

KONTROL OPTIMAL PADA MODEL SIR DEMAM K-POP

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Matematika
dalam Ilmu Matematika**



**Oleh : MAULIDA LUTFIYANTI
NIM : 2008046018**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maulida Lutfiyanti
NIM : 2008046018
Jurusan/Program Studi : Matematika/ Matematika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

KONTROL OPTIMAL PADA MODEL SIR DEMAM K-POP

secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Juni 2024
Pembuat pernyataan,



Maulida Lutfiyanti
NIM : 2008046018



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **Kontrol Optimal pada Model SIR Demam K-Pop**
Penulis : Maulida Lutfiyanti
NIM : 2008046018
Jurusan : Matematika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 26 Juni 2024

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

**Dr. Minhayati Shaleh, S.Si,
M.Sc.**

NIP : 197604262006042001

Penguji II,

Emy Siswanah, M.Sc.

NIP : 198702022011012014

Penguji III,

Eva Khoirun Nisa, M.Si

NIP : 198701022019032018

Penguji IV,

Siti Masliyah, M.Si.

NIP : 197706112011012004

Pembimbing,

Yolanda Norasia, M.Si

NIP : 199409232019032011

NOTA DINAS

Semarang, 24 Juni 2024

**Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang**

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

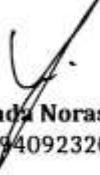
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Kontrol Optimal pada Model SIR Demam K-Pop
Nama : Maulida Lutfiyanti
NIM : 2008046018
Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing,



Yolanda Norasia, M. Si
NIP : 199409232019032011

ABSTRAK

Pada skripsi ini, dibahas mengenai kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop dengan kontrol berupa edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu. Adanya penambahan kontrol bertujuan untuk meminimumkan jumlah subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop dan memaksimumkan subpopulasi sembuh. Masalah kontrol optimal diperoleh dengan menggunakan prinsip maksimum pontryagin, kemudian akan diselesaikan secara numerik menggunakan metode *sweep* maju mundur. Hasil dari simulasi numerik menunjukkan bahwa pemberian kontrol berupa edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu efektif untuk meminimumkan jumlah subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop dan memaksimumkan subpopulasi yang sembuh dari demam K-Pop.

Kata kunci : Kontrol Optimal, Demam K-Pop, Dampak Negatif K-Pop, Manajemen Waktu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pelopor peradaban Islam yang Kaffah serta salam untuk keluarga dan para sahabat-sahabat Rasulullah SAW.

Skripsi yang berjudul "*Kontrol Optimal pada Model SIR Demam K-Pop*" ini dapat diselesaikan dan disusun guna memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana dalam bidang keilmuan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari doa, bantuan, bimbingan, motivasi dan peran dari banyak pihak. Sehingga penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. H. Nizar Ali, M.Ag selaku rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Tekonologi Universitas Islam Negeri Walisongo.
3. Ibu Any Muanalifah, Ph.D selaku Ketua Program Studi Matematika.
4. Ibu Yolanda Norasia, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pemikirannya dalam membantu penulis, serta selalu memberikan semangat, nasihat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Ibu Seftina Diyah Miasary, M.Sc selaku dosen wali atas arahan dan bimbingan beliau.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah sabar dan ikhlas memberi ilmu yang disampaikan kepada penulis.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Abdul Aziz dan Ibu Muslichatun yang telah memberikan segala dukungan, semangat, perhatian, do'a serta telah mendidik dan membesarkan penulis dalam limpahan kasih sayang. Beliau memang hanya lulusan sekolah dasar, namun mereka mampu membawa kedua anaknya sampai meraih gelar sarjana dan selalu memberikan yang terbaik untuk kedua anaknya.
8. Satu-satunya saudara kandung penulis, Ahmad Fakhruddin, S.Pd yang telah membantu secara moral dan material, memberikan do'a, dukungan, motivasi dan nasihatnya.
9. Seseorang yang sedang bersama penulis, terimakasih sudah menjadi salah satu *support system* terbaik penulis pada hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan skripsi. Terimakasih telah mendengarkan keluh kesah penulis, selalu menemani penulis dalam setiap proses penulisan skripsi ini, memberikan dukungan dan semangat pantang menyerah, menghibur penulis, memberikan bantuan tenaga, pikiran, materi maupun moril, serta senantiasa sabar menghadapi penulis.

10. Teman-teman Program Studi Matematika angkatan 2020, khususnya Mat-A, terima kasih telah memberi dukungan dan menemani proses belajar dari awal hingga detik terakhir penulis belajar di kampus hijau ini.
11. Tak lupa teman seperjuangan “Lintang, Salma, Harbiani, Nazil, Laela, Fithra, Syavira, Linda, Jihan, Della, Shonia, Una, Oxa, Azim, Erika, Frisca, Septi, Silvi, AINU” terimakasih telah memberikan motivasi dan pengalamannya dalam proses belajarku.
12. Semua Pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusi hingga selesainya skripsi ini.

Semoga kebaikan semuanya menjadi amal ibadah yang diterima dan mendapat pahala yang berlimpah dari Allah SWT. Aamiin.

Atas segala kekurangan dan kelemahan dalam skripsi ini penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga karya tulis yang sederhana ini dapat menjadi bacaan yang bermanfaat dan dapat dikembangkan bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING	iv
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 LANDASAN PUSTAKA	6
2.1 Demam K-Pop	6
2.2 Persamaan Diferensial	10
2.3 Sistem Persamaan Diferensial	11
2.4 Pemodelan Matematika	12
2.5 Model Epidemologi SIR	13
2.6 Masalah Kontrol Optimal	18
2.7 Metode <i>Sweep</i> Maju Mundur	19
2.8 Prinsip Maksimum Pontryagin	20
2.9 Kontrol yang digunakan Untuk Mengurangi Demam K-Pop	22
2.9.1. Edukasi	22
2.9.2. Manajemen Waktu	23
2.10 Penelitian Terdahulu	24
BAB 3 Metode Penelitian	28
3.1 Metode penelitian	28
3.2 Alur Penelitian	28

BAB 4 Hasil dan Pembahasan	30
4.1 Formulasi Model SIR Demam K-pop dengan Kontrol	30
4.2 Penyelesaian Masalah Kontrol Optimal	33
4.2.1. Fungsi Hamiltonian	34
4.2.2. Kondisi Stasioner.....	35
4.2.3. Persamaan <i>State</i>	36
4.2.4. Persamaan <i>Costate</i>	36
4.3 Simulasi Numerik.....	37
4.3.1. Simulasi I.....	39
4.3.2. Simulasi II.....	45
4.3.3. Simulasi III	50
BAB 5 Penutup	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
Lampiran-lampiran	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Definisi Variabel Model	17
Tabel 2.2	Definisi Parameter Model	17
Tabel 4.1	Definisi Variabel Model	31
Tabel 4.2	Definisi Parameter Model	32
Tabel 4.3	Nilai variabel yang digunakan dalam simulasi numerik	39
Tabel 4.4	Nilai parameter yang digunakan dalam simulasi numerik	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram tahapan-tahapan pemodelan matematika	13
Gambar 2.2	Skema model SIR dengan populasi konstan	14
Gambar 2.3	Diagram kompartemen model SIR demam K-pop	16
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	29
Gambar 4.1	Diagram kompartemen model SIR demam K-pop dengan kontrol p dan q	31
Gambar 4.2	Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q	40
Gambar 4.3	Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q	41
Gambar 4.4	Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q	42
Gambar 4.5	Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	43
Gambar 4.6	Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	44
Gambar 4.7	Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q	45

Gambar 4.8	Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q	46
Gambar 4.9	Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q	47
Gambar 4.10	Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	48
Gambar 4.11	Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	49
Gambar 4.12	Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q	50
Gambar 4.13	Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q	51
Gambar 4.14	Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q	52
Gambar 4.15	Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	53
Gambar 4.16	Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program Matlab2013a model SIR demam K-Pop tanpa dan dengan kontrol	64
Lampiran 2 Daftar Riwayat Hidup	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang sudah semakin canggih. Hal ini dapat mempermudah manusia untuk memperoleh atau memberi informasi dalam berbagai bidang. Kemudahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk memperkenalkan budaya suatu negara kepada negara lain. Salah satu negara yang sukses memperkenalkan budayanya kepada negara lain adalah negara Korea Selatan. Korea Selatan memiliki industri hiburan yang berkembang pesat sampai ke berbagai negara, salah satunya adalah K-Pop (Utami, 2021).

K-pop tidak hanya menjadi tren musik di Korea saja, namun sudah menyebar ke berbagai belahan dunia. Demam K-Pop ditandai dengan semakin populernya grup band asal Korea Selatan, seperti BTS, BLACKPINK, EXO, NCT, dan lain-lain. Menurut informasi dari KBS world Indonesia (2023), di konfirmasi bahwa 8 dari 10 album musik yang paling laku di dunia adalah K-Pop. Urutan ke-4,5, dan 6 ditempati oleh album Stray Kids 'MAXIDENT', album Seventeen 'Face the Sun', dan album Enhypen 'MANIFESTO : DAY 1'. Kemudian album Blackpink 'Born Pink' menempati urutan ke-7, disusul album Stray Kids 'ODDINARY' menempati urutan ke-8, album Seventeen 'SECTOR 17' urutan ke-9, dan album Tomorrow By Together 'Minisode 2 : Thursday's Child' berada di urutan ke-10.

Demam K-Pop menyebar dengan cepat melalui berbagai media, seperti internet, televisi, dan konser musik. Penyebaran budaya

K-Pop di Indonesia di mulai pada tahun 2002. Pada saat itu nama negara Korea semakin terkenal di mata dunia dan media massa mulai menyebarkan berbagai budaya Korea termasuk K-Pop (Triwahyuni, 2020).

K-Pop memiliki pengaruh yang besar pada generasi muda zaman sekarang. Pengaruh tersebut dapat berupa pengaruh positif maupun negatif. Adapun beberapa pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh demam K-Pop yaitu, gaya hidup para penggemar meniru idolanya, memiliki sikap boros, berperilaku konsumtif, lupa waktu, menjadi orang yang anti sosial karena sibuk dengan dunianya sendiri, dan berkurangnya rasa nasionalisme (Yenti dkk, 2022).

Kemajuan ilmu pengetahuan terutama pada ilmu matematika berperan penting dalam menggambarkan penyebaran suatu penyakit yang dikenal dengan model epidemi. Model epidemi dapat digunakan tidak hanya untuk memodelkan penyakit medis tetapi juga untuk memodelkan suatu fenomena sosial termasuk pemodelan dalam demam K-Pop (Jumiati & Ismail, 2018). Model epidemi paling sederhana yaitu model epidemi SI (*Susceptible - Infected*) atau dikenal dengan *Ross Epidemic Model* yang kemudian berkembang menjadi model epidemi SIS (*Susceptible - Infected - Susceptible*). Setelah itu berkembang menjadi model epidemi SIR (*Susceptible - Infected - Recovered*) yang merupakan model dasar bagi sebagian besar model deterministik (Jumiati & Ismail, 2018).

Beberapa Penelitian sebelumnya sudah melakukan penelitian mengenai fenomena sosial. Alemneh dan Negesse (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "*Mathematical Modeling With Optimal Control Analysis of Social Media Addiction*" meneliti tentang dinamika penyebaran kecanduan sosial media menggunakan

kontrol optimal dengan hasil berupa kombinasi kontrol edukasi dan pengobatan merupakan kebijakan yang optimal untuk melawan kecanduan sosial media. Saman dkk (2022) dalam penelitiannya "*Optimal Control of the SEIR Model of Online Game Addiction Using Guidance and Counseling*" membahas kontrol optimal pada pemodelan SEIR kecanduan game online dengan kontrol melalui bimbingan dan konseling dapat mengurangi jumlah siswa yang kecanduan game online. Tweedle dan Robert (2012) dalam penelitiannya "*A Mathematical model of Bieber Fever: The Most Infectious Disease of Our Time?*" meneliti pemodelan matematika pada demam Justin Bieber dengan model epidemi SIR, pada setiap populasi anak muda yang belum maupun sudah terpapar demam Justin Bieber akan terjadi wabah Demam Bieber.

Resmawan dkk (2020) dalam penelitiannya "Analisis Kontrol Optimal pada Model Matematika Penyebaran Pengguna Narkoba dengan Faktor Edukasi" membahas kontrol optimal berupa edukasi pada model SIRS penyebaran pengguna narkoba dengan hasil pemberian kontrol edukasi dapat menekan penyebaran pengguna narkoba. Palalu (2020) meneliti model epidemi SIR pada perilaku fanatisme fans K-Pop dalam penelitiannya yang berjudul "Model Matematika pada Perilaku Fanatisme Fans Korean Pop" dengan hasil untuk menghilangkan penggemar yang fanatik maka harus mengurangi laju individu rentan menjadi fans dan menaikkan laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penulis tertarik untuk mengembangkan model matematika fanatisme fans korean pop yang telah dimodelkan oleh Palalu (2020) dengan memberikan kontrol berupa edukasi dampak negatif dari K-pop pada populasi rentan dan manajemen waktu pada populasi yang

terinfeksi. Upaya untuk mengurangi penyebaran demam K-Pop dapat berjalan dengan baik apabila pencegahan dilakukan lebih dulu. Penambahan kontrol optimal pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi penyebaran demam K-Pop.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana modifikasi model SIR demam K-Pop dengan kontrol optimal?
2. Bagaimana penyelesaian masalah kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop ?
3. Bagaimana hasil simulasi numerik dengan kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui modifikasi model SIR demam K-Pop dengan kontrol optimal.
2. Untuk menyelesaikan masalah kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop.
3. Untuk menganalisis hasil simulasi numerik dengan kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengetahuan baru mengenai topik kontrol optimal pada model demam K-Pop.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya untuk memperluas ilmu pengetahuan.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pembuatan kebijakan pemerintah mengenai fenomena sosial dengan cara melakukan penyaringan budaya asing yang masuk ke dalam negeri.

