

**ANALISIS DINAMIK MODIFIKASI MODEL MATEMATIKA
KECANDUAN TIKTOK**

SKRIPSI

**OLEH:
ZULFA AKFI FIKRINA
NIM. 200601110118**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISIS DINAMIK MODIFIKASI MODEL MATEMATIKA
KECANDUAN TIKTOK**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S. Mat)**

**Oleh
Zulfa Akfi Fikrina
NIM. 200601110118**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

ANALISIS DINAMIK MODIFIKASI MODEL MATEMATIKA KECANDUAN TIKTOK

SKRIPSI

Oleh
Zulfa Akfi Fikrina
NIM. 200601110118

Telah Disetujui Untuk Diuji

Malang, 10 Juni 2024

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Juhari, M. Si.
NIPPPK. 19840209 202321 1 010



Abdul Aziz, M. Si
NIP. 19760318 200604 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M. Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

ANALISIS DINAMIK MODIFIKASI MODEL MATEMATIKA KECANDUAN TIKTOK

SKRIPSI

Oleh

Zulfa Akfi Fikrina
NIM. 200601110118

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Malang, 24 Juni 2024

Ketua Penguji : Dr. Usman Pagalay, M.Si

Anggota Penguji 1 : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

Anggota Penguji 2 : Juhari, M.Si

Anggota Penguji 3 : Abdul Aziz, M.Si



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika




Dr. Elly Susanti, M. Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfa Akfi Fikrina
NIM : 200601110118
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika
Kecanduan TikTok

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Zulfa Akfi Fikrina
NIM. 200601110118

MOTO

“You can if you think you can”

“Sukses adalah jumlah dari upaya kecil, yang diulangi hari demi hari”

“Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu”

“Apa yang benar-benar diperhitungkan adalah akhir yang baik, bukan awal yang buruk”

“Barangsiapa yang membebaskan seorang muslim dari suatu kesulitan dunia, maka kelak Allah akan membeskannya dari suatu kesulitan pada hari kiamat”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, bapak Sunanil Huda dan Ibu Mugiarti, yang senantiasa selalu memberikan dukungan, memberikan banyak nasihat terhadap saya, memberikan banyak rasa kasih dan sayang serta doa yang tersampaikan kepada diri saya sehingga membuat skripsi ini bisa selesai dengan baik sehingga bisa membuat mereka bangga terhadap usaha saya.

Kepada kakak saya Juhda El Farobi, yang sedang berjuang untuk sembuh dari penyakitnya. Semoga dengan selesainya skripsi ini juga bisa membuat perjuangan kakak saya juga bisa berbuah dengan baik dan kakak saya bisa segera berjalan lagi seperti sebelumnya.

Kepada teman-teman saya tercinta yakni Alif, Hilda dan Arini yang selalu mendampingi saya sampai tuntasnya skripsi ini, saya memberikan banyak terimakasih karena selalu menemani saya dalam keadaan apapun dan selalu memberi dukungan sehingga saya sama sekali tidak pernah merasa sendirian di kota rantau ini.

Kepada diri saya sendiri yang sangat hebat dan kuat sehingga skripsi ini bisa tuntas dengan baik.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmaullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok” dengan lancar. Sholawat serta salam tak lupa tercurahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing seluruh umatnya dari jaman jahiliyah menuju ke jaman yang terang-benderang. Dalam kesempatan ini, penulis juga menyampaikan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M. Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Elly Susanti, M. Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Juhari, M. Si., selaku dosen pembimbing I.
5. Abdul Aziz, M. Si., selaku dosen pembimbing II.
6. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
7. Orang tua dan seluruh keluarga.
8. Seluruh mahasiswa matematika Angkatan 2020 yang telah bersedia membantu, memberikan informasi, memberikan semangat kepada penulis.

Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Adapun kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik lagi.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 24 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	Error
! Bookmark not defined.	
HALAMAN PENGESAHAN	Error
! Bookmark not defined.	
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
MOTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT.....	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Definisi Istilah	7
BAB II KAJIAN TEORI.....	9
2.1 Teori Pendukung.....	9
2.1.1 Model Matematika Bergantung Waktu.....	9
2.1.2 Linearisasi.....	11
2.1.3 Titik Keseimbangan	12
2.1.4 Analisis Kestabilan.....	13
2.1.5 Matriks Jacobi	13
2.1.6 Kriteria Routh-Hurwitz	14
2.1.7 Bilangan Reproduksi Dasar	16
2.1.8 Kecanduan TikTok.....	17
2.1.9 Model <i>SEARQ</i>	19
2.2 Penyelesaian Masalah dalam Al-Qur'an	21
2.3 Kajian Model Matematika Terhadap Kecanduan TikTok dengan Teori Pendukung	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Pra Penelitian.....	24
3.3 Tahapan Penelitian.....	24

3.3.1 Modifikasi Model Matematika	24
3.3.2 Analisis Dinamik Model Matematika	25
BAB IV PEMBAHASAN	26
4.1 Modifikasi Model Matematika	26
4.1.1 Membentuk Diagram Kompartemen Berdasarkan Rujukan dari Alemneh & Alemu (2021)	26
4.1.2 Mendefinisikan Variabel dan Nilai Parameter yang Terkait dengan Diagram Kompartemen.....	27
4.1.3 Menyusun Persamaan Differensial Sesuai dengan Diagram Kompartemen yang Telah Dibentuk	30
4.2 Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok	35
4.2.1 Menentukan Titik Keseimbangan Model Matematika Kecanduan TikTok.....	35
4.2.2 Menentukan Analisis Kestabilan Model Matematika Kecanduan TikTok.....	41
4.2.3 Menentukan Bilangan Reproduksi Dasar R_0	47
4.2.4 Simulasi Numerik Model Matematika Kecanduan TikTok Berupa Grafik Menggunakan Maple.....	49
4.3 Analisis Dinamik Model S, E, A_1, A_2, R, Q Dalam Pandangan Islam.....	55
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62
RIWAYAT HIDUP	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Routh-Hurwitz	15
Tabel 2.2	Kriteria Kecanduan TikTok	19
Tabel 2.3	Nilai Parameter Alemneh & Alemu (2021)	21
Tabel 4.1	Definisi Variabel Modifikasi Model Kecanduan TikTok	28
Tabel 4.2	Nilai Parameter Modifikasi Model Kecanduan TikTok.....	28
Tabel 4.3	Tabel Kriteria <i>Routh-Hurwitz</i>	43
Tabel 4.4	Tabel Kriteria <i>Routh-Hurwitz</i>	45
Tabel 4.5	Tabel perbandingan St	50
Tabel 4.6	Tabel perbandingan Et	50
Tabel 4.7	Tabel perbandingan $A1t$	51
Tabel 4.8	Tabel perbandingan $A2t$	52
Tabel 4.9	Tabel perbandingan Rt	53
Tabel 4.10	Tabel perbandingan Qt	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model matematika <i>SEARQ</i>	20
Gambar 4.1	Model Modifikasi Kecanduan TikTok	27
Gambar 4.2	Simulasi modifikasi	49
Gambar 4.3	Simulasi model.....	49
Gambar 4.4	Simulasi modifikasi	50
Gambar 4.5	Simulasi model.....	50
Gambar 4.6	Simulasi modifikasi	51
Gambar 4.7	Simulasi model.....	51
Gambar 4.8	Simulasi modifikasi	52
Gambar 4.9	Simulasi model.....	52
Gambar 4.10	Simulasi modifikasi	53
Gambar 4.11	Simulasi model.....	53
Gambar 4.12	Simulasi modifikasi	54
Gambar 4.13	Simulasi model.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Script</i> Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok	62
Lampiran 2	<i>Script MAPLE</i> Simulasi Modifikasi Model Matematika dan Model Rujukan.....	69

DAFTAR SIMBOL

π	: Laju pengaruh dari keseluruhan keseluruhan kompartemen
μ	: Laju populasi kematian alami
β_1	: Laju penularan dari individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan terhadap individu yang rentan terhadap kecanduan TikTok
β_2	: Laju penularan dari individu yang terpapar kecanduan TikTok berat terhadap individu yang rentan terhadap kecanduan TikTok
σ_1	: Tingkat kontak individu yang rentan kecanduan TikTok dengan individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan
σ_2	: Tingkat kontak individu yang rentan kecanduan TikTok dengan individu yang terpapar kecanduan TikTok berat
k	: Laju individu yang terpapar kecanduan tetapi tidak menggunakan TikTok atau tidak terpengaruh oleh individu yang kecanduan TikTok
γ	: Proporsi individu yang melakukan penyembuhan tetapi rentan terhadap kecanduan
α_1	: Proporsi individu yang memiliki TikTok masuk ke individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan
δ_1	: Individu yang keluar dari individu yang memiliki TikTok
α_2	: Proporsi individu yang memiliki TikTok masuk ke individu yang terpapar kecanduan TikTok berat
δ_2	: Individu yang keluar dari individu yang memiliki TikTok
ρ	: Laju Tingkat kematian karena kecanduan
ϵ	: Laju perpindahan dari individu yang terpapar kecanduan ringan ke individu yang terpapar kecanduan berat
ϵ_1	: Laju perpindahan individu yang terpapar kecanduan ringan ke individu yang melakukan penyembuhan
ϵ_2	: Laju perpindahan individu yang terpapar kecanduan berat ke individu yang melakukan penyembuhan
η	: Individu yang keluar dari individu yang melakukan penyembuhan

ABSTRAK

Fikrina, Zulfa Akfi. 2024. **Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Juhari, M.Si. (II) Abdul Aziz, M.Si.

Kata Kunci: Analisis Dinamik, Modifikasi Model, Model Kecanduan TikTok.

Penelitian ini membahas tentang analisis dinamik model Alemneh & Alemu (2021) kecanduan TikTok. Dalam penelitian tersebut belum terdapat pembagian antara kecanduan pada tahap ringan dan berat. Maka dari itu diperlukan pembagian tahapan kecanduan dikarenakan penyembuhan yang dilakukan jelas berbeda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan analisis dinamik model Alemneh & Alemu (2021) kecanduan TikTok untuk mendapatkan model yang valid dan dapat diimplementasikan di kehidupan nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kestabilan dari perubahan variabel *Addicted* yang terbagi menjadi dua yaitu kecanduan TikTok di tahap ringan (A_1) dan kecanduan TikTok di tahap berat (A_2). Terdapat enam model yang sudah dimodifikasi dalam penelitian ini yakni, individu yang belum memiliki TikTok tetapi rentan terhadap kecanduan (S), individu yang memiliki TikTok tetapi belum pada tahap kecanduan (E), individu yang terinfeksi kecanduan TikTok di tahap ringan (A_1), individu yang terinfeksi kecanduan TikTok di tahap berat (A_2), individu yang sedang dalam penyembuhan dari kecanduan TikTok (R), individu yang sembuh total dari kecanduan TikTok (Q). Langkah-langkah analisis dinamik meliputi penentuan titik kesetimbangan, analisis kestabilan titik kesetimbangan, mencari bilangan reproduksi dasar, simulasi numerik dari keseluruhan variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi individu yang terinfeksi kecanduan TikTok di tahap ringan (A_1) berada pada nilai 1.6112 dengan $t = 4$ tahun sedangkan populasi individu yang terinfeksi kecanduan TikTok di tahap berat (A_2) berada pada nilai 36.542 dengan $t = 4$ tahun. Penelitian ini memberikan informasi bahwa analisis dinamik yang dilakukan terhadap modifikasi model matematika kecanduan TikTok menunjukkan kondisi stabil.

ABSTRACT

Fikrina, Zulfa Akfi. 2024. **Dynamic Analysis of Modified Mathematical Model of TikTok Addiction**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Juhari, M.Si. (II) Abdul Aziz, M.Si.

Keywords: Dynamic Analysis, Model Modification, TikTok Addiction Model

This research discusses the dynamic analysis of the Alemneh & Alemu (2021) TikTok addiction model. In this study, there is no division between addiction in the mild and severe stages. Therefore, it is necessary to divide the stages of addiction because the healing is clearly different. Therefore, in this study, a dynamic analysis of the Alemneh & Alemu (2021) TikTok addiction model is carried out to obtain a valid model that can be implemented in real life. This study aims to find the stability of changes in the Addicted variable which is divided into two, namely TikTok addiction in the mild stage (A_1) and TikTok addiction in the severe stage (A_2). There are six models that have been modified in this study, namely, individuals who do not have TikTok but are vulnerable to addiction (S), individuals who have TikTok but are not yet at the addiction stage (E), individuals infected with TikTok addiction in the mild stage (A_1), individuals infected with TikTok addiction in the severe stage (A_2), individuals who are recovering from TikTok addiction (R), individuals who are completely recovered from TikTok addiction (Q). The steps of dynamic analysis include determining the equilibrium point, analyzing the stability of the equilibrium point, finding the basic reproduction number, numerical simulation of all variables. The results showed that the population of individuals infected with TikTok addiction in the mild stage (A_1) was at a value of 1.6112 with $t = 4$ years while the population of individuals infected with TikTok addiction in the severe stage (A_2) was at a value of 36.542 with $t = 4$ years. This study provides information that the dynamic analysis carried out on the modified mathematical model of TikTok addiction shows a stable condition.

مستخلص البحث

فكرن زلفا كفي. ٢٠٢٤. تحليل ديناميكي للنماذج الرياضية المعدلة لإدمان. تيك توك. البحث الجامعي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الاول: (١) جوهاري، الماجستر. المشرف الثاني: (٢) عبدالعزيز، الماجستر.

الكلمة الرئيسية: التحليل الديناميكي، تعديل النموذج، نموذج إدمان تيك توك.

يناقش هذا البحث التحليل الديناميكي لنموذج أليمو وأليمو (2021) لإدمان تيك توك. في هذا البحث، لا يوجد تقسيم بين الإدمان في مرحلتيه الخفيفة والشديدة. لذلك، من الضروري تقسيم مراحل الإدمان لأن معالجته مختلفة بشكل واضح. ولذلك، في هذا البحث، يتم إجراء تحليل ديناميكي لنموذج إدمان تيك توك الخاص بعالمنا وأليمو (2021) للحصول على نموذج صالح يمكن تطبيقه في الحياة الواقعية. لهدف هذا البحث إلى إيجاد ثبات التغيرات في متغير الإدمان الذي ينقسم إلى قسمين، وهما إدمان تيك توك في المرحلة الخفيفة (A_1). وإدمان تيك توك في المرحلة الحادة (A_2). هناك ستة نماذج تم تعديلها في هذه الدراسة، وهي الأفراد الذين ليس لديهم تيك توك ولكنهم معرضون للإدمان (S)، والأفراد الذين لديهم تيك توك ولكنهم لم يصلوا بعد إلى مرحلة الإدمان (E)، والأفراد المصابون بإدمان تيك توك في المرحلة الخفيفة (A_1)، والأفراد المصابون بإدمان تيك توك في المرحلة الشديدة (A_2)، والأفراد الذين يتعافون من إدمان تيك توك (R)، والأفراد الذين تعافوا تمامًا من إدمان تيك توك (R)، والأفراد الذين تعافوا من إدمان تيك توك (Q). وتشمل خطوات التحليل الديناميكي تحديد نقطة التوازن، وتحليل استقرار نقطة التوازن، وإيجاد رقم التكاثر الأساسي، والمحاكاة العددية لجميع المتغيرات. أظهرت النتائج أن تعداد الأفراد المصابين بإدمان التيك توك في المرحلة الخفيفة (A_1) كان بقيمة 1.6112 مع $t = 4$ سنوات، بينما كان تعداد الأفراد المصابين بإدمان التيك توك في المرحلة الشديدة (A_2) بقيمة 36542 مع $t = 4$ سنوات. تقدم هذه الدراسة معلومات تفيد بأن التحليل الديناميكي الذي تم إجراؤه على النموذج الرياضي المعدل لإدمان تيك توك يظهر حالة مستقرة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Model matematika merupakan solusi dari permasalahan dengan menggunakan persamaan differensial dengan tujuan menghasilkan suatu persamaan agar lebih mudah dipahami serta lebih mudah untuk diselesaikan (Syam dkk., 2021). Model matematika terbagi menjadi dua jenis yaitu model dinamik dan model statik. Model dapat dikatakan dinamik apabila variabel kondisi u tergantung dengan kondisi variabel waktu t , sedangkan model dapat dikatakan statik apabila variabel kondisi u tidak bergantung terhadap kondisi variabel waktu t (Iswanto, 2012). Model matematika yang sudah banyak diketahui yaitu model matematika *SEIR* (*Suspected-Exposed-Infected-Recovery*) yang merupakan perkembangan dari model matematika *SIR* (*Suspected-Infected-Recovery*) yang dikemukakan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927. Dari model matematika yang dikemukakan oleh Kermack dan McKendrick, pada tahun 2021 Alemneh dan Alemu melakukan penelitian terhadap kecanduan media sosial dengan menggunakan perkembangan dari model matematika *SEIR*. Perkembangan model matematika yang dihasilkan yaitu model *SEARQ* yang terbagi menjadi lima kelompok yaitu, individu yang belum memiliki media sosial tetapi rentan terhadap kecanduan (*Susceptible*), individu yang memiliki media sosial tetapi tidak rentan terhadap kecanduan (*Exposed*), individu yang terinfeksi kecanduan media sosial (*Addiction*), individu yang sedang dalam tahap penyembuhan dari kecanduan media sosial (*Recovery*), individu yang sembuh dari kecanduan media sosial (*Quit*).

TikTok merupakan aplikasi yang menyajikan video berdurasi pendek berisi konten yang bermacam-macam baik berupa hiburan, pengetahuan, maupun berita terkini. TikTok dapat menyebabkan penggunanya mengalami kecanduan yang bisa berakibat fatal untuk dirinya sendiri dan juga orang lain. Kecanduan TikTok merupakan perilaku tidak bisa mengontrol diri, pengabaian terhadap realitas sosial, dan adanya ketergantungan antara individu dengan aplikasi TikTok. Kecanduan TikTok ini bisa terjadi jika kita banyak menggunakan aplikasi TikTok pada waktu yang berlebihan di setiap harinya. Selain itu, apabila kecanduan TikTok dibiarkan dan juga tidak diberikan pengobatan maka pengidap kecanduan bisa terjangkit penyakit *Syndrome Tourette*. *Syndrome Tourette* adalah penyakit yang menyebabkan pengidap melakukan gerakan atau pengucapan secara berulang di bawah alam sadarnya. Sudah banyak kasus *Syndrome Tourette* yang disebabkan oleh kecanduan TikTok yang membuat para pengidap melakukan gerakan dari video yang ditonton hingga terbawa pada dunia nyata. Penyakit ini bisa mengganggu komunikasi dan juga bisa menyebabkan gangguan mental. Oleh karena itu, baik dari kecanduan maupun *Syndrome Tourette* harus mendapat penanganan khusus agar tidak berkelanjutan dan juga bisa menciptakan penerus bangsa yang berkualitas.

Beberapa penelitian sebelumnya yaitu, pada artikel yang ditulis oleh Alemneh & Alemu (2021) membahas tentang bagaimana pemodelan matematika terhadap kecanduan media sosial menggunakan metode strategi pengendalian optimal. Perbedaan penelitian ini dengan (Alemneh & Alemu, 2021) yaitu bagian media sosial yang diteliti lebih spesifik dan fokus pada satu media sosial saja agar lebih diketahui tingkat kecanduan dari media sosial tersebut. Untuk media sosial yang

diambil pada penelitian kali ini yaitu TikTok dengan alasan banyak masyarakat yang tertarik dengan TikTok dan juga menggunakan TikTok sebagai salah satu media sosial yang banyak diunduh oleh masyarakat. Selain itu perbedaan yang bisa dilihat dari model matematika yang dipakai, model matematika pada artikel Alemneh & Alemu (2021) terbagi menjadi lima populasi yaitu *SEARQ* (*Susceptible-Exposed-Addicted-Recovery-Quit*) sedangkan pada penelitian ini terbagi menjadi 6 kelas yaitu *SEA₁A₂RQ* (*Susceptible-Exposed-Addicted₁-Addicted₂-Recovery-Quit*). Dari perbedaan yang diambil maka untuk nilai akhir yang dihasilkan jelas berbeda dan juga bisa sebagai perbandingan antara satu artikel dengan artikel yang lain.

Pada tahun 2022, Indah & Maulana (2022) melakukan analisis dinamik kecanduan tiktok terhadap mahasiswa di Unesa. Dimana penelitian tersebut menggunakan model *SEIR* yang sudah sering digunakan oleh peneliti lain. Di tahun 2023, Abi dkk., (2023) melakukan penelitian pada kecanduan TikTok. Peneliti tersebut menggunakan model *SEI₁I₂R* yang merupakan perkembangan dari model *SEIR*. Penelitian ini merupakan salah satu rujukan yang digunakan peneliti dalam mengambil kesimpulan untuk memodifikasi model matematika kecanduan media sosial. Dari penelitian tersebut memberikan peneliti rujukan dalam modifikasi variabel *Addiction* menjadi dua bagian yaitu *Addiction₁* (*A₁*) yang merupakan individu yang terinfeksi kecanduan di tahap ringan dan juga *Addiction₂* (*A₂*) yang merupakan individu yang terinfeksi kecanduan di tahap berat (*Syndrome Tourette*).

