a) / ((1+mu+d)*(mu+d+delta)) - (mu+d) / ((mu+d+delta)*v) );
R(t) = 0.1898264298

> turunan1 := (D(L)(t) = (b+a) - (mu+v*P(t)+d) * L(t), D(P)(t) = v*P(t) * L(t) - (1-p) * P(t) - (p+mu+d) * P(t), D(Q)(t) = (1-p) * P(t) - (mu+d) * Q(t), D(R)(t) = p * P(t) - (mu+d+delta) * R(t));
turunan1 := D(L)(t) = 0.0375 - (0.0184 + 0.6*P(t)) * L(t), D(P)(t) = 0.6*P(t) * L(t) - 1.0184 * P(t), D(Q)(t) = 0.3*P(t) - 0.0184 * Q(t), D(R)(t) = 0.7*P(t) - 0.0227 * R(t)

> nilai := {P(0) = 0.1, L(0) = 0.2, Q(0) = 0.3, R(0) = 0.4};
nilai := {L(0) = 0.2, P(0) = 0.1, Q(0) = 0.3, R(0) = 0.4}

> dsoll := solve({turunan1} U nilai, numeric, output = listprocedure)
dsoll := [t = proc(t) ... end proc, L(t) = proc(t) ... end proc, P(t) = proc(t) ... end proc, Q(t) = proc(t) ... end proc, R(t) = proc(t) ... end proc]

> dsollL := subs(dsoll, L(t));
dsollL := proc(t) ... end proc

> dsollP := subs(dsoll, P(t));
dsollP := proc(t) ... end proc

> dsollQ := subs(dsoll, Q(t));
dsollQ := proc(t) ... end proc

> dsollR := subs(dsoll, R(t));
dsollR := proc(t) ... end proc

> plotL := plot(dsollL(t), t = 0 .. 1200, legend = s, colour = red);
plotL := PLOT(...)

> plotP := plot(dsollP(t), t = 0 .. 1200, legend = i, colour = blue);
plotP := PLOT(...)

> plotQ := plot(dsollQ(t), t = 0 .. 1200, legend = u, colour = green);
plotQ := PLOT(...)

```

Hak Cipta Diindungi 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.

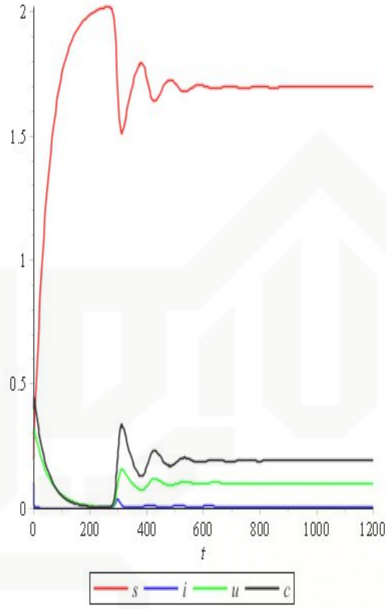
```

> plotQ := plot(dsollQ(t), t=0..1200, legend= u, colour= green);
plotQ := PLOT(...)

> plotR := plot(dsollR(t), t=0..1200, legend= c, colour= black);
plotR := PLOT(...)

> plots[display](plotL, plotP, plotQ, plotR, );

```





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Bobby Fahlezi dengan panggilan Bobby, lahir di Pariaman, tanggal 05 September 1995. Sebagai anak ke dua dari eman bersaudara pasangan Bapak A.muis dan Ibu Rosmani. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2007. Lalu melanjutkan Pendidikan sekolah Menengah Pertama (SMP) lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2013 Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Ampek Nagari, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatra Barat dengan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Dua tahun Setelah menyelesaikan Pendidikan di SMAN Ampek Nagari, kemudian Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Fakultas Sains dan Teknologi dengan Program Studi Matematika.

Dalam masa perkuliahan Penulis telah melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Dinas Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (BBKSD) Riau dan Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Serosah, Kecamatan Hulu Kuantan, Kabupaten Kuantan singingi.

Hak Cipta Diindungi 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.