BAB 2

LANDASAN PUSTAKA

2.1 Demam K-Pop

K-Pop, sering dikenal sebagai korean pop adalah genre musik populer yang berasal dari Korea Selatan. K-Pop pertama kali muncul pada tahun 1930an ketika musik pop Korea dipengaruhi oleh musik pop Jepang (Utami, 2021). Salah satu komponen utama dari Demam Korea (*Korean wave* atau *Hallyu*) di berbagai negara adalah musik K-Pop. Musik K-Pop merupakan bagian dari proses globalisasi media, musik pop kontemporer Korea Selatan yang dipublikasikan dalam pasar musik global. Biasanya K-Pop terdiri dari grup penyanyi dengan gender yang sama (*boyband* atau *girlband*), yang menonjolkan daya tarik fisik dan memiliki keterampilan menari yang baik (Adi, 2019).

Beberapa faktor yang membuat K-Pop berjaya yaitu, kebijakan pemerintahan dalam negeri yang meliberalisasi sektor industri budaya, adaptasi terhadap perkembangan teknologi dan perubahan struktur industri musik, serta taktik asimilasi budaya lain, khususnya budaya barat. Popularitas K-Pop dalam pasar global dimulai sekitar tahun 2003-2004. Sebutan "*Korean Wave Star*" atau "Bintang Asia" mulai digunakan media Korea Selatan untuk melabeli artis mereka pada tahun tersebut. Penyanyi solo Rain merupakan artis Korea Selatan pertama yang tampil di Indonesia. Indonesia termasuk salah satu dari lima negara dengan kurva popularitas kata kunci "K-Pop" tertinggi dalam pencarian internet selama lima tahun terakhir (Wazib, 2020).

K-Pop sukses membangun konstruksi citra dan moralitas yang baru pada masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat dapat mengetahui nilai budaya yang dibawa oleh *Korean wave*. Pusat Kebudayaan Korea mengklaim bahwa *Hallyu* muncul ketika minat terhadap budaya pop dan seni tradisional Korea Selatan tumbuh di seluruh Asia, Eropa, Timur Tengah, dan Amerika pada Desember 2010, CNN Amerika melaporkan bahwa Korea Selatan dan seluruh Asia telah menjadi "*Hollywood of the East*" sebagai akibat dari *Korean Wave* (Hapsari, 2018).

Sampai saat ini, tidak ada negara Asia lain yang mampu meniru popularitas K-Pop dengan daya tarik fotografi yang ditampilkan artis-artisnya dalam video dan konser mereka. Musik K-pop adalah bidang produksi musik dan distribusi musik global, di mana seluruh pasar musik tersegmentasi ke dalam genre budaya yang berbeda seperti musik klasik atau pop, tidak harus sesuai dengan selera musik dunia. Salah satu strategi K-Pop yang bisa menarik perhatian masyarakat adalah fisik dan koordinasi antara suara dengan tarian (Oh, 2013).

Penggunaan media sosial seperti instagram, twitter, dan snapchat dapat membuat artis K-Pop menarik bagi remaja. Ketiga media sosial ini memungkinkan para penggemar untuk merasakan kehadiran idola mereka saat menonton acara yang diunggah oleh artis-artis tersebut. Dengan begitu, antara idola dan penggemar dapat menjalin ikatan yang lebih dekat layaknya teman. Karena itulah masyarakat khususnya para remaja semakin menyukai K-pop (Hapsari, 2018).

Di level penggemar, biasanya ada penggemar yang ingin mengoleksi album dan *merchandise* idola mereka. Momen paling menyenangkan bagi para penggemar adalah menyaksikan idola mereka *comeback* (istilah untuk idola yang kembali ke panggung setelah istirahat sementara). Penggemar cenderung menghabiskan lebih banyak uang dari biasanya untuk membeli album atau *merchandise* K-Pop. Manajemen artis di Korea memanfaatkan momen viralnya K-Pop untuk menjual segala sesuatu yang berhubungan dengan K-Pop. Mulai dari *photo card*, kipas, *blocknote*, dan *lighstick* (Andina, 2013).

Persentase penggemar K-Pop di Indonesia yang berusia antara 10 dan 15 tahun adalah 9,3%; persentase umur 15 sampai 20 tahun adalah 38,1%; persentase umur 20 sampai 25 tahun adalah 40,7%; dan persentase yang berusia di atas 25 tahun adalah 11,9%. Penggemar K-Pop mencari informasi di media sosial tentang idola mereka selama 1 hingga 5 jam sehari. Bahkan, sebanyak 28% penggemar aktif di dunia maya selama lebih dari 6 jam sehari untuk mengikuti beragam aktivitas idola mereka (Khairil dkk, 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Alhamid (2023), 76,2% dari 21 penggemar melaporkan bahwa mereka merasa telah berubah karena mereka menyukai band atau grup K-Pop. Beberapa perubahan yang dialami antara lain adalah perubahan gaya hidup mengikuti idolanya, menjadi malas karena lebih memilih mendengarkan musik Korea atau mengikuti kehidupan sang idola, menjadi lebih boros karena membeli album dan *merchandise*, lebih menyukai musik Korea daripada lagu Indonesia, dan terobsesi dengan grup band favorit. Sebanyak 12 dari 21 masyarakat Indonesia lebih suka mempelajari budaya negara

lain, khususnya Korea daripada budaya negara sendiri. Akibat masuknya budaya asing dan kemajuan teknologi, generasi muda semakin acuh dan kurang mencintai budaya dari negara mereka berasal (Alhamid, 2023).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Susanti (2019), ditemukan 12 gaya bahasa metafora yang terdapat pada 7 cerpen karya siswa. Berikut adalah contoh gaya bahasa metafora yang ditemukan pada cerpen karya siswa. “Di era K-Pop ini, Susi pun terkena demam K-Pop. Ia mulai suka pada band Korea bernama EXO”. Kalimat tersebut menggunakan gaya bahasa metafora yang ditandai dengan diksi demam K-Pop. Penulis menggunakan analogi yang membandingkan dua hal secara langsung. Dalam sebuah metafora terdapat dua unsur, yaitu pembanding dan yang dibandingkan (Wiyatmi, 2008). Pada contoh di atas yang menjadi unsur pembanding adalah demam K-Pop, sedangkan unsur yang dibandingkan adalah perasaan sangat suka pada K-Pop. Penulis menggunakan kata demam untuk dibandingkan karena kata demam dalam KBBI diartikan sebagai “sakit yang menyebabkan suhu badan menjadi lebih tinggi daripada biasanya”. Dalam hal ini penulis menganggap bahwa demam pada demam K-Pop sebanding dengan demam dalam artian yang sesungguhnya, padahal keduanya tidak sama (Susanti, 2019). Hal ini sesuai dengan pengertian metafora yaitu kiasan yang menyatakan sesuatu sebagai hal yang sebanding dengan hal lain, yang sesungguhnya tidak sama (Wiyatmi, 2008).

2.2 Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang melibatkan suatu fungsi. Persamaan diferensial merupakan persamaan yang menyatakan hubungan antara suatu fungsi yang tidak diketahui dengan satu atau lebih turunan dari fungsi tersebut. Bentuk persamaan diferensial secara umum adalah sebagai berikut (Murtafiah dkk, 2018)

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0 \quad (2.1)$$

dengan,

x: variabel independen

y: variabel dependen

n: bilangan real

$y^{(n)}$: turunan ke-n dari y terhadap x

Berdasarkan variabel bebasnya, persamaan diferensial dibedakan menjadi dua, yaitu persamaan diferensial biasa (PDB) dan persamaan diferensial parsial (PDP). PDB adalah persamaan diferensial di mana fungsi yang tidak diketahui bergantung pada satu variabel bebas atau hanya memuat satu variabel bebas. Sedangkan PDP adalah suatu persamaan diferensial yang mengandung dua atau lebih variabel bebas. Berikut contoh persamaan difrensial biasa dan persamaan diferensial parsial.

1. Persamaan diferensial biasa

$$5x + y\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = 9 \quad (2.2)$$

2. Persamaan diferensial parsial

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (2.3)$$

(Murtafiah dkk, 2018)

Persamaan (2.2) merupakan contoh dari PDB karena melibatkan satu variabel bebas yaitu x dan persamaan (2.3) contoh dari PDP yang melibatkan lebih dari satu variabel bebas yaitu x dan y .

2.3 Sistem Persamaan Diferensial

Klasifikasi lain dari persamaan diferensial tergantung pada jumlah fungsi yang tidak diketahui. Jika terdapat fungsi tunggal yang akan ditentukan maka cukup dengan satu persamaan. Namun, jika terdapat dua atau lebih fungsi yang tidak diketahui maka dibutuhkan suatu sistem persamaan (Waluya, 2006).

Sistem persamaan diferensial adalah sistem yang memuat n persamaan diferensial, dengan n fungsi yang tidak diketahui. Bentuk umum dari sistem n persamaan orde pertama mempunyai bentuk sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= g_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= g_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= g_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (2.4)$$

(Kartono, 2012)

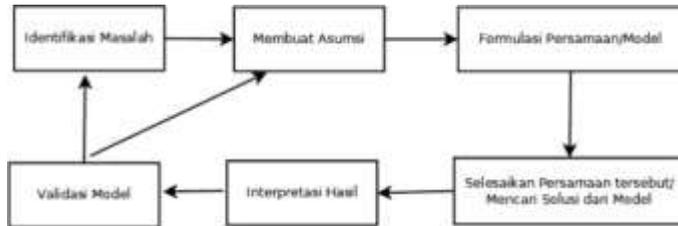
x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel bebas dan t adalah variabel terikat, sehingga $x_1 = x_1(t), x_2 = x_2(t), \dots, x_n = x_n(t)$, dimana $\frac{dx_n}{dt}$ merupakan turunan fungsi x_n terhadap t dan g_n adalah fungsi pada variabel x_1, x_2, \dots, x_n dan t .

2.4 Pemodelan Matematika

Model atau pemodelan sudah membantu manusia memahami alam yang kompleks mulai dari yang mikroskopik hingga yang makroskopik. Model adalah hubungan antara dunia nyata dan pikiran untuk mengatasi suatu masalah. Proses visualisasi ini disebut dengan *modelling* atau pemodelan, yaitu proses berpikir melalui urutan yang logis (Pagalay, 2009).

Salah satu teknik untuk mengekspresikan sistem yang kompleks ke dalam model matematika adalah pemodelan matematika. Model matematika terdiri dari variabel, parameter, dan fungsi yang menyatakan hubungan antara variabel dan parameter. Dalam pemodelan, perlu memilih apa yang diabaikan dan apa yang disertakan bergantung pada masalah yang diteliti (Ndi, 2022).

Penerapan model matematika dapat meningkatkan pemahaman terhadap suatu sistem. Model matematika juga dapat digunakan untuk menguji hipotesis dan teori, menjawab pertanyaan spesifik dan menguji sensitivitas parameter terhadap sifat-sifat model. Adapun tahapan-tahapan dalam pemodelan matematika dapat digambarkan sebagai berikut (Ndi, 2018).



Gambar 2.1. Diagram tahapan-tahapan pemodelan matematika

Langkah pertama dalam tahapan pemodelan matematika yaitu identifikasi masalah, kemudian membuat asumsi tentang model yang akan disusun. Setelah itu menyusun model matematika dan mencari solusinya. Kemudian hasil dari solusi tersebut diinterpretasikan dalam bidang yang diterapkan dan validasi model (Ndi, 2018).

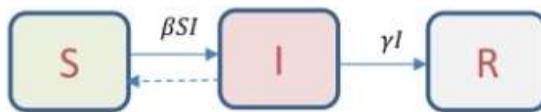
Secara umum, model matematika dibagi dua yaitu model fenomena (*phenomenological model*) dan model mekanistik (*mechanistic model*). Model fenomena merupakan model yang menggambarkan sebuah fenomena yang sesuai dengan teori tetapi tidak dirumuskan langsung dari teori tersebut. Model mekanistik merupakan model yang disusun berdasarkan mekanisme permasalahan yang terjadi. Jenis model ini seringkali diformulasikan dalam bentuk persamaan diferensial. Sebagai contoh, model penyebaran penyakit SIR (Ndi, 2022).

2.5 Model Epidemi SIR

Model SIR merupakan model matematis yang menggambarkan model penyebaran penyakit dimana setiap individu yang sudah sembuh dari penyakit akan mempunyai kekebalan yang bertahan

lama. Model epidemi SIR pertama kali diperkenalkan oleh Kermack dan MC Kendrick pada tahun 1927 dengan membagi populasi dalam tiga kelas yaitu, *Susceptible* disimbolkan dengan (S) yang memuat kelas individu rentan terserang penyakit, *Infected* disimbolkan dengan (I) yang terdiri dari kelas individu terinfeksi dan dapat menyebarkan penyakit ke individu rentan, dan *Recovered* disimbolkan dengan (R) memuat kelas individu yang dianggap telah sembuh atau kekebalan tubuhnya telah kembali normal sehingga kebal terhadap penyakit.

Skema model sederhana epidemi SIR dapat dilihat pada gambar berikut (Sani, 2022).



Gambar 2.2. Skema model SIR dengan populasi konstan

Skema model pada gambar 2.2 merupakan skema model SIR populasi konstan dengan S adalah jumlah individu yang rentan, I adalah jumlah individu yang terinfeksi, R adalah jumlah individu yang sembuh, β adalah laju perubahan individu rentan menjadi terinfeksi dan γ adalah laju perubahan individu terinfeksi menjadi sembuh. Jadi tidak ada penambahan maupun pengurangan individu (tanpa kelahiran dan kematian) dalam skema tersebut dan hanya ada perpindahan individu dari satu kompartemen ke kompartemen lainnya. Model sederhana SIR dengan populasi konstan dirumuskan dalam persamaan-persamaan berikut (Sani, 2022).

