

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN COVID-19 DENGAN VAKSINASI DI KOTA MATARAM

M. PUTRA SANI HATTAMURRAHMAN



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan Vaksinasi di Kota Mataram” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 15 Agustus 2024

M. Putra Sani Hattamurrahman
G5501222015

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

M. PUTRA SANI HATTAMURRAHMAN. Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan Vaksinasi di Kota Mataram. Dibimbing oleh PAIAN SIANTURI dan HADI SUMARNO.

COVID-19 adalah penyakit pernapasan yang disebabkan oleh virus corona yang dikenal sebagai SARS-COV-2 (*Severe Actue Respiratory Syndrome Coronavirus 2*) yang menyebar melalui kontak dengan tetesan air liur yang dikeluarkan saat batuk atau bersin orang yang terinfeksi. COVID-19 ditetapkan sebagai pandemi karena penyebaran infeksi yang terus meningkat. Salah satu alat yang digunakan untuk menggambarkan penyebaran COVID-19 yang terus meningkat ialah dengan menggunakan model matematika.

Pada penelitian ini, model matematika yang dirujuk adalah model penyebaran COVID-19 yang dibentuk oleh Zeb *et al* (2020). Kemudian, dimodifikasi dengan menambahkan subpopulasi vaksin dan asumsi bahwa subpopulasi yang telah sembuh menjadi rentan kembali. Modifikasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi jumlah yang divaksinasi terhadap penyebaran COVID-19 di kota Mataram. Model penyebaran COVID-19 pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 6 subpopulasi, yaitu subpopulasi rentan (S), terpapar (E), terinfeksi (I), karantina (Q), sembuh (R) dan vaksin (V).

Model yang telah dimodifikasi digunakan untuk menentukan titik tetap dan bilangan reproduksi dasar R_0 dengan metode *the next generation method*. Lalu, simulasi numerik dilakukan untuk melihat dinamika populasi. Pada model yang telah dimodifikasi ini diperoleh 2 titik tetap, yaitu titik tetap bebas penyakit yang stabil asimtotik lokal pada kondisi $R_0 < 1$ dan titik tetap endemik penyakit yang stabil asimtotik lokal pada kondisi $R_0 > 1$. Hasil simulasi numerik menunjukkan hasil yang sesuai dengan teorema kestabilan titik tetap.

Berdasarkan simulasi numerik yang telah dilakukan, ditunjukkan bahwa untuk menekan penyebaran COVID-19 di kota Mataram perlu diberikan proporsi jumlah yang divaksin sebesar 62% sehingga dapat menekan penyebaran virus atau subpopulasi yang terinfeksi akan menurun. Lebih lanjut lagi dengan memberikan proporsi jumlah yang divaksin tersebut akan meningkatkan subpopulasi yang sembuh. Oleh karena itu, upaya yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyebaran COVID-19 di kota Mataram adalah dengan meningkatkan proporsi jumlah yang divaksin.

Kata kunci: COVID-19, vaksin, model matematika, bilangan reproduksi dasar



SUMMARY

M. PUTRA SANI HATTAMURRAHMAN. Mathematical Model of COVID-19 Spread with Vaccination in Mataram City. Supervised by PAIAN SIANTURI and HADI SUMARNO.

COVID-19 is a respiratory disease caused by a coronavirus known as SARS-COV-2 (Severe Actue Respiratory Syndrome Coronavirus 2) that spreads through contact with saliva droplets expelled when an infected person coughs or sneezes. COVID-19 is designated as a pandemic due to the increasing spread of infection. One of the techniques employed to depict the escalating spread of COVID-19 is the utilization of a mathematical model.

In this study, the mathematical model referred to is the COVID-19 spread model formed by Zeb et al (2020). Subsequently, it is modified by incorporating a vaccine subpopulation and assuming that the recovered subpopulation regains susceptibility. This modification aims to determine the effect of proportion of vaccinated on the spread of COVID-19 in the city of Mataram. The COVID-19 spread model in this study is grouped into 6 subpopulations, namely susceptible (S), exposed (E), infected (I), quarantine (Q), recovered (R) and vaccine (V) subpopulations.

The modified model was used to determine the fixed point and the basic reproduction number $\mathcal{R}_0$ by the next generation matrix method. Then, numerical simulations were conducted to see the population dynamics. In this modified model, 2 fixed points are obtained, namely the disease-free fixed point which is locally asymptotically stable under the condition $\mathcal{R}_0 < 1$ and the disease-endemic fixed point which is locally asymptotically stable under the condition $\mathcal{R}_0 > 1$. Numerical simulation results show results that are in accordance with the fixed point stability theorem.

Based on numerical simulations that have been carried out, it is shown that to suppress the spread of COVID-19 in the city of Mataram, it is necessary to provide proportion of the number vaccinated is 62% so that it can suppress the spread of the virus or the infected subpopulation will decrease. Furthermore, by providing the proportion of the number vaccinated, it will increase the recovered subpopulation. Therefore, the remedy that can be used to control the spread of COVID-19 in the city of Mataram is to increase the proportion of vaccinated.

