

**APROKSIMASI SOLUSI MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN COVID-19 MENGGUNAKAN METODE BEDA
HINGGA TAK STANDAR**

SKRIPSI



CHARISMA YASINTASYA KAFILLA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

IR PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**APROKSIMASI SOLUSI MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN COVID-19
MENGUNAKAN METODE BEDA HINGGA TAK STANDAR**

SKRIPSI



CHARISMA YASINTASYA KAFILLA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**APROKSIMASI SOLUSI MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN
COVID-19 MENGGUNAKAN METODE BEDA HINGGA TAK STANDAR**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Matematika
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Charisma Yasintasya Kafilla

NIM. 081811233069

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.

NIP.197307041998022001

Pembimbing II,



Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

NIP.197711042003121001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Aproksimasi Solusi Model Matematika
Penyebaran COVID-19 Menggunakan Metode
Beda Hingga Tak Standar

Penulis : Charisma Yasintasya Kafilla

NIM : 081811233069

Pembimbing I : Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.

Pembimbing II : Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

Tanggal Seminar : 11 Agustus 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.

NIP.197307041998022001

Pembimbing II,



Dr. Windarto, S.Si., M.Si.

NIP.197711042003121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga



Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.

NIP.196804041994031020

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, tetapi tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai dengan kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Charisma Yasintasya Kafilla

NIM : 081811233069

Program Studi : S-1 Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**“Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19
Menggunakan Metode Beda Hingga Tak Standar”**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya. 15 Agustus 2022



Charisma Yasintasya Kafilla

NIM. 081811233069

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmanirrahiim. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “*Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19 Menggunakan Metode Beda Hingga Tak Standar*”.

Keberhasilan penulis dalam menyusun skripsi ini tidak luput dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., MT., AK., selaku Rektor Universitas Airlangga.
2. Prof. Dr. Moh Yasin, M. Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
3. Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si., selaku Ketua Departemen Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dan juga selaku koordinator Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan bimbingannya selama perkuliahan.
4. Ibu Asri Bkti Prastiwi, M.Si., selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan kritik, saran, dan motivasi dalam menjalani perkuliahan.
5. Prof. Dr. Fatmawati, M.Si., selaku dosen pembimbing I dan Dr. Windarto, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama perkuliahan.
6. Seluruh dosen di Universitas Airlangga, khususnya di Departemen Matematika yang telah menyampaikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
7. Keluarga penulis yaitu Bapak Eko Widarwanto dan Ibu Sri Budi Utami selaku orang tua penulis, Adik Arsyah Firman Hikmatiar dan Adik Rafif

Hanudya Heirdianto, Mas Nopia Dimas Nugraha yang telah memberikan doa dan semangatnya.

8. Sahabat penulis yaitu Erlyn, Karine, Karina, Puty, Indah, Utik, Annisa, Ratih, Siska, Salindri yang turut membantu dan memberikan semangatnya.
9. Teman-teman KKN desa Panjer yaitu Puty, Diar, Levi, Alfita, Nabilla, Anintya, Nova, Mikael, dan Rakha.
10. Teman-teman perkuliahan yang turut membantu dan memberikan semangat sehingga terselesaikannya penelitian ini. Teman-teman seperjuangan prodi S-1 Matematika 2018 dan kakak tingkat yang memberikan motivasi dan pengalaman yang berharga semasa kuliah.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini belum sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki penelitian ini. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, khususnya mahasiswa prodi S-1 Matematika Universitas Airlangga.

Surabaya, 8 Juni 2022

Penulis

Charisma Yasintasya Kafilla

Charisma Yasintasya Kafilla, 2022, **Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19 Menggunakan Metode Beda Hingga Tak Standar**, Skripsi ini di bawah bimbingan Prof. Dr. Fatmawati, M. Si. dan Dr. Windarto, S. Si., M. Si. Departemen Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Penyakit menular adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti virus, bakteri, parasit, maupun jamur. Salah satu penyakit yang menular adalah COVID-19 yang disebabkan oleh virus corona atau SARS-CoV-2. Penelitian ini bertujuan mendapatkan aproksimasi solusi dan solusi analitik untuk mengetahui keadaan penyebaran COVID-19. Hasil analisis model matematika penyebaran COVID-19 terdapat titik setimbang non endemik dan titik setimbang endemik. Sedemikian sehingga titik setimbang yang diperoleh akan menghasilkan *Basic Reproduction Number* (R_0) yang digunakan untuk menentukan eksistensi dan kestabilan dari titik setimbang. Titik setimbang non endemik stabil asimtotis jika $R_0 < 1$ dan titik setimbang endemik akan cenderung stabil asimtotis jika $R_0 > 1$. Aproksimasi solusi model matematika penyebaran COVID-19 menggunakan metode beda hingga tak standar untuk mendapatkan hasil numerik yang relatif stabil. Aproksimasi solusi model matematika diselesaikan dengan melakukan diskritisasi model matematika penyebaran COVID-19 dan menentukan tetapan beda hingga tak standar. Kemudian dilakukan simulasi numerik untuk menunjukkan kekonvergenan metode ini.

