

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN COVID-19 DENGAN
*SATURATED INCIDENCE RATE***

SKRIPSI



DINDA MUTIARA PERMATASARI

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

2022

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN COVID-19 DENGAN
*SATURATED INCIDENCE RATE***

SKRIPSI



DINDA MUTIARA PERMATASARI

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

2022

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA
PENYEBARAN COVID-19 DENGAN *SATURATED
INCIDENCE RATE***

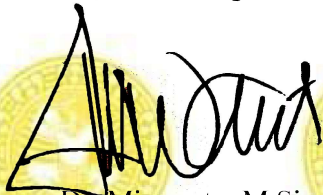
SKRIPSI

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

Dinda Mutiara Permatasari
NIM. 081811233034

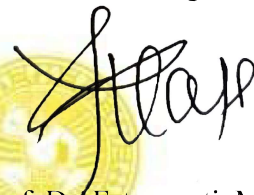
Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Dr. Miswanto, M.Si.
NIP. 19680204 199303 1 002

Pembimbing II,



Prof. Dr. Fatmawati, M.Si
NIP.19730704 199802 2 001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran
COVID-19 dengan *Saturated Incidence Rate*

Penulis : Dinda Mutiara Permatasari

NIM : 081811233034

Pembimbing I : Dr. Miswanto, M.Si.

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

Tanggal Seminar : 27 September 2022

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Dr. Miswanto, M.Si.
NIP. 196802041993031002

Pembimbing II,



Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.
NIP. 19730704 199802 2 001

Mengetahui,

Ketua Departemen dan Koordinator Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Herry Suprajitno, M.Si.
NIP. 19680404 199403 1 020

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Dinda Mutiara Permatasari

NIM : 081811233034

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 :

**“Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan
Saturated Incidence Rate”**

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, 12 September 2022



Dinda Mutiara Permatasari
NIM.081811233034

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil'aalamiin. Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran COVID -19 dengan Saturated Incidence Rate”***. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, pemimpin sekaligus sebaik-baiknya suri tauladan bagi kehidupan manusia.

Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal skripsi ini, antara lain :

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., M.T., Ak., CMA. selaku Rektor Universitas Airlangga.
2. Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas selama menempuh studi S1 Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
3. Dr.Herry Suprajitno, M.Si. selaku ketua Departemen Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga sekaligus selaku Koordinator Program Studi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas selama menempuh studi S1 Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
4. Dr. Miswanto, M.Si dan Prof. Dr. Fatmawati, M.Si selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, tenaga, waktu dan pikiran yang sangat berharga.
5. Dr. Windarto, S.Si., M.Si. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi.

6. Seluruh dosen dan staf Universitas Airlangga, khususnya Departemen Matematika yang telah menyampaikan ilmunya tanpa pamrih dan membantu dalam proses perkuliahan selama ini.
7. Orang tua tercinta yaitu Bapak Marwoto dan Ibu Sri Indah Imawati, Adik Dia Auliya Trimaghrfiroh, serta seluruh keluarga sebagai sumber motivasi utama bagi penulis yang tidak henti-hentinya mendoakan, memotivasi, serta memberi kasih sayang dan pengorbanan yang tak ternilai harganya. Terima Kasih selalu ada disamping penulis.
8. Rekan penelitian Pemodelan Sistem yang selalu memberi saran dan dukungan kepada penulis.
9. Sahabat penulis, Erlyn Narishki, Mar'ah Nur Sholihah, Lastri Nainggolan, Eka Putri Armadani, Serly Anisa, Karina dan semua teman-teman matematika angkatan 2018 yang selalu memberikan saran dan motivasi agar selalu maju bersama meraih cita-cita.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.

Penulis sangat berharap penelitian ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan dan pengetahuan. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya kritik, saran, dan usulan demi perbaikan penelitian ini di masa yang akan datang, mengingat tidak ada sesuatu yang sempurna tanpa saran yang membangun.

Surabaya, 12 September 2022

Penulis



Dinda Mutiara Permatasari

Dinda Mutiara Permatasari, 2022, **Analisis Kestabilan Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan *Saturated Incidence Rate***, Skripsi ini dibawah bimbingan Dr.Miswanto, M.Si. dan Dr.Fatmawati, M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Coronavirus (COVID-19) merupakan penyakit menular yang dinyatakan global pandemi oleh Organisasi Kesehatan Dunia. Tujuan skripsi ini yaitu untuk menganalisis model matematika penyebaran COVID-19 dengan *saturated incidence rate*. Berdasarkan hasil analisis model diperoleh dua titik setimbang yaitu titik setimbang non endemik (E_0) dan titik setimbang endemik (E_1). Kestabilan lokal titik setimbang dan eksistensi titik setimbang endemik bergantung pada bilangan reproduksi dasar (R_0). Titik setimbang non endemik stabil asimtotis jika memenuhi $R_0 < 1$, sedangkan titik setimbang endemik cenderung stabil asimtotis jika $R_0 > 1$. Pada skripsi ini juga dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh pada model. Adapun parameter yang berpengaruh pada model adalah β_2 dan θ_1 yang masing-masing merupakan laju orang yang terinfeksi melalui kontak terinfeksi dengan gejala dan jumlah rentan yang telah dikarantina total. Pengaruh *saturated incidence rate* terhadap model menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat kejenuhan menyebabkan tingkat maksimum penyebaran COVID-19 semakin tinggi. Selanjutnya semakin tinggi tingkat kejenuhan menyebabkan tingkat maksimum penyebaran COVID-19 semakin rendah.