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta SI}{N} \\
 \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \gamma I \\
 \frac{dR}{dt} &= \gamma I
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

Apabila persamaan-persamaan (2.5) dijumlahkan, maka akan diperoleh

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} + \frac{dI}{dt} + \frac{dR}{dt} &= 0 \iff \frac{d}{dt}(S + I + R) = 0 \\
 S + I + R &= N
 \end{aligned}$$

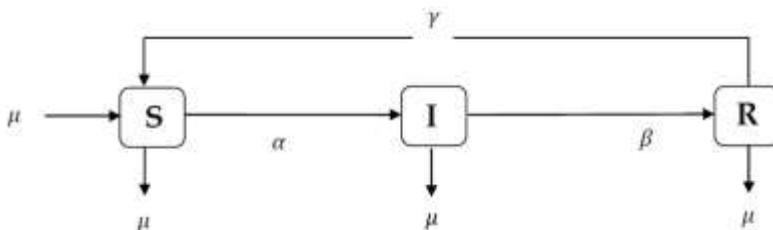
Dimana N adalah suatu konstanta, yakni jumlah populasi awal. Secara matematik menunjukkan bahwa persamaan (2.5) adalah model populasi konstan. Persamaan (2.5) dapat dikembangkan untuk mengakomodir adanya kelahiran dan kematian. Misalkan banyaknya kelahiran sama dengan banyaknya kematian pada waktu t . diasumsikan bahwa individu yang lahir semuanya suspek proporsional terhadap total populasi N dengan laju kelahiran μN . Selanjutnya diasumsikan bahwa setiap individu akan mengalami kematian dengan laju μ . Model SIR dengan kelahiran dan kematian dapat dirumuskan sebagai berikut (Sani, 2022).

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \mu N - \frac{\beta SI}{N} - \mu S \\
 \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \mu I - \gamma I \\
 \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

Dimana $N = S + I + R$ merupakan suatu konstanta. Apabila persamaan-persamaan dalam (2.6) dijumlahkan, maka diperoleh

$$\frac{d}{dt}(S + I + R) = 0 \iff S + I + R = N$$

Pada penelitian ini menggunakan model SIR demam K-Pop dalam jurnal yang diteliti oleh Palalu (2020) dengan pemberian kontrol berupa edukasi dampak negatif dari K-Pop dan manajemen waktu. Demam K-Pop dapat dimodelkan dalam diagram kompartemen SIR dengan S (*Susceptible*) menunjukkan subpopulasi yang rentan terhadap demam K-Pop, I (*Infected*) menunjukkan subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop, dan R (*Recovered*) menunjukkan subpopulasi yang sembuh dari demam K-Pop. Berikut diagram kompartemen model SIR demam K-Pop (Palalu, 2020).



Gambar 2.3. Diagram kompartemen model SIR demam K-pop

Diberikan definisi variabel dan parameter yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1. Definisi Variabel Model

Variabel	Keterangan
S	Jumlah individu yang rentan
I	Jumlah individu yang terinfeksi
R	Jumlah individu yang sembuh

Tabel 2.2. Definisi Parameter Model

Parameter	Keterangan
μ	Laju kelahiran dan kematian individu setiap satuan waktu
α	Laju perubahan individu rentan menjadi fans
β	Laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans
γ	Laju perubahan yang berhenti menjadi fans kembali rentan

Laju populasi rentan (S) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dS}{dt}$ diperoleh dari laju kelahiran setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi total (N) yaitu μN dikurangi dengan laju individu rentan menjadi fans (α) terhadap populasi rentan (S) pada laju populasi terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $\alpha S \frac{I}{N}$ ditambah dengan laju individu yang berhenti menjadi fans kembali rentan (γ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu γR dikurangi dengan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi rentan (S) yaitu μS . Sehingga diperoleh $\frac{dS}{dt} = \mu N - \alpha S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S$.

Laju populasi terinfeksi (I) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dI}{dt}$ diperoleh dari laju individu rentan menjadi fans (α) terhadap populasi rentan (S) pada laju populasi terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $\alpha S \frac{I}{N}$ dikurangi dengan Laju perubahan

fans yang berhenti menjadi fans (β) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu βI dikurangi dengan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu μI . Sehingga diperoleh $\frac{dI}{dt} = \alpha S \frac{I}{N} - \beta I - \mu I$.

Laju populasi sembuh (R) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dR}{dt}$ diperoleh dari Laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans (β) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu βI dikurangi dengan laju individu yang berhenti menjadi fans kembali rentan (γ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu γR dikurangi dengan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu μR . Sehingga diperoleh $\frac{dR}{dt} = \beta I - \gamma R - \mu R$.

Berdasarkan pemaparan dari diagram kompartemen diatas, maka diperoleh model tanpa kontrol sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \mu N - \alpha S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= \alpha S \frac{I}{N} - \beta I - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= \beta I - \gamma R - \mu R \end{aligned} \quad (2.7)$$

Model diatas kemudian akan diberi kontrol berupa edukasi dampak negatif dari K-Pop pada populasi yang rentan dan manajemen waktu pada populasi yang terinfeksi.

2.6 Masalah Kontrol Optimal

Pemodelan matematika dapat dikembangkan dengan melakukan kontrol optimal. Dalam pemodelan, kontrol optimal dapat digunakan untuk mengembangkan sistem dinamik kontinu. Dengan pemberian kontrol yang optimal, penyebaran penyakit

dapat dimodelkan dan dioptimalkan (Norasia dkk, 2022).

Masalah kontrol optimal merupakan salah satu metode yang digunakan pada masalah rekayasa, teknik dan epidemiologi. Masalah kontrol optimal bisa dirumuskan dalam waktu diskrit maupun kontinu. Kontrol optimal adalah optimasi yang bekerja pada suatu proses sehingga memperoleh hasil yang terbaik. Tujuan dari kontrol optimal adalah untuk menentukan nilai variabel kontrol $u(t)$ yang membawa sistem dari *state* awal $x(t_0)$ pada waktu t_0 ke *state* akhir $x(t_f)$ pada waktu akhir t_f . Kemudian pada saat yang sama dapat ditentukan nilai optimal (maksimum atau minimum) berdasarkan fungsi tujuan (Naidu, 2003).

Dasar-dasar yang digunakan dalam penyelesaian masalah kontrol optimal meliputi pemodelan situasi sebagai sistem persamaan diferensial biasa, penentuan batas kontrol, membuat fungsi tujuan yang sesuai, menentukan kondisi yang dibutuhkan agar diperoleh penyelesaian yang optimal, dan simulasi numerik untuk menunjukkan pengaruh dari variabel kontrol (Savitri, 2021).

2.7 Metode *Sweep* Maju Mundur

Penyelesaian numerik pada kontrol optimal dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *sweep* maju mundur. Adapun algoritma metode *sweep* maju mundur sebagai berikut

1. Membuat dugaan awal nilai \vec{u} pada suatu interval.
2. Menggunakan kondisi awal $x_0 = x(0)$ dan nilai \vec{u} untuk menyelesaikan persamaan *state* \vec{x} dengan langkah maju metode Runge Kutta orde 4.

3. Menggunakan kondisi transversal $\lambda(T) = 0$, nilai \vec{u} dan \vec{x} untuk menyelesaikan persamaan *costate* $\vec{\lambda}$ dengan langkah mundur metode Runge Kutta orde 4.
4. Memperbarui nilai kontrol \vec{u} dengan mensubstitusikan nilai \vec{x} dan $\vec{\lambda}$ yang baru ke dalam persamaan kontrol optimal.
5. Memeriksa konvergensi, jika selisih nilai setiap variabel state, variabel *costate*, dan variabel kontrol dari perhitungan saat ini dan sebelumnya sangat kecil maka nilai tersebut dapat dijadikan solusi atau proses selesai, jika selisih nilainya tidak cukup kecil maka kembali ke langkah 2.

(Lenhart & Workman, 2007)

2.8 Prinsip Maksimum Pontryagin

Salah satu metode penyelesaian masalah kontrol optimal yang bisa digunakan adalah Prinsip Maksimum Pontryagin. Prinsip Maksimum Pontryagin merupakan suatu kondisi untuk mendapatkan solusi kontrol yang dapat mengoptimalkan fungsi tujuan. Untuk menentukan kondisi tersebut, dibuat fungsi Hamiltonian dengan suatu variabel baru yakni variabel *costate*. Berikut langkah-langkah penyelesaian masalah kontrol optimal dengan Prinsip Maksimum Pontryagin (Wulandari dkk, 2022).

1. Membuat fungsi Hamiltonian (H)

$$H(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t, \lambda) = V(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) + \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) f_i(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \quad (2.8)$$

dengan V adalah fungsi tujuan yang dioptimalkan dan f adalah persamaan *state*.

2. Memaksimumkan fungsi Hamiltonian terhadap variabel kontrol

$$\frac{\partial H}{\partial \lambda} = 0 \quad (2.9)$$

maka diperoleh kontrol yang optimal (u^*), $u^* = h(x^*, \lambda^*, t)$.
Sehingga diperoleh fungsi Hamiltonian yang optimal (H^*) yaitu,

$$H^*(x^*, h(x^*, \lambda^*, t), t, \lambda^*) = H^*(x^*, \lambda^*, t) \quad (2.10)$$

3. Menyelesaikan persamaan *state*

Persamaan *state* adalah persamaan yang menjadi kontrol dalam penyelesaian masalah kontrol optimal yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\dot{x} = \frac{\partial H}{\partial \lambda} \quad (2.11)$$

4. Menyelesaikan persamaan *Costate*

Persamaan *costate* adalah nilai negatif dari fungsi Hamiltonian yang diturunkan terhadap variabel *state*.
Persamaan *costate* dirumuskan sebagai berikut.

$$\dot{\lambda} = - \frac{\partial H}{\partial x} \quad (2.12)$$

dengan kondisi awal x_0 dan kondisi akhir yang disebut kondisi transversal yaitu $\lambda(t) = 0$ (Lenhart & Workman, 2007).

2.9 Kontrol yang digunakan Untuk Mengurangi DemamK-Pop

2.9.1. Edukasi

Edukasi berasal dari kata latin *educare* memiliki arti membawa. Menurut terminologi edukasi adalah karakter yang membentuk atau mempengaruhi pikiran dan kemampuan fisik seseorang. Edukasi merupakan suatu proses pembelajaran dengan tujuan mengembangkan potensi berpikir dan kualitas pengetahuan. Edukasi sering disebut dengan pendidikan, yaitu upaya terkonsentrasi dari mereka yang terlibat pendidikan untuk mempengaruhi orang lain, mahasiswa dan masyarakat untuk melakukan hal yang diperlukan dalam edukasi (Wiratama, 2022).

Dalam kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) edukasi adalah proses perubahan sikap dan perilaku seseorang atau kelompok untuk pengembangan diri melalui pengajaran, pelatihan, proses dan metode pendidikan. Pengembangan potensi diri, pengendalian diri, dan memiliki keterampilan merupakan tujuan edukasi. Edukasi dapat diperoleh melalui pembelajaran formal, non formal, dan informal (Finthariasari, 2020).

Edukasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu edukasi dampak negatif K-Pop untuk mencegah dan mengurangi individu terinfeksi demam K-Pop. Sasaran edukasi ini untuk memberi pemahaman bagi individu mengenai dampak negatif yang akan dialami oleh individu terinfeksi demam K-Pop. Dengan demikian, seseorang memiliki sikap yang terarah menjauh dari kecenderungan K-Pop serta meningkatkan kognitif dalam membatasi diri pada kegiatan yang tidak mendatangkan hal-hal positif pada diri sendiri.

2.9.2. Manajemen Waktu

Manajemen Waktu adalah kemampuan diri untuk mengelolah waktu dengan baik dan teratur sehingga semua pekerjaan, tugas-tugas dan tujuan tercapai sesuai dengan yang diharapkan. Menurut Forsyth (2009), manajemen waktu adalah cara mengendalikan waktu untuk memastikan efisiensi, efektivitas, dan produktivitas maksimum. Orang yang mampu mengatur waktunya dengan baik akan memberikan manfaat bagi dirinya dalam menjalankan aktivitasnya dengan baik (Jannah, 2021).

Manajemen waktu sangat diperlukan untuk menggunakan waktu dengan baik. Mengorganisir, merencanakan, dan menetapkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas sehari-hari adalah bagian dari manajemen waktu. Tujuan dari manajemen waktu yaitu mengatur seluruh pekerjaan agar dapat selesai sesuai jadwal dan sesuai dengan harapan dan rencana sebelumnya. Tanda-tanda manajemen waktu yang efektif adalah menghindari penundaan secara sengaja dan berlangsung dalam waktu yang lama, perencanaan waktu yang tepat dan mempunyai tujuan yang jelas.

Manajemen waktu menjadikan seseorang lebih dihormati, mempunyai kemampuan mengatur segala sesuatunya, dan menjadikan seseorang mampu mengoptimalkan kinerjanya (Darniati, 2021). Dengan adanya pemberian kontrol manajemen waktu diharapkan dapat mengurangi individu yang terinfeksi demam K-Pop, karena dengan adanya manajemen waktu akan membantu individu untuk menghindari kebiasaan menghabiskan waktu dengan K-Pop, menjadikan diri lebih produktif dan menciptakan keseimbangan kehidupan yang lebih baik.

Dalam penelitian ini, model SIR demam K-Pop akan diberikan kontrol berupa edukasi dampak negatif dari K-Pop pada populasi yang rentan dan manajemen waktu pada populasi yang terinfeksi. Model dengan kontrol dibentuk sebagai berikut.