Keywords: Beda Hingga Tak Standar, COVID-19, Model Matematika, Aproksimasi Solusi.

Charisma Yasintasya Kafilla, 2022, **Approximation Solution of the Mthematical Models of the Spread of COVID-19 Using Non-Standard Finite Difference Method** , this undergraduate thesis is supervised by Prof. Dr. Fatmawati, M. Si. and Dr. Windarto, S. Si., M. Si. Mathematics Departement, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Infectious diseases are infected diseases caused by microorganisms such as viruses, bacteria, parasites, and fungi. One of the infectious diseases is COVID-19 which is caused by the corona virus or SARS-CoV-2. This study aims to obtain analytical solutions and approximate solutions to determine the state of the spread of COVID-19. The results of the analysis of the mathematical model of the spread of COVID-19 there are non-endemic equilibrium points and endemic equilibrium points. In such a way that the equilibrium point obtained will produce a Basic Reproduction Number (R_0) which is used to determine the existence and stability of the equilibrium point. The non-endemic equilibrium point is asymptotically stable if $R_0 < 1$ and the endemic equilibrium point will tend to be asymptotically stable if $R_0 > 1$. Meanwhile, the approximate solution to the mathematical model of the spread of COVID-19 uses a non-standard finite difference method to obtain relatively stable numerical results. The approximation of the solution of the mathematical model is solved by discretizing the mathematical model of the spread of COVID-19 and determining the nonstandard finite difference constant. Then a numerical simulation is performed to demonstrate this convergence method.

Keywords: Non-Standard Finite Difference Method , COVID-19, Mathematical Model, Approximation Solution.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Coronavirus disease 2019 (COVID-19)	5
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	6

2.3	Kestabilan Sistem Linear.....	8
2.4	Kriteria Routh Hurwitz.....	9
2.5	Bilangan Reproduksi Dasar.....	12
2.6	Beda Hingga Standar.....	12
2.7	Beda Hingga Tak Standar.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....		16
BAB IV PEMBAHASAN.....		18
4.1	Analisis Model Matematika Penyebaran COVID-19.....	18
4.1.1	Model Matematika Penyebaran COVID-19.....	18
4.1.2	Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran COVID-19.....	22
4.1.3	Analisis Kestabilan Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran COVID-19	25
4.2	Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19 Menggunakan Metode Beda Hingga Tak Standar	33
4.3	Simulasi Numerik Model Matematika COVID-19	35
BAB V PENUTUP.....		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Deskripsi Variabel pada Model Matematika Penyebaran COVID-19	20
4.2	Deskripsi Parameter pada Model Matematika Penyebaran COVID-19	20
4.3	Nilai Parameter Model Matematika Penyebaran COVID-19	30
4.4	Nilai Awal Bidang Fase Model Matematika Penyebaran COVID-19	31

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
4.1	Diagram Transmisi Model Matematika Penyebaran COVID-19	21
4.2	Grafik Bidang Fase Populasi Manusia Rentan dan Terinfeksi pada Model Matematika Penyebaran COVID-19	32
4.3	Grafik Simulasi Numerik Populasi Rentan Terinfeksi COVID-19	36
4.4	Grafik Simulasi Numerik Populasi Terpapar COVID-19	37
4.5	Grafik Simulasi Numerik Populasi Terinfeksi COVID-19	38
4.6	Grafik Simulasi Numerik Populasi Melakukan Pengobatan	39
4.7	Grafik Simulasi Numerik Populasi Sembuh dari COVID-19	40

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Perhitungan Titik Setimbang (Non Endemik E_0)
2	Perhitungan Nilai R_0 dengan Metode <i>Next-Generation Matrix</i>
3	Perhitungan Titik Setimbang Penyebaran penyakit COVID-19 (Endemik E_1)
4	Analisis Kestabilan Titik Non-Endemik
5	Analisis Kestabilan Titik Endemik
6	Aproksimasi Solusi Model Matematika COVID-19 dengan Metode Beda Hingga Tak Standar
7	Tetapan untuk Menentukan Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan Metode Beda Hingga Tak Standar
8	Kode Program Simulasi Numerik m.file
9	Kode Program Simulasi Numerik m.file untuk Titik Setimbang Non Endemik Model Matematika Penyebaran COVID-19
10	Kode Program Simulasi Numerik m.file untuk Titik Setimbang Endemik Model Matematika Penyebaran COVID-19
11	Kode Program Simulasi Numerik m.file untuk Bidang Fase Model Matematika Penyebaran COVID-19
12	Kode Program Aproksimasi Solusi Model Matematika Penyebaran COVID-19