Model yang sudah di modifikasi memiliki enam variabel yaitu *Susceptible*, *Exposed*, *Addiction₁*, *Addiction₂*, *Recovery*, *Quit*. *Susceptible* dikategorikan

sebagai individu yang belum memiliki TikTok tetapi rentan terhadap kecanduan kemudian *Exposed* dikategorikan sebagai individu yang sudah memiliki TikTok tetapi belum sampai pada tahap kecanduan. *Addiction₁* dikategorikan sebagai individu yang sudah terinfeksi kecanduan TikTok tetapi masih pada tahap ringan, individu yang dikategorikan sebagai kecanduan di tahap ringan apabila bermain TikTok dalam kurun waktu 4 sampai 6 jam dalam sehari. *Addiction₂* dikategorikan sebagai individu yang terinfeksi kecanduan TikTok berat hingga mengalami *Syndrome Tourette*. Individu tersebut dapat dikategorikan jika bermain tiktok lebih dari 6 jam dalam sehari dan sudah mulai menunjukkan tanda-tanda *Syndrome Tourette* pada syarafnya yang menyebabkan individu tersebut kehilangan kontrol akan dirinya sendiri. *Recovery* merupakan individu yang sedang dalam masa penyembuhan, penyembuhan antara individu kecanduan ringan dan kecanduan berat memang harus dibedakan karena memiliki penanganan yang berbeda dari keduanya. *Quit* merupakan individu yang sudah sembuh total dari kecanduan TikTok.

Dalam Islam, untuk setiap permasalahan yang terjadi pada umat Islam pasti selalu ada solusi yang bisa membantu untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sehingga, Allah SWT menurunkan Al-Qur'an agar umat Islam tidak tersesat serta menjadi penawar bagi diri mereka. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Isra ayat 82 (Kementrian Agama RI, 2024), yang artinya:

“Dan kami turunkan dari Al-Qur'an suatu yang menjadi penawar dan rahmat bagi orang-orang yang beriman dan Al-Qur'an itu tidaklah menambah kepada orang-orang yang zalim selain kerugian“ (Al-Isra:82)

Berdasarkan ayat diatas, telah dijelaskan jika Allah telah menurunkan Al-Qur'an sebagai obat hati dari segala penyakit seperti kebodohan, keraguan, kemunafikan serta penyembuhan jasmani melalui bacaan ruqyah dari ayat Al-Qur'an. Penyembuhan ini juga bisa dikaitkan dengan metode penyembuhan dari kecanduan, karena dengan Al-Qur'an dapat membawa manusia meraih rahmat melalui kandungan keimanan. Dengan Al-Qur'an, manusia bisa menghindari kecanduan yang dapat membawa kearah kesesatan serta kesenangan sesaat di dunia, karena timbulnya kesesatan tersebut karena tidak ada iman dalam diri mereka.

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini salah satunya yaitu memberi pemahaman terhadap kepada masyarakat bahwa kecanduan TikTok yang terjadi pada lingkungan sekitar bukan merupakan hal yang boleh dibiarkan, karena kecanduan tersebut bisa menyebabkan gangguan terhadap pengidapnya dan juga gangguan terhadap orang sekitarnya. Terlebih lagi jika kecanduan tersebut sudah memasuki tahapan berat hingga menyebabkan pengidap mengalami penyakit *Syndrome Tourette*. Oleh karena itu perlu ada penyembuhan yang dilakukan untuk mengurangi angka kecanduan TikTok yang terjadi. Jadi dengan adanya penelitian ini masyarakat bisa lebih peka terhadap dirinya sendiri dan juga orang sekitarnya untuk bisa mengatur waktunya serta membatasi dirinya dalam bermain TikTok.

Dari penjelasan diatas, maka peneliti melakukan modifikasi model serta analisis dinamik untuk memberikan solusi persamaan differensial dari model matematika kecanduan TikTok. Penelitian ini diharapkan bisa memberi kesadaran kepada masyarakat terhadap bahaya dari kecanduan TikTok yang sebelumnya dianggap sepele.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah yang dipakai untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana modifikasi variabel *Addiction (A)* pada model matematika terhadap kecanduan TikTok Alemneh & Alemu (2021)?
2. Bagaimana analisa dinamik modifikasi variabel *Addiction (A)* pada model matematika terhadap kecanduan TikTok?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui hasil modifikasi variabel *Addiction (A)* pada model matematika terhadap kecanduan TikTok Alemneh & Alemu (2021).
2. Mengetahui hasil analisa dinamik modifikasi variabel *Addiction (A)* pada model matematika terhadap kecanduan TikTok.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapaun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu diharapkan pembaca dapat memahami bagaimana modifikasi suatu model matematika yang sesuai dengan kondisi yang terjadi saat ini serta pembaca dapat mengimplementasikan analisis dinamik terhadap model matematika yang sudah dimodifikasi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini merupakan model matematika kecanduan media sosial yang dikemukakan oleh Alemneh & Alemu (2021), yaitu:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (k + \mu)S$$

$$\frac{dE}{dt} = (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (\delta_1 + \delta_2 + \mu)E$$

$$\frac{dA_1}{dt} = (\alpha_1\delta_1)E - [\epsilon + \varepsilon_1 + \rho + \mu]A_1$$

$$\frac{dA_2}{dt} = (\alpha_2\delta_2)E + \epsilon A_1 - [\varepsilon_2 + \rho + \mu]A_2$$

$$\frac{dR}{dt} = [(1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2]E + \varepsilon_1A_1 + \varepsilon_2A_2 - (\eta + \mu)$$

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q$$

1. Nilai parameter yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada penelitian Alemneh & Alemu (2021).
2. Modifikasi dilakukan pada variabel *Addiction* dengan menambah variabel menjadi dua bagian yaitu kecanduan di tahap ringan (A_1) dan kecanduan di tahap berat (A_2).
3. Analisis dinamik dilakukan pada model yang telah dimodifikasi.

1.6 Definisi Istilah

Definisi istilah dalam penelitian ini, secara garis besar dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. TikTok: Platfrom media sosial yang berisi video pendek berdurasi 30 detik hingga 3 menit dengan berbagai fitur yang bisa memudahkan penggunanya.
2. Kecanduan TikTok: Kegiatan yang dilakukan secara berlebihan bersangkutan dengan aplikasi TikTok hingga membuat penggunanya kehilangan kontrol akan dirinya.
3. *Syndrome Tourette*: Gangguan neurologis dimana penderita mengalami gerakan atau ucapan yang berulang kali diluar kendalinya.

4. $S(t)$: Populasi individu yang rentan terhadap kecanduan TikTok.
5. $E(t)$: Populasi individu yang sudah memiliki TikTok.
6. $A_1(t)$: Populasi individu yang terpapar kecanduan TikTok kategori ringan.
7. $A_2(t)$: Populasi individu yang terpapar kecanduan TikTok kategori berat (*Syndrome Tourette*).
8. $R(t)$: Populasi individu yang melakukan penyembuhan terhadap kecanduan TikTok.
9. $Q(t)$: Populasi individu yang berhasil sembuh dari kecanduan TikTok.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 Model Matematika Bergantung Waktu

Model matematika bergantung waktu merupakan representasi matematika dari sistem ataupun fenomena yang berganti-ganti seiring waktu (Soebroto, 2005). Model matematika bergantung waktu dapat diselesaikan secara analitik maupun numerik. Untuk penyelesaian secara analitik dapat diperoleh dengan memecahkan persamaan diferensial secara langsung, sedangkan penyelesaian secara numerik dapat diperoleh dengan menggunakan metode komputasi. Bentuk umum dari model bergantung waktu yaitu:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y) \quad (2.1)$$

Persamaan $\frac{dy}{dt}$ merupakan variabel keadaan dimana turunan fungsi variabel y terhadap variabel t sedangkan $f(t, y)$ merupakan fungsi yang menggambarkan perubahan variabel keadaan dalam waktu kemudian t merupakan variabel waktu. Contoh dari model matematika bergantung waktu pada penelitian Alemneh & Alemu (2021) meliputi:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - \beta\sigma AS - (k + \mu)S \quad (2.4)$$

Persamaan ini menjelaskan bagaimana variabel *Susceptible* mengalami perubahan terhadap jumlah individu yang terkait. Variabel mengalami penambahan jumlah individu karena terdapat individu yang masuk sebagai individu yang belum memiliki media sosial tetapi rentan terhadap kecanduan media sosial dengan parameter π . Sedangkan pengurangan jumlah individu dikarenakan adanya individu yang berada dalam satu lingkungan dengan orang yang memiliki media

sosial sehingga membuat individu tersebut mulai menggunakan media sosial juga, individu tersebut masuk pada parameter *Exposed* dengan parameter β serta Tingkat kontak yang terjadi antara individu yang belum menggunakan media sosial dan yang sudah menggunakan media sosial keluar dengan parameter σ . Kemudian individu yang tidak menggunakan media sosial secara permanen keluar dari variabel *Susceptible* dengan parameter k , μ terhitung sebagai laju kematian alami.

$$\frac{dE}{dt} = \beta\sigma AS - (\delta + \mu)E \quad (2.5)$$

Pada variabel *Exposed* individu yang mulai menggunakan media sosial tetapi tidak bisa membatasi waktunya akan mulai masuk pada variabel *Addiction* dengan parameter δ , μ terhitung sebagai laju kematian alami.

$$\frac{dA}{dt} = \alpha\delta E - (\mu + \epsilon + p)A \quad (2.6)$$

Pada variabel *Addiction* terdapat individu yang melakukan penyembuhan dengan berbagai metode seperti *therapy* untuk mengurangi gejala kecanduan, individu tersebut masuk pada variabel *Recovery* dengan parameter ϵ . Kemudian terdapat individu yang meninggal dikarenakan kecanduan pada parameter p , μ terhitung sebagai laju kematian alami.

$$\frac{dR}{dt} = (1 - \alpha)\delta E + \epsilon A - (\mu + \eta)R \quad (2.7)$$

Pada variabel *Recovery*, individu yang belum masuk pada tahap kecanduan mulai melakukan penyembuhan agar dapat berhenti menggunakan media sosial dengan parameter $(1 - \alpha)$, μ terhitung sebagai laju kematian alami.

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q \quad (2.8)$$

Pada parameter *Quit* jumlah individu bertambah dikarenakan terdapat individu yang berhasil melakukan penyembuhan dan dapat berhenti menggunakan media sosial dengan parameter $(1 - \gamma)\eta, \mu$ terhitung sebagai laju kematian alami.

2.1.2 Linearisasi

Untuk menentukan kestabilan suatu persamaan differensial maka perlu dilakukan linierisasi. Linierisasi merupakan proses perubahan suatu sistem nonlinear menjadi sistem linier. Linierisasi dilakukan untuk mengetahui solusi dari suatu permasalahan yang dimodelkan di sekitar titik ekuilibrium dengan tujuan dapat menghasilkan aproksimasi yang tepat.

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= f(x, y) \\ \frac{dy}{dt} &= g(x, y)\end{aligned}\tag{2.10}$$

Dimana f dan g tidak linier. Jika (x_0, y_0) adalah titik kritis dari sistem diatas maka:

$$\begin{aligned}f(x_0, y_0) &= 0 \\ g(x_0, y_0) &= 0\end{aligned}\tag{2.11}$$

Menurut deret taylor langkah yang selanjutnya dilakukan yaitu mencari pendekatan sistem linier (x, y) terhadap titik (x_0, y_0) dengan melakukan ekspansi pada persekitaran titik (x_0, y_0) kemudian menghilangkan suku tak liniernya dan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= f(x_0, y_0) + \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)(x - x_0) + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)(y - y_0) \\ \frac{dy}{dt} &= g(x_0, y_0) + \frac{\partial g}{\partial x}(x_0, y_0)(x - x_0) + \frac{\partial g}{\partial y}(x_0, y_0)(y - y_0)\end{aligned}\tag{2.12}$$

Jika dilakukan substitusi $x - x_0 = u$ dan $y - y_0 = v$, maka $\frac{dx}{dt} = \frac{du}{dt}$ dan $\frac{dy}{dt} =$

$\frac{dv}{dt}$, dalam keadaan yang setimbang $f(x_0, y_0) = g(x_0, y_0)$ maka akan dihasilkan

suatu sistem persamaan linier berikut:

$$\begin{aligned}\frac{du}{dt} &= \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)u + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)v \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\partial g}{\partial x}(x_0, y_0)u + \frac{\partial g}{\partial y}(x_0, y_0)v\end{aligned}\quad (2.13)$$

Sistem diatas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\frac{d}{dt}(\vec{X}) = A_0 \vec{X} \quad (2.14)$$

Dimana

$$\vec{X} = (u, v)^T \quad (2.15)$$

Sehingga

$$A_0 = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \\ \frac{\partial g}{\partial x} & \frac{\partial g}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Dimana $A = A_0$ pada $x = x_0, y = y_0$.

2.1.3 Titik Keseimbangan

Dalam menentukan titik kesetimbangan dari model yang diteliti maka langkah pertama yang dilakukan yaitu memperhatikan nilai eigen dari matriks Jacobi. Titik kesetimbangan merupakan kondisi dimana variabel yang berkaitan dengan kasus yang diteliti bernilai nol atau pada keadaan tersebut kasus yang diteliti tidak terjadi dalam populasi, sehingga akan diperoleh nilai dari titik kesetimbangan.

Misal diberikan suatu persamaan

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= f(x, y) \\ \frac{dy}{dt} &= G(x, y)\end{aligned}\quad (2.17)$$

dengan F dan G merupakan fungsi kontinu terhadap x dan y. Titik kritis dari sistem (2.8) merupakan titik (x^*, y^*) sehingga menghasilkan $F(x^*, y^*) = G(x^*, y^*) = 0$.

2.1.4 Analisis Kestabilan

Analisis kestabilan digunakan untuk mencari kestabilan dari titik kesetimbangan suatu persamaan. Analisis kestabilan dilakukan dengan linearisasi titik kesetimbangan menggunakan deret Taylor yang menghasilkan suatu matriks Jacobi. Dari matriks Jacobi yang dihasilkan maka akan dicari nilai eigen dari persamaan tersebut. Jika keseluruhan bagian riil nilai eigen yang diperoleh bernilai negatif maka titik kesetimbangan stabil. Apabila terdapat satu atau lebih nilai eigen memiliki nilai riil positif, maka titik kesetimbangan tidak stabil. Selain itu dalam analisis kestabilan lokal, titik kesetimbangan bebas kecanduan apabila $R_0 < 1$ maka disebut stabil asimtotik. Stabil asimtotik merupakan keadaan dimana populasi dari kecanduan TikTok seiring waktu mengalami penurunan. Apabila $R_0 > 1$ maka dikatakan tidak stabil.

2.1.5 Matriks Jacobi

Matriks Jacobi yaitu matriks yang dimana mengandung turunan parsial pertama dari fungsi multivariabel bernilai vektor. Pengaplikasian matriks Jacobi dilakukan untuk mengetahui kestabilan suatu titik tetap. Diberikan suatu persamaan diferensial sebagai berikut (Dettman dkk., 1967):

$$x' = f(x, y) \text{ dan } y' = g(x, y) \quad (2.18)$$

f dan g merupakan fungsi yang bisa diturunkan dengan turunan parsial kontinu. Misalkan matriks J merupakan matriks Jacobi pada titik (x^*, y^*) maka menghasilkan

$$J = \begin{pmatrix} f_x(x^*, y^*) & f_y(x^*, y^*) \\ g_x(x^*, y^*) & g_y(x^*, y^*) \end{pmatrix} \quad (2.19)$$

Titik tetap (x^*, y^*) dapat disebut stabil asimtotik jika disuruh bagian nilai eigen dari matriks J bernilai negatif, maka jika terdapat salah satu bagian nilai eigen dari matriks J bernilai positif maka tidak bisa disebut stabil.

Nilai eigen dan vektor eigen merupakan matriks persegi $m \times m$ yang memiliki nilai dan vektor yang karakteristik.

Definisi 1 Av adalah kelipatan skalar dari v , vektor yang tak nol $v, v \in \mathbb{R}^m$ disebut vektor eigen, jika matriks $m \times m$, jadi jika ditulis akan sebagai berikut:

$$Av = \lambda v \quad (2.20)$$

Nilai skalar λ dapat disebut nilai eigen A dan v merupakan vektor eigen dari A yang sesuai dengan λ . Solusi persamaan tak nol dari nilai eigen matriks A yaitu

$$(\lambda I - A)v = 0 \quad (2.21)$$

dengan solusi sebagai berikut:

$$\det(\lambda I - A) = 0 \quad (2.22)$$

Dengan solusi yang dihasilkan, nilai eigen dari matriks A memenuhi skalar persamaan karakteristik dan juga bisa disebut persamaan karakteristik dari A .

2.1.6 Kriteria Routh-Hurwitz

Kriteria Routh-Hurwitz merupakan kriteria yang digunakan untuk menentukan jumlah kutub-kutub terhadap loop tertutup pada daerah yang belum stabil, tanpa perlu melakukan penyelesaian persamaan karakteristik terhadap sistem yang ada (Sofiah, 2013). Kriteria Routh-Hurwitz dapat menentukan stabil atau tidaknya suatu sistem pada persamaan. Pada sistem orde tinggi, suatu kestabilan ditentukan menggunakan suatu persamaan polinomial orde n . Menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, suatu kestabilan dapat diperoleh secara langsung. Menurut

(Hasnawati dkk., 2017), misalkan suatu persamaan karakteristik orde- n dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P(\lambda) = \alpha_0 \lambda^n + \alpha_1 \lambda^{n-1} + \alpha_2 \lambda^{n-2} + \cdots + \alpha_{n-1} \lambda + \alpha_n = 0 \quad (2.23)$$

Menggunakan koefisien besaran real dan $\alpha_n \neq 0$, kemudian buat tabel Routh sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Routh-Hurwitz

λ^n	α_0	α_2	α_4	α_6	-
λ^{n-1}	α_1	α_3	α_5	-	-
λ^{n-2}	b_1	b_2	b_2	-	-
λ^{n-3}	c_1	c_2	c_3	-	-
λ^{n-4}	d_1	d_2	-	-	-
	$\vdots$	$\vdots$		-	-
λ^2	e_1	α_n	-	-	-
λ	f_1	-	-	-	-
λ^0	a_n	-	-	-	-

Pada baris pertama dan kedua, koefisien diambil dari koefisien persamaan karakteristik sedangkan koefisien pada baris ketiga dan selanjutnya dapat menggunakan aturan pada bawah ini:

$$b_1 = \frac{\alpha_{n-1}\alpha_{n-2} - \alpha_n\alpha_{n-3}}{\alpha_{n-1}};$$

$$b_2 = \frac{\alpha_{n-1}\alpha_{n-4} - \alpha_n\alpha_{n-5}}{\alpha_{n-1}};$$

$$b_3 = \frac{\alpha_{n-1}\alpha_{n-6} - \alpha_n\alpha_{n-7}}{\alpha_{n-1}};$$

Dan seterusnya hingga bersisa nol, berlaku juga untuk koefisien-koefisien c sebagai berikut:

$$c_1 = \frac{b_{n-1}\alpha_{n-3} - \alpha_{n-1}b_{n-2}}{b_{n-1}};$$

$$c_2 = \frac{b_{n-1}\alpha_{n-5} - \alpha_{n-1}b_{n-3}}{b_{n-1}};$$

Dan seterusnya hingga semua koefisien diperoleh untuk membentuk matriks setengah piramida terbalik. Kriteria kestabilan Routh-Hurwitz merupakan sebagai berikut:

1. Pada setiap akar polinomial merupakan negatif atau memiliki bagian real negatif, maka koefisien pada kolom pertama tabel Routh-Hurwitz adalah positif.
2. Jika terdapat satu atau lebih koefisien bernilai negatif, maka sistem tidak stabil.
3. Jumlah perubahan tanda pada kolom pertama menunjukkan jumlah akar positif dari persamaan karakteristik.

Oleh karena itu, jika terdapat 0 atau koefisien negatif disamping adanya koefisien positif maka menunjukkan bahwa ada satu atau lebih akar imajiner atau bagian real yang positif yang berarti sistem tidak stabil.

2.1.7 Bilangan Reproduksi Dasar

Bilangan reproduksi dasar adalah jumlah rata-rata kasus individu yang terinfeksi disebabkan penularan dari individu lain yang sudah terinfeksi selama masa terinfeksi dalam satu keseluruhan populasi (Diekmann & Heesterbeek, 2000). Jadi, jika nilai R_0 yang dihasilkan tinggi maka tingkat penularan semakin cepat dan apabila nilai R_0 yang dihasilkan rendah maka tingkat penularan juga

semakin lambat. Menggunakan metode *The Next Generation Matrix* linierisasi merupakan langkah pertama yang perlu dilakukan untuk solusi persamaan kompartmen terinfeksi.

$$x = (F - v)x \quad (2.24)$$

dimana $F = \frac{\partial F_i}{\partial x_j}(x_0, y_0)$ dan $V = \frac{\partial V_i}{\partial x_j}(x_0, y_0)$ dapat dinyatakan menjadi FV^{-1} .

Menurut (Giesecke, 2017) terdapat tiga nilai dari R_0 yaitu:

1. $R_0 < 1$ bermakna penularan yang terjadi dari waktu ke waktu mulai menurun sehingga penularan yang terjadi akan hilang dengan sendirinya.
2. $R_0 = 1$ bermakna kasus yang terjadi stabil atau konstan.
3. $R_0 > 1$ bermakna panularan yang terjadi terus menerus bertambah dari waktu ke waktu dan perlu segera diatasi dengan melakukan penyembuhan agar penularan bisa menurun.

2.1.8 Kecanduan TikTok

Kecanduan TikTok adalah suatu kondisi dimana seseorang tidak mampu mengontrol dirinya sendiri terhadap penggunaan aplikasi TikTok yang dilakukan secara terus menerus meskipun menyebabkan konsekuensi yang negatif (Laili & Nuryono, 2015). Media sosial memang dapat memberikan dampak positif serta dampak negatif dari penggunaannya. Salah satu dampak positif yang dapat diambil dari penggunaan media sosial yaitu dapat menjangkau komunikasi jarak jauh, serta mendapatkan informasi dengan cepat. Selain dampak positif yang diberikan terdapat dampak negatif yang berpengaruh terhadap kehidupan sosial. Hal tersebut dikarenakan pengguna media sosial tidak dapat mengontrol dalam penggunaan media sosial. Apabila pengguna media sosial tidak dapat mengontrol waktunya,

maka akan menyebabkan penggunaan waktu media sosial akan meningkat dan dapat menimbulkan kecanduan media sosial. Para pengguna media sosial yang sudah mengalami kecanduan akan menjadi ketergantungan terhadap media sosial, sehingga menyebabkan pengguna akan menghabiskan waktu yang banyak untuk mencapai kepuasan dalam penggunaan media sosial. Dapat diketahui bahwa ketergantungan media sosial menyebabkan dampak negatif yang akan dialami oleh pengguna (Aprilia dkk., 2018).