Diberikan kondisi awal $\frac{dS}{dt} = \frac{dI}{dt} = \frac{dR}{dt} = 0$,

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \mu N - (\alpha + p)S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= (\alpha + p)S \frac{I}{N} - (\beta - q)I - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= (\beta - q)I - \gamma R - \mu R \end{aligned} \quad (2.13)$$

dengan fungsi kontrol p mewakili upaya kontrol melalui edukasi dampak negatif dari K-Pop pada populasi rentan dan fungsi kontrol q mewakili upaya kontrol melalui manajemen waktu pada populasi terinfeksi.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih relevan dengan topik yang penulis teliti.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Alemneh dan Negesse (2021) yang berjudul "*Mathematical Modeling With Optimal Control Analysis of Social Media Addiction*". Dalam penelitian tersebut peneliti mengkaji tentang pemodelan matematika terhadap kecanduan sosial media dengan menambahkan kontrol optimal. Berdasarkan hasil simulasi numerik dengan Prinsip Maksimum Pontryagin, pemberian kontrol berupa mengiklankan dan mengedukasi dampak negatif media sosial yang dikombinasikan dengan kontrol pengobatan pada individu

kecanduan merupakan kebijakan yang optimal untuk mengatasi kecanduan media sosial. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sama-sama meneliti kesenangan terhadap sesuatu dan penggunaan kontrol yang sama yaitu mengedukasi dampak negatif dari objek penelitian. Sedangkan perbedaannya terletak pada model yang digunakan dan objek penelitian yang diteliti. Model dan Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah model matematika pada demam K-Pop.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Saman dkk (2022) yang berjudul "*Optimal Control of the SEIR Model of Online Game Addiction Using Guidance and Counseling*". Dalam penelitian tersebut peneliti mengkaji tentang pemodelan matematika terhadap kecanduan game online menggunakan model epidemi SEIR dan memberikan kontrol optimal berupa bimbingan dan konseling. Hasil penelitiannya adalah simulasi numerik menunjukkan bahwa kontrol berupa bimbingan dan konseling dapat memberikan perubahan dinamika populasi seperti yang diharapkan yaitu penurunan jumlah siswa yang kecanduan game online dan peningkatan jumlah siswa yang berhenti bermain game online. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah topik penelitian yang sama yaitu meneliti kesenangan terhadap sesuatu dan sama-sama menambahkan kontrol optimal pada model. Sedangkan perbedaannya terletak pada model dan kontrol optimal yang digunakan serta objek penelitian yang diteliti.

Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Tweedle dan Robert (2012) dalam penelitiannya yang berjudul "*A Mathematical model of Bieber Fever: The Most Infectious Disease of Our Time?*". Dalam penelitian tersebut peneliti mengkaji tentang pemodelan

matematika pada wabah demam Bieber menggunakan model epidemi SIR. Hasil penelitiannya adalah pada setiap populasi anak muda yang terpapar demam Justin Bieber, akan terjadi wabah Demam Bieber, bahkan jika tidak ada yang terinfeksi pada awalnya. Hal ini menunjukkan bahwa demam Bieber sangat berbahaya dan populasi mana pun sangat rentan. Demam Bieber dapat menimbulkan obsesi yang intens dan pemborosan waktu pada anak muda. Satu-satunya metode untuk membantu mengendalikan penyebaran infeksi pada demam Bieber adalah dengan menerbitkan lebih banyak berita negatif tentang Justin Bieber daripada yang positif. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah objek yang diteliti sama-sama sebuah fenomena populer dan penggunaan model yang sama yaitu model epidemi SIR. Sedangkan perbedaannya terletak pada fenomena yang diteliti dan memberikan penambahan kontrol optimal pada model matematika.

Keempat, penelitian yang dilakukan oleh Resmawan dkk (2022) yang berjudul "Analisis Kontrol Optimal pada Model Matematika Penyebaran Pengguna Narkoba dengan Faktor Edukasi". Dalam penelitian tersebut peneliti mengkaji tentang pemodelan matematika SIRS pada penyebaran pengguna narkoba dengan menambahkan kontrol optimal berupa edukasi. Hasil penelitiannya adalah penggunaan kontrol berupa edukasi yang bertujuan untuk meminimumkan jumlah pengguna narkoba yang diberikan pada setiap subpopulasi. Dari hasil simulasi numerik, dengan memberikan kontrol edukasi dapat mengurangi penyebaran pengguna narkoba. Setelah adanya kontrol terdapat penurunan pada pengguna aktif dan peningkatan pada populasi yang berhenti memakai narkoba. Persamaan

penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah penambahan kontrol pada model matematika untuk meminimalkan suatu permasalahan. Sedangkan perbedaannya terletak pada model penelitian dan variabel kontrol yang digunakan.

Kelima, penelitian yang dilakukan oleh Karmila Palalu (2020) yang berjudul “Model Matematika pada Perilaku Fanatisme Fans Korean Pop”. Penelitian tersebut mengkaji tentang pemodelan matematika pada perilaku fanatisme fans K-Pop menggunakan model epidemi SIR. Hasil penelitiannya adalah untuk menghilangkan penggemar fanatik harus mengurangi laju individu rentan menjadi fans dan menaikkan laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah objek yang diteliti sama-sama K-Pop, penggunaan model, variabel dan parameter. Sedangkan perbedaannya adalah adanya penambahan variabel kontrol optimal untuk meminimalkan jumlah subpopulasi yang terinfeksi.

BAB 3

Metode Penelitian

3.1 Metode penelitian

Metode yang diterapkan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah metode kepustakaan (*library research*) yaitu penelitian yang menggunakan bahan-bahan tertulis seperti manuskrip, buku, majalah, surat kabar dan dokumen lainnya (Rahmadi, 2011).

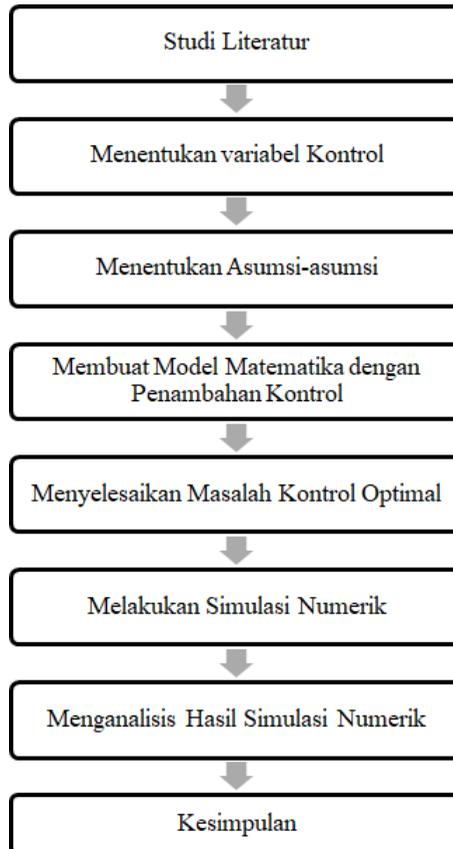
3.2 Alur Penelitian

Berikut alur dalam penelitian ini.

1. Melakukan kajian dari berbagai sumber referensi tentang penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya (studi literatur).
2. Menentukan variabel kontrol optimal yang sesuai dengan objek penelitian.
3. Menentukan asumsi-asumsi yang akan digunakan.
4. Membuat model matematika dengan penambahan variabel kontrol.
5. Menyelesaikan masalah kontrol optimal dengan Prinsip Maksimum Pontryagin.
6. Melakukan simulasi numerik dari model yang telah dibuat menggunakan *software* Matlab.
7. Menganalisis hasil dari simulasi numerik.

8. Membuat Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh.

Berikut diagram alur dari penelitian ini.



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

BAB 4

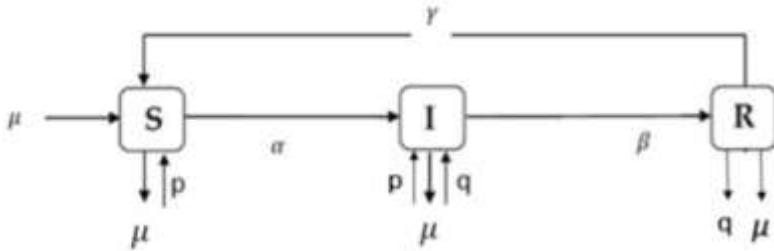
Hasil dan Pembahasan

4.1 Formulasi Model SIR Demam K-pop dengan Kontrol

Model matematika yang dibahas pada skripsi ini adalah modifikasi model epidemi SIR Demam K-pop yang telah diteliti oleh Karmila Palalu (2020) dengan memberikan tambahan kontrol. Kontrol yang akan diberikan berupa edukasi dampak negatif K-Pop pada subpopulasi rentan (p) dan manajemen waktu pada subpopulasi terinfeksi (q). Tujuan penambahan kontrol pada model ini adalah untuk meminimumkan subpopulasi terinfeksi dan meningkatkan subpopulasi sembuh. Diberikan asumsi yang digunakan dalam kontrol optimal pada model ini yaitu (Padilah, 2017),

1. Jumlah populasinya konstan,
2. Laju kelahiran sama dengan laju kematian,
3. Perubahan individu rentan dan terinfeksi proporsional terhadap jumlah populasi,
4. Seorang individu yang sembuh dapat kembali menjadi rentan,
5. Kontrol p merupakan edukasi dampak negatif demam K-Pop untuk mencegah individu terinfeksi demam K-Pop,
6. Kontrol q merupakan manajemen waktu untuk mengurangi individu yang terinfeksi demam K-Pop.

Berikut diagram kompartemen model SIR demam K-Pop dengan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu.



Gambar 4.1. Diagram kompartemen model SIR demam K-pop dengan kontrol p dan q

Berikut definisi variabel dan parameter pada model SIR demam K-Pop.

Tabel 4.1. Definisi Variabel Model

Variabel	Keterangan
S	Jumlah individu yang rentan
I	Jumlah individu yang terinfeksi
R	Jumlah individu yang sembuh
p	Kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop
q	Kontrol berupa manajemen waktu

Tabel 4.2. Definisi Parameter Model

Parameter	Keterangan
μ	Laju kelahiran dan kematian individu setiap satuan waktu
α	Laju perubahan individu rentan menjadi fans
β	Laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans
γ	Laju perubahan yang berhenti menjadi fans kembali rentan

Laju populasi rentan (S) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dS}{dt}$ diperoleh dari laju kelahiran setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi total (N) yaitu μN , adanya laju individu rentan menjadi fans (α) terhadap populasi rentan (S) melakukan kontak dengan populasi terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $-\alpha S \frac{I}{N}$, ditambahkan dengan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop (p) terhadap populasi rentan (S) yang melakukan kontak dengan populasi terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $+p S \frac{I}{N}$, adanya laju individu yang berhenti menjadi fans kembali rentan (γ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu $+\gamma R$, dan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi rentan (S) yaitu $-\mu S$. Sehingga diperoleh,

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - (\alpha - p) S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S.$$

Laju populasi terinfeksi (I) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dI}{dt}$ diperoleh dari laju individu rentan menjadi fans (α) terhadap populasi rentan (S) melakukan kontak dengan populasi terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $\alpha S \frac{I}{N}$, ditambahkan dengan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop (p) terhadap populasi rentan (S) yang melakukan kontak dengan populasi

terinfeksi (I) terhadap populasi total (N) yaitu $+pS\frac{I}{N}$, adanya laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans (β) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu $-\beta I$, ditambahkan dengan kontrol berupa manajemen waktu (q) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu $+qI$, dan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu $-\mu I$. Sehingga diperoleh,

$$\frac{dI}{dt} = (\alpha + p)S\frac{I}{N} - (\beta - q)I - \mu I.$$

Laju populasi sembuh (R) terhadap waktu (t) yaitu $\frac{dR}{dt}$ diperoleh dari Laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans (β) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu βI , adanya kontrol berupa manajemen waktu (q) terhadap populasi terinfeksi (I) yaitu $-qI$, adanya laju individu yang berhenti menjadi fans kembali rentan (γ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu $-\gamma R$, dan laju kematian setiap satuan waktu (μ) terhadap populasi sembuh (R) yaitu $-\mu R$. Sehingga diperoleh,

$$\frac{dR}{dt} = (\beta - q)I - \gamma R - \mu R.$$

Berdasarkan pemaparan dari diagram kompartemen diatas, maka diperoleh model dengan kontrol p dan q sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \mu N - (\alpha - p)S\frac{I}{N} + \gamma R - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= (\alpha + p)S\frac{I}{N} - (\beta - q)I - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= (\beta - q)I - \gamma R - \mu R \end{aligned} \quad (4.1)$$

4.2 Penyelesaian Masalah Kontrol Optimal

Penyelesaian masalah kontrol optimal yang dilakukan bertujuan untuk untuk meminimumkan jumlah subpopulasi

yang terinfeksi demam K-Pop (I) dengan meminimumkan fungsi tujuan. Berikut fungsi tujuan yang terbentuk,

$$J(p, q) = \int_0^T I + Ap^2 + Bq^2 dt \quad (4.2)$$

dengan I merupakan variabel dari subpopulasi yang diminimumkan jumlah pertambahannya. A adalah bobot yang berkaitan dengan biaya kontrol edukasi dampak negatif K-Pop dan B merupakan bobot yang berkaitan dengan biaya kontrol manajemen waktu. T adalah waktu akhir pemberian kontrol serta p dan q adalah kontrol yang akan diminimumkan dengan fungsi kendala sebagai berikut,

$$S' = \mu N - (\alpha - p)S - \gamma R - \mu S$$

$$I' = (\alpha + p)S - (\beta - q)I - \mu I$$

$$R' = (\beta - q)I - \gamma R - \mu R$$

$$S(0) = S_0 > 0, I(0) = I_0 > 0, R(0) = R_0 > 0$$

$$0 \leq p \leq 1$$

$$0 \leq q \leq 1$$

Masalah kontrol optimal dapat diselesaikan dengan Prinsip Maksimum Pontryagin. Berikut merupakan langkah-langkah penyelesaian masalah kontrol optimal menggunakan Prinsip Maksimum Pontryagin.

