



**MODEL SIR DENGAN TINGKAT INSIDEN DAN PEMULIHAN
NONLINEAR**

SKRIPSI

**untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Matematika**

Oleh:

FITRI ROHANIATI

NIM.1911011320011

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

BANJARBARU

2023

SKRIPSI

**MODEL SIR DENGAN TINGKAT INSIDEN DAN PEMULIHAN
NONLINIER**

Oleh:

Fitri Rohaniati

NIM. 1911011320011

telah dipertahankan di depan Dosen Penguji pada tanggal 11 September 2023.

Susunan Dosen Penguji:

Pembimbing I

Yuni Yulida, S.Si., M.Sc.

NIP. 198110102005012004

Dosen Penguji:

1. Drs. Faisal, M.Si.
2. Pardi Affandi, S.Si., M.Sc

Pembimbing II

Dr. Muhammad Anwar K, S.Si., M.sc.

NIP. 198202082005011003

Banjarbaru, 15 September 2023

Wakil Dekan Bidang Akademik,



Anwar K, S.Si., M.Si.

NIP. 19811012005011002

Koordinator Program Studi
Matematika FMIPA ULM,

Pardi Affandi, S.Si., M.Sc.

NIP. 197806112005011001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Program Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 25 September 2023



Fitri Rohaniati
NIM.1911011320011

ABSTRAK

MODEL SIR DENGAN TINGKAT INSIDEN DAN PEMULIHAN NONLINEAR (Oleh: Fitri Rohaniati; Pembimbing: Yuni Yulida, Muhammad Ahsar Karim; 2023; 48 halaman)

Penyakit menular adalah salah satu penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme dan dapat menular melalui kontak langsung maupun tidak langsung dengan orang yang sudah terinfeksi. Dalam pembentukan model, digunakan tingkat insiden standar atau tingkat laju penularan untuk membentuk model matematika penyakit menular. Pada penelitian ini menggunakan model epidemik SIR (*Susceptible, infected, dan Recovered*) dengan membentuk asumsi-asumsi berupa jumlah penambahan individu baru bernilai tetap, individu baru yang masuk ke dalam subpopulasi rentan, setiap individu memiliki laju kematian yang sama, dan individu rentan akan menjadi individu terinfeksi apabila terinfeksi oleh penyakit. Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Next Generation Matrix* dan linierisasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan pembentukan model SIR dengan tingkat insiden dan pemulihan berupa fungsi persamaan nonlinear, menentukan titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar pada modifikasi model SIR dengan tingkat insiden dan pemulihan nonlinear, menganalisis kestabilan titik ekuilibrium bebas penyakit dan endemik model SIR dengan tingkat insiden dan pemulihan nonlinear. Hasil penelitian ini adalah terbentuknya model epidemik SIR dengan tingkat insiden dan pemulihan nonlinear, diperoleh satu titik ekuilibrium bebas penyakit, diperoleh rumusan bilangan reproduksi dasar (R_0), hasil analisis kestabilan titik ekuilibrium bebas penyakit yaitu stabil asimtotik jika $R_0 < 1$ dan hasil analisis kestabilan titik ekuilibrium endemik yaitu stabil asimtotik jika $R_0 > 1$. Kemudian, dilakukan simulasi numerik untuk mendukung analisis kestabilan.

Kata Kunci : Penyakit Menular, Model Epidemik SIR, Titik Ekuilibrium dan Kestabilan.

ABSTRACT

SIR MODEL WITH NONLINEAR INCIDENT AND RECOVERY RATE (By: Fitri Rohaniati; Advisors: Yuni Yulida, Muhammad Ahsar Karim; 2023; 37 pages)

Infectious disease is a disease caused by microorganisms and can be transmitted through direct or indirect contact with people who are already infected. In building the model, standard incidence rates or transmission rates are used to form a mathematical model of infectious diseases. This study uses the SIR (Susceptible, infected, and Recovered) epidemic model by forming assumptions in the form of the number of new individuals adding a fixed value, new individuals entering the susceptible subpopulation, each individual has the same death rate, and susceptible individuals will become Individuals become infected when infected by a disease. Some of the methods used in this study are the Next Generation Matrix and linearization. The purpose of this study is to explain the formation of the SIR model with incidence and recovery rates in the form of a nonlinear equation function, determine the equilibrium point and basic reproduction number in the modification of the SIR model with nonlinear incidence and recovery rates, analyze the stability of the disease-free and endemic equilibrium point of the SIR model with incidence rates, and nonlinear recovery. The results of this study are the establishment of a SIR epidemic model with nonlinear incidence and recovery rates, obtaining one disease-free equilibrium point, obtaining the formula for the basic reproduction number (R_0), the results of the analysis of the stability of the disease-free equilibrium point are asymptotically stable if $R_0 < 1$ and the results of the analysis of the stability of the endemic equilibrium point are asymptotically stable if $R_0 > 1$. Then, numerical simulations are carried out to support stability analysis.