Kata kunci : COVID-19, Model Matematika, Kestabilan, Titik Setimbang, Sensitivitas.

Dinda Mutiara Permatasari, 2022, **Stability Analysis Of Mathematical Models Spread COVID-19 with Saturated Incidence Rate**, This is bachelor thesis is supervised by Dr.Miswanto, M.Si. and Dr.Fatmawati, M.Si., Mathematic Department, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Coronavirus (COVID-19) is an infectious disease that has been declared a global pandemic by the World Health Organization. The purpose of this thesis is to analyze the mathematical model of the spread of COVID-19 with *saturated incidence rate*. Based on the analysis, two equilibrium points will be obtained, namely the non endemic equilibrium point (E_0) and the endemic equilibrium point (E_1). The local stability of the equilibrium point and the existence of the endemic equilibrium point and existence of the endemic equilibrium point depend on the basic reproduction number (R_0). The non endemic equilibrium point is asymptotically stable if fulfills $R_0 < 1$, white the endemic equilibrium tends to asymptotically stable if $R_0 > 1$. In this thesis, analysis sensitivity is also carried out to determine the most influential parameters on the model. The parameters that affect the model are β_2 and θ_1 , each of which is the rate of infected people through infected contacts with symptoms and the total number of susceptible people who have been quarantined. The effect of the saturated incidence rate on the model shows that the lower the level of saturation causes the maximum rate of spread of COVID-19 to be higher. Furthermore, the higher the level of saturation, the lower the maximum rate of spread of COVID-19.

Keywords : COVID-19, Mathematical Model, Stability, Equilibrium Point, Sensitivity.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL	iii
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	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 COVID-19	5
2.1.1 Penyebaran Virus	6
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	7
2.3 Saturated Incidence Rate	8
2.4 Analisis Kestabilan	9
2.5 Kriteria Routh-Hurwitz	10
2.6 Basic Reproduction Number (R_0)	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14

BAB IV PEMBAHASAN.....	15
4.1 Analisis Model Matematika Penyebaran COVID-19.....	15
4.1.1 Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	20
4.1.2 Analisis Kestabilan Lokal Titik Setimbang Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	24
4.1.3 Analisis Sensitivitas	31
4.2 Simulasi Numerik dan Interpretasi Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	35
4.3 Simulasi Numerik Pengaruh <i>Saturated Incidence Rate</i> terhadap Model Matematika Penyebaran COVID-19.....	39
BAB V PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Pendefinisian Variabel Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>saturated incidence rate</i>	16
4.2	Pendefinisian Parameter Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>saturated incidence rate</i>	16
4.3	Nilai Parameter Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i> untuk Simulasi Bidang Fase	29
4.4	Nilai Awal untuk Bidang Fase Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	29
4.5	Nilai Indeks Sensitivitas Parameter	31
4.6	Hubungan antara perubahan pada Nilai Parameter terhadap nilai R_0	32
4.7	Nilai Parameter untuk Simulasi Saat Kondisi Non Endemik Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	36
4.8	Nilai Parameter untuk Simulasi Saat Kondisi Endemik Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
4.1	Diagram Transmisi Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>	18
4.2	Grafik Bidang Fase Populasi A dan I pada Model Matematika Penyebaran COVID-19	30
4.3	Sensitivitas β_2 terhadap nilai R_0 dengan tiga nilai θ_1 yang berbeda	33
4.4	Grafik populasi I dengan tiga nilai parameter β_2 yang berbeda	34
4.5	Grafik populasi I dengan tiga nilai parameter θ_1 yang berbeda	35
4.6	Grafik Simulasi Numerik saat Kondisi Non Endemik	37
4.7	Grafik Simulasi Numerik saat Kondisi Endemik	38
4.8	Grafik Simulasi Pengaruh <i>Saturated Incidence Rate</i> terhadap Model Matematika Penyebaran COVID-19	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
Lampiran 1	Perhitungan Titik Setimbang Non Endemik E_0
Lampiran 2	Perhitunngan Nilai R_0 dengan Metode <i>Next-Generation Matrix</i>
Lampiran 3	Perhitungan Titik Setimbang Endemik (E_1)
Lampiran 4	Analisis Kestabilan Titik Setimbang Non Endemik
Lampiran 5	Analisis Kestabilan Titik Setimbang Endemik
Lampiran 6	Kode Program untuk Simulasi Program Bidang Fase Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan <i>Saturated Incidence Rate</i>
Lampiran 7	Perhitungan Analisis Sensitivitas Parameter
Lampiran 8	Kode Program Grafik Sensitivitas β_2 terhadap R_0 dengan tiga nilai θ_1 yang berbeda
Lampiran 9	Kode Program Grafik Populasi I dengan tiga nilai β_2 yang berbeda
Lampiran 10	Kode Program Grafik Populasi I dengan tiga nilai θ_1 yang berbeda
Lampiran 11	Kode Program Simulasi Numerik Kondisi Non Endemik
Lampiran 12	Kode Program Simulasi Numerik Kondisi Endemik
Lampiran 13	Kode Program Simulasi Pengaruh <i>Saturated Incidence Rate</i> terhadap A
Lampiran 14	Kode Program Simulasi Pengaruh <i>Saturated Incidence Rate</i> terhadap I