4.2.1. Fungsi Hamiltonian

Langkah pertama yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah kontrol optimal adalah membentuk fungsi Hamiltonian. Pembentukan fungsi Hamiltonian disesuaikan dengan sistem

persamaan (4.1), sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}
 H = & I + Ap^2 + Bq^2 \\
 & + \lambda_1 \mu N - (\alpha - p)S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S \\
 & + \lambda_2 (\alpha + p)S \frac{I}{N} - (\beta - q)I - \mu I \\
 & + \lambda_3 ((\beta - q)I - \gamma R - \mu R)
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

4.2.2. Kondisi Stasioner

Kondisi stasioner adalah suatu kondisi apabila kontrol optimal dapat meminimumkan fungsi Hamiltonian dalam setiap satuan waktu. Jika fungsi Hamiltonian dapat diturunkan terhadap variabel kontrol, maka harus memenuhi kondisi $\frac{\partial H}{\partial p} = 0$ dan $\frac{\partial H}{\partial q} = 0$. Kontrol optimal dimisalkan dengan p^* dan q^* sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial H}{\partial p} &= 0 \\
 \frac{\partial H}{\partial p} &= 2Ap + S \frac{I}{N} (\lambda_1 + \lambda_2) = 0 \\
 p &= \frac{S \frac{I}{N} (-\lambda_1 - \lambda_2)}{2A}
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial H}{\partial q} &= 0 \\
 \frac{\partial H}{\partial q} &= 2Bq + I(\lambda_2 - \lambda_3) = 0 \\
 q &= \frac{I(\lambda_3 - \lambda_2)}{2B}
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

Maka diperoleh nilai kontrol optimal p^* dan q^* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 p^* &= \min \left\{ 1, \max \left\{ 0, \frac{S'(-\lambda_1 - \lambda_2)}{2A} \right\} \right\} \\
 q^* &= \min \left\{ 1, \max \left\{ 0, \frac{I(\lambda_3 - \lambda_2)}{2B} \right\} \right\}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

4.2.3. Persamaan *State*

Persamaan *state* adalah persamaan yang menjadi kendala dalam penyelesaian kontrol optimal. Berdasarkan persamaan (4.1), maka diperoleh persamaan *state* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial \lambda_1} = \mu N - (\alpha - p)S \frac{I}{N} + \gamma R - \mu S \\
 \frac{dI}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial \lambda_2} = (\alpha + p)S \frac{I}{N} - (\beta - q)I - \mu I \\
 \frac{dR}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial \lambda_3} = (\beta - q)I - \gamma R - \mu R
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

dengan kondisi awal,

$$S(0) = S_0, I(0) = I_0, R(0) = R_0$$

4.2.4. Persamaan *Costate*

Persamaan *costate* merupakan nilai negatif dari fungsi Hamiltonian yang diturunkan terhadap variabel-variabel *state* yaitu,

$$\begin{aligned}
\frac{d\lambda_1}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial S} = \lambda_1 (\alpha - p) \frac{I}{N} + \mu - \lambda_2 (\alpha + p) \frac{I}{N} \\
\frac{d\lambda_2}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial I} = \lambda_1 (\alpha - p) \frac{S}{N} - \lambda_2 (\alpha + p) \frac{S}{N} - \beta + q - \mu \\
&\quad - \lambda_3(\beta - q) - 1 \\
\frac{d\lambda_3}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial R} = \lambda (-\gamma) - \lambda \left(\frac{-\gamma}{3} - \mu \right)
\end{aligned}
\tag{4.8}$$

dengan kondisi transversal,

$$\lambda_1(T) = \lambda_2(T) = \lambda_3(T) = 0$$

4.3 Simulasi Numerik

Hasil solusi numerik dari penyelesaian masalah kontrol optimal diperoleh dengan bantuan program MatlabR2013a menggunakan metode sweep maju-mundur. Variabel-variabel yang digunakan berupa S , I , R , p , q , λ_1 , λ_2 , λ_3 dan kemudian dinyatakan dalam bentuk titik sebagai berikut $S(t)$, $I(t)$, $R(t)$, $p(t)$, $q(t)$, $\lambda_1(T)$, $\lambda_2(T)$, $\lambda_3(T)$ dengan $t = 1, 2, \dots, T$. Nilai variabel-variabel state (S , I , R) didekati dengan langkah maju metode runge kutta orde 4 dengan kondisi awal $S(0) = S_0$, $I(0) = I_0$, $R(0) = R_0$, sedangkan variabel-variabel costate λ_1 , λ_2 , λ_3 didekati dengan langkah mundur metode runge kutta orde 4 dengan kondisi transversal $\lambda_1(T) = \lambda_2(T) = \lambda_3(T) = 0$. Berikut merupakan penjelasan dari langkah-langkah dan algoritma metode sweep maju mundur.

Langkah 1

Membuat dugaan awal nilai untuk $p^*(t)$, $q^*(t)$

Langkah 2

Menyelesaikan persamaan state S^* , I^* , R^* dengan mencari nilai dari $S(i + 1)$, $I(i + 1)$, $R(i + 1)$. Untuk $i = 0 : n - 1$ menggunakan kondisi awal $S(0) = S_0$, $I(0) = I_0$, $R(0) = R_0$, $p(t)$, $q(t)$ dengan langkah maju metode runge kutta orde 4.

Langkah 3

Menyelesaikan persamaan costate λ_1^* , λ_2^* , λ_3^* dengan mencari nilai dari $\lambda_1(k - 1)$, $\lambda_2(k - 1)$, $\lambda_3(k - 1)$. Untuk $k : n - 1$ menggunakan kondisi transversal $\lambda_1(T) = \lambda_2(T) = \lambda_3(T) = 0$ dan nilai dari S^* , I^* , R^* , $p^*(t)$, $q^*(t)$ dengan langkah mundur metode runge kutta orde 4.

Langkah 4

Mencari nilai p^* , q^* dengan memasukkan nilai S^* , I^* , R^* dan λ_1^* , λ_2^* , λ_3^* yang baru ke dalam karakteristik kontrol optimal.

Langkah 5

Menghitung nilai error dari variabel S^* , I^* , R^* , λ_1^* , λ_2^* , λ_3^* , p^* dan q^* . jika selisih nilai error antara variabel pada perhitungan ini dan sebelumnya lebih kecil maka nilai tersebut dapat dijadikan sebagai solusi, dan jika selisih nilainya tidak cukup kecil maka kembali ke langkah 2.

Simulasi numerik dilakukan dengan diberikan asumsi bobot berupa $A=10$ untuk (p) yaitu 10 kali pertemuan edukasi dampak negatif K-Pop dan $B=15$ untuk (q) yaitu mengevaluasi pengendalian manajemen waktu sebanyak 15 kali. Bobot yang digunakan merupakan hasil dari *trial and error* program agar kontrol dapat berfungsi. Pemberian kontrol dilakukan selama $t=15$ bulan dengan nilai awal populasi ditunjukkan pada tabel (4.3) dan nilai parameter ditunjukkan pada tabel (4.4) berikut.

Tabel 4.3. Nilai variabel yang digunakan dalam simulasi numerik

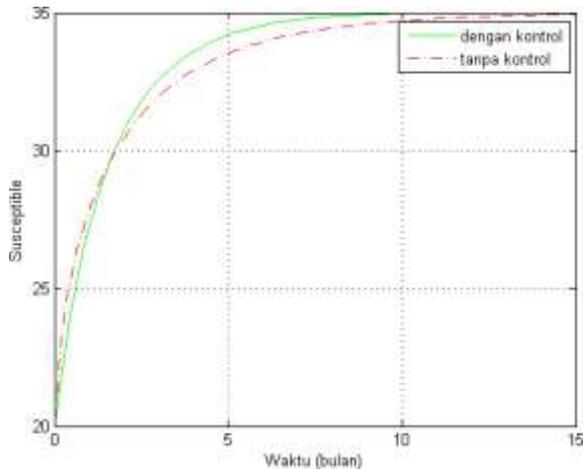
Variabel	Nilai	Sumber
S	20	Palalu(2020)
I	12	Palalu(2020)
R	3	Palalu(2020)

Tabel 4.4. Nilai parameter yang digunakan dalam simulasi numerik

Parameter	Nilai	Sumber
μ	1	Palalu (2020)
α	0.567	Maulana (2023)
β	0.2307	Palalu (2020)
γ	4.67	Palalu (2020)

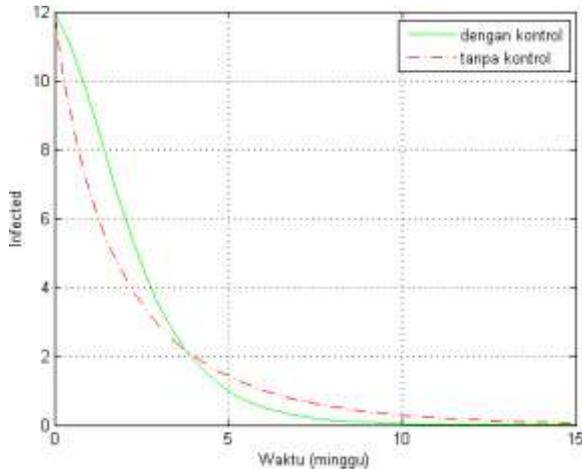
4.3.1. Simulasi I

Pada simulasi pertama ini akan diterapkan parameter yang sama dengan tabel (4.4) yaitu $\mu = 1$, $\alpha = 0,567$, $\beta = 0,2307$ dan $\gamma = 4,67$ dengan bobot $p = 10$ dan $q = 15$ pada subpopulasi S, I dan R. Simulasi ini juga menggunakan nilai awal variabel yang terdapat pada tabel (4.3) yaitu $S = 20$, $I = 12$ dan $R = 3$ dengan waktu 15 bulan. Hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang rentan terhadap demam K-Pop (S) dengan dan tanpa penambahan kontrol edukasi dampak negatif K-Pop (p) dan kontrol manajemen waktu (q) dapat dilihat pada gambar berikut.



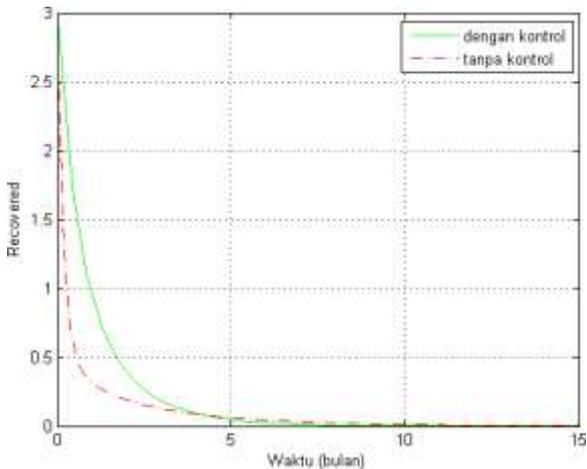
Gambar 4.2. Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q

Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.2) menunjukkan bahwa jumlah subpopulasi S setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan lebih rendah dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 1,6$. Kemudian mengalami peningkatan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dari $t = 1,6$ sampai dengan $t = 10,5$. Selanjutnya pada $t = 10,5$ sampai $t = 15$ mengalami peningkatan hingga nilai subpopulasi sebesar 35. Dengan adanya penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini mampu meningkatkan jumlah subpopulasi rentan dan mengantisipasi terkena demam K-Pop.



Gambar 4.3. Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q

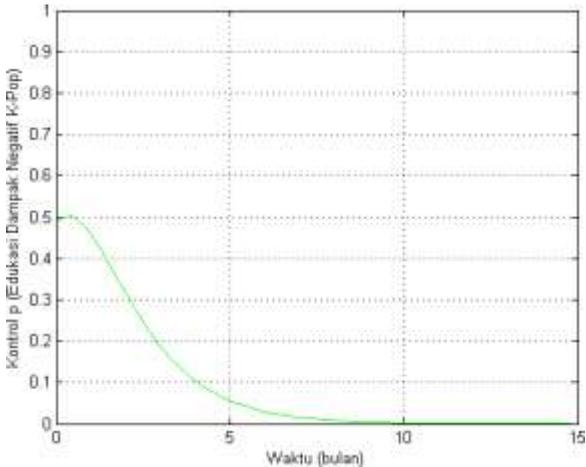
Gambar (4.3) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang terkena demam K-Pop (I). Simulasi numerik yang ditunjukkan pada gambar (4.3) menunjukkan bahwa subpopulasi I setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami penurunan lebih sedikit dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 3,8$. Kemudian pada $t = 3,8$ sampai $t = 11$ mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol. Selanjutnya pada $t = 11$ mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini dapat menurunkan jumlah subpopulasi terinfeksi demam K-Pop.



Gambar 4.4. Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q

Gambar (4.4) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang sembuh dari demam K-Pop (R). Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.4) menunjukkan bahwa subpopulasi R setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 4, 2$. Kemudian pada $t = 4, 2$ sampai $t = 15$ mengalami penurunan dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol hingga mendekati 0. Penurunan yang terjadi disebabkan oleh jumlah subpopulasi terinfeksi yang mengalami penurunan. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini dapat meningkatkan jumlah subpopulasi sembuh dari demam K-Pop.

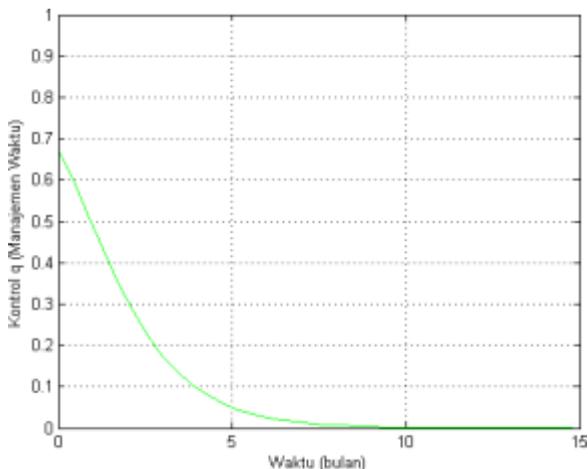
Berikut merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal p pada model SIR demam K-Pop dengan kontrol edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu.