Keywords: COVID-19, vaccine, mathematical model, basic reproduction number



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN COVID-19 DENGAN VAKSINASI DI KOTA MATARAM

M. PUTRA SANI HATTAMURRAHMAN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Matematika pada
Program Studi Matematika Terapan

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Drs. Jaharuddin, M.S
- 2 Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom.

Judul Proposal : Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan Vaksinasi
di Kota Mataram
Nama : M. Putra Sani Hattamurrahman
NIM : G5501222015

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Drs. Paian Sianturi



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Hadi Sumarno, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Drs. Jaharuddin, M.S.
NIP 196511021993021001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 198008232007011001



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2023 sampai bulan Februari 2024 ini ialah model matematika penyakit, dengan judul **“Model Matematika Penyebaran COVID-19 dengan Vaksinasi di Kota Mataram”**.

Penyusunan karya ilmiah ini mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan karya ilmiah ini antara lain;

1. Bapak Dr. Drs. Paian Sianturi sebagai pembimbing 1 dan bapak Dr. Ir. Hadi Sumarno, M.S sebagai pembimbing 2 yang telah membimbing dan banyak memberi arahan, saran dan komentar dalam penyusunan tesis.
2. Bapak Prof. Dr. Toni Bakhtiar, S.Si., M.Sc. selaku pembahas dalam seminar kolokium dan Bapak Prof. Dr. Jaharuddin, M.S. selaku penguji luar komisi dalam ujian tesis yang telah banyak memberikan kritik dan saran dalam penelitian.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom. selaku moderator seminar kolokium dan ujian tesis yang telah memberikan saran dan motivasi.
4. Maksun, S. Pd dan Siti Aminah selaku ayah dan ibu, Ahmad Syukria Agus Salim, S.Kep.Ns (Kakak), M. Heri Irawan Saputra (adik) dan Lidya Rizki Aulia Putri (adik) yang telah banyak memberikan dukungan dan doa.
5. Seluruh dosen Matematika Terapan dan staff IPB University yang telah banyak membantu dan membimbing perkuliahan.
6. Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah membantu memberikan program beasiswa stimulan unggulan untuk pembayaran spp.
7. Bapak Wildan Hafiz selaku Kepala Humas Kementerian Kesehatan Provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah membantu selama pengumpulan data.
8. Teman-teman seperjuangan dan diskusi, Rizkian Agung Jamaesa, S.Pd., Azhar Janjang Darmawan, S.Si., Hilman Yusupi Dwi Putra, S.Mat., Kurniadi Rizki, S.Pd.
9. Kepala Sekolah SMPIT Darul Quran, Afud Saefudin M.Pd.I yang telah memberikan izin selama bimbingan ke kampus.
10. Semua pihak yang tak dapat disebut satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 15 Agustus 2024

M. Putra Sani Hattamurrahman



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Kebaharuan	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Model Matematika	4
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	4
2.3 Matriks Jacobi	5
2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen	5
2.5 Kestabilan Titik Tetap	5
2.6 Kriteria Routh-Hurwitz	8
2.7 Bilangan Reproduksi Dasar	9
III METODE PENELITIAN	10
3.1 Modifikasi Model	9
3.2 Data Penelitian	11
3.3 Langkah-Langkah Penelitian	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Penentuan Titik Tetap	12
4.2 Penentuan Matriks Jacobi	13
4.3 Penentuan Bilangan Reproduksi Dasar	14
4.4 Analisis Kestabilan Titik Tetap Bebas Penyakit	14
4.5 Analisis Kestabilan Titik Tetap Endemik	16
4.6 Simulasi Numerik	18
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	25
RIWAYAT HIDUP	40



DAFTAR GAMBAR

1	Kasus COVID-19 secara global pada tanggal 30 Agustus 2023	1
2	Diagram penyebaran penyakit COVID-19	2
3	Diagram penyebaran penyakit COVID-19 (modifikasi model)	10
4	Dinamika populasi ketika $\eta = 0$ dan $\eta = 0.62$	20
5	Dinamika populasi (kondisi bebas penyakit)	20
6	Dinamika populasi (kondisi endemik)	21

DAFTAR TABEL

1	Parameter dan deskripsi model Zeb	3
2	Deskripsi parameter model	12
3	Nilai parameter	19
4	Data <i>real</i> harian COVID-19 di Kota Mataram	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Penjelasan dan perhitungan nilai-nilai parameter	26
2	Penentuan titik tetap bebas penyakit	34
3	Penentuan titik tetap endemik	35
4	Penentuan masing-masing elemen matriks Jacobi	34
5	Penentuan bilangan reproduksi dasar	37
6	Dinamika Populasi $\mathcal{R}_0 < 1$	38
7	Dinamika Populasi $\mathcal{R}_0 > 1$	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.