Pada penelitian ini, kecanduan TikTok dibedakan menjadi dua jenis yaitu, kecanduan TikTok tahap ringan dan kecanduan TikTok tahap berat. Gejala yang ditimbulkan dari kecanduan ringan diantaranya: Menganggap media sosial sebagai satu-satunya hal penting dalam kehidupan (*Salience*), menggunakan media sosial sebagai pengubah keadaan suasana hati (*Mood modification*), durasi penggunaan media sosial yang meningkat dari waktu ke waktu (*Tolerance*), mengalami efek psikologis dan fisiologis ketika tidak menggunakan media sosial (*Withdrawal symptoms*), munculnya dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan media sosial (*Conflict*), tidak dapat menahan untuk tidak menggunakan media sosial setelah beberapa waktu berhenti (*Relapse*) (Griffiths, 2001).

Kecanduan tahap berat memiliki ketersinambungan terdapat *Syndrome Tourette*. *Syndrome Tourette* adalah gangguan neuropsikiatri dan perilaku yang menyebabkan penderita mengalami gerakan secara berulang diluar kendali dirinya dan sulit dikontrol. Tipe *Syndrome Tourette* yang disebabkan dari penggunaan media sosial yang berlebihan yaitu MSMI-FTB (*Mass Social Media Illness-Functional Tourette-like Behavior*). Gejala yang ditimbulkan dari *Syndrome Tourette* tipe MSMI-FTB ini relatif sama dengan gejala *Syndrome Tourette* pada

umumnya yang kompleks secara relatif tiba-tiba dan perilaku yang tidak pantas secara sosial. Gejala dari *Syndrome Tourette* yakni meniru tingkah laku yang sering dilihat (*echo phenomena*), suka mengulang-ulang gerakan tanpa sadar (*pali phenomena*), berkata kasar tanpa sadar diluar kendali dirinya (*swearing involuntarily and inappropriately*), perilaku melukai diri sendiri (*self-injurious behaviours*) (Anurogo, 2014). Dari kedua jenis kecanduan tersebut, masing-masing memiliki kriteria yang berbeda-beda. Kriteria tersebut dapat menjadi tolak ukur untuk individu terjangkit kecanduan antara kecanduan ringan dan kecanduan berat. Berikut akan diberikan tabel yang memberikan gambar dari kriteria kecanduan ringan dan berat:

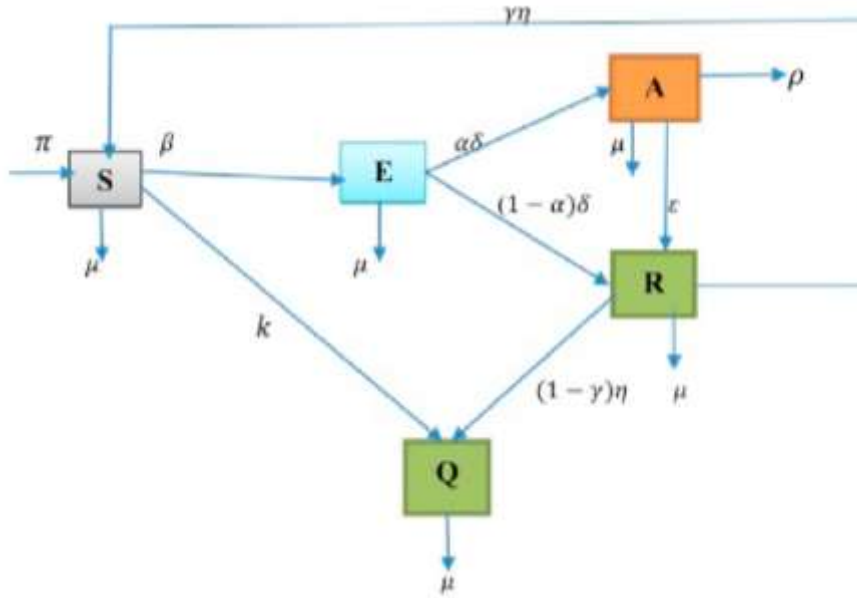
Tabel 2.2 Kriteria Kecanduan TikTok

Durasi	Kategori	Sumber
$1 \leq h \leq 3$	Normal	(Hartinah dkk., 2019)
$4 \leq h \leq 6$	Ringan	(Hartinah dkk., 2019)
$6 \leq h \leq 24$	Berat	(Hartinah dkk., 2019)
	<i>Syndrome Tourette</i>	(Fremer dkk., 2022)

2.1.9 Model SEARQ

Model *SEARQ* merupakan model matematika perkembangan dari model *SEIR*, serta model *SEARQ* membahas tentang memodelkan matematika dengan kasus kecanduan media sosial. Pada model variabel terbagi menjadi 5 kelas, yaitu *Susceptible* (S) yaitu banyaknya individu yang rentan terhadap kecanduan, *Exposed* (E) yaitu banyaknya individu yang menggunakan media sosial tetapi belum sampai tahap kecanduan, *Addicted* (A) yaitu individu yang sudah terinfeksi kecanduan, *Recovery* (R) yaitu individu yang melakukan penyembuhan agar tidak mengidap

kecanduan terhadap media sosial, *Quit* (Q) yaitu individu yang sudah dinyatakan sembuh dari kecanduan terhadap media sosial. Berikut merupakan model SEARQ pada penelitian (Alemneh and Alemu 2021):



Gambar 2.1 Model matematika SEARQ

Dengan persamaan differensial sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - \beta\sigma AS - (k + \mu)S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta\sigma AS - (\delta + \mu)E$$

$$\frac{dA}{dt} = \alpha\delta E - (\mu + \epsilon + \rho)A$$

$$\frac{dR}{dt} = (1 - \alpha)\delta E + \epsilon A - (\mu + \eta)R$$

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q$$

Dengan kondisi awal $S(0) > 0, E(0) \geq 0, A(0) \geq 0, R(0) \geq 0, Q(0) \geq 0$ serta keterangan parameter yang akan dipaparkan pada tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Nilai Parameter Alemneh & Alemu (2021)

Parameter	Nilai	Sumber
π	0.5	Alemneh & Alemu (2021)
μ	0.25	Wang dkk., (2014)
β	0.6	Wang dkk., (2014)
σ	0.5	Wang dkk., (2014)
α	0.7	Guo & Li (2020)
p	0.01	Alemneh & Alemu (2021)
δ	0.25	Guo & Li (2020)
ϵ	0.7	Huo & Wang (2014)
k	0.01	Alemneh & Alemu (2021)
γ	0.35	(Li & Guo, 2019)
η	0.4	Huo & Wang (2014)

Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian milik Alemneh & Alemu (2021) yaitu pada variabel *Addicted* yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu *Addicted*₁ (A_1) diasumsikan sebagai individu yang kecanduan ringan hingga tidak dapat membatasi waktu bermain TikTok sampai mengganggu kegiatan sehari-hari. Untuk kompartemen *Addicted*₂ (A_2) diasumsikan sebagai individu yang kecanduan berat hingga mengalami penyakit *Syndrome Tourette*.

2.2 Penyelesaian Masalah dalam Al-Qur'an

Dalam Islam, setiap masalah yang kita hadapi akan bisa dikaitkan dengan Al-Qur'an. Dikarenakan Al-Qur'an merupakan pedoman utama bagi seluruh umat islam di dunia. Dalam Al-Qur'an akan selalu ada solusi dari permasalahan yang sedang kita hadapi dan juga akan melatih kita untuk bisa lebih bijak dalam menghadapi masalah yang datang. Seluruh umat manusia pasti akan diberi

permasalahan hidup yang berbeda-beda baik itu ringan maupun berat oleh karena itu Allah SWT menurunkan Al-Qur'an sebagai pegangan umat Islam saat di dunia.

Setiap manusia pasti mempunyai permasalahan masing-masing, akan tetapi apapun permasalahannya Allah akan tetap menjadi penyembuh-Nya. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Asy-Syu'ara ayat 80, yang artinya: *"Dan apabila aku sakit, Dialah Yang menyembuhkan aku."* (Asy-Syu'ara:80)

Berdasarkan ayat tersebut dijelaskan bahwa segala penyakit yang datang pada manusia akan disembuhkan oleh Allah. Dari sini dapat dikaitkan dengan pemodelan matematika pada penelitian ini, Allah menyembuhkan penyakit kecanduan manusia melalui model matematika agar menyadarkan manusia bagaimana bahaya populasi kecanduan yang semakin naik sehingga perlu ada penyembuhan untuk mengurangi populasi tersebut.

2.3 Kajian Model Matematika Terhadap Kecanduan TikTok dengan Teori Pendukung

Penelitian tentang kecanduan media sosial sebelumnya sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, yaitu pada Alemneh & Alemu (2021). Dalam artikel juga dijelaskan bagaimana memodelkan suatu permasalahan tentang kecanduan media sosial serta menghasilkan simulasi numerik menggunakan metode kontrol optimal. Dalam simulasi numerik yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai $R_0 = 0$ yang berarti bahwa model tersebut stabil asimtotik, selain itu ditunjukkan juga bahwa dengan menggunakan metode kontrol optimal dapat mempengaruhi penurunan jumlah populasi yang terinfeksi kecanduan dalam kurun waktu tertentu.

Penelitian selanjutnya yaitu Indah & Maulana (2022) yang melakukan penelitian terhadap mahasiswa di FMIPA Unesa, penelitian ini dilakukan untuk

melihat apakah mahasiswa FMIPA Unesa termasuk dalam populasi kecanduan TikTok menggunakan model *SEIR*. Penelitian tersebut dilakukan dengan menyebarkan sebanyak 150 kuisioner terhadap mahasiswa angkatan tahun 2018, 2019, dan 2020. Dalam hasil numerik yang dipaparkan serta melihat dari nilai titik kesetimbangan bebas kecanduan $E_0 = (2.367, 0, 0, 0)$ dan juga titik kesetimbangan endemik $E_1 = (0.539, 0.511, 0.812, 0.396)$ serta bilangan reproduksi dasar $R_0 = 2.362931076$ terbukti bahwa terjadi kecanduan TikTok di kalangan mahasiswa FMIPA Unesa.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam kasus ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang dilakukan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, dan untuk pengambilan datanya dilakukan secara acak untuk dianalisis dengan tujuan menguji asumsi yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2012).

3.2 Pra Penelitian

Pra penelitian merupakan tahapan penelitian yang dilakukan sebelum melakukan penyusunan penelitian. Sebelum melakukan penelitian, peneliti mengkaji beberapa literatur yang berkaitan dengan penelitian, menentukan rumusan masalah yang sesuai dengan tujuan penelitian, membentuk model matematika *SEARQ* kecanduan TikTok, mengidentifikasi parameter yang berhubungan dengan model serta menentukan nilai simbol sehingga peneliti dapat memahami alur penelitian lebih dalam.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini terbagi menjadi beberapa macam yaitu sebagai berikut:

3.3.1 Modifikasi Model Matematika

1. Membentuk diagram kompartemen dengan variabel termodifikasi *Addiction* (*A*) berdasarkan rujukan dari Alemneh & Alemu (2021)
2. Mendefinisikan variabel dan nilai parameter yang terkait dengan diagram kompartemen

3. Menyusun persamaan differensial sesuai dengan diagram kompartemen yang telah dibentuk

3.3.2 Analisis Dinamik Model Matematika

1. Menentukan titik kesetimbangan model matematika
2. Menentukan analisis kestabilan model
3. Menentukan bilangan reproduksi dasar (R_0)
4. Simulasi numerik model matematika kecanduan TikTok berupa grafik menggunakan *software* Maple

BAB IV

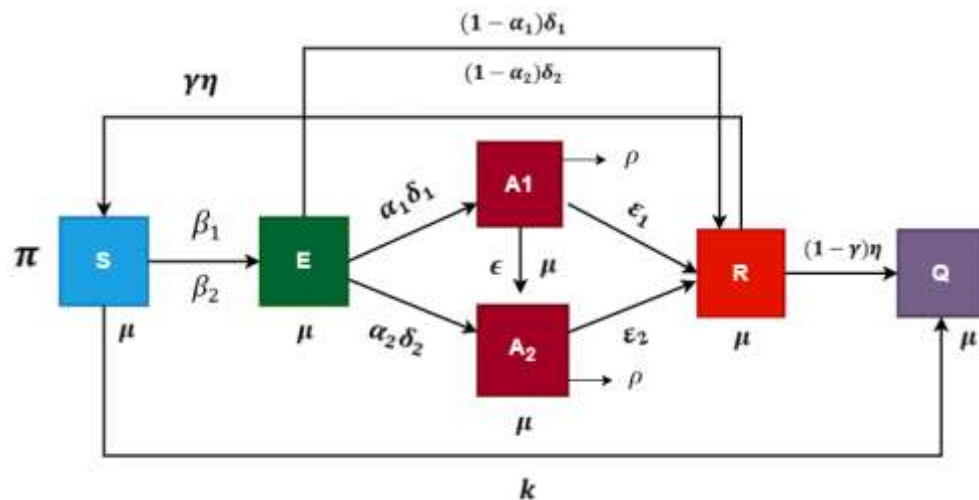
PEMBAHASAN

4.1 Modifikasi Model Matematika

Modifikasi model matematika merupakan langkah yang dilakukan sebelum analisis dinamik diselesaikan. Modifikasi memiliki makna upaya untuk melakukan perubahan dengan penyesuaian-penyesuaian yang cocok dari segi materi maupun dari segi tujuan dan metode. Maka modifikasi model matematika memiliki makna upaya dalam perubahan antara variabel serta persamaan differensial yang terkait dengan tujuan untuk mendapatkan penyelesaian yang lebih baik dan juga lebih sesuai dengan permasalahan yang terkait. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi model matematika Alemneh & Alemu (2021) dengan menambah variabel *Addiction* menjadi dua tahap yaitu kecanduan di tahap ringan (A_1) dan juga kecanduan di tahap yang berat hingga menyebabkan penyakit *Syndrome Tourette* (A_2). Terdapat beberapa langkah-langkah yang dilakukan pada modifikasi model matematika, yaitu:

4.1.1 Membentuk Diagram Kompartemen Berdasarkan Rujukan dari Alemneh & Alemu (2021)

Diagram kompartemen adalah representasi visual yang menampilkan suatu sistem persamaan differensial yang terbagi menjadi beberapa kompartemen yang berbeda. Diagram kompartemen pada penelitian ini dibentuk berdasarkan asumsi-asumsi yang berpengaruh terhadap kecanduan TikTok. Berikut akan ditampilkan diagram kompartemen yang telah dimodifikasi dengan menambah variabel *Addiction* menjadi dua bagian:



Gambar 4.1 Model Modifikasi Kecanduan TikTok

Pada diagram kompartemen tersebut variabel *Addiction* terbagi menjadi dua bagian yaitu kecanduan di tahap ringan ($Addiction_1$) dan kecanduan di tahap berat ($Addiction_2$). Alasan terbaginya kecanduan menjadi dua tahap dikarenakan setiap orang memiliki batas kecanduan pada tahapannya masing-masing, kemudian setiap orang memiliki durasi dalam bermain TikTok hingga pada tahap disebut kecanduan dan apabila durasi tersebut dilakukan secara berkelanjutan maka akan menyebabkan Syndrome Tourette yang termasuk dalam kecanduan ditahap yang berat.

4.1.2 Mendefinisikan Variabel dan Nilai Parameter yang Terkait dengan

Diagram Kompartemen

Variabel-variabel yang terkait dalam pembentukan diagram kompartemen diambil dari beberapa asumsi yang telah dibentuk serta menggunakan nilai parameter yang bersumber dari beberapa rujukan yang telah dikaji oleh peneliti. Berikut akan dipaparkan definisi dari variabel yang terkait dengan model matematika kecanduan TikTok:

Tabel 4.1 Definisi Variabel Modifikasi Model Kecanduan TikTok

Variabel	Keterangan
$S(t)$	Populasi individu yang rentan terhadap kecanduan TikTok
$E(t)$	Populasi individu yang sudah memiliki TikTok
$A_1(t)$	Populasi individu yang terpapar kecanduan TikTok kategori ringan
$A_2(t)$	Populasi individu yang terpapar kecanduan TikTok kategori berat (<i>Syndrome Tourette</i>)
$R(t)$	Populasi individu yang melakukan penyembuhan terhadap kecanduan TikTok
$Q(t)$	Populasi individu yang berhasil sembuh dari kecanduan TikTok

Serta keterangan nilai parameter yang terkait dengan model matematika kecanduan TikTok sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai Parameter Modifikasi Model Kecanduan TikTok

Parameter	Deskripsi	Nilai	Satuan
π	Laju pengaruh dari keseluruhan keseluruhan kompartemen	0.5	$\frac{1}{\text{tahun}}$
μ	Laju populasi kematian alami	0.25	$\frac{1}{\text{tahun}}$
β_1	Laju penularan dari individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan terhadap individu yang rentan terhadap kecanduan TikTok	0.6	$\frac{1}{\text{tahun}}$
β_2	Laju penularan dari individu yang terpapar kecanduan TikTok berat terhadap individu yang rentan kecanduan TikTok	0.58	$\frac{1}{\text{tahun}}$

Parameter	Deskripsi	Nilai	Satuan
σ_1	Tingkat kontak individu yang rentan kecanduan TikTok dengan individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan	0.5	$\frac{1}{\text{tahun}}$
σ_2	Tingkat kontak individu yang rentan kecanduan TikTok dengan individu yang terpapar kecanduan TikTok berat	0.22	$\frac{1}{\text{tahun}}$
α_1	Proporsi individu yang memiliki TikTok masuk ke individu yang terpapar kecanduan TikTok ringan	0.7	
α_2	Proporsi individu yang memiliki TikTok masuk ke individu yang terpapar kecanduan TikTok berat	0.242	
ρ	Laju Tingkat kematian karena kecanduan	0.01	$\frac{1}{\text{tahun}}$
δ_1	Individu yang keluar dari individu yang memiliki TikTok	0.25	$\frac{1}{\text{tahun}}$
δ_2	Individu yang keluar dari individu yang memiliki TikTok	0.21	$\frac{1}{\text{tahun}}$
ϵ	Laju perpindahan dari individu yang terpapar kecanduan ringan ke individu yang terpapar kecanduan berat	0.688	$\frac{1}{\text{tahun}}$
ϵ_1	Laju perpindahan individu terpapar kecanduan ringan ke individu penyembuhan	0.7	$\frac{1}{\text{tahun}}$

Parameter	Deskripsi	Nilai	Satuan
ε_2	Laju perpindahan individu yang terpapar kecanduan berat ke individu yang melakukan penyembuhan	0.001	$\frac{1}{\text{tahun}}$
k	Laju individu yang terpapar kecanduan tetapi tidak menggunakan TikTok atau tidak terpengaruh oleh individu yang kecanduan TikTok	0.01	$\frac{1}{\text{tahun}}$
γ	Proporsi individu yang melakukan penyembuhan tetapi rentan terhadap kecanduan	0.35	
η	Individu yang keluar dari individu yang melakukan penyembuhan	0.4	$\frac{1}{\text{tahun}}$

Sumber: Alemneh & Alemu (2021)

4.1.3 Menyusun Persamaan Differensial Sesuai dengan Diagram Kompartemen yang Telah Dibentuk

Berdasarkan diagram kompartemen yang telah dibentuk maka persamaan differensial yang dihasilkan akan dipengaruhi berdasarkan bertambah atau berkurangnya individu dalam suatu variabel. Persamaan differensial dalam modifikasi model matematika kecanduan TikTok yaitu:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (k + \mu)S \quad (4.1)$$

Jumlah populasi dari keseluruhan kompartemen mulai masuk ke dalam populasi dengan parameter π pada variabel *Susceptible*, selain itu terdapat individu yang

sudah melakukan penyembuhan tetapi rentan terhadap kecanduan dipengaruhi faktor kontak serta lingkungan maka masuk pada variabel *Susceptible* dengan parameter $\gamma\eta$. Pengurangan individu pada variabel *Susceptible* dipengaruhi oleh individu yang rentan terhadap kecanduan kemungkinan terlibat kontak dengan individu yang terpapar kecanduan ringan sehingga menyebabkan individu yang rentan tertular kecanduan mulai menggunakan TikTok dikarenakan ada penularan dari individu yang terpapar kecanduan ringan. Individu tersebut keluar dari variabel *Susceptible* dengan parameter $\beta_1\sigma_1$. Sedangkan individu rentan terhadap kecanduan terlibat kontak dengan individu yang terpapar kecanduan berat maka akan terjadi penularan yang menyebabkan individu mulai menggunakan TikTok dan berpeluang menjadi kecanduan berat. Individu tersebut keluar dari variabel *Susceptible* dengan parameter $\beta_2\sigma_2$. Sedangkan individu yang tidak terpengaruh dengan penularan kecanduan maka akan keluar dari variabel *Susceptible* parameter k . Selain itu terdapat laju kematian alami dengan parameter μ .

$$\frac{dE}{dt} = (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (\delta_1 + \delta_2 + \mu)E \quad (4.2)$$