Gambar 4.5. Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

Gambar (4.5) menunjukkan simulasi numerik dari nilai efektivitas adanya kontrol p berupa edukasi dampak negatif K-Pop. Pada awal periode kontrol p nilai efektivitasnya di titik 0, 49 kemudian naik menuju titik 0, 504 pada $t = 0, 43$. Namun, setelah itu nilai efektivitasnya menurun secara berkala hingga $t = 10$. Selanjutnya pada $t = 10$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu pemberian kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop (p) dihentikan.

Simulasi selanjutnya merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal q pada model SIR demam K-Pop dengan edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu.



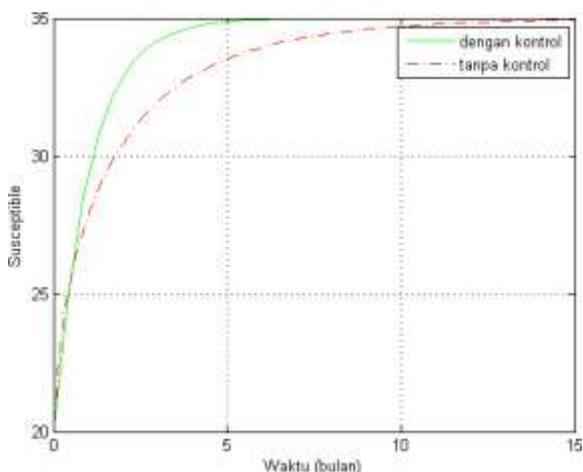
Gambar 4.6. Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

Gambar (4.6) menunjukkan simulasi numerik dari efektivitas adanya kontrol q berupa manajemen waktu. Pada awal periode kontrol q nilai efektivitasnya di titik 0, 67 kemudian turun secara berkala hingga $t = 10, 5$. Selanjutnya pada $t = 10, 5$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu pemberian kontrol manajemen waktu (q) dihentikan.

Berdasarkan simulasi I diperoleh hasil bahwa dengan adanya kontrol p dan q subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop telah mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan tanpa adanya kontrol. Oleh karena itu, subpopulasi yang rentan dan sembuh dari demam K-Pop mengalami peningkatan. Hal ini sesuai dengan fungsi tujuan yang diharapkan.

4.3.2. Simulasi II

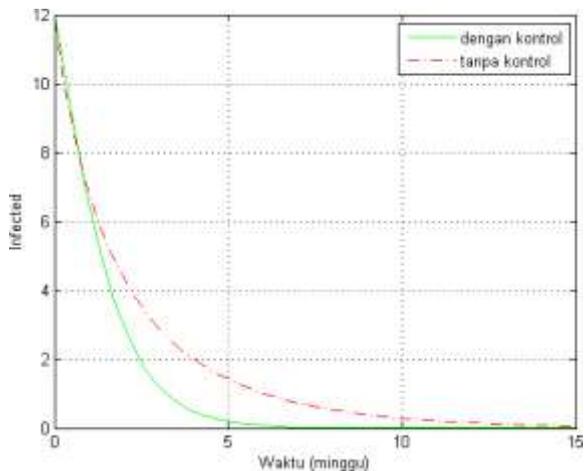
Pada simulasi II akan ditunjukkan adanya perubahan pada nilai parameter β yang digunakan. Pada simulasi ini menggunakan parameter $\mu = 1$, $\alpha = 0,567$, $\beta = 0,5$ dan $\gamma = 4,67$ dengan bobot $p = 10$ dan $q = 15$ pada subpopulasi S, I dan R. Hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang rentan terhadap demam K-Pop (S) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.7. Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q

Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.7) menunjukkan bahwa jumlah subpopulasi S setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan lebih rendah dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 0,5$. Kemudian mengalami peningkatan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dari $t = 0,5$ sampai dengan

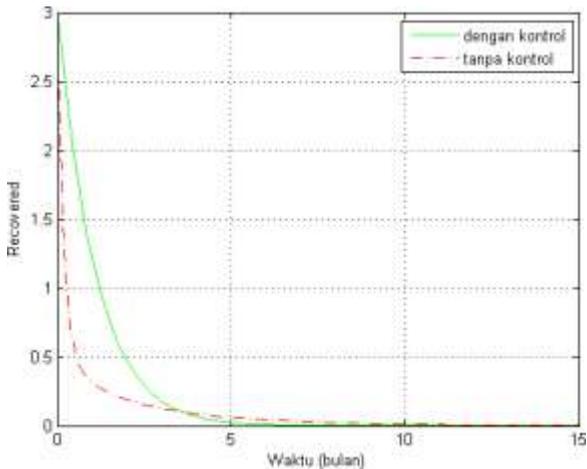
$t = 6, 5$. Selanjutnya pada $t = 6, 5$ sampai $t = 15$ mengalami peningkatan hingga nilai subpopulasi sebesar 35. Dengan adanya penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini mampu meningkatkan jumlah subpopulasi rentan dan mengantisipasi terkena demam K-Pop.



Gambar 4.8. Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q

Gambar (4.8) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang terkena demam K-Pop (I). Simulasi numerik yang ditunjukkan pada gambar (4.8) menunjukkan bahwa subpopulasi I setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami penurunan lebih sedikit dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 0,7$. Kemudian pada $t = 0,7$ sampai $t = 7$ mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol. Selanjutnya pada $t = 7$ mengalami

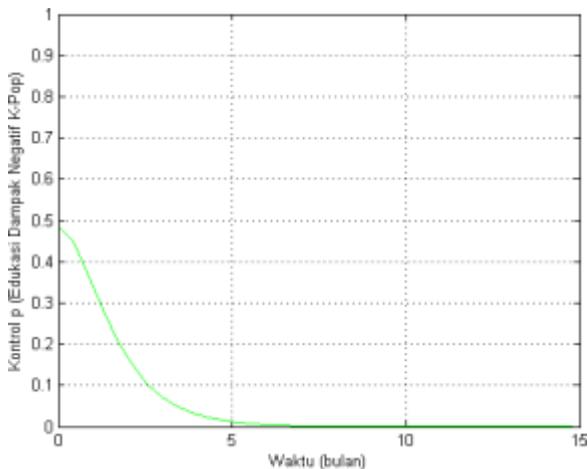
penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini dapat menurunkan jumlah subpopulasi terinfeksi demam K-Pop.



Gambar 4.9. Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q

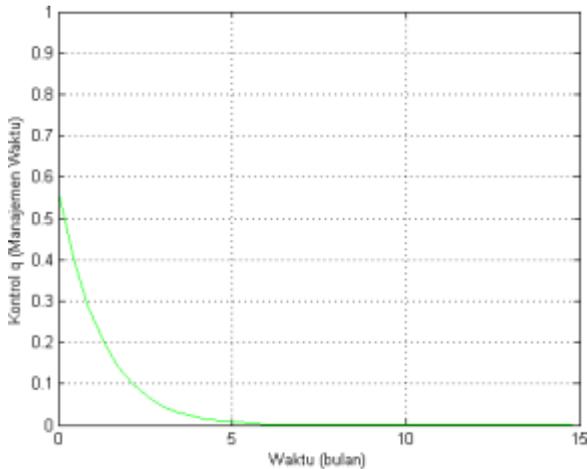
Gambar (4.9) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang sembuh dari demam K-Pop (R). Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.9) menunjukkan bahwa subpopulasi R setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 3, 5$. Kemudian pada $t = 3, 5$ sampai $t = 15$ mengalami penurunan dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol hingga mendekati 0. Penurunan yang terjadi disebabkan oleh jumlah subpopulasi terinfeksi yang mengalami penurunan. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan

manajemen waktu ini dapat meningkatkan jumlah subpopulasi sembuh dari demam K-Pop.



Gambar 4.10. Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

Gambar (4.10) merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal p pada model SIR demam K-Pop dengan kontrol edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu. Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.10) menunjukkan simulasi numerik dari nilai efektivitas adanya kontrol p yang berupa edukasi dampak negatif K-Pop. Pada awal periode kontrol p nilai efektivitasnya di titik 0.485 kemudian turun hingga $t = 6,5$. Selanjutnya pada $t = 6,5$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu, pemberian kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop (p) dihentikan.



Gambar 4.11. Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

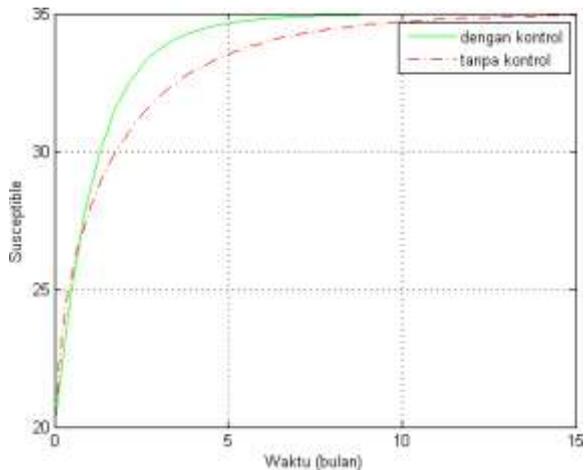
Simulasi selanjutnya merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal q pada model SIR demam K-Pop dengan edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu. Gambar (4.11) menunjukkan simulasi numerik dari efektivitas adanya kontrol q berupa manajemen waktu. Pada awal periode kontrol q nilai efektivitasnya di titik 0, 57 kemudian turun secara berkala hingga $t = 6$. Selanjutnya pada $t = 6$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu pemberian kontrol manajemen waktu (q) dihentikan.

Berdasarkan simulasi II diperoleh hasil bahwa dengan adanya kontrol p dan q subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop telah mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan tanpa adanya kontrol. Oleh karena itu, subpopulasi yang rentan dan sembuh dari demam K-Pop mengalami peningkatan. Hal ini sesuai

dengan fungsi tujuan yang diharapkan. Selain itu, terlihat adanya perbedaan nilai efektivitas kontrol periode awal. Pada simulasi I dan II menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai efektivitas kontrol saat nilai parameternya berubah. Hal tersebut menunjukkan bahwa jika nilai parameter β meningkat maka tingkat efektivitas dari kontrol p dan q mengalami penurunan.

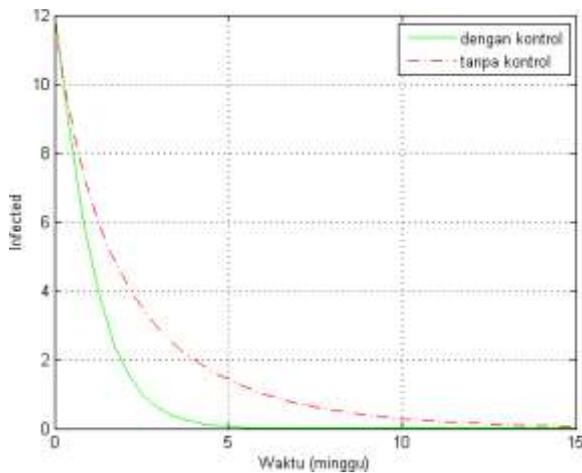
4.3.3. Simulasi III

Pada simulasi II akan ditunjukkan adanya perubahan pada nilai parameter μ yang digunakan. Pada simulasi ini menggunakan parameter $\mu = 1.5$, $\alpha = 0,567$, $\beta = 0,2307$ dan $\gamma = 4,67$ dengan bobot $p = 10$ dan $q = 15$ pada subpopulasi S , I dan R . Hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang rentan terhadap demam K-Pop (S) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.12. Simulasi subpopulasi S tanpa dan dengan kontrol p dan q

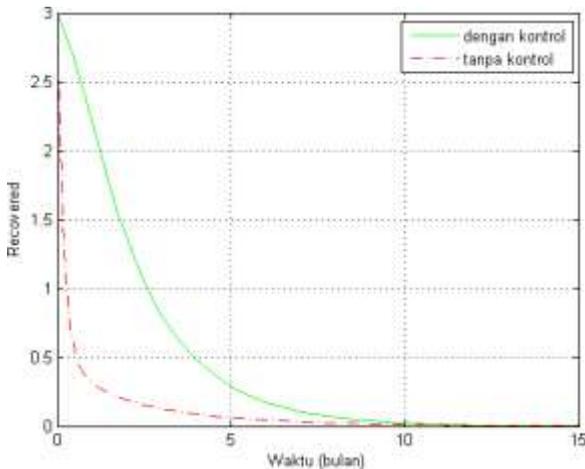
Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.12) menunjukkan bahwa jumlah subpopulasi S setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan lebih rendah dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 0,75$. Kemudian mengalami peningkatan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dari $t = 0,75$ sampai dengan $t = 8,5$. Selanjutnya pada $t = 8,5$ sampai $t = 15$ mengalami peningkatan hingga nilai subpopulasi sebesar 35. Dengan adanya penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini mampu meningkatkan jumlah subpopulasi rentan dan mengantisipasi terkena demam K-Pop.



Gambar 4.13. Simulasi subpopulasi I tanpa dan dengan kontrol p dan q

Gambar (4.13) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang terkena demam K-Pop (I). Simulasi numerik

yang ditunjukkan pada gambar (4.13) menunjukkan bahwa subpopulasi I setelah diberikan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami penurunan yang sama dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 0, 103$. Kemudian pada $t = 0, 103$ sampai $t = 6$ mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol. Selanjutnya pada $t = 6$ mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini dapat menurunkan jumlah subpopulasi terinfeksi demam K-Pop.