Keywords: *Infectious Diseases, SIR Epidemic Model, Equilibrium Point and Stability.*

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas karuniaNya penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Modifikasi Model SIR dengan Tingkat Insiden dan Pemulihan Nonlinear”. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan program sarjana Strata-1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam pembahasan materi. Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, kerja sama, maupun bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
2. Bapak Pardi Affandi, S.Si., M.Sc. selaku Koordinator Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
3. Ibu Yuni Yulida, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Muhammad Ahsar Karim, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberikan masukan serta motivasi dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Nurul Huda, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan banyak memberikan masukan serta motivasi dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
5. Drs. Faisal, M.Si. dan Bapak Pardi Affandi, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk perbaikan dalam penyusunan skripsi ini.

6. Dosen-dosen pengajar di Universitas Lambung Mangkurat atas bantuan, bimbingan, serta kepercayaan dan motivasi yang telah diberikan salam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Orangtua tercinta, kakak, adik-adik dan keluarga yang selalu memberi dukungan, motivasi, kasih sayang, pengertian dan doa yang tiada henti.
8. Seluruh sahabat, teman dan rekan mahasiswa matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, baik berupa masukan, saran, semangat maupun nasihat kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini,

Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk dijadikan masukan demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan khususnya mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Aamiin.

Banjarbaru, 25 September 2023



Fitri Rohaniati
NIM. 1911011320011

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Persamaan Diferensial | 4 |
| 2.2 Sistem Persamaan Diferensial..... | 4 |
| 2.2.1 Sistem Persamaan Diferensial Linear | 4 |
| 2.2.2 Sistem Persamaan Diferensial Nonlinear | 6 |
| 2.3 Titik Ekuilibrium | 6 |
| 2.4 Linearisasi | 7 |
| 2.5 Nilai Eigen dan Vektor Eigen | 9 |
| 2.6 Bilangan Reproduksi Dasar | 9 |
| 2.7 Kriteria Routh-Hurwitz..... | 10 |
| 2.8 Model SIR Klasik | 11 |
| 2.9 Fungsi Respon Holling Tipe II | 12 |
| 2.10 Metode Runge Kutta Orde Empat..... | 13 |
| BAB III PROSEDUR PENELITIAN | 15 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 Pembentukan Model Matematika Penyakit Dengan Tingkat Insiden Dan Pemulihan Nonlinear | 16 |
| 4.2 Titik ekuilibrium pada Model Matematika Penyakit Dengan Tingkat Insiden Dan Pemulihan Nonlinear | 19 |
| 4.2.1 Titik ekuilibrium bebas penyakit (E_0)..... | 19 |
| 4.2.2 Bilangan reproduksi dasar (R_0)..... | 20 |
| 4.2.3 Titik Ekuilibrium Endemik | 22 |

| | | |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3 | Kestabilan Titik Ekuilibrium | 25 |
| 4.3.1 | Kestabilan pada Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit (E_0) | 26 |
| 4.3.2 | Kestabilan pada Titik Ekuilibrium Endemik..... | 28 |
| 4.4 | Simulasi Numerik Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit..... | 30 |
| 4.5 | Simulasi Numerik Titik Ekuilibrium Endemik..... | 35 |
| BAB V PENUTUP..... | | 45 |
| 5.1 | Kesimpulan | 45 |
| 5.2 | Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 47 |

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1 Nilai awal yang digunakan untuk simulasi titik E_0 | 30 |
| Tabel 4.2 Parameter yang digunakan untuk simulasi titik E_0 | 31 |
| Tabel 4.3 Solusi numerik Persamaan (4.38) di titik ekuilibrium bebas penyakit..... | 34 |
| Tabel 4.4 Nilai awal yang digunakan untuk simulasi titik E_1 | 36 |
| Tabel 4.5 Parameter yang digunakan untuk simulasi titik ekuilibrium endemik | 36 |
| Tabel 4.6 Solusi numerik Persamaan (4.40) di titik ekuilibrium endemik..... | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 | Alur Model SIR Klasik | 12 |
| Gambar 4.1 | Alur model matematika dengan model SIR tingkat insiden dan pemulihan nonlinear..... | 17 |
| Gambar 4.2 | Grafik solusi untuk Titik Ekuilibrium E_0 | 35 |
| Gambar 4.3 | Simulasi Titik Ekuilibrium E_1 | 43 |