Individu yang mulai menggunakan TikTok dikarenakan penularan dari individu yang terpapar kecanduan ringan akan masuk dalam variabel *Exposed* dengan parameter $\beta_1\sigma_1$ sedangkan individu yang mulai menggunakan TikTok dikarenakan penularan dari individu yang terpapar kecanduan berat akan masuk ke variabel *Exposed* dengan parameter $\beta_2\sigma_2$. Sedangkan pengurangan terjadi ketika individu yang mulai menggunakan media sosial tidak bisa membatasi waktu hingga menimbulkan gejala yang menunjukkan kecanduan ringan akan keluar dari variabel *Exposed* dengan parameter δ_1 . Sedangkan individu yang

terpapar kecanduan berat hingga menimbulkan gejala yang menunjukkan *Syndrome Tourette* akan keluar dari variabel *Exposed* dengan parameter δ_2 . Selain itu terdapat laju kematian alami dengan parameter μ .

$$\frac{dA_1}{dt} = (\alpha_1 \delta_1)E - [\epsilon + \varepsilon_1 + \rho + \mu]A_1 \quad (4.3)$$

Individu yang terpapar kecanduan ringan akan masuk ke dalam variabel *Addiction₁* dengan parameter $\alpha_1 \delta_1$, sedangkan individu yang tidak segera melakukan penyembuhan ketika terpapar kecanduan ringan hingga menimbulkan gejala dari kecanduan berat (*Syndrome Tourette*) akan keluar dari variabel *Addiction₁* dengan parameter ϵ . Selain itu terdapat individu yang mulai melakukan penyembuhan dari kecanduan ringan maka akan keluar dari variabel *Addiction₁* dengan parameter ε_1 . Kematian yang disebabkan oleh pengaruh kecanduan akan keluar dari *Addiction₁* dengan parameter ρ . Pengurangan yang terakhir disebabkan oleh laju kematian alami yang keluar dengan parameter μ .

$$\frac{dA_2}{dt} = (\alpha_2 \delta_2)E + \epsilon A_1 - [\varepsilon_2 + \rho + \mu]A_2 \quad (4.4)$$

Individu yang mulai menunjukkan gejala dari kecanduan berat (*Syndrome Tourette*) akan masuk ke dalam variabel *Addiction₂* dengan parameter $\alpha_2 \delta_2$. Sedangkan individu yang awalnya memiliki gejala kecanduan ringan tetapi tidak segera melakukan penyembuhan dan mulai menunjukkan gejala dari kecanduan berat akan masuk ke dalam variabel *Addiction₂* dengan parameter ϵ . Pengurangan individu yang dipengaruhi oleh penyembuhan dari kecanduan berat akan keluar dengan parameter ε_2 , sedangkan timbulnya kematian yang disebabkan dari kecanduan akan keluar dengan parameter ρ . Laju kematian alami akan keluar dengan parameter μ .

$$\frac{dR}{dt} = [(1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2]E + \varepsilon_1 A_1 + \varepsilon_2 A_2 - (\eta + \mu) \quad (4.5)$$

Penambahan individu dikarenakan mulai melakukan penyembuhan dari kecanduan ringan akan masuk ke dalam variabel *Recovery* dengan parameter ε_1 , sedangkan individu yang melakukan penyembuhan dari kecanduan berat akan masuk ke variabel *Recovery* dengan variabel ε_2 . Sedangkan individu yang baru menggunakan TikTok karena penularan dari orang yang terpapar kecanduan ringan mulai melakukan penyembuhan dan masuk ke dalam variabel *Recovery* dengan parameter $(1 - \alpha_1)\delta_1$, kemudian individu yang menggunakan TikTok karena penularan dari individu yang terpapar kecanduan berat mulai melakukan penyembuhan akan masuk dengan parameter $(1 - \alpha_2)\delta_2$. Pengurangan individu dipengaruhi oleh individu yang sudah melakukan penyembuhan tetapi masih rentan terhadap kecanduan akan keluar dengan parameter η . Terakhir, kematian alami keluar dengan parameter μ .

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q \quad (4.6)$$

Penambahan individu dipengaruhi dari individu yang masuk dalam populasi tetapi tidak terpengaruhi oleh kecanduan akan masuk dengan parameter k . Individu yang sembuh total dari kecanduan hingga mulai tidak menggunakan TikTok dalam kesehariannya akan masuk ke dalam variabel *Quit* dengan parameter $(1 - \gamma)\eta$, serta kematian alami akan keluar dengan parameter μ .

Maka jika digabungkan, persamaan differensial yang dihasilkan yaitu:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - (\beta_1\sigma_1 A_1 + \beta_2\sigma_2 A_2)S - (k + \mu)S$$

$$\frac{dE}{dt} = (\beta_1\sigma_1 A_1 + \beta_2\sigma_2 A_2)S - (\delta_1 + \delta_2 + \mu)E$$

$$\frac{dA_1}{dt} = (\alpha_1 \delta_1)E - [\epsilon + \varepsilon_1 + \rho + \mu]A_1 \quad (4.7)$$

$$\frac{dA_2}{dt} = (\alpha_2 \delta_2)E + \epsilon A_1 - [\varepsilon_2 + \rho + \mu]A_2$$

$$\frac{dR}{dt} = [(1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2]E + \varepsilon_1 A_1 + \varepsilon_2 A_2 - (\eta + \mu)R$$

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q$$

Kemudian untuk mempermudah dalam pengerjaan sistem maka dilakukan penyederhanaan menghasilkan sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma R^* - (\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - kS^*$$

$$\frac{dE}{dt} = (\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - \delta E^*$$

$$\frac{dA_1}{dt} = \alpha E^* - \varepsilon A_1^* \quad (4.8)$$

$$\frac{dA_2}{dt} = b E^* + \epsilon A_1^* - \rho A_2^*$$

$$\frac{dR}{dt} = \omega E^* + \tau A_1^* + \phi A_2^* - \eta R^*$$

$$\frac{dQ}{dt} = k S^* + \theta R^* - \mu Q^*$$

dimana

$$\beta = \beta_1 \sigma_1 \quad \varepsilon = \epsilon + \varepsilon_1 + \rho + \mu$$

$$\sigma = \beta_2 \sigma_2 \quad b = \alpha_2 \delta_2$$

$$k = k + \mu \quad \rho = \varepsilon_2 + \rho + \mu$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \mu \quad \omega = (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2$$

$$\alpha = \alpha_1 \delta_1 \quad \tau = \varepsilon_1$$

$$\phi = \varepsilon_2 \quad \eta = \eta + \mu$$

$$\theta = (1 - \gamma)\eta \quad \gamma = \gamma\eta$$

Dengan kondisi awal

$$S(0) > 0, E(0) \geq 0, A_1(0) \geq 0, A_2(0) \geq 0, R(0) \geq 0, Q(0) \geq 0.$$

4.2 Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok

4.2.1 Menentukan Titik Keseimbangan Model Matematika Kecanduan TikTok

Titik keseimbangan terbagi menjadi dua yaitu titik keseimbangan bebas kecanduan dan titik keseimbangan kecanduan. Dalam menentukan titik keseimbangan maka pada setiap persamaan (4.8) harus bersifat nol, atau $\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dA_1}{dt} = 0, \frac{dA_2}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0, \frac{dQ}{dt} = 0$. Sehingga pada persamaan (4.7) menjadi:

$$\pi + \gamma\eta R^* - (\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - kS^* = 0 \quad (4.9)$$

$$(\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - \delta E^* = 0 \quad (4.10)$$

$$\alpha E^* - \varepsilon A_1^* = 0 \quad (4.11)$$

$$bE^* + \epsilon A_1^* - \rho A_2^* = 0 \quad (4.12)$$

$$\omega E^* + \tau A_1^* + \phi A_2^* - \eta R^* = 0 \quad (4.13)$$

$$kS^* + \theta R^* - \mu Q^* = 0 \quad (4.14)$$

1. Titik keseimbangan Bebas Kecanduan

Titik keseimbangan bebas kecanduan merupakan titik dimana tidak terdapat penyebaran kecanduan dalam populasi sehingga tidak terdapat individu yang mengalami kecanduan dalam populasi atau $A_1 = 0; A_2 = 0$. Maka menjadi:

Substitusikan $A_1 = 0; A_2 = 0$ ke persamaan (4.9) dan (4.10), sehingga:

$$\pi + \gamma\eta R^* - (\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - kS^* = 0$$

$$(\beta(0) + \sigma(0))S^* = \pi + \gamma\eta R^* - kS^*$$

$$0 = \pi + \gamma\eta R^* - kS^*$$

$$kS^* = \pi + \gamma\eta R^*$$

$$S^* = \frac{\pi + \gamma\eta R^*}{k}$$

Persamaan (4.10)

$$(\beta A_1^* + \sigma A_2^*)S^* - \delta E^* = 0$$

$$(\beta(0) + \sigma(0))S^* - \delta E^* = 0$$

$$\delta E^* = 0$$

$$E^* = \frac{0}{\delta}$$

$$E^* = 0$$

Substitusikan $A_1^* = 0; A_2^* = 0$ ke persamaan (4.13), sehingga:

$$\omega E^* + \tau A_1^* + \phi A_2^* - \eta R^* = 0$$

$$\omega(0) + \tau(0) + \phi(0) - \eta R^* = 0$$

$$R^* = \frac{0}{\eta}$$

$$R^* = 0$$

Dikarenakan nilai dari variabel R sudah diketahui, maka substitusikan $R = 0$ ke

dalam $S^* = \frac{\pi + \gamma\eta R^*}{k + \mu}$ sehingga diperoleh:

$$S^* = \frac{\pi + \gamma\eta R^*}{k}$$

$$S^* = \frac{\pi + \gamma\eta(0)}{k}$$

$$S^* = \frac{\pi}{k}$$

Substitusikan $A_1^* = 0; A_2^* = 0$ ke persamaan (4.14), sehingga:

Persamaan (4.14)

$$kS^* + \theta R^* - \mu Q^* = 0$$

$$k\left(\frac{\pi}{k}\right) + \theta(0) - \mu Q^* = 0$$

$$\mu Q^* = \left(\frac{k\pi}{k}\right)$$

$$Q^* = \left(\frac{k\pi}{k}\right)\left(\frac{1}{\mu}\right)$$

$$Q^* = \frac{k\pi}{k\mu}$$

$$Q^* = \frac{\pi}{\mu}$$

Sehingga diperoleh titik kesetimbangan bebas kecanduan

$$E_0 = (S^*, E^*, A_1^*, A_2^*, R^*, Q^*) = \left(\frac{\pi}{k}, 0, 0, 0, 0, \frac{\pi}{\mu}\right)$$

2. Titik kesetimbangan Kecanduan

Titik kesetimbangan kecanduan merupakan keadaan dimana titik menunjukkan adanya penyebaran kecanduan di dalam populasi. Sehingga $S^* \neq 0, E^* \neq 0, A_1^* \neq 0, A_2^* \neq 0, R^* \neq 0, Q^* \neq 0$. Untuk mempermudah dalam perhitungan maka diasumsikan $A_1^* = X$ dan $A_2^* = Y$, sehingga menjadi:

Perhitungan awal

$$\pi + \gamma R^* - \beta X^* S^* - \sigma Y^* S^* - kS^* = 0$$

$$\beta X^* S^* + \sigma Y^* S^* - \delta E^* = 0$$

$$\alpha E^* - \varepsilon Y^* = 0 \tag{4.15}$$

$$bE^* + \epsilon X^* - \rho Y^* = 0$$

$$\omega E^* + \tau X^* + \phi Y^* - \eta R^* = 0$$

$$kS^* + \theta R^* - \mu Q^* = 0$$

Penyelesaian sistem persamaan (4.15)

$$-S^*X^*\beta - S^*Y^*\sigma + R^*\gamma - S^*k + \pi = 0$$

$$S^*X^*\beta + S^*Y^*\sigma - E^*\delta = 0$$

$$E^*\alpha - X^*\varepsilon = 0$$

$$E^*b + X^*\epsilon - Y^*\rho = 0$$

$$E^*\omega - R^*\eta + X^*\tau + Y^*\phi = 0$$

$$-Q^*\mu + R^*\theta + S^*k = 0$$

Dari sistem persamaan (4.15) diambil persamaan ketiga untuk menemukan solusi dari variabel X^* , sehingga didapatkan:

$$X^* = \frac{\alpha E^*}{\varepsilon} \quad (4.16)$$

Substitusikan $X^* = \frac{\alpha E^*}{\varepsilon}$ ke dalam sistem persamaan berikut

$$\pi + \gamma R^* - \beta X^* S^* - \sigma Y^* S^* - k S^* = 0$$

$$\beta X^* S^* + \sigma Y^* S^* - \delta E^* = 0$$

$$b E^* + \epsilon X^* - \rho Y^* = 0 \quad (4.17)$$

$$\omega E^* + \tau X^* + \phi Y^* - \eta R^* = 0$$

$$k S^* + \theta R^* - \mu Q^* = 0$$

Sehingga menghasilkan solusi sistem persamaan sebagai berikut

$$-\frac{S^* \alpha E^* \beta}{\varepsilon} - \sigma Y^* S^* + \gamma R^* - k S^* + \pi = 0$$

$$\frac{S^* \alpha E^* \beta}{\varepsilon} + \sigma Y^* S^* - \delta E^* = 0$$

$$b E^* + \frac{\alpha E^* \epsilon}{\varepsilon} - \rho Y^* = 0$$

$$\omega E^* - \eta R^* + \frac{\alpha E^* \tau}{\varepsilon} + \phi Y^* = 0$$

$$-Q^*\mu + R^*\theta + S^*k = 0$$

Dari sistem persamaan (4.17) diambil persamaan ketiga untuk menemukan solusi dari variabel Y^* , sehingga didapatkan:

$$Y^* = \frac{E^*(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho} \quad (4.18)$$

Substitusikan $Y^* = \frac{E^*(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho}$ ke dalam sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned} \pi + \gamma R^* - \beta X^* S^* - \sigma Y^* S^* - k S^* &= 0 \\ \beta X^* S^* + \sigma Y^* S^* - \delta E^* &= 0 \\ \omega E^* + \tau X^* + \phi Y^* - \eta R^* &= 0 \\ k S^* + \theta R^* - \mu Q^* &= 0 \end{aligned} \quad (4.19)$$

Sehingga menghasilkan solusi sistem persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} -\frac{S^* \alpha E^* \beta}{\epsilon} - \frac{S^* E^* (\alpha\epsilon + b\epsilon) \sigma}{\epsilon\rho} + \gamma R^* - k S^* + \pi &= 0 \\ \frac{S^* \alpha E^* \beta}{\epsilon} + \frac{S^* E^* (\alpha\epsilon + b\epsilon) \sigma}{\epsilon\rho} - \delta E^* &= 0 \\ \omega E^* - \eta R^* + \frac{\alpha E^* \tau}{\epsilon} + \frac{E^* (\alpha\epsilon + b\epsilon) \phi}{\epsilon\rho} &= 0 \\ -Q^* \mu + R^* \theta + S^* k &= 0 \end{aligned}$$

Dari sistem persamaan (4.19) diambil persamaan ketiga untuk menemukan solusi dari variabel R^* , sehingga didapatkan:

$$R^* = \frac{E^*(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \quad (4.20)$$

Substitusikan $R^* = \frac{E^*(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta}$ ke dalam sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned} \pi + \gamma R^* - \beta X^* S^* - \sigma Y^* S^* - k S^* &= 0 \\ \beta X^* S^* + \sigma Y^* S^* - \delta E^* &= 0 \\ k S^* + \theta R^* - \mu Q^* &= 0 \end{aligned} \quad (4.21)$$

Sehingga menghasilkan solusi sistem persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 -\frac{S^* \alpha E^* \beta}{\varepsilon} - \frac{S^* E^* (\alpha \varepsilon + b \varepsilon) \sigma}{\varepsilon \rho} + \frac{E^* (\alpha \phi \varepsilon + \alpha \rho \tau + b \varepsilon \phi + \varepsilon \omega \rho) \gamma}{\varepsilon \rho \eta} - k S^* + \pi &= 0 \\
 \frac{S^* \alpha E^* \beta}{\varepsilon} + \frac{S^* E^* (\alpha \varepsilon + b \varepsilon) \sigma}{\varepsilon \rho} - \delta E^* &= 0 \\
 -\mu Q^* + \frac{E^* (\alpha \phi \varepsilon + \alpha \rho \tau + b \varepsilon \phi + \varepsilon \omega \rho) \theta}{\varepsilon \rho \tau} + k S^* &= 0
 \end{aligned}$$

Dari sistem persamaan (4.21) diambil persamaan kedua untuk menemukan solusi dari variabel S^* , sehingga didapatkan:

$$S^* = \frac{\delta \varepsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma} \quad (4.22)$$

Subtitusikan $S^* = \frac{\delta \varepsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma}$ ke dalam sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 \pi + \gamma R^* - \beta X^* S^* - \sigma Y^* S^* - k S^* &= 0 \\
 k S^* + \theta R^* - \mu Q^* &= 0
 \end{aligned} \quad (4.23)$$

Sehingga menghasilkan solusi sistem persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 -\frac{\delta \rho \alpha E \beta}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma} - \frac{\delta E (\alpha \varepsilon + b \varepsilon) \sigma}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma} + \frac{E (\alpha \phi \varepsilon + \alpha \rho \tau + b \varepsilon \phi + \varepsilon \omega \rho) \gamma}{\varepsilon \rho \eta} \\
 - \frac{\delta \varepsilon \rho k}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma} + \pi &= 0 \\
 -\mu Q + \frac{E (\alpha \phi \varepsilon + \alpha \rho \tau + b \varepsilon \phi + \varepsilon \omega \rho) \theta}{\varepsilon \rho \eta} + \frac{\delta \varepsilon \rho k}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma} &= 0
 \end{aligned}$$

Dari sistem persamaan (4.21) diambil persamaan pertama untuk menemukan solusi dari variabel E^* , sehingga didapatkan

$$E^* = \frac{((Q^* \alpha \beta \mu \rho + Q^* \alpha \mu \sigma \varepsilon + Q^* b \varepsilon \mu \sigma - \delta \varepsilon k \rho) \varepsilon \rho \eta)}{((\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma) (\alpha \phi \varepsilon + \alpha \rho \tau + b \varepsilon \phi + \varepsilon \omega \rho) \theta)} \quad (4.24)$$

Sehingga diperoleh titik kesetimbangan kecanduan sebagai berikut:

E^* :

$$S^* = \frac{\delta \varepsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + b \varepsilon \sigma}$$

$$E^* = \frac{((Q^* \alpha \beta \mu \rho + Q^* \alpha \mu \sigma \epsilon + Q^* b \epsilon \mu \sigma - \delta \epsilon k \rho) \epsilon \rho \eta)}{((\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \epsilon + b \epsilon \sigma)(\alpha \phi \epsilon + \alpha \rho \tau + b \epsilon \phi + \epsilon \omega \rho) \theta)}$$

$$X^* = \frac{\alpha E^*}{\epsilon}$$

$$Y^* = \frac{E^* (\alpha \epsilon + b \epsilon)}{\epsilon \rho}$$

$$R^* = \frac{E^* (\alpha \phi \epsilon + \alpha \rho \tau + b \epsilon \phi + \epsilon \omega \rho)}{\epsilon \rho \eta}$$

Untuk hasil titik kesetimbangan kecanduan yang lengkap dari keseluruhan variabel dapat dilihat pada lampiran 1 yang sudah memaparkan hasil yang lengkap dari titik kesetimbangan kecanduan.

4.2.2 Menentukan Analisis Kestabilan Model Matematika Kecanduan TikTok

Model matematika kecanduan TikTok yang terdapat pada persamaan (4.8) merupakan persamaan differensial nonlinier. Sehingga untuk menentukan analisis kestabilan dalam model, maka perlu dilakukan linierisasi pada sekitar titik kesetimbangan dengan membantuk matriks Jacobian. Selanjutnya akan dicari nilai eigen dari matriks Jacobian untuk menentukan kestabilan model.