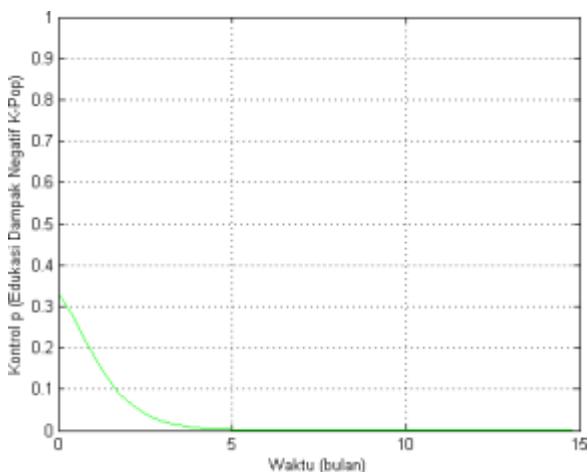


Gambar 4.14. Simulasi subpopulasi R tanpa dan dengan kontrol p dan q

Gambar (4.14) merupakan hasil dari simulasi numerik pada subpopulasi yang sembuh dari demam K-Pop (R). Simulasi numerik yang ditampilkan pada gambar (4.14) menunjukkan bahwa subpopulasi R setelah diberikan kontrol edukasi dampak

negatif demam K-Pop dan manajemen waktu mengalami peningkatan dibandingkan dengan sebelum diberikan kontrol dimana dari $t = 0$ sampai $t = 11,5$. Kemudian pada $t = 11,5$ sampai $t = 15$ mengalami penurunan yang sama dengan sebelum diberikan kontrol hingga mendekati 0. Penurunan yang terjadi disebabkan oleh jumlah subpopulasi terinfeksi yang mengalami penurunan. Penambahan kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu ini dapat meningkatkan jumlah subpopulasi sembuh dari demam K-Pop.

Berikut merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal p pada model SIR demam K-Pop dengan kontrol edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu.

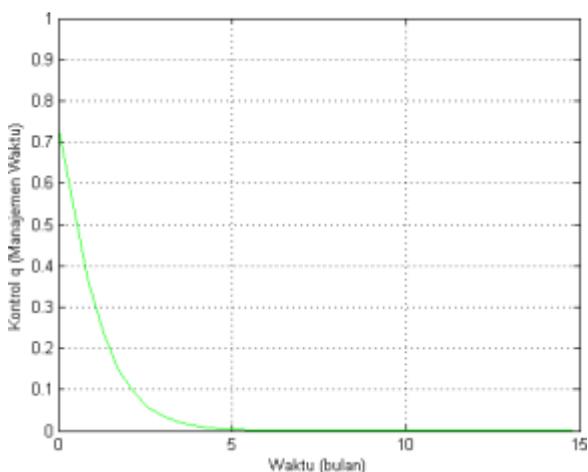


Gambar 4.15. Kontrol p (edukasi dampak negatif K-Pop) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

Gambar (4.15) menunjukkan simulasi numerik dari nilai efektivitas adanya kontrol p yang berupa edukasi dampak negatif

K-Pop. Pada awal periode kontrol p nilai efektivitasnya di titik 0,33 kemudian menurun secara berkala hingga $t = 5$. Selanjutnya pada $t = 5$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu, pemberian kontrol edukasi dampak negatif demam K-Pop (p) dihentikan.

Simulasi selanjutnya merupakan gambar grafik hasil simulasi numerik kontrol optimal q pada model SIR demam K-Pop dengan edukasi dampak negatif demam K-Pop dan manajemen waktu.



Gambar 4.16. Kontrol q (manajemen waktu) pada simulasi numerik model SIR demam K-Pop

Gambar (4.16) menunjukkan simulasi numerik dari efektivitas kontrol q berupa manajemen waktu. Pada awal periode, nilai efektivitasnya di titik 0,74 kemudian turun secara berkala hingga $t = 5,5$. Selanjutnya pada $t = 5,5$ nilai efektivitasnya mengalami penurunan mendekati 0 sampai $t = 15$. Oleh karena itu, pemberian kontrol manajemen waktu (q) dihentikan.

Berdasarkan simulasi III diperoleh hasil bahwa dengan adanya kontrol p dan q subpopulasi yang terinfeksi demam K-Pop telah mengalami penurunan lebih banyak dibandingkan tanpa adanya kontrol. Dengan kata lain, subpopulasi yang rentan dan sembuh dari demam K-Pop mengalami peningkatan. Hal ini sesuai dengan fungsi tujuan yang diharapkan. Selain itu, terlihat adanya perbedaan nilai efektivitas kontrol periode awal. Pada simulasi I dan III menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai efektivitas kontrol saat nilai parameternya berubah. Hal tersebut menunjukkan bahwa jika nilai parameter μ meningkat maka tingkat efektivitas dari kontrol p mengalami penurunan dan kontrol q mengalami peningkatan.

Dari ketiga simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemberian kontrol p dan q dapat meminimumkan jumlah subpopulasi yang terinfeksi. Selain itu, pemberian kontrol p dan q juga dapat meningkatkan jumlah subpopulasi rentan dan sembuh. Perubahan nilai parameter pada ketiga simulasi dapat menyebabkan perubahan besarnya nilai efektivitas kontrol.

BAB 5

Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada skripsi ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Modifikasi model SIR demam K-Pop dengan penambahan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu adalah sebagai berikut.

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

2. Penyelesaian masalah kontrol optimal pada model SIR demam K-Pop dengan penambahan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop (p) dan manajemen waktu (q) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}p^* &= \min \{1, \max \{0, \frac{S^I(-\lambda_1 - \lambda_2)}{2A}\}\} \\ q^* &= \min \{1, \max \{0, \frac{I(\lambda_3 - \lambda_2)}{2B}\}\}\end{aligned}$$

Diperoleh kontrol yang optimal yaitu p^* dan q^* pada model SIR demam K-Pop dengan tujuan untuk meminimumkan jumlah subpopulasi yang terinfeksi serta memaksimumkan jumlah subpopulasi sembuh.

3. Hasil simulasi numerik dengan penambahan kontrol berupa edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu pada model SIR demam K-Pop menunjukkan bahwa pemberian kontrol dapat membantu mengurangi jumlah populasi yang terkena demam K-Pop dengan biaya minimum yang disesuaikan dengan fungsi tujuan. Selain itu, dari hasil simulasi numerik yang telah dilakukan menunjukkan bahwa besarnya nilai efektivitas kontrol dapat berubah seiring dengan perubahan nilai parameter yang digunakan.

5.2 Saran

Skripsi ini hanya membahas fenomena sosial berupa demam K-Pop serta penambahan kontrol optimal berupa edukasi dampak negatif K-Pop dan manajemen waktu. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk meneliti fenomena sosial lainnya dan menambahkan variabel kontrol lain yang diharapkan dapat memberikan hasil yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, G. K. N. 2019. *Korean Wave (Studi Tentang Budaya Korea pada Penggemar K-Pop di Semarang)*. Skripsi. Semarang: Fakultas Ilmu Budaya Universitas Diponegoro.
- Alemneh, H.T. & Negesse, Y. A. 2021. Mathematical Modeling With Optimal Control Analysis of Social Media Addiction. *Infectious Disease Modelling*. 6(2021):405-419.
- Alhamid, H. A. 2023. Dampak K-Pop Terhadap Perilaku Remaja. *Nusantara: Jurnal Pendidikan, Seni, Sains dan Sosial Humanioral*. 1(2): 1-25.
- Andina, A. 2013. *Minat Terhadap Musik Korea di Kalangan Remaja di Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta.
- Darniati. 2021. *Pengaruh Penerapan Manajemen Waktu terhadap Kinerja Pegawai pada Kantor Bupati Gowa*. Skripsi. Makassar: Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Fadhila, N., Hikmah & Fardinah. 2022. Model Epidem SEIEDR Perilaku kecanduan Drama Korea. *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*. 10(2):85-94.
- Finthariasari, M. 2020. Pemberdayaan Masyarakat Desa Pelangian Melalui Edukasi dan Literasi Keuangan Pasar Modal Menuju Masyarakat Cerdas Berinvestasi. *Pengabdian Masyarakat Bumi Raflesia*. 2.

- Forsyth, P. 2009. *Jangan Sia-Siakan Waktumu*. Yogyakarta: PT Garailmu
- Hapsari, K. N. E. 2018. *Fenomena Budaya K-Pop pada Mahasiswa*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Satya Negara Indonesia.
- Jannah, A. 2021. *Hubungan Manajemen Waktu dengan Komitmen Organisasi pada Anggota Racana Pandega Pramuka di Banda Aceh*. Skripsi. Banda Aceh: Fakultas Psikologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Jumiati, E. & Ismail, H. 2018. Model of Spread Content Disease for Association of Vaccine. *Zero-Jurnal Matematika dan Terapan*. 4(2):23-33.
- Karinina, O. 2021. *Analisis Perilaku Model Penyebaran Campak SIR dengan struktur Umur*. Skripsi. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Kartono. 2012. *Persamaan Diferensial Biasa Model Matematika Fenomena Perubahan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- KBS World Indonesia. 2023. 8 Dari 10 Album Terlaris di Dunia Adalah Album K-Pop. Diakses di <http://world.kbs.co.kr/service/newsview.htm?lang=i&SeqCode=70228> tanggal 5 Juni 2023.
- khairil, M., dkk. 2019. Efek Ketergantungan Remaja K-Popers terhadap Media Sosial di Kota Palu. *Jurnal ASPIKOM*. 4(1): 14-25.
- Lenhart, S. dan J.T. Workman. 2007. *Optimal Control Applied to Biological Models*. London: CRC Press.

- Lewis, F. L. 1995. *Optimal Control*. Canada: Willy Interscience.
- Maulana, D. A. 2023. Sensitivity Analysis of Online Game Addiction Model. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*. 20(2): 908-913.
- Munir, R. 2010. *Metode Numerik (Revisi Ketiga)*. Bandung: INFORMATIKA.
- Murtafiah, dkk. 2018. *Persamaan Diferensial Biasa dan Aplikasinya*. Madiun: UNIPMA Press.
- Naidu, D. S. 2003. *Optimal Control Systems*. USA: CRC Press.
- Ndii, M. Z. 2018. *Pemodelan Matematika Dinamika Populasi dan Penyebaran Penyakit Teori, Aplikasi, dan Numerik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Ndii, M. Z. 2022. *Pemodelan Matematika*. Pekalongan: NEM.
- Norasia, Y., dkk. 2022. Optimal Control of HIV-1 Spread in Combination with Nutritional Status and ARV-Treatment. *International Journal of Computing Science and Applied Mathematics*. 8(2): 66-70.
- Oh, I. 2013. The Globalization of K-Pop: Korea's Place in the Global Music Industry. *Korea Observer*. 44(3):389-409.
- Padilah, T. N. 2017. Model Epidemii SIRS dengan Pertumbuhan Logistik. *JURNAL SILOGISME: Kajian Ilmu Matematika dan Pembelajarannya*. 2(1):22-31.
- Pagalay, U. 2009. *Mathematical Modelling*. Malang: UIN-Malang Press.

- Palalu, K. 2020. *Model Matematika pada Perilaku Fanatisme Fans Korean Pop.* Diunduh di <http://dx.doi.org/10.31219/osf.io/gpsre> tanggal 25 Mei 2023.
- Pareallo, K. dkk. 2018. Kontrol Optimal pada Model Epidemik SIR Penyakit Demam Berdarah. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*. 4(2): 110-119.
- Rahmadi. 2011. *Pengantar Metodologi Penelitian*. Banjarmasin: Antasari Press.
- Resmawan, dkk. 2020. Analisis Kontrol Optimal pada Model Matematika Penyebaran Pengguna Narkoba dengan Faktor Edukasi. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*. 17(2):238-248.
- Respatiwan, dkk. 2022. *Pengenalan Beberapa Penerapan Model Stokastik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Saman, A., dkk. 2022. Optimal Control of the SEIR Model of Online Game Addiction Using Guidance and Counseling. *Engineering Letters*. 30(3).
- Sani, A. 2022. *Pengantar Pemodelan Matematika dalam Bidang Biologi*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Sasongko, S. B. 2010. *Metode Numerik dengan Scilab*. Yogyakarta: ANDI.
- Savitri, F. R. 2021. *Kontrol Optimal Model Matematika Dinamika Peminum Alkohol*. Skripsi. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- Susanti, S. 2019. Analisis Gaya Bahasa pada Cerpen Karya Siswa SMP Negeri 4 Depok, Yogyakarta. *Pend. Bahasa dan Sastra Indonesia-S1*. 8(2):186-200.
- Triwahyuni, Y. 2020. *Konsep Diri Penggemar K-Pop (Studi Mahasiswi Penggemar K-Pop Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau*. Skripsi. Pekanbaru: Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau.
- Tweedle, V. & Robert, J. S. 2012. A Mathematical Model of Bieber Fever: The Most Infectious Disease of Our Time?. *Transworld Research Network*. 37(2):157-177.
- Utami, Y.M. 2021. *Pengaruh Korean Pop (K-Pop) terhadap Perilaku Remaja di Desa Gumelar Kecamatan Balung Kabupaten Jember*. Skripsi. Jember: Fakultas Dakwah Institut Agama Islam Negeri Jember.
- Waluya, S. B. 2006. *Persamaan Diferensial*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wazib, A. 2020. *Globalisasi Budaya Media dan Identitas: Muslimah K-Pop, Kesalehan Beragama dan Praktik Budaya Populer*. Tesis. Yogyakarta: Fakultas Dakwah dan Komunikasi UIN Sunan Kalijaga.
- Wiratama, C. 2022. *Pengaruh Sosialisasi dan Edukasi terhadap Minat Mahasiswa Melakukan Investasi di Pasar Modal Syariah (Studi Kasus Galery Investasi Syariah UMSU)*. Skripsi. Medan: Fakultas Agama Islam Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Wiyatmi. 2008. *Pengantar Kajian Sastra*. Yogyakarta: Pustaka.