1. Analisis Kestabilan Titik Kesetimbangan Bebas Kecanduan

Hasil linearisasi titik kesetimbangan bebas kecanduan menggunakan matriks

Jacobian adalah sebagai berikut:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial S}{\partial E} & \frac{\partial S}{\partial A_1} & \frac{\partial S}{\partial A_2} & \frac{\partial S}{\partial R} & \frac{\partial S}{\partial Q} \\ \frac{\partial E}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial E}{\partial A_1} & \frac{\partial E}{\partial A_2} & \frac{\partial E}{\partial R} & \frac{\partial E}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \\ \frac{\partial A_1}{\partial S} & \frac{\partial A_1}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial A_1}{\partial R} & \frac{\partial A_1}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial A_2} & \frac{\partial E}{\partial A_2} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial A_2} & \frac{\partial Q}{\partial A_2} \\ \frac{\partial S}{\partial A_2} & \frac{\partial E}{\partial A_2} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial A_2} & \frac{\partial Q}{\partial A_2} \\ \frac{\partial S}{\partial R} & \frac{\partial E}{\partial R} & \frac{\partial A_1}{\partial R} & \frac{\partial A_2}{\partial R} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial R} \\ \frac{\partial S}{\partial Q} & \frac{\partial E}{\partial Q} & \frac{\partial A_1}{\partial Q} & \frac{\partial A_2}{\partial Q} & \frac{\partial R}{\partial Q} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \end{bmatrix}$$

Maka diperoleh:

$$J = \begin{bmatrix} -\beta_1\sigma_1A_1 - \beta_2\sigma_2A_2 - k - \mu & 0 & -\beta_1\sigma_1S & -\beta_2\sigma_2S & \gamma\eta & 0 \\ \beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1\sigma_1S & \beta_2\sigma_2S & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1\delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2\delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma)\eta & -\mu \end{bmatrix}$$

Lalu substitusi titik kesetimbangan bebas kecanduan pada matriks J yaitu

$$E_0 = (S, E, A_1, A_2, R, Q) = \left(\frac{\pi}{k}, 0, 0, 0, 0, \frac{\pi}{\mu}\right), \text{ sehingga diperoleh:}$$

$$J(E_0) =$$

$$\begin{bmatrix} -k - \mu & 0 & -\beta_1\sigma_1\left(\frac{\pi}{k}\right) & -\beta_2\sigma_2\left(\frac{\pi}{k}\right) & \gamma\eta & 0 \\ 0 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1\sigma_1\left(\frac{\pi}{k}\right) & \beta_2\sigma_2\left(\frac{\pi}{k}\right) & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1\delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2\delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma)\eta & -\mu \end{bmatrix}$$

Kemudian menentukan nilai eigen matriks $J(E_0)$. Nilai eigen dapat diperoleh

$$\text{dari } \det(\lambda I - J_1) = 0:$$

$$\begin{bmatrix} -k - \mu - \lambda & 0 & -\frac{\beta_1\sigma_1\pi}{k} & -\frac{\beta_2\sigma_2\pi}{k} & \gamma\eta & 0 \\ 0 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu - \lambda & \frac{\beta_1\sigma_1\pi}{k} & \frac{\beta_2\sigma_2\pi}{k} & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1\delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2\delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu - \lambda & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma)\eta & -\mu - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Dengan mensubstitusikan nilai parameter pada tabel (4.2) ke dalam matriks

Jacobi maka menghasilkan:

$$\begin{bmatrix} -0.26 - \lambda & 0 & -15.00000000 & -6.380000000 & 0.140 & 0 \\ 0 & -0.71 - \lambda & 15.00000000 & 6.380000000 & 0 & 0 \\ 0 & 0.175 & -1.648 - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05082 & 0.688 & -0.261 - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0.23418 & 0.7 & 0.001 & -0.65 - \lambda & 0 \\ 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0.260 & -0.25 - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Dengan menggunakan bantuan dari *maple*, sehingga didapatkan persamaan

karakteristik sebagai berikut:

$$0.9999999444\lambda^6 + 3.779000916\lambda^5 + 2.270820850\lambda^4 - 1.95142873\lambda^3 \\ - 2.30215383\lambda^2 - 0.716158535\lambda - 0.07107378640$$

Untuk mencari kestabilan pada titik kesetimbangan bebas kecanduan dapat menggunakan tabel *Routh-Hurwitz* sebagai berikut:

Tabel 4.3 Tabel Kriteria *Routh-Hurwitz*

λ^6	$\alpha_0 = 0.999999944$ 4	$\alpha_2 = 2.270820850$	α_4 $= -2.30215383$	α_6 $= -0.07107378640$
λ^5	$\alpha_1 = 3.779000916$	$\alpha_3 = -1.95142873$	α_5 $= -0.716158535$	
λ^4	$b_1 = \frac{a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3}{a_1} =$ 2.787208292	$b_2 = \frac{a_1 \cdot a_4 - a_0 \cdot a_5}{a_1} =$ -2.112643822	b_3 $= \frac{a_1 \cdot a_5 - a_0 \cdot a_6}{a_1}$ $= -0.6973509762$	
λ^3	c_1 $= \frac{b_1 \cdot a_3 - a_1 \cdot b_2}{b_1}$ $= 0.9129725282$	$c_2 = \frac{b_1 \cdot a_5 - a_1 \cdot b_3}{b_1}$ $= 0.2293359175$	$c_3 = \frac{b_1 \cdot a_6 - a_1 \cdot b_4}{b_1}$ $= -0.07107378640$	
λ^2	d_1 $= \frac{c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot c_2}{c_1}$ $= -2.812782053$	$d_2 = \frac{c_1 \cdot b_3 - b_1 \cdot c_3}{c_1}$ $= -0.4803702449$	$d_3 = \frac{c_1 \cdot b_4 - b_1 \cdot c_4}{c_1}$ $= 0$	
λ^1	e_1 $= \frac{d_1 \cdot c_2 - c_1 \cdot d_2}{d_1}$ $= 0.07341738962$	$e_2 = \frac{d_1 \cdot c_3 - c_1 \cdot d_3}{d_1}$ $= -0.07107378639$		
λ^0	f_1 $= \frac{e_1 \cdot d_2 - d_1 \cdot e_2}{e_1}$ $= -3.203363691$			

Berdasarkan perhitungan di atas, suatu sistem dikatakan stabil jika tabel *Routh-Hurwitz* menyatakan banyaknya perubahan tanda dari koefisien-koefisien

pada kolom pertama dari susunan deret *Routh-Hurwitz* sama dengan banyaknya akar bagian nyata bernilai positif. Dengan kata lain, bernilai stabil jika semua koefisien pada kolom pertama bertanda positif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa persamaan tidak stabil karena terdapat tanda negatif pada kolom pertama. Perhitungan nilai eigen pada matriks Jacobi menunjukkan keseluruhan bernilai negatif sehingga dapat disimpulkan nilai eigen stabil.

2. Analisis Kestabilan Titik Keseimbangan Kecanduan

Hasil linearisasi titik keseimbangan kecanduan menggunakan matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial S}{\partial E} & \frac{\partial S}{\partial A_1} & \frac{\partial S}{\partial A_2} & \frac{\partial S}{\partial R} & \frac{\partial S}{\partial Q} \\ \frac{\partial E}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial E}{\partial A_1} & \frac{\partial E}{\partial A_2} & \frac{\partial E}{\partial R} & \frac{\partial E}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \\ \frac{\partial A_1}{\partial S} & \frac{\partial A_1}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial A_1}{\partial R} & \frac{\partial A_1}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial A_2} & \frac{\partial E}{\partial A_2} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial A_2} & \frac{\partial Q}{\partial A_2} \\ \frac{\partial S}{\partial R} & \frac{\partial E}{\partial R} & \frac{\partial A_1}{\partial R} & \frac{\partial A_2}{\partial R} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial R} \\ \frac{\partial S}{\partial Q} & \frac{\partial E}{\partial Q} & \frac{\partial A_1}{\partial Q} & \frac{\partial A_2}{\partial Q} & \frac{\partial R}{\partial Q} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \\ \frac{\partial S}{\partial S} & \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} & \frac{\partial R}{\partial R} & \frac{\partial Q}{\partial Q} \end{bmatrix}$$

Sehingga didapatkan:

$$J(E^*) = \begin{bmatrix} -\beta_1 \sigma_1 A_1 - \beta_2 \sigma_2 A_2 - k - \mu & 0 & -\beta_1 \sigma_1 S & -\beta_2 \sigma_2 S & \gamma \eta & 0 \\ \beta_1 \sigma_1 + \beta_2 \sigma_2 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1 \sigma_1 S & \beta_2 \sigma_2 S & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1 \delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2 \delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1) \delta_1 + (1 - \alpha_2) \delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma) \eta & -\mu \end{bmatrix}$$

Kemudian substitusi hasil dari titik keseimbangan kecanduan E^* ke dalam matriks $J(E^*)$ sehingga menghasilkan:

$$\begin{bmatrix} -\beta_1\sigma_1A_1 - \beta_2\sigma_2A_2 - k - \mu & 0 & -\beta_1\sigma_1\left(\frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma}\right) & -\beta_2\sigma_2\left(\frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma}\right) & \gamma\eta & 0 \\ \beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1\sigma_1\left(\frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma}\right) & \beta_2\sigma_2\left(\frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma}\right) & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1\delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2\delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma)\eta & -\mu \end{bmatrix}$$

Kemudian menentukan nilai eigen matriks $J(E_0)$. Nilai eigen dapat diperoleh dari $\det(\lambda I - J_1) = 0$ sehingga menghasilkan:

$$\begin{bmatrix} -\beta_1\sigma_1A_1 - \beta_2\sigma_2A_2 - k - \mu - \lambda & 0 & -\frac{\beta_1\sigma_1\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} & -\frac{\beta_2\sigma_2\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} & \gamma\eta & 0 \\ \beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2 & -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu - \lambda & \frac{\beta_1\sigma_1\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} & \frac{\beta_2\sigma_2\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_1\delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\alpha_2\delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu - \lambda & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma)\eta & -\mu - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Dengan mensubstitusikan nilai parameter pada tabel (4.2) ke dalam matriks

Jacobi maka menghasilkan:

$$\begin{bmatrix} -0.6876 - \lambda & 0 & -0.5769230769 & -0.2453846154 & 0.140 & 0 \\ 0.4276 & -0.71 - \lambda & 0.5769230769 & 0.2453846154 & 0 & 0 \\ 0 & 0.175 & -1.648 - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05082 & 0.688 & -0.261 - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0.23418 & 0.7 & 0.001 & -0.65 - \lambda & 0 \\ 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0.260 & -0.25 - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Dengan menggunakan bantuan dari *maple*, sehingga didapatkan persamaan karakteristik sebagai berikut:

$$1.000000167\lambda^6 + 4.206597168\lambda^5 + 6.611368055\lambda^4 + 5.00707815\lambda^3 + 1.92389846\lambda^2 + 0.344866476\lambda + 0.02225824523$$

Untuk mencari kestabilan pada titik kesetimbangan bebas kecanduan dapat menggunakan tabel *Routh-Hurwitz* sebagai berikut:

Tabel 4.4 Tabel Kriteria *Routh-Hurwitz*

λ^6	α_0 = 1.000000167	α_2 = 6.611368055	α_4 = 1.92389846	α_6 = 0.02225824523
λ^5	α_1 = 4.206597168	$\alpha_3 = 5.00707815$	α_5 = 0.344866476	

λ^4	b_1 $= \frac{a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3}{a_1}$ $= 5.421076048$	b_2 $= \frac{a_1 \cdot a_4 - a_0 \cdot a_5}{a_1}$ $= 1.8141916562$	b_3 $= \frac{a_1 \cdot a_5 - a_0 \cdot a_6}{a_1}$ $= 0.3395734882$	
λ^3	c_1 $= \frac{b_1 \cdot a_3 - a_1 \cdot b_2}{b_1}$ $= 3.577804530$	c_2 $= \frac{b_1 \cdot a_5 - a_1 \cdot b_3}{b_1}$ $= 0.08136562042$	c_3 $= \frac{b_1 \cdot a_6 - a_1 \cdot b_4}{b_1}$ $= 0.0225824523$	
λ^2	d_1 $= \frac{c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot c_2}{c_1}$ $= 1.718631678$	d_2 $= \frac{c_1 \cdot b_3 - b_1 \cdot c_3}{c_1}$ $= 0.3058478782$	d_3 $= \frac{c_1 \cdot b_4 - b_1 \cdot c_4}{c_1}$ $= 0$	
λ^1	e_1 $= \frac{d_1 \cdot c_2 - c_1 \cdot d_2}{d_1}$ $= 0.5553408583$	e_2 $= \frac{d_1 \cdot c_3 - c_1 \cdot d_3}{d_1}$ $= 0.02225824523$		
λ^0	f_1 $= \frac{e_1 \cdot d_2 - d_1 \cdot e_2}{e_1}$ $= 0.3747312042$			

Berdasarkan perhitungan di atas, suatu sistem dikatakan stabil jika tabel *Routh-Hurwitz* menyatakan banyaknya perubahan tanda dari koefisien-koefisien pada kolom pertama dari susunan deret *Routh-Hurwitz* sama dengan banyaknya akar bagian nyata bernilai positif. Dengan kata lain, bernilai stabil jika semua koefisien pada kolom pertama bertanda positif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa persamaan stabil karena tidak terdapat tanda negatif pada kolom pertama. Perhitungan nilai eigen pada matriks Jacobi menunjukkan keseluruhan bernilai negatif sehingga dapat disimpulkan nilai eigen stabil.

4.2.3 Menentukan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Suatu bilangan reproduksi dasar (R_0) dapat dicari dengan matriks *Next-Generation*. Berikut terdapat langkah-langkah untuk mencari bilangan reproduksi dasar (R_0) sebagai berikut:

1. Menentukan sistem persamaan yang memiliki keterkaitan dengan penularan kecanduan TikTok, dimana pada model kecanduan TikTok ini yang memiliki keterkaitan yaitu E, A_1, A_2 .
2. Bentuk linierisasi sistem persamaan kecanduan TikTok pada titik kesetimbangan bebas kecanduan menggunakan matriks Jacobi

$$J_{(E_1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial E}{\partial A_1} & \frac{\partial E}{\partial A_2} \\ \frac{\partial A_1}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} \\ \frac{\partial A_2}{\partial E} & \frac{\partial A_2}{\partial A_1} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1 \sigma_1 S & \beta_2 \sigma_2 S \\ (\alpha_1 \delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 \\ (\alpha_2 \delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu \end{bmatrix}$$

$$J_{(E_1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial E}{\partial E} & \frac{\partial E}{\partial A_1} & \frac{\partial E}{\partial A_2} \\ \frac{\partial A_1}{\partial E} & \frac{\partial A_1}{\partial A_1} & \frac{\partial A_1}{\partial A_2} \\ \frac{\partial A_2}{\partial E} & \frac{\partial A_2}{\partial A_1} & \frac{\partial A_2}{\partial A_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & \beta_1 \sigma_1 \left(\frac{\pi}{k}\right) & \beta_2 \sigma_2 \left(\frac{\pi}{k}\right) \\ (\alpha_1 \delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 \\ (\alpha_2 \delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu \end{bmatrix}$$

3. Kemudian dilakukan dekomposisi dari matriks Jacobian. Selanjutnya bilangan reproduksi dasar dapat diketahui menggunakan matriks *Next-Generation*.

$$F = \begin{pmatrix} 0 & \beta_1 \sigma_1 S & \beta_2 \sigma_2 S \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \beta_1 \sigma_1 \left(\frac{\pi}{k}\right) & \beta_2 \sigma_2 \left(\frac{\pi}{k}\right) \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} -(\delta_1) - (\delta_2) - \mu & 0 & 0 \\ (\alpha_1 \delta_1) & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu & 0 \\ (\alpha_2 \delta_2) & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu \end{pmatrix}$$

4. Menentukan V^{-1} dengan menggunakan F yang merupakan matriks transmisi yang memberikan gambaran laju bertambahnya kecanduan dan juga

menggunakan V yang merupakan matriks transisi yang memberikan gambaran laju berkurangnya kecanduan. Maka dari itu diperoleh:

$$V^{-1} =$$

$$\begin{pmatrix} -\frac{1}{\delta_1 + \delta_2 + \mu} & 0 & 0 \\ \frac{\alpha_1 \theta_1}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)} & -\frac{1}{\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu} & 0 \\ -\frac{\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \epsilon_1}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)(\epsilon_2 + \rho + \mu)} & -\frac{\epsilon}{(\epsilon_2 + \rho + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{1}{\epsilon_2 + \rho + \mu} \end{pmatrix}$$

5. Menentukan R_0 menggunakan $R_0 = \rho(FV^{-1})$, dengan $\rho(FV^{-1})$ merupakan nilai eigen absolut dominan (radius spectral) dari K (Matriks *Next-Generation*), maka:

$$K = (F \cdot V^{-1})$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & \beta_1 \sigma_1 \left(\frac{\pi}{k}\right) & \beta_2 \sigma_2 \left(\frac{\pi}{k}\right) \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

$$\begin{pmatrix} -\frac{1}{\delta_1 + \delta_2 + \mu} & 0 & 0 \\ \frac{\alpha_1 \theta_1}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)} & -\frac{1}{\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu} & 0 \\ -\frac{\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \epsilon_1}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)(\epsilon_2 + \rho + \mu)} & -\frac{\epsilon}{(\epsilon_2 + \rho + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{1}{\epsilon_2 + \rho + \mu} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -\frac{\pi \beta_1 \sigma_1 \alpha_1 \delta_1}{(k + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2 (\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \epsilon_1)}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)(\epsilon_2 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_1 \sigma_1}{(k + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2 \epsilon}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon + \epsilon_2)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon_2)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Sehingga bilangan reproduksi dasar (R_0) sebagai berikut:

$$R_0 = \rho(K)$$

$$= \rho \left(\begin{pmatrix} -\frac{\pi \beta_1 \sigma_1 \alpha_1 \delta_1}{(k + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2 (\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \epsilon_1)}{(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)(\delta_1 + \delta_2 + \mu)(\epsilon_2 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_1 \sigma_1}{(k + \mu)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2 \epsilon}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon + \epsilon_2)(\epsilon + \epsilon_1 + \rho + \mu)} & -\frac{\pi \beta_2 \sigma_2}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon_2)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \right)$$

$$= \frac{(\pi(\mu \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \mu \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \rho \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \rho \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \epsilon \alpha_1 \beta_2 \delta_1 \sigma_2 + \epsilon \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \epsilon_2 \sigma_1 + \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \epsilon_1 \sigma_2))}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon_2)(\mu + \rho + \epsilon + \epsilon_1)(\mu + \delta_1 + \delta_2)}$$

Dengan menggunakan nilai parameter pada tabel (4.2), maka

$$R_0 = \frac{(\pi(\mu \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \mu \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \rho \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \rho \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \epsilon \alpha_1 \beta_2 \delta_1 \sigma_2 + \epsilon \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \epsilon_2 \sigma_1 + \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \epsilon_1 \sigma_2))}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon_2)(\mu + \rho + \epsilon + \epsilon_1)(\mu + \delta_1 + \delta_2)}$$

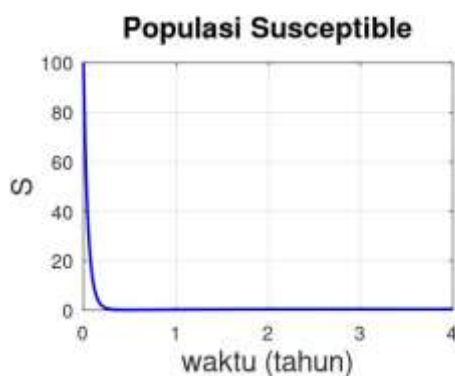
$$R_0 = 0.2503236655$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditemukan maka terbukti bahwa $R_0 < 1$, maka dapat disimpulkan bahwa bilangan reproduksi dasar (R_0) bersifat stabil asimtotik lokal pada titik kesetimbangan bebas kecanduan. Maka jumlah kecanduan akan berkurang dari waktu ke waktu dengan sendirinya dan tingkat kecanduan semakin lama akan semakin menurun (Giesecke, 2017).

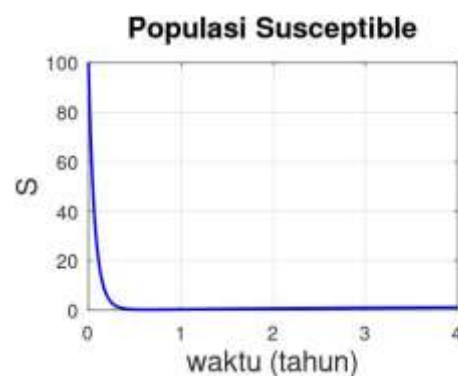
4.2.4 Simulasi Numerik Model Matematika Kecanduan TikTok Berupa Grafik Menggunakan Maple

Dalam penelitian ini, simulasi dilakukan untuk menggambarkan penyebaran kecanduan TikTok menggunakan modifikasi model matematika, yaitu model S, E, A_1, A_2, R, Q yang telah melakukan penyembuhan dari kecanduan TikTok yang mereka alami. Pada simulasi ini, nilai parameter sesuai dengan Tabel (4.2). Kemudian menginput model, serta nilai awal dan parameter pada *software* Octave sehingga dapat diperoleh grafik sebagai berikut:

1. Pada variabel $S(t)$



Gambar 4.2 Simulasi modifikasi model



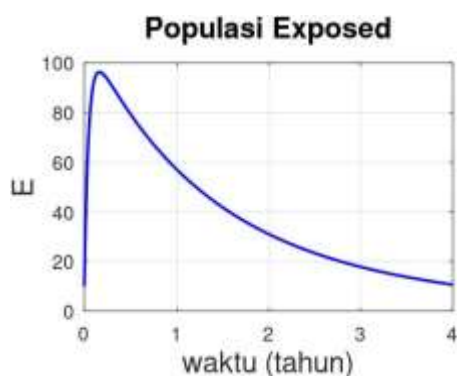
Gambar 4.3 Simulasi model Alemneh & Alemu (2021)

Tabel 4.5 Tabel perbandingan $S(t)$

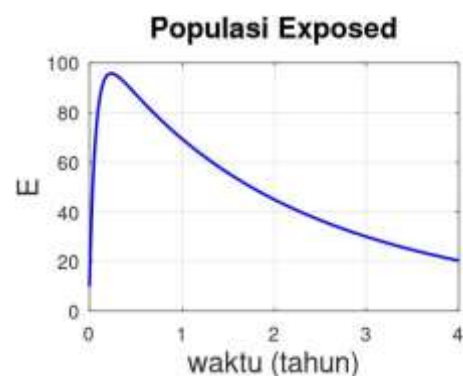
Waktu	$S(t)$ Model Modifikasi	$S(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	0.5809	0.13633
2	0.6272	0.43271
3	0.48365	1.3218
4	0.45702	1.0255

Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $S(t)$ yang sudah di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang belum dimodifikasi.

2. Pada variabel $E(t)$

**Gambar 4.4** Simulasi modifikasi

model

**Gambar 4.5** Simulasi model

Alemneh & Alemu (2021)

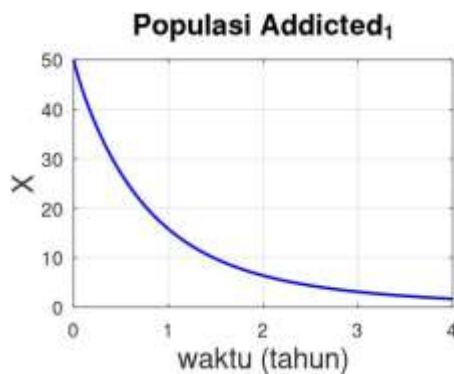
Tabel 4.6 Tabel perbandingan $E(t)$

Waktu	$E(t)$ Model Modifikasi	$E(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	57.152	69.192
2	31.066	44.889
3	17.812	30.367

4	10.697	20.586
---	--------	--------

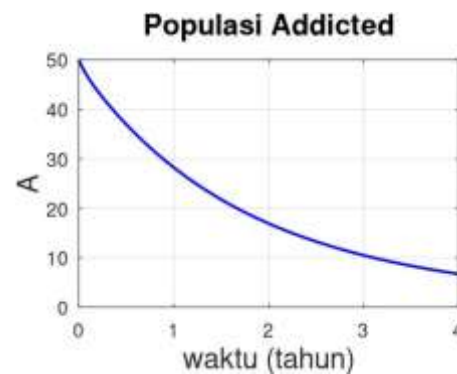
Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $E(t)$ yang sudah di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang belum dimodifikasi.

3. Pada variabel $A_1(t)$



Gambar 4.6 Simulasi modifikasi

model



Gambar 4.7 Simulasi model

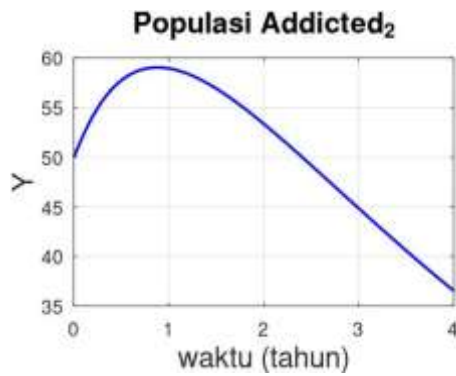
Alemneh & Alemu (2021)

Tabel 4.7 Tabel perbandingan $A_1(t)$

Waktu	$A_1(t)$ Model Modifikasi	$A(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	15.776	27.631
2	6.409	16.962
3	3.0319	10.738
4	1.6612	6.5884

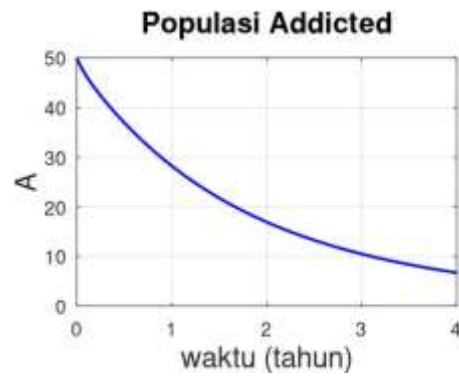
Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $A_1(t)$ yang sudah di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang belum dimodifikasi.

4. Pada variabel $A_2(t)$



Gambar 4.8 Simulasi modifikasi

model



Gambar 4.9 Simulasi model

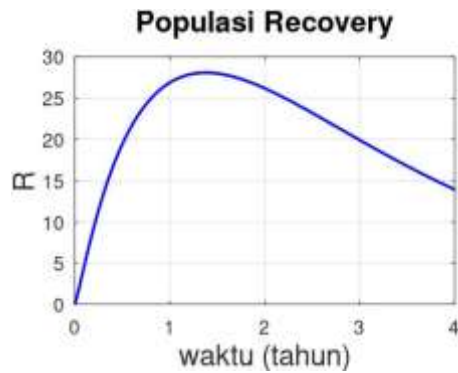
Alemneh & Alemu (2021)

Tabel 4.8 Tabel perbandingan $A_2(t)$

Waktu	$A_2(t)$ Model Modifikasi	$A(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	58.968	27.631
2	53.366	16.962
3	44.757	10.738
4	36.542	6.5884

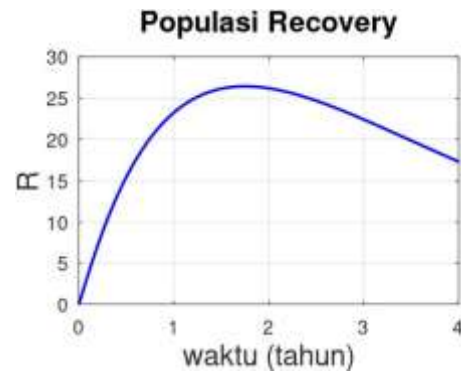
Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $A_2(t)$ yang belum di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang sudah dimodifikasi.

5. Pada variabel $R(t)$



Gambar 4.10 Simulasi modifikasi

model



Gambar 4.11 Simulasi model

Alemneh & Alemu (2021)

Tabel 4.9 Tabel perbandingan $R(t)$

Waktu	$R(t)$ Model Modifikasi	$R(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	26.854	23.069
2	26.159	26.092
3	19.893	22.269
4	13.933	16.579

Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $R(t)$ yang sudah di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang belum dimodifikasi.

6. Pada variabel $Q(t)$



Gambar 4.12 Simulasi modifikasi

model



Gambar 4.13 simulasi model

Alemneh & Alemu (2021)

Tabel 4.10 Tabel perbandingan $Q(t)$

Waktu	$Q(t)$ Model Modifikasi	$Q(t)$ model Alemneh & Alemu (2021)
1	11.933	11.274
2	15.608	14.593
3	17.455	16.905
4	17.431	17.764

Dari pernyataan grafik dan juga perhitungan di atas, variabel $Q(t)$ yang sudah di modifikasi lebih mendekati populasi 0 pada $t = 4$ tahun dibandingkan model yang belum dimodifikasi.

Dari grafik yang dihasilkan, maka bisa dilihat perbandingan antara model yang belum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi memiliki perbedaan yang cukup spesifik dan terbukti model yang sudah dimodifikasi lebih menghasilkan angka penurunan kecanduan yang lebih mendekati 0 pada $t = 4$. Sehingga dari grafik yang sudah dimodifikasi menyatakan meskipun banyak populasi yang kecanduan

TikTok tetapi populasi individu yang berhasil dalam melakukan penyembuhan juga banyak. Hal ini menyebabkan populasi individu yang menggunakan TikTok juga menurun sehingga angka kecanduan TikTok dari waktu ke waktu akan menurun kemudian menghilang dalam populasi. Hal ini sesuai dengan titik kesetimbangan bebas kecanduan TikTok yang diperoleh yaitu: $E_0 = (S, E, A_1, A_2, R, Q) = \left(\frac{\pi}{k}, 0, 0, 0, 0, \frac{\pi}{\mu}\right)$ dengan $R_0 = 0.2503236655 < 1$. Oleh karena itu, kecanduan TikTok perlahan-lahan akan berkurang dan akan menghilang seiring berjalannya waktu.

4.3 Analisis Dinamik Model S, E, A_1, A_2, R, Q Dalam Pandangan Islam

Menurut pandangan Islam, suatu permasalahan yang terjadi pada seluruh umat pasti terdapat jalan keluar untuk menyelesaikannya. Tidak hanya ada satu jalan, tetapi Allah memberikan banyak jalan untuk umat Islam yang hendak mengatasi permasalahannya. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Insyirah ayat 6, yang artinya:

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (Al-Insyirah:6)

Berdasarkan ayat tersebut, peran model S, E, A_1, A_2, R, Q dalam permasalahan kecanduan TikTok yaitu sebagai solusi bagi pengguna TikTok. Dari hasil analisis model ini, masyarakat bisa melihat bagaimana suatu penyembuhan yang dilakukan dapat berpengaruh dalam penurunan angka kecanduan TikTok yang terjadi. Penyembuhan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai macam hal, sama halnya dengan firman Allah SWT pada ayat diatas yang bermakna bahwa di balik setiap permasalahan pasti selalu diikuti oleh solusinya. Tak hanya satu solusi, tetapi terdapat banyak jalan solusi. Seperti penyembuhan yang dilakukan pada kasus penyebaran kecanduan TikTok dapat diatasi dengan *therapy*, konsultasi dengan

psikolog, banyak berkomunikasi dengan orang lain, menghindari individu yang beresiko menularkan penggunaan TikTok yang berlebihan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada BAB IV, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil modifikasi model matematika variabel *Addiction* (A) pada model matematika terhadap kecanduan TikTok Alemneh & Alemu (2021) sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \pi + \gamma\eta R - (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (k + \mu)S$$

$$\frac{dE}{dt} = (\beta_1\sigma_1A_1 + \beta_2\sigma_2A_2)S - (\delta_1 + \delta_2 + \mu)E$$

$$\frac{dA_1}{dt} = (\alpha_1\delta_1) - [\epsilon + \varepsilon_1 + \rho + \mu]A_1$$

$$\frac{dA_2}{dt} = (\alpha_2\delta_2)E + \epsilon A_1 - [\varepsilon_2 + \rho + \mu]A_2$$

$$\frac{dR}{dt} = [(1 - \alpha_1)\delta_1 + (1 - \alpha_2)\delta_2]E + \varepsilon_1A_1 + \varepsilon_2A_2 - (\eta + \mu)R$$

$$\frac{dQ}{dt} = kS + (1 - \gamma)\eta R - \mu Q$$

2. Berdasarkan analisis dinamik model matematika kecanduan Tiktok pada populasi *Susceptible*, *Exposed*, *Addicted₁*, *Addicted₂*, *Recovery*, *Quit* (S, E, A_1, A_2, R, Q) dengan pengaruh penyembuhan diperoleh:

- a. Dua titik kesetimbangan yaitu titik kesetimbangan bebas kecanduan (E_0) dan titik kesetimbangan kecanduan (E_1)

$$E_0 = (S, E, A_1, A_2, R, Q) = \left(\frac{\pi}{k+\mu}, 0, 0, 0, 0, \frac{k\pi}{(k+\mu)\mu} \right)$$

dan untuk titik kesetimbangan kecanduan terletak pada lampiran 1.

- b. Kestabilan titik kesetimbangan bergantung dengan nilai eigen dan juga kriteria *Routh-Hurwitz*. Dari hasil analisis kestabilan titik kesetimbangan

bebas kecanduan hasil yang diperoleh yaitu persamaan karakteristik tidak stabil karena terdapat tanda negatif pada kolom pertama sedangkan nilai eigen pada matriks Jacobi menunjukkan keseluruhan bernilai negatif sehingga dapat disimpulkan nilai eigen stabil. Kemudian untuk analisis kestabilan titik kesetimbangan kecanduan diperoleh persamaan karakteristik yang stabil karena tidak terdapat tanda negatif pada kolom pertama sedangkan nilai eigen pada matriks Jacobi menunjukkan keseluruhan bernilai negatif sehingga dapat disimpulkan nilai eigen stabil.

c. Bilangan reproduksi dasar yang diperoleh yaitu $R_0 =$

$$\frac{(\pi(\mu\alpha_1\beta_1\delta_1\sigma_1+\mu\alpha_2\beta_2\delta_2\sigma_2+\rho\alpha_1\beta_1\delta_1\sigma_1+\rho\alpha_2\beta_2\delta_2\sigma_2+\epsilon\alpha_1\beta_2\delta_1\sigma_2+\epsilon\alpha_2\beta_2\delta_2\sigma_2+\alpha_1\beta_1\delta_1\epsilon_2\sigma_1+\alpha_2\beta_2\delta_2\epsilon_1\sigma_2))}{(k+\mu)(\mu+\rho+\epsilon_2)(\mu+\rho+\epsilon+\epsilon_1)(\mu+\delta_1+\delta_2)}$$

dengan mensubstitusikan nilai parameter maka dapat diperoleh nilai dari $R_0 = 0.2503236655$ dan bisa dilihat $R_0 < 1$ yang artinya kecanduan TikTok akan hilang dalam populasi.

d. Berdasarkan grafik yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara model yang belum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi memiliki perbedaan yang cukup spesifik dan terbukti model yang sudah dimodifikasi lebih menghasilkan angka penurunan populasi kecanduan yang lebih stabil. Hal ini menyebabkan populasi individu yang menggunakan TikTok juga menurun sehingga angka kecanduan TikTok dari waktu ke waktu akan menurun kemudian menghilang dalam populasi.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam simulasi dapat dikembangkan dengan penelitian menggunakan berbagai metode agar dapat menjadi perbandingan dalam penggunaan metode pada simulasi akan menghasilkan grafik yang berbeda atau tidak.
2. Data yang digunakan diambil dari luar negeri karena belum ada penelitian tentang *Syndrome Tourette* di Indonesia, jadi pada penelitian selanjutnya bisa mengambil data dari Indonesia apabila sudah terdapat penelitian yang mengkaji tentang *Syndrome Tourette* di Indonesia.
3. Model dapat dimodifikasi atau dikembangkan untuk melihat perbedaan dalam hasil analisis dinamik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abi, M. M., Bano, E. N., Obe, L. F., & Blegur, F. M. A. (2023). *Pemodelan Matematika dan Simulasi Kecanduan Media Sosial TikTok Tipe SEI1I2R*. 5(1), 43–55.
- Alemneh, H. T., & Alemu, N. Y. (2021). Mathematical modeling with optimal control analysis of social media addiction. *Infectious Disease Modelling*, 6, 405–419. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2021.01.011>
- Anurogo, D. (2014). Fenomenologi Sindrom Tourette. *Cdk-211*, 40(12), 900–906.
- Aprilia, R., Sriati, A., & Hendrawati, S. (2018). *Tingkat Kecanduan Media Sosial pada Remaja*. 3(1), 41–53.
- Dettman, J. W., Boyce, W. E., & DiPrima, R. C. (1967). Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. In *The American Mathematical Monthly* (Vol. 74). <https://doi.org/10.2307/2314317>
- Diekmann, & Heesterbeek, J. (2000). Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases: Model Building, Analysis and Interpretation - O. Diekmann, J. A. P. Heesterbeek. *Wiley Series*, 322. Retrieved from <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471492418.html>
- Fremer, C., Szejko, N., Pisarenko, A., Haas, M., Laudenbach, L., Wegener, C., & Müller-Vahl, K. R. (2022). Mass social media-induced illness presenting with Tourette-like behavior. *Frontiers in Psychiatry*, 13(1). <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.963769>
- Giesecke, J. (2017a). Modern infectious disease epidemiology: Third edition. *Modern Infectious Disease Epidemiology: Third Edition*, 1–233. <https://doi.org/10.1201/9781315222714>
- Giesecke, J. (2017b). What is special about infectious disease epidemiology? In *Modern Infectious Disease Epidemiology*.
- Griffiths, M. D. (2001). *Griffiths, M.D. (2001). Excessive internet use: Implications for education. Education and Health*, 19, 23-29. Retrieved from https://www.academia.edu/429636/Griffiths_M_D_2001_Excessive_internet_use_Implications_for_education_Education_and_Health_19_23_29
- Guo, Y., & Li, T. (2020). Optimal control and stability analysis of an online game addiction model with two stages. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 43(7), 4391–4408. <https://doi.org/10.1002/mma.6200>
- Hartinah, S., Sriati, A., & Kosasih, C. E. (2019). *Gambaran Tingkat Gejala Kecanduan Media Sosial pada Mahasiswa Keperawatan Universitas Padjadjaran*. VII(1), 123–133.
- Hasnawati, H., Ratianingsih, R., & Puspita, J. W. (2017). Analisis Kestabilan Model Matematika Pada Penyebaran Kanker Serviks Menggunakan Kriteria Routh-Hurwitz. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 14(1), 120–127. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2017.v14.i1.8360>
- Huo, H. F., & Wang, Q. (2014). Modelling the influence of awareness programs by media on the drinking dynamics. *Abstract and Applied Analysis*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/938080>
- Indah, A. P., & Maulana, D. A. (2022). *Model Dinamika Kecanduan Media Sosial : Studi Kasus Kecanduan TikTok pada Mahasiswa FMIPA UNESA*.
- Iswanto, R. J. (2012). *Pemodelan Matematika Aplikasi dan Terapannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Kemenag. (2024). Qur'an Kemenag. <https://qur'an.kemenag.go.id/>. Diakses pada tanggal 16 Mei 2024.
- Laili, F. M., & Nuryono, W. (2015). Penerapan Konseling Keluarga Untuk Mengurangi Kecanduan Game Online Pada Siswa Kelas Vii Smp Negeri 21 Surabaya. *Itnow*, 50(4). <https://doi.org/10.1093/itnow/bwn071>
- Li, T., & Guo, Y. (2019). Stability and optimal control in a mathematical model of online game addiction. *Filomat*, 33(17), 5691–5711. <https://doi.org/10.2298/FIL1917691L>
- Soebroto. (2005). *Model Matematika*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sofiah. (2013). Analisa Penentuan Harga Gain Untuk Kestabilan Pada Sistem Pengendali Dengan Metode Routh-Hurwitz. *Berkala Teknik*, 3(2), 530–542.
- Sugiyono. (2012). Buku Metode Penelitian Sugiyono. *Data Kualitatif*, p. 12.
- Syam, R., Side, S., & Said, C. S. (2021). Model SEIRS Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Kota Makassar. *Journal of Mathematics Computations and Statistics*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v3i1.19180>
- Wang, X. Y., Huo, H. F., Kong, Q. K., & Shi, W. X. (2014). Optimal control strategies in an alcoholism model. *Abstract and Applied Analysis*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/954069>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Script Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok

```
> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :
> dS := π + γ R - β X S - σ Y S - k S;
dE := β X S + σ Y S - δ E;
dX := α E - ε X;
dY := b E + ε X - ρ Y;
dR := ω E + τ X + φ Y - η R;
dQ := k S + θ R - μ Q;
```

$$\begin{aligned} dS &:= -S X \beta - S Y \sigma + R \gamma - S k + \pi \\ dE &:= S X \beta + S Y \sigma - E \delta \\ dX &:= E \alpha - X \epsilon \\ dY &:= E b + X \epsilon - Y \rho \\ dR &:= E \omega - R \eta + X \tau + Y \phi \\ dQ &:= -Q \mu + R \theta + S k \end{aligned} \quad (1)$$

```
> fspoint := solve( [dX], {X} );
```

$$fspoint := \left[X = \frac{\alpha E}{\epsilon} \right] \quad (2)$$

```
>
> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :
> X := \frac{\alpha E}{\epsilon}
```

$$X := \frac{\alpha E}{\epsilon} \quad (3)$$

```
> dS := π + γ R - β X S - σ Y S - k S;
dE := β X S + σ Y S - δ E;
dY := b E + ε X - ρ Y;
dR := ω E + τ X + φ Y - η R;
dQ := k S + θ R - μ Q;
```

$$\begin{aligned} dS &:= -\frac{S \alpha E \beta}{\epsilon} - \sigma Y S + \gamma R - k S + \pi \\ dE &:= \frac{S \alpha E \beta}{\epsilon} + \sigma Y S - \delta E \\ dY &:= b E + \frac{\alpha E \epsilon}{\epsilon} - \rho Y \\ dR &:= \omega E - \eta R + \frac{\alpha E \tau}{\epsilon} + \phi Y \\ dQ &:= -Q \mu + R \theta + S k \end{aligned} \quad (4)$$

```
> fspoint := solve( [dY], {Y} );
```

$$fspoint := \left[Y = \frac{E (\alpha \epsilon + b \epsilon)}{\epsilon \rho} \right] \quad (5)$$

```
> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :
```

```
> Y := \frac{E (\alpha \epsilon + b \epsilon)}{\epsilon \rho}
```

$$Y := \frac{E (\alpha \epsilon + b \epsilon)}{\epsilon \rho} \quad (6)$$

```
> X := \frac{\alpha E}{\epsilon}
```

$$X := \frac{\alpha E}{\epsilon} \quad (7)$$

```
> dS := π + γ R - β X S - σ Y S - k S;
dE := β X S + σ Y S - δ E;
dR := ω E + τ X + φ Y - η R;
dQ := k S + θ R - μ Q;
```

$$\begin{aligned} dS &:= -\frac{S \alpha E \beta}{\epsilon} - \frac{S E (\alpha \epsilon + b \epsilon) \sigma}{\epsilon \rho} + \gamma R - k S + \pi \\ dE &:= \frac{S \alpha E \beta}{\epsilon} + \frac{S E (\alpha \epsilon + b \epsilon) \sigma}{\epsilon \rho} - \delta E \\ dR &:= \omega E - \eta R + \frac{\alpha E \tau}{\epsilon} + \frac{E (\alpha \epsilon + b \epsilon) \phi}{\epsilon \rho} \\ dQ &:= -Q \mu + R \theta + S k \end{aligned} \quad (8)$$

```
> fspoint := solve( [dR], {R} );
```

$$\text{fixpoint} := \left[R := \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \right] \quad (9)$$

> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :

$$\begin{aligned} & \triangleright R := \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \\ & R := \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \triangleright Y := \frac{E(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho} \\ & Y := \frac{E(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \triangleright X := \frac{\alpha E}{\epsilon} \\ & X := \frac{\alpha E}{\epsilon} \end{aligned} \quad (12)$$

> dS := $\pi + \gamma R - \beta X S - \sigma Y S - k S$;
dE := $\beta X S + \sigma Y S - \delta E$;
dQ := $k S + \theta R - \mu Q$;

$$\begin{aligned} dS &:= -\frac{S\alpha E\beta}{\epsilon} - \frac{SE(\alpha\epsilon + b\epsilon)\sigma}{\epsilon\rho} + \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\gamma}{\epsilon\rho\eta} - kS + \pi \\ dE &:= \frac{S\alpha E\beta}{\epsilon} + \frac{SE(\alpha\epsilon + b\epsilon)\sigma}{\epsilon\rho} - \delta E \\ dQ &:= -\mu Q + \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\theta}{\epsilon\rho\eta} + kS \end{aligned} \quad (13)$$

> fixpoint := solve({dE}, {S});

$$\text{fixpoint} := \left[S = \frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} \right] \quad (14)$$

> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :

$$\begin{aligned} & \triangleright S = \frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} \\ & S = \frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & \triangleright R := \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \\ & R := \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \triangleright Y = \frac{E(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho} \\ & Y = \frac{E(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{\epsilon\rho} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} & \triangleright X = \frac{\alpha E}{\epsilon} \\ & X = \frac{\alpha E}{\epsilon} \end{aligned} \quad (18)$$