- Wulandari, Y. dkk. 2022. Kontrol Optimal Model Mangsa Pemangsa dengan Pertahanan pada Mangsa. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. 11(3):551-560.
- Yenti, N.S., dkk. 2022. Dampak Budaya Korea Pop (K-Pop) Terhadap Tingkat Motivasi Belajar Mahasiswa Universitas Negeri Padang. *Enggang: Jurnal Pendidikan, Bahasa, Sastra, Seni, dan Budaya*. 3(1):176-191.

Lampiran 1. Program Matlab2013a model SIR demam K-Pop tanpa dan dengan kontrol

```
clc;
clear all;
close all;
test = -1;

N = 35;
tf = 15;
t0 = 0;
h = (tf-t0)/N;
%tf = 0:h:15;
h2 = h/2;
ite = 1;

% parameter value
%D1 = 0.01;
D1 = 0.01;
%D2 = 0.1;
D2 = 0.1;

%miu = 1; %laju kelahiran dan kematian setiap satuan waktu
miu = 1; %asumsi [Model Matematika pada Perilaku Fanatisme
Fans Korean Pop]
%alfa = 0.567; %laju perubahan individu rentan menjadi fans
alfa = 0.567; %asumsi [Sensitivity Analysis of Online Game
Addiction Model]
```

```
%beta=0.2307; %laju perubahan fans yang berhenti menjadi fans
beta=0.2307; %asumsi [Model Matematika pada Perilaku
Fanatisme Fans Korean Pop]
```

```
%gamma=4.67; %laju perubahan yang berhenti menjadi fans
kembali rentan
```

```
gamma=4.67; %asumsi [Model Matematika pada Perilaku
Fanatisme Fans Korean Pop]
```

```
A=10; %bobot p %diubah2
```

```
B=15; %bobot q %diubah2
```

```
%=====KONTROL OPTIMAL PADA MODEL SIR DEMAM
```

```
K-POP=====%
```

```
p = zeros(1,N+1); %edukasi p
```

```
q = zeros(1,N+1); %manajemen waktu q
```

```
S = zeros(1,N+1);
```

```
I = zeros(1,N+1);
```

```
R = zeros(1,N+1);
```

```
% initial conditions
```

```
S(1) = 20;
```

```
I(1) = 12;
```

```
R(1) = 3;
```

```
N0 = 1;
```

```
%costate
```

```
Si1 = zeros(1,N+1);
```

```
Si2 = zeros(1,N+1);
```

```
Si3 = zeros(1,N+1);
```

```
for i = 0:N
```

```
    tt(i+1) = t0 + i*h;
```

```
end
```

```
%MODEL PENYEBARAN DEMAM K-POP S=X(1) I=X(2) R=X(3)
SETELAH KONTROL
```

```
% s1=miu*N-(alfa-p(i))*S(i)*I(i)/N+gamma*R(i)-miu*S(i);
```

```
% i1=(alfa+p(i))*S(i)*I(i)/N-(beta-q(i))*I(i)-miu*I(i);
```

```
% r1=(beta-q(i))*I(i)-gamma*R(i)-miu*R(i);
```

```
f=inline(' [1*35-(0.9286)*x(1)*x(2)/35+(4.67)*x(3)-1*x(1);
(0.9286)*x(1)*x(2)/35-(0.2307)*x(2)-1*x(2);(0.2307)*x(2)-(4.67)*
x(3)-1*x(3)]','t','x');
```

```
[t x]=ode45(f,[0 tf],[20 12 3]);
```

```
figure(1)
```

```
plot(t,x(:,1),t,x(:,2),t,x(:,3))
```

```
legend('Susceptible','Infected','Recovered')
```

```
xlabel('Waktu (bulan)'); ylabel('Jumlah Populasi')
```

```
title('Simulasi tanpa Kontrol')
```

```
grid on
```

```
while(test < 0)
```

```
    oldp= p; %edukasi
```

```
    oldq = q; %manajemen waktu
```

```
    oldS = S;
```

```
    oldI = I;
```

oldR = R;

oldSi1 = Si1;

oldSi2 = Si2;

oldSi3 = Si3;

Ne=1;

%forward rk4

%MODEL DENGAN KONTROL OPTIMAL p dan q

for i=1:N

%1

s1=miu*N-(alfa-p(i))*S(i)*I(i)/N+gamma*R(i)-miu*S(i);

i1=(alfa+p(i))*S(i)*I(i)/N-(beta-q(i))*I(i)-miu*I(i);

r1=(beta-q(i))*I(i)-gamma*R(i)-miu*R(i);

%2

s2=miu*N-(alfa-(0.5*(p(i)+p(i+1))))*(S(i)+h2*s1)*(I(i)+h2*i1)/N
+gamma*(R(i)+h2*r1)-miu*(S(i)+h2*s1);

i2=(alfa+(0.5*(p(i)+p(i+1))))*(S(i)+h2*s1)*(I(i)+h2*i1)/N-(beta
-(0.5*(q(i)+q(i+1))))*(I(i)+h2*i1)-miu*(I(i)+h2*i1);

r2=(beta-(0.5*(q(i)+q(i+1))))*(I(i)+h2*i1)-gamma*(R(i)+h2*r1)
-miu*(R(i)+h2*r1);

%3

s3=miu*N-(alfa-(0.5*(p(i)+p(i+1))))*(S(i)+h2*s2)*(I(i)+h2*i2)/N
+gamma*(R(i)+h2*r2)-miu*(S(i)+h2*s2);

i3=(alfa+(0.5*(p(i)+p(i+1))))*(S(i)+h2*s2)*(I(i)+h2*i2)/N-(beta
-(0.5*(q(i)+q(i+1))))*(I(i)+h2*i2)-miu*(I(i)+h2*i2);

r3=(beta-(0.5*(q(i)+q(i+1))))*(I(i)+h2*i2)-gamma*(R(i)+h2*r2)
-miu*(R(i)+h2*r2);

```
%4
```

```
s4=miu*N-(alfa-p(i+1))*(S(i)+h*s3)*(I(i)+h*i3)/N+gamma*(R(i)+h*r3)
-miu*(S(i)+h*s3);
```

```
i4=(alfa+p(i+1))*(S(i)+h*s3)*(I(i)+h*i3)/N-(beta-q(i+1))*(I(i)+h*i3)
-miu*(I(i)+h*i3);
```

```
r4=(beta-q(i+1))*(I(i)+h*i3)-gamma*(R(i)+h*r3)-miu*(R(i)+h*r3);
```

```
S(i+1) = S(i) + (h/6)*(s1 + 2*s2 + 2*s3 + s4);
```

```
I(i+1) = I(i) + (h/6)*(i1 + 2*i2 + 2*i3 + i4);
```

```
R(i+1) = R(i) + (h/6)*(r1 + 2*r2 + 2*r3 + r4);
```

```
end
```

```
%backward rk4 For lambda
```

```
%turunan Hamiltonian
```

```
for i=1:N
```

```
    j = N + 2 - i;
```

```
%1
```

```
si11=Si1(j)*((alfa-p(j))*I(j)/N+miu)-Si2(j)*((alfa+p(j))*I(j)/N);
```

```
si21=Si1(j)*((alfa-p(j))*S(j)/N)-Si2(j)*((alfa+p(j))*S(j)/N-(beta-q(j))
-miu)-Si3(j)*(beta-q(j))-1;
```

```
si31=Si1(j)*(-gamma)-Si3(j)*(-gamma-miu);
```

```
%2
```

```
si12=(Si1(j)-h2*si11)*((alfa-(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(I(j)+I(j-1))))/N
+miu)-(Si2(j)-h2*si21)*((alfa+(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(I(j)+I(j-1))))/N);
```

```
si22=(Si1(j)-h2*si11)*((alfa-(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(S(j)+S(j-1))))/N
-(Si2(j)-h2*si21)*((alfa+(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(S(j)+S(j-1))))/N-(beta
-(0.5*(q(j)+q(j-1))))-miu)-(Si3(j)-h2*si31)*(beta-(0.5*(q(j)+q(j-1))))-1;
```

```
si32=(Si1(j)-h2*si11)*(-gamma)-(Si3(j)-h2*si31)*(-gamma-miu);
```

%3

```

si13=(Si1(j)-h2*si12)*((alfa-(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(I(j)+I(j-1)))/N
+miu)-(Si2(j)-h2*si22)*((alfa+(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(I(j)+I(j-1)))/N);
si23=(Si1(j)-h2*si12)*((alfa-(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(S(j)+S(j-1)))/N)
-(Si2(j)-h2*si22)*((alfa+(0.5*(p(j)+p(j-1))))*(0.5*(S(j)+S(j-1)))/N)-(beta
-(0.5*(q(j)+q(j-1))))-miu)-(Si3(j)-h2*si32)*(beta-(0.5*(q(j)+q(j-1))))-1;
si33=(Si1(j)-h2*si12)*(-gamma)-(Si3(j)-h2*si32)*(-gamma-miu);

```

%4

```

si14=(Si1(j)-h2*si13)*((alfa-p(j-1))*I(j-1))/N+miu)-(Si2(j)-h2*si23)*
((alfa+p(j-1))*I(j-1))/N);
si24=(Si1(j)-h2*si13)*((alfa-p(j-1))*S(j-1))/N-(Si2(j)-h2*si23)*
((alfa+p(j-1))*S(j-1))/N-(beta-q(j-1))-miu)-(Si3(j)-h2*si33)*
(beta-q(j-1))-1;
si34=(Si1(j)-h2*si13)*(-gamma)-(Si3(j)-h2*si33)*(-gamma-miu);

```

$$Si1(j-1) = Si1(j) - (h/6)*(si11 + 2*si12 + 2*si13 + si14);$$

$$Si2(j-1) = Si2(j) - (h/6)*(si21 + 2*si22 + 2*si23 + si24);$$

$$Si3(j-1) = Si3(j) - (h/6)*(si31 + 2*si32 + 2*si33 + si34);$$

end

%Update pq

$$p1 = S.*I/N.*(-Si1-Si2)/2*A*D1;$$

$$p11 = \min(1, \max(0, p1));$$

$$p = 0.5*(p11 + oldp);$$

$$q1 = I.*(Si3-Si2)/2*B*D2;$$

$$q11 = \min(1, \max(0, q1));$$

$$q = 0.5*(q11 + oldq);$$

```
%Convergence Test
```

```
temp1 = alfa*sum(abs(p)) - sum(abs(oldp - p));
```

```
temp2 = alfa*sum(abs(q)) - sum(abs(oldq - q));
```

```
temp3 = alfa*sum(abs(S)) - sum(abs(oldS - S));
```

```
temp4 = alfa*sum(abs(I)) - sum(abs(oldI - I));
```

```
temp5 = alfa*sum(abs(R)) - sum(abs(oldR - R));
```

```
temp6 = alfa*sum(abs(Si1)) - sum(abs(oldSi1 - Si1));
```

```
temp7 = alfa*sum(abs(Si2)) - sum(abs(oldSi2 - Si2));
```

```
temp8 = alfa*sum(abs(Si3)) - sum(abs(oldSi3 - Si3));
```

```
test = min(temp1, min(temp2, min(temp3, min(temp4,
min(temp5, min(temp6, min(temp7, temp8)))))));
```

```
% ite=ite+1
```

```
end
```

```
y(1,:)=tt;
```

```
y(2,:)=S;
```

```
y(3,:)=I;
```

```
y(4,:)=R;
```

```
y(6,:)=Si1;
```

```
y(7,:)=Si2;
```

```
y(8,:)=Si3;
```

```
y(11,:)=p;
```

```
y(12,:)=q;
```

```
figure(2)
plot(y(1,:),y(2,:),'-g','linewidth',1)
xlim([0 tf])
hold on
grid on
plot(t,x(:,1),'-r','linewidth',1)
xlim([0 tf]) legend('dengan kontrol','tanpa kontrol')
xlabel('Waktu (bulan)')
ylabel('Susceptible')
```

```
figure(3)
plot(y(1,:),y(3,:),'-g','linewidth',1)
xlim([0 tf])
hold on
grid on
plot(t,x(:,2),'-r','linewidth',1)
xlim([0 tf])
legend('dengan kontrol','tanpa kontrol')
xlabel('Waktu (bulan)')
ylabel('Infected')
```

```
figure(4)
plot(y(1,:),y(4,:),'-g','linewidth',1)
xlim([0 tf])
hold on
grid on
plot(t,x(:,3),'-r','linewidth',1)
xlim([0 tf])
legend('dengan kontrol','tanpa kontrol')
```

```
xlabel('Waktu (bulan)')
```

```
ylabel('Recovered')
```

```
figure(5)
```

```
plot(y(1,:),y(11:),'-g','linewidth',1)
```

```
xlim([0 tf])
```

```
ylim([0 1])
```

```
xlabel('Waktu (bulan)')
```

```
ylabel('Kontrol p (Edukasi Dampak Negatif K-Pop)')
```

```
grid on
```

```
figure(6)
```

```
plot(y(1,:),y(12:),'-g','linewidth',1)
```

```
xlim([0 tf])
```

```
ylim([0 1])
```

```
xlabel('Waktu (bulan)')
```

```
ylabel('Kontrol q (Manajemen Waktu)')
```

```
grid on
```

Lampiran 2. Daftar Riwayat Hidup

Daftar Riwayat Hidup

1. Identitas Diri

- (a) Nama Lengkap : Maulida Lutfiyanti
- (b) TTL : Jepara, 25 Mei 2002
- (c) Alamat Rumah : Desa Pekalongan, RT/RW. 03/02,
Kecamatan Batealit, Kabupaten Jepara
- (d) No. Hp : 085712545452
- (e) E-mail : mauidalufiyanti25@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

- (a) TK Al-Ikhlas
- (b) SD Negeri 2 Pekalongan
- (c) MTs Negeri 1 Jepara
- (d) MA Roudlotul Mubtadiin Balekambang Jepara

Semarang, 25 Juni 2024

Peneliti,

Maulida Lutfiyanti

NIM : 2008046018