> dS := $\pi + \gamma R - \beta X S - \sigma Y S - k S$;
dQ := $k S + \theta R - \mu Q$;

$$\begin{aligned} dS &:= -\frac{\delta\rho\alpha E\beta}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} - \frac{\delta E(\alpha\epsilon + b\epsilon)\sigma}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} + \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\gamma}{\epsilon\rho\eta} - \frac{\delta\epsilon\rho k}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} + \pi \\ dQ &:= -\mu Q + \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\theta}{\epsilon\rho\eta} + \frac{\delta\epsilon\rho k}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma} \end{aligned} \quad (19)$$

> fixpoint := solve({dQ}, {E});

$$\text{fixpoint} := \left[E = \frac{(Q\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Qb\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho)\epsilon\rho\eta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma)(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\theta} \right] \quad (20)$$

> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE :

$$\begin{aligned} & \triangleright E = \frac{(Q\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Qb\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho)\epsilon\rho\eta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma)(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\theta} \\ & E := \frac{(Q\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Qb\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho)\epsilon\rho\eta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma)(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)\theta} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\triangleright S = \frac{\delta\epsilon\rho}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + b\epsilon\sigma}$$

$$S = \frac{\partial \varepsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \varepsilon + \delta \varepsilon \sigma} \quad (22)$$

$$\hat{\beta} = \frac{E(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + b\epsilon\phi + \epsilon\omega\rho)}{\epsilon\rho\eta}$$

$$R := \frac{\varrho \alpha \beta \mu \rho + \varrho \alpha \mu \sigma \epsilon + \varphi \delta \epsilon \mu \sigma - \delta \epsilon \kappa \rho}{(\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \epsilon + \delta \epsilon \sigma) \theta} \quad (23)$$

$$y = \frac{E(\alpha\epsilon + b\epsilon)}{c\rho}$$

$$\gamma = \frac{(\varrho\alpha\beta\mu\rho + \varrho\alpha\mu\sigma\epsilon + \varrho\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon\epsilon\rho)\eta(\alpha\epsilon + \delta\epsilon)}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)(\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\phi + \epsilon\sigma\rho)\theta} \quad (24)$$

$$\chi = \frac{\alpha E}{\epsilon}$$

$$x = \frac{\alpha(\rho\alpha\beta\mu\rho + \rho\alpha\mu\sigma\epsilon + \rho\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon\epsilon\rho)\rho\eta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)(\alpha\sigma\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\sigma + \epsilon\mu\rho)\theta} \quad (25)$$

$$\triangleright dS = \pi + \gamma R - \beta \cdot X \cdot S - \sigma \cdot F \cdot S - k \cdot S,$$

$$dS = \frac{\delta \epsilon^2 \alpha [Q\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Q\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho] \eta \beta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)^2 \{\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\phi + \epsilon\sigma\rho\} \theta} - \frac{\delta \epsilon \rho [Q\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Q\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho] \eta (\alpha\epsilon + \delta\epsilon) \sigma}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)^2 \{\alpha\phi\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\phi + \epsilon\sigma\rho\} \theta} \quad (26)$$

$$+ \frac{(\rho\alpha\beta\mu\rho + Q\alpha\mu\sigma\epsilon + Q\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon k\rho) \gamma}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma) \theta} - \frac{\delta \epsilon \rho k}{\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma} + \pi$$

```
> fixpoint := solve( {dS}, {Q})
```

$$\begin{aligned}
\text{fixpoint} = & \{ Q = (-\alpha^2 \beta \theta \rho \theta \epsilon - \alpha^2 \beta^2 \tau \theta - \alpha^2 \theta \phi \theta \epsilon^2 - \alpha^2 \rho \sigma \tau \theta \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon \lambda \theta \rho \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon \lambda \rho^2 \tau - \alpha \beta \delta \beta \epsilon \phi \theta \rho - 2 \alpha \beta \epsilon \phi \theta \phi \theta \epsilon \\
& - \alpha \beta \epsilon \tau \rho \sigma \theta - \alpha \beta \beta \epsilon \omega \rho^2 \theta - \alpha \beta \epsilon \omega \rho \sigma \theta \epsilon + \alpha \delta \epsilon \lambda \theta \rho \theta \epsilon + \alpha \delta \epsilon \lambda \rho^2 \tau \theta + \gamma \delta \delta \epsilon^2 \lambda \theta \rho + \gamma \delta \epsilon^2 \lambda \omega \rho^2 - \beta \delta \epsilon^2 \phi \theta \theta - \beta \delta \tau^2 \omega \rho \theta \\
& + \delta \delta \tau^2 \lambda \theta \rho - \delta^2 \tau^2 \lambda \rho^2 + \delta \tau^2 \lambda \omega \rho^2 \theta) / ((\alpha^2 \beta \gamma \theta \rho \epsilon + \alpha^2 \beta \gamma \rho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \theta \phi \theta \epsilon + \alpha^2 \gamma \rho \sigma \tau \epsilon + \alpha \beta \beta \epsilon \gamma \theta \rho + 2 \alpha \beta \tau \gamma \phi \theta \epsilon + \alpha \beta \epsilon \gamma \rho \sigma \tau \\
& - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \rho^2 + \alpha \beta \epsilon \gamma \omega \rho^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \rho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \omega \rho \sigma \epsilon + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \theta \phi - \delta \delta \epsilon^2 \eta \rho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \omega \rho) \mu) \}
\end{aligned}
\tag{27}$$

```
> restart : with(plots) : with(DEtools) : with(linalg) : unprotect(γ) : DFE
```

$$S = \frac{\delta \epsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \epsilon + \delta \epsilon \sigma}$$

$$S = \frac{\delta \epsilon \rho}{\alpha \beta \rho + \alpha \sigma \epsilon + \delta \epsilon \sigma} \quad (28)$$

$$Q = (-\pi^2 \alpha^2 \beta \varrho \vartheta \epsilon - \pi^2 \alpha^2 \beta^2 \tau \vartheta - \pi \alpha^2 \vartheta \vartheta \epsilon^2 - \pi \alpha^2 \varrho \sigma \tau \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \varphi \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \varrho^2 \tau - \alpha \pi \delta \beta \epsilon \varphi \vartheta - 2 \alpha \pi \delta \epsilon \varphi \vartheta \epsilon - \alpha \pi \delta \epsilon \varrho \sigma \tau \vartheta - \alpha \pi \beta \epsilon \varrho \tau^2 \vartheta - \alpha \pi \epsilon \varrho \sigma \tau \vartheta + \alpha \delta \epsilon k \varphi \vartheta \epsilon + \alpha \delta \epsilon k \varrho^2 \tau \vartheta + \gamma \delta \epsilon^2 k \varphi \vartheta + \gamma \delta \epsilon^2 k \varrho \tau^2 - \pi \delta^2 \epsilon^2 \varphi \vartheta \vartheta - \pi \delta^2 \epsilon^2 \varrho \sigma \vartheta + \delta \delta \epsilon^2 k \varrho \vartheta \vartheta - \delta^2 \epsilon^2 \eta k \varrho^2 + \delta \epsilon^2 k \varrho \tau^2 \vartheta) / ((\alpha^2 \beta \gamma \varphi \sigma \epsilon + \alpha^2 \beta \gamma \varrho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \varrho \vartheta \sigma^2 + \alpha^2 \gamma \varrho \sigma \tau \epsilon + \alpha \delta \beta \epsilon \gamma \varphi \varrho + 2 \alpha \delta \epsilon \gamma \vartheta \sigma \epsilon + \alpha \delta \epsilon \gamma \varrho \sigma \tau - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \varrho^2 + \alpha \beta \epsilon \gamma \varrho \tau^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \varrho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \varrho \sigma \sigma \epsilon + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \vartheta \sigma - \delta \delta \epsilon^2 \eta \varrho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \varrho \sigma \sigma) \mu)$$

$$Q = (-\pi^2 \alpha^2 \beta \varrho \vartheta \epsilon - \pi^2 \alpha^2 \beta^2 \tau \vartheta - \pi \alpha^2 \vartheta \vartheta \epsilon^2 - \pi \alpha^2 \varrho \sigma \tau \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \varphi \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \varrho^2 \tau - \alpha \pi \delta \beta \epsilon \varphi \vartheta - 2 \alpha \pi \delta \epsilon \varphi \vartheta \epsilon - \alpha \pi \delta \epsilon \varrho \sigma \tau \vartheta - \alpha \pi \beta \epsilon \varrho \tau^2 \vartheta - \alpha \pi \epsilon \varrho \sigma \tau \vartheta + \alpha \delta \epsilon k \varphi \vartheta \epsilon + \alpha \delta \epsilon k \varrho^2 \tau \vartheta + \gamma \delta \epsilon^2 k \varphi \vartheta + \gamma \delta \epsilon^2 k \varrho \tau^2 - \pi \delta^2 \epsilon^2 \varphi \vartheta \vartheta - \pi \delta^2 \epsilon^2 \varrho \sigma \vartheta + \delta \delta \epsilon^2 k \varrho \vartheta \vartheta - \delta^2 \epsilon^2 \eta k \varrho^2 + \delta \epsilon^2 k \varrho \tau^2 \vartheta) / ((\alpha^2 \beta \gamma \varphi \sigma \epsilon + \alpha^2 \beta \gamma \varrho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \varrho \vartheta \sigma^2 + \alpha^2 \gamma \varrho \sigma \tau \epsilon + \alpha \delta \beta \epsilon \gamma \varphi \varrho + 2 \alpha \delta \epsilon \gamma \vartheta \sigma \epsilon + \alpha \delta \epsilon \gamma \varrho \sigma \tau - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \varrho^2 + \alpha \beta \epsilon \gamma \varrho \tau^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \varrho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \varrho \sigma \sigma \epsilon + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \vartheta \sigma - \delta \delta \epsilon^2 \eta \varrho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \varrho \sigma \sigma) \mu)$$

$$\begin{aligned} > \mathcal{E} := \frac{(\rho\alpha\beta\mu\rho + \rho\alpha\mu\sigma\epsilon + \rho\delta\epsilon\mu\sigma - \delta\epsilon\epsilon\rho)\epsilon\rho\eta}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)(\alpha\theta\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\theta + \epsilon\omega\rho)\theta} \\ \mathcal{E} = \frac{1}{(\alpha\beta\rho + \alpha\sigma\epsilon + \delta\epsilon\sigma)(\alpha\theta\epsilon + \alpha\rho\tau + \delta\epsilon\theta + \epsilon\omega\rho)\theta} \left(\left((-\pi^2\beta\theta\rho\theta\epsilon - \pi^2\beta\rho^2\epsilon\theta - \pi^2\theta\sigma\theta\epsilon^2 - \pi^2\rho\sigma\tau\theta\epsilon + \alpha\gamma\delta\epsilon\theta\rho\epsilon \right. \right. \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned}
& +\alpha\gamma\delta\epsilon k\rho^2\tau-\alpha\pi\delta\beta\epsilon\varphi\theta-2\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\theta\epsilon-\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\sigma\tau\theta-\alpha\pi\beta\epsilon\omega\rho^2\theta-\alpha\pi\epsilon\omega\rho\sigma\theta\epsilon+\alpha\delta\epsilon k\varphi\theta\epsilon+\alpha\delta\epsilon k\rho^2\tau\theta+\gamma\delta\delta\epsilon^2 k\varphi \\
& +\gamma\delta\epsilon^2 k\omega\rho^3-\pi\delta^2\epsilon^2\varphi\sigma\theta-\pi\delta\epsilon^2\omega\rho\sigma\theta+\delta\delta\epsilon^2 k\varphi\theta-\delta^2\epsilon^2\eta k\rho^2+\delta\epsilon^2 k\omega\rho^2\theta)\alpha\beta\rho)/(\alpha^3\beta\gamma\varphi\epsilon+\alpha^2\beta\gamma\rho^2\tau+\alpha^2\gamma\theta\sigma\epsilon+\alpha^2\gamma\rho\sigma\epsilon \\
& +\alpha\delta\beta\epsilon\gamma\varphi\rho+2\alpha\delta\epsilon\gamma\varphi\sigma\epsilon+\alpha\delta\epsilon\gamma\rho\sigma\tau-\alpha\beta\delta\epsilon\eta\rho^2+\alpha\beta\epsilon\gamma\omega\rho^2-\alpha\delta\epsilon\eta\rho\sigma\epsilon+\alpha\epsilon\gamma\omega\rho\sigma\epsilon+\delta^2\epsilon^2\gamma\varphi\sigma-\delta\delta\epsilon^2\eta\rho\sigma+\delta\epsilon^2\gamma\omega\rho\sigma) \\
& +((-\pi\alpha^2\beta\varphi\theta\epsilon-\pi\alpha^2\beta\rho^2\tau\theta-\pi\alpha^2\varphi\theta\epsilon^2-\pi\alpha^2\rho\sigma\tau\theta\epsilon+\alpha\gamma\delta\epsilon k\varphi\epsilon+\alpha\gamma\delta\epsilon k\rho^2\tau-\alpha\pi\delta\beta\epsilon\varphi\theta-2\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\theta\theta\epsilon-\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\sigma\tau\theta \\
& -\alpha\pi\beta\epsilon\omega\rho^3\theta-\alpha\pi\epsilon\omega\rho\sigma\theta\epsilon+\alpha\delta\epsilon k\varphi\theta\epsilon+\alpha\delta\epsilon k\rho^2\tau\theta+\gamma\delta\delta\epsilon^2 k\varphi+\gamma\delta\epsilon^2 k\omega\rho^2-\pi\delta^2\epsilon^2\varphi\sigma\theta-\pi\delta\epsilon^2\omega\rho\sigma\theta+\delta\delta\epsilon^2 k\varphi\theta \\
& -\delta^2\epsilon^2\eta k\rho^2+\delta\epsilon^2 k\omega\rho^2\theta)\alpha\sigma\epsilon)/(\alpha^2\beta\gamma\varphi\epsilon+\alpha^2\beta\gamma\rho^2\tau+\alpha^2\gamma\theta\sigma\epsilon+\alpha^2\gamma\rho\sigma\epsilon+\alpha\delta\beta\epsilon\gamma\varphi\rho+2\alpha\delta\epsilon\gamma\varphi\sigma\epsilon+\alpha\delta\epsilon\gamma\rho\sigma\tau-\alpha\beta\delta\epsilon\eta\rho^2 \\
& +\alpha\beta\epsilon\gamma\omega\rho^2-\alpha\delta\epsilon\eta\rho\sigma\epsilon+\alpha\epsilon\gamma\omega\rho\sigma\epsilon+\delta^2\epsilon^2\gamma\varphi\sigma-\delta\delta\epsilon^2\eta\rho\sigma+\delta\epsilon^2\gamma\omega\rho\sigma)+((- \pi\alpha^2\beta\varphi\theta\epsilon-\pi\alpha^2\beta\rho^2\tau\theta-\pi\alpha^2\varphi\theta\epsilon^2 \\
& -\pi\alpha^2\rho\sigma\tau\theta\epsilon+\alpha\gamma\delta\epsilon k\varphi\epsilon+\alpha\gamma\delta\epsilon k\rho^2\tau-\alpha\pi\delta\beta\epsilon\varphi\theta-2\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\theta\theta\epsilon-\alpha\pi\delta\epsilon\varphi\sigma\tau\theta-\alpha\pi\beta\epsilon\omega\rho^3\theta-\alpha\pi\epsilon\omega\rho\sigma\theta\epsilon+\alpha\delta\epsilon k\varphi\theta\epsilon
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\pi b^2 \epsilon^2 \omega \rho \sigma \theta + \delta \delta \epsilon^2 k \phi \rho \theta - \delta^2 \epsilon^2 \eta k \rho^2 + \delta \epsilon^2 k \omega \rho^2 \theta) \alpha \beta \rho) / (\alpha^2 \beta \gamma \phi \rho \epsilon + \alpha^2 \beta \gamma \rho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \phi \sigma \epsilon^2 + \alpha^2 \gamma \rho \sigma \tau \epsilon + \alpha \delta \beta \epsilon \gamma \phi \rho \\
& + 2 \alpha \delta \epsilon \gamma \phi \sigma \epsilon + \alpha \delta \epsilon \gamma \rho \sigma \tau - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \rho^2 + \alpha \beta \epsilon \gamma \omega \rho^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \rho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \omega \rho \sigma \epsilon + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \phi \sigma - \delta \delta \epsilon^2 \eta \rho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \omega \rho \sigma) + ((\\
& -\pi \alpha^2 \beta \phi \rho \theta \epsilon - \pi \alpha^2 \beta \rho^2 \tau \theta - \pi \alpha^2 \phi \sigma \theta \epsilon^2 - \pi \alpha^2 \rho \sigma \tau \theta \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \phi \rho \epsilon - \alpha \gamma \delta \epsilon k \rho^2 \tau - \alpha \pi \delta \beta \epsilon \phi \rho \theta - 2 \alpha \pi \delta \beta \epsilon \phi \sigma \theta \epsilon - \alpha \pi \delta \epsilon \rho \sigma \tau \theta \\
& - \alpha \pi \beta \epsilon \omega \rho^2 \theta - \alpha \pi \epsilon \omega \rho \sigma \theta \epsilon + \alpha \delta \epsilon k \phi \rho \theta \epsilon + \alpha \delta \epsilon k \rho^2 \tau \theta + \gamma \delta \epsilon^2 k \phi \rho + \gamma \delta \epsilon^2 k \omega \rho^2 - \pi \delta^2 \epsilon^2 \phi \sigma \theta - \pi \delta \epsilon^2 \omega \rho \sigma \theta + \delta \delta \epsilon^2 k \phi \rho \theta \\
& - \delta^2 \epsilon^2 \eta k \rho^2 + \delta \epsilon^2 k \omega \rho^2 \theta) \alpha \sigma \epsilon) / (\alpha^2 \beta \gamma \phi \rho \epsilon + \alpha^2 \beta \gamma \rho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \phi \sigma \epsilon^2 + \alpha^2 \gamma \rho \sigma \tau \epsilon + \alpha \delta \beta \epsilon \gamma \phi \rho + 2 \alpha \delta \epsilon \gamma \phi \sigma \epsilon + \alpha \delta \epsilon \gamma \rho \sigma \tau - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \rho^2 \\
& + \alpha \beta \epsilon \gamma \omega \rho^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \rho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \omega \rho \sigma \epsilon + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \phi \sigma - \delta \delta \epsilon^2 \eta \rho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \omega \rho \sigma) + ((-\pi \alpha^2 \beta \phi \rho \theta \epsilon - \pi \alpha^2 \beta \rho^2 \tau \theta - \pi \alpha^2 \phi \sigma \theta \epsilon^2 \\
& - \pi \alpha^2 \rho \sigma \tau \theta \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \phi \rho \epsilon + \alpha \gamma \delta \epsilon k \rho^2 \tau - \alpha \pi \delta \beta \epsilon \phi \rho \theta - 2 \alpha \pi \delta \beta \epsilon \phi \sigma \theta \epsilon - \alpha \pi \delta \epsilon \rho \sigma \tau \theta - \alpha \pi \beta \epsilon \omega \rho^2 \theta - \alpha \pi \epsilon \omega \rho \sigma \theta \epsilon + \alpha \delta \epsilon k \phi \rho \theta \epsilon \\
& + \alpha \delta \epsilon k \rho^2 \tau \theta + \gamma \delta \epsilon^2 k \phi \rho + \gamma \delta \epsilon^2 k \omega \rho^2 - \pi \delta^2 \epsilon^2 \phi \sigma \theta - \pi \delta \epsilon^2 \omega \rho \sigma \theta + \delta \delta \epsilon^2 k \phi \rho \theta - \delta^2 \epsilon^2 \eta k \rho^2 + \delta \epsilon^2 k \omega \rho^2 \theta) \delta \tau \epsilon) / (\alpha^2 \beta \gamma \phi \rho \epsilon \\
& + \alpha^2 \beta \gamma \rho^2 \tau + \alpha^2 \gamma \phi \sigma \epsilon^2 + \alpha^2 \gamma \rho \sigma \tau \epsilon + \alpha \delta \beta \epsilon \gamma \phi \rho + 2 \alpha \delta \epsilon \gamma \phi \sigma \epsilon + \alpha \delta \epsilon \gamma \rho \sigma \tau - \alpha \beta \delta \epsilon \eta \rho^2 + \alpha \beta \epsilon \gamma \omega \rho^2 - \alpha \delta \epsilon \eta \rho \sigma \epsilon + \alpha \epsilon \gamma \omega \rho \sigma \epsilon \\
& + \delta^2 \epsilon^2 \gamma \phi \sigma - \delta \delta \epsilon^2 \eta \rho \sigma + \delta \epsilon^2 \gamma \omega \rho \sigma) - \delta \epsilon k \rho)
\end{aligned}$$

restart : with(plots) : with(DEtools) : with(Disalg) : unprotect(gamma) : gamma := 'gamma' : with(VectorCalculus) : local Pi :

$$\begin{aligned}
B := & \left(\text{Matrix} \left(6, 6, \left[\left[-k - \mu - \lambda, 0, -\frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu}, -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu}, \gamma \eta, 0 \right], \left[0, (\delta_1) - (\delta_2) - \mu - \lambda, \frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu}, -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu}, 0, 0 \right], \left[0, (\alpha_1 \delta_1), -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda, 0, 0, 0 \right] \right. \right. \right. \\
& \left. \left. \left[0, (\alpha_2 \delta_2), \epsilon - \epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda, 0, 0 \right], \left[0, (1 - \alpha_1) \delta_1 + (1 - \alpha_2) \delta_2, \epsilon_1, \epsilon_2, -\eta - \mu - \lambda, 0 \right], \left[k, 0, 0, 0, (1 - \gamma) \eta, -\mu - \lambda \right] \right] \right) \right) \\
& \begin{vmatrix} -k - \mu - \lambda & 0 & -\frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu} & -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu} & \gamma \eta & 0 \\ 0 & -\delta_1 - \delta_2 - \mu - \lambda & \frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu} & \frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 \delta_1 & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1) \delta_1 + (1 - \alpha_2) \delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu - \lambda & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma) \eta & -\mu - \lambda \end{vmatrix}
\end{aligned}$$

$$\pi = 0.5 : \mu = 0.25 : \beta_1 = 0.6 : \beta_2 = 0.58 : \sigma_1 = 0.5 : \sigma_2 = 0.22 : \alpha_1 = 0.7 : \alpha_2 = 0.242 : \rho = 0.01 : \delta_1 = 0.25 : \delta_2 = 0.21 : \epsilon = 0.688 : \epsilon_1 = 0.7 : \epsilon_2 = 0.001 : k := 0.01 : \gamma = 0.35 : \eta = 0.4 :$$

$$\begin{aligned}
B := & \begin{vmatrix} -0.26 - \lambda & 0 & -0.5769230769 & -0.2453846154 & 0.140 & 0 \\ 0 & -0.71 - \lambda & 0.5769230769 & 0.2453846154 & 0 & 0 \\ 0 & 0.175 & -1.648 - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05082 & 0.688 & -0.261 - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0.23418 & 0.7 & 0.001 & -0.65 - \lambda & 0 \\ 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0.260 & -0.25 - \lambda \end{vmatrix}
\end{aligned}$$

$$C := \det(B); \quad 0.9999998750 \lambda^6 + 3.779002050 \lambda^5 + 5.106613425 \lambda^4 + 3.24928315 \lambda^3 + 1.03916490 \lambda^2 + 0.16144251 \lambda + 0.009672897328$$

$$E := \text{expand}(C) \quad 0.9999998750 \lambda^6 + 3.779002050 \lambda^5 + 5.106613425 \lambda^4 + 3.24928315 \lambda^3 + 1.03916490 \lambda^2 + 0.16144251 \lambda + 0.009672897328$$

$$\begin{aligned}
B := & \left(\text{Matrix} \left(6, 6, \left[\left[-\beta_1 \sigma_1 - \beta_2 \sigma_2 - k - \mu - \lambda, 0, -\frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu}, -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu}, \gamma \eta, 0 \right], \left[-\beta_1 \sigma_1 - \beta_2 \sigma_2 - (\delta_1) - (\delta_2) - \mu - \lambda, \frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu}, -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu}, 0, 0 \right], \left[0, (\alpha_1 \delta_1), \right. \right. \right. \\
& \left. \left. \left. -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda, 0, 0, 0 \right], \left[0, (\alpha_2 \delta_2), \epsilon - \epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda, 0, 0 \right], \left[0, (1 - \alpha_1) \delta_1 + (1 - \alpha_2) \delta_2, \epsilon_1, \epsilon_2, -\eta - \mu - \lambda, 0 \right], \left[k, 0, 0, 0, (1 - \gamma) \eta, -\mu - \lambda \right] \right] \right) \right) \\
& \begin{vmatrix} -\beta_1 \sigma_1 - \beta_2 \sigma_2 - k - \mu - \lambda & 0 & -\frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu} & -\frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu} & \gamma \eta & 0 \\ -\beta_1 \sigma_1 - \beta_2 \sigma_2 & -\delta_1 - \delta_2 - \mu - \lambda & \frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu} & \frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 \delta_1 & -\epsilon - \epsilon_1 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\epsilon_2 - \rho - \mu - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & (1 - \alpha_1) \delta_1 + (1 - \alpha_2) \delta_2 & \epsilon_1 & \epsilon_2 & -\eta - \mu - \lambda & 0 \\ k & 0 & 0 & 0 & (1 - \gamma) \eta & -\mu - \lambda \end{vmatrix}
\end{aligned}$$

$$\pi = 0.5 : \mu = 0.25 : \beta_1 = 0.6 : \beta_2 = 0.58 : \sigma_1 = 0.5 : \sigma_2 = 0.22 : \alpha_1 = 0.7 : \alpha_2 = 0.242 : \rho = 0.01 : \delta_1 = 0.25 : \delta_2 = 0.21 : \epsilon = 0.688 : \epsilon_1 = 0.7 : \epsilon_2 = 0.001 : k := 0.01 : \gamma = 0.35 : \eta = 0.4 :$$

B

$$\begin{pmatrix} -\lambda - 0.6876 & 0 & -0.5769230769 & -0.2453846154 & 0.140 & 0 \\ -0.4276 & -0.71 - \lambda & 0.5769230769 & 0.2453846154 & 0 & 0 \\ 0 & 0.175 & -1.648 - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05082 & 0.688 & -0.261 - \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0.23418 & 0.7 & 0.001 & -0.65 - \lambda & 0 \\ 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0.260 & -0.25 - \lambda \end{pmatrix} \quad (2)$$

$C := \det(B);$

$$1.000000167 \lambda^6 + 4.206597168 \lambda^5 + 6.611368055 \lambda^4 + 5.00707815 \lambda^3 + 1.92389846 \lambda^2 + 0.34486476 \lambda + 0.02225824523 \quad (3)$$

$\tilde{E} := \expmull(C)$

$$1.000000167 \lambda^6 + 4.206597168 \lambda^5 + 6.611368055 \lambda^4 + 5.00707815 \lambda^3 + 1.92389846 \lambda^2 + 0.34486476 \lambda + 0.02225824523 \quad (4)$$

$restart : with(pions) : with(DEtools) : with(linalg) :$

$$1.000000167 \lambda^6 + 4.206597168 \lambda^5 + 6.611368055 \lambda^4 + 5.00707815 \lambda^3 + 1.92389846 \lambda^2 + 0.34486476 \lambda + 0.02225824523$$

$$1.000000167 \lambda^6 + 4.206597168 \lambda^5 + 6.611368055 \lambda^4 + 5.00707815 \lambda^3 + 1.92389846 \lambda^2 + 0.34486476 \lambda + 0.02225824523 \quad (1)$$

$a0 := 1.000000167 ;$
 $a1 := 4.206597168 ;$
 $a2 := 6.611368055 ;$
 $a3 := 5.00707815 ;$
 $a4 := 1.92389846 ;$
 $a5 := 0.34486476 ;$
 $a6 := 0.02225824523$

$$0.02225824523 \quad (2)$$

$$b1 := \frac{a1 \cdot a2 - a0 \cdot a3}{a1} ;$$

$$5.421076048 \quad (3)$$

$$b2 := \frac{a1 \cdot a4 - a0 \cdot a5}{a1} ;$$

$$1.841916562 \quad (4)$$

$$b3 := \frac{a1 \cdot a5 - a0 \cdot a6}{a1} ;$$

$$b4 := 0 ;$$

$$0.3395734882$$

$$0 \quad (5)$$

$$c1 := \frac{b1 \cdot a3 - a1 \cdot b2}{b1} ;$$

$$3.577804530 \quad (6)$$

$$c2 := \frac{b1 \cdot a5 - a1 \cdot b3}{b1} ;$$

$$c3 := \frac{b1 \cdot a6 - a1 \cdot b4}{b1} ;$$

$$c4 := 0 ;$$

$$0.08136562042$$

$$0.02225824523$$

$$0 \quad (7)$$

$$d1 := \frac{c1 \cdot b2 - b1 \cdot c2}{c1} ;$$

$$1.718631678 \quad (8)$$

$$d2 := \frac{c1 \cdot b3 - b1 \cdot c3}{c1} ;$$

$$d3 := \frac{c1 \cdot b4 - b1 \cdot c4}{c1} ;$$

$$0.3058478782$$

$$0 \quad (9)$$

$$e1 := \frac{d1 \cdot c2 - c1 \cdot d2}{d1} ;$$

$$e2 := \frac{d1 \cdot c3 - c1 \cdot d3}{d1} ;$$

$$f1 := \frac{e1 \cdot d2 - d1 \cdot e2}{e1} ;$$

$$-0.5553408583$$

$$0.02225824523$$

$$0.3747312042 \quad (10)$$

> BILANGAN REPRODUKSI DASAR

BILANGAN REPRODUKSI DASAR

(8)

> A := Matrix(jacobian([dE, dX, dY], [E, X, Y]));

$$A := \begin{bmatrix} -\mu - \delta_1 - \delta_2 & \beta_1 \sigma_1 + \beta_2 \sigma_2 & 0 \\ \alpha_1 \delta_1 & -\mu - \rho - \epsilon - \tau_1 & 0 \\ \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\mu - \rho - \tau_2 \end{bmatrix}$$

(9)

> JacA := subs(DFE, A);

$$JacA := \begin{bmatrix} -\mu - \delta_1 - \delta_2 & \frac{\pi \beta_1 \sigma_1}{k + \mu} + \frac{\pi \beta_2 \sigma_2}{k + \mu} & 0 \\ \alpha_1 \delta_1 & -\mu - \rho - \epsilon - \tau_1 & 0 \\ \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\mu - \rho - \tau_2 \end{bmatrix}$$

(10)

$$F := \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta_1 \sigma_1 \pi}{k + \mu} & \frac{\beta_2 \sigma_2 \pi}{k + \mu} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$F := \begin{bmatrix} 0 & \frac{\pi \beta_1 \sigma_1}{k + \mu} & \frac{\pi \beta_2 \sigma_2}{k + \mu} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(11)

$$V := \begin{bmatrix} -(\delta_1 + \delta_2) - \mu & 0 & 0 \\ \alpha_1 \delta_1 & -\epsilon - \tau_1 - \rho - \mu & 0 \\ \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\tau_2 - \rho - \mu \end{bmatrix};$$

$$V := \begin{bmatrix} -\mu - \delta_1 - \delta_2 & 0 & 0 \\ \alpha_1 \delta_1 & -\mu - \rho - \epsilon - \tau_1 & 0 \\ \alpha_2 \delta_2 & \epsilon & -\mu - \rho - \tau_2 \end{bmatrix}$$

(12)

> VI := inverse(V);

$$VI := \begin{bmatrix} \frac{1}{\mu + \delta_1 + \delta_2} & 0 & 0 \\ \frac{\alpha_1 \delta_1}{(\mu + \delta_1 + \delta_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)} & \frac{1}{\mu + \rho + \epsilon + \tau_1} & 0 \\ \frac{\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \tau_1}{(\mu + \delta_1 + \delta_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \rho + \tau_2)} & \frac{\epsilon}{(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \rho + \tau_2)} & \frac{1}{\mu + \rho + \tau_2} \end{bmatrix}$$

(13)

> u := evalm(F, VI);

$$u := \begin{bmatrix} \frac{\pi \beta_1 \sigma_1 \alpha_1 \delta_1}{(k + \mu)(\mu + \delta_1 + \delta_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)} - \frac{\pi \beta_2 \sigma_2 (\mu \alpha_2 \delta_2 + \rho \alpha_2 \delta_2 + \epsilon \alpha_1 \delta_1 + \epsilon \alpha_2 \delta_2 + \alpha_2 \delta_2 \tau_1)}{(k + \mu)(\mu + \delta_1 + \delta_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \rho + \tau_2)} - \frac{\pi \beta_1 \sigma_1}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)} \\ \frac{\pi \beta_2 \sigma_2 \epsilon}{(k + \mu)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \rho + \tau_2)} - \frac{\pi \beta_2 \sigma_2}{(k + \mu)(\mu + \rho + \tau_2)} \\ \begin{bmatrix} 0.00 \\ 0.00 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

(14)

> R0 := limalg('eigenvalues');

> R0 := factor(eigenvalues(a))[1];

$$R0 := \frac{\pi (\mu \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \mu \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \rho \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \rho \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \epsilon \alpha_1 \beta_2 \delta_1 \sigma_2 + \epsilon \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \epsilon \sigma_1 + \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \epsilon \sigma_2)}{(k + \mu)(\mu + \rho + \tau_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \delta_1 + \delta_2)}$$

(15)

> unprotect(gamma); gamma := 'gamma' with (PecorCalculator) local Pi;

Warning: A new binding for the name 'Pi' has been created. The global instance of this name is still accessible using the :- prefix, i.e. 'Pi'. See ?protect for details.

> pi := 0.5 : mu := 0.25 : beta_1 := 0.6 : beta_2 := 0.58 : sigma_1 := 0.5 : sigma_2 := 0.22 : alpha_1 := 0.7 : alpha_2 := 0.242 : rho := 0.01 : delta_1 := 0.25 : delta_2 := 0.21 : epsilon := 0.688 : tau_1 := 0.7 : tau_2 := 0.001 : k := 0.01 : gamma := 0.35 : eta := 0.4 :

$$R0 := \frac{\pi (\mu \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \mu \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \rho \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \sigma_1 + \rho \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \epsilon \alpha_1 \beta_2 \delta_1 \sigma_2 + \epsilon \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \sigma_2 + \alpha_1 \beta_1 \delta_1 \epsilon \sigma_1 + \alpha_2 \beta_2 \delta_2 \epsilon \sigma_2)}{(k + \mu)(\mu + \rho + \tau_2)(\mu + \rho + \epsilon + \tau_1)(\mu + \delta_1 + \delta_2)}$$

(16)

R0 := 0.2503236655

Lampiran 2 Script MAPLE Simulasi Modifikasi Model Matematika dan Model Rujukan

Script Modifikasi Model Matematika Kecanduan TikTok

```

1 function dxdt=bismillah(t,x)
2 dxdt=zeros(6,1);
3 pi=0.5;
4 mu=0.35;
5 beta_1=0.6;
6 beta_2=0.58;
7 sigma_1=0.5;
8 sigma_2=0.22;
9 alpha_1=0.7;
10 alpha_2=0.242;
11 rho=0.01;
12 delta_1=0.25;
13 delta_2=0.21;
14 epsilon=0.688;
15 varepsilon_1=0.7;
16 varepsilon_2=0.001;
17 k=0.01;
18 gamma=0.35;
19 eta=0.4;
20
21 S=x(1);
22 E=x(2);
23 X=x(3);
24 Y=x(4);
25 R=x(5);
26 Q=x(6);
27
28 dxdt_1=pi+gamma*eta*R-beta_1*sigma_1*X*S-beta_2*sigma_2*Y*S-k*S-mu*S;
29 dxdt_2=beta_1*sigma_1*X*S+beta_2*sigma_2*Y*S-delta_1*E-delta_2*E-mu*E;
30 dxdt_3=(alpha_1*delta_1)*E-epsilon*X-varepsilon_1*X-rho*X-mu*X;
31 dxdt_4=(alpha_2*delta_2)*E+epsilon*X-varepsilon_2*Y-rho*Y-mu*Y;
32 dxdt_5=((1-alpha_1)*delta_1+(1-alpha_2)*delta_2)*E+varepsilon_1*X+varepsilon_2*Y-eta*R-mu*R;
33 dxdt_6=k*S+(1-gamma)*eta*R-mu*Q;
34
35 dxdt=[dxdt_1;dxdt_2;dxdt_3;dxdt_4;dxdt_5;dxdt_6];
36 end

```

```

1  clc;clear all;close all;
2  tic;
3  initial_S=100;
4  initial_E=10;
5  initial_X=50;
6  initial_Y=50;
7  initial_R=0;
8  initial_Q=10;
9
10 [t,y]=ode45(@bismillah,[0 ],[initial_S;initial_E;initial_X;initial_Y;initial_R;initial_Q]);
11 toc;
12 figure(1)
13 plot(t, y(:, 1),'b','LineWidth',1.5);
14 title('Populasi Susceptible','FontSize',15);
15 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
16 ylabel('S','FontSize',15);
17 grid on
18
19 figure(2)
20 plot(t, y(:, 2),'b','LineWidth',1.5);
21 title('Populasi Exposed','FontSize',15);
22 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
23 ylabel('E','FontSize',15);
24 grid on
25
26 figure(3)
27 plot(t, y(:, 3),'b','LineWidth',1.5);
28 title('Populasi Addicted_1','FontSize',15);
29 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
30 ylabel('X','FontSize',15);
31 grid on
32
33 figure(4)
34 plot(t, y(:, 4),'b','LineWidth',1.5);
35 title('Populasi Addicted_2','FontSize',15);
36 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
37 ylabel('Y','FontSize',15);
38 grid on
39
40 figure(5)
41 plot(t, y(:, 5),'b','LineWidth',1.5);
42 title('Populasi Recovery','FontSize',15);
43 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
44 ylabel('R','FontSize',15);
45 grid on
46
47 figure(6)
48 plot(t, y(:, 6),'b','LineWidth',1.5);
49 title('Populasi Quit','FontSize',15);
50 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
51 ylabel('Q','FontSize',15);
52 grid on

```

Script Alemneh & Alemu (2021)

```

1 function dxdt=alemneh(t,x);
2 dxdt=zeros(5,1);
3 pi=0.5;
4 mu=0.25;
5 beta=0.6;
6 sigma=0.5;
7 alpha=0.7;
8 rho=0.01;
9 delta=0.25;
10 epsilon=0.7;
11 kappa=0.01;
12 gamma=0.35;
13 eta=0.4;
14
15
16 S=x(1);
17 E=x(2);
18 A=x(3);
19 R=x(4);
20 Q=x(5);
21
22 dxdt_1=pi+gamma*eta*R-beta*sigma*A*S-(kappa+mu)*S;
23 dxdt_2=beta*sigma*A*S-(delta+mu)*E;
24 dxdt_3=alpha*delta*E-(mu+epsilon+rho)*A;
25 dxdt_4=(1-alpha)*delta*E+epsilon*A-(mu+eta)*R;
26 dxdt_5=kappa*S+(1-gamma)*eta*R-mu*Q;
27
28 dxdt=[dxdt_1;dxdt_2;dxdt_3;dxdt_4;dxdt_5];
29 end

```



```

1  clc;clear all;close all;
2  tic;
3  initial_S=100;
4  initial_E=10;
5  initial_A=50;
6  initial_R=0;
7  initial_Q=10;
8
9  [t,y]=ode45(@alemneh,[0 5],[initial_S;initial_E;initial_A;initial_R;initial_Q]);
10 toc;
11 figure(1)
12 plot(t, y(:, 1),'b','LineWidth',1.5);
13 title('Populasi Susceptible','FontSize',15);
14 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
15 ylabel('S','FontSize',15);
16 grid on
17
18 figure(2)
19 plot(t, y(:, 2),'b','LineWidth',1.5);
20 title('Populasi Exposed','FontSize',15);
21 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
22 ylabel('E','FontSize',15);
23 grid on
24
25 figure(3)
26 plot(t, y(:, 3),'b','LineWidth',1.5);
27 title('Populasi Addicted','FontSize',15);
28 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
29 ylabel('A','FontSize',15);
30 grid on
31
32 figure(4)
33 plot(t, y(:, 4),'b','LineWidth',1.5);
34 title('Populasi Recovery','FontSize',15);
35 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
36 ylabel('R','FontSize',15);
37 grid on
38
39 figure(5)
40 plot(t, y(:, 5),'b','LineWidth',1.5);
41 title('Populasi Quit','FontSize',15);
42 xlabel('waktu (tahun)','FontSize',15);
43 ylabel('Q','FontSize',15);
44 grid on

```

RIWAYAT HIDUP



Zulfa Akfi Fikrina, lahir di kabupaten Jember pada tanggal 27 April 2002, biasa dipanggil Zulfa atau Akfi. Penulis tinggal di desa Pontang tengah, kecamatan Ambulu, kabupaten Jember. Anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan bapak Sunanil Huda dan ibu Mugiarti. Pendidikan dasar ditempuh di SDN Dukuh Dempok 03, lalu melanjutkan pendidikan menengah pertama dia SMPN 01 Ambulu, kemudian pendidikan menengah atas di SMAS AN-NUR Bululawang-Malang. Pada tahun 2020 penulis mulai menempuh kuliah di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil program studi Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi di dalam kampus meliputi kepanitiaan dalam SIGMA 2021 dan 2022, kemudian penulis juga mengikuti kepanitiaan KOMET tahun 2021 dan 2022, menjadi anggota MEC (*Mathematics English Club*) di tahun 2022. Selain itu penulis juga aktif mengikuti organisasi di luar kampus meliputi IYOIN Malang pada tahun 2022 dan penulis juga dinobatkan sebagai anggota terbaik pada masa jabatannya. Jika ingin mengenal lebih lanjut tentang profil penulis dapat mengunjungi akun Instagram penulis dengan *username* @zulfaakfi.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Zulfa Akfi Fikrina
NIM : 200601110118
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Analisis Dinamik Modifikasi Model Matematika
Kecanduan TikTok
Pembimbing I : Juhari, M.Si.
Pembimbing II : Abdul Aziz, M.Si.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	23 Oktober 2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	1.
2.	04 Desember 2023	Konsultasi Kajian Agama	2.
3.	11 Desember 2023	Konsultasi Revisi Kajian Agama	3.
4.	19 Desember 2023	ACC Kajian Agama Bab I dan II	4.
5.	28 November 2023	Konsultasi Revisi Bab III	5.
6.	04 Desember 2023	ACC Bab I, II, dan III	6.
7.	19 Desember 2023	ACC Seminar Proposal	7.
8.	22 Februari 2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	13 Maret 2024	Konsultasi Bab IV	9.
10.	02 April 2024	Konsultasi Bab IV dan V	10.
11.	22 April 2024	Konsultasi Bab IV dan V	11.
12.	23 April 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	12.
13.	06 Mei 2024	ACC Kajian Agama Bab IV	13.
14.	03 Mei 2024	ACC Bab IV dan V	14.
15.	06 Mei 2024	ACC Seminar Hasil	15.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
16.	27 Mei 2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	16.
17.	28 Mei 2024	ACC Matriks Revisi Seminar Hasil	17.
18.	9 Juni 2024	ACC Sidang Skripsi	18.
19.	24 Juni 2024	ACC Revisi Akhir	19.

Malang, 24 Juni 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005