

**PEMODELAN MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT
LEPTOSPIROSIS DENGAN PENGARUH *TREATMENT***



INGRIT RIDHA RAHAYU

NIM. 16030069/2016

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

**PEMODELAN MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT
LEPTOSPIROSIS DENGAN PENGARUH *TREATMENT***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

INGRIT RIDHA RAHAYU

NIM. 16030069/2016

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2021

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis
dengan Pengaruh *Treatment*

Nama : Ingrit Ridha Rahayu

NIM : 16030069

Program Studi : Matematika

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 03 Mei 2021
Disetujui oleh,
Pembimbing



Muhammad Subhan, S.Si, M.Si
NIP. 19701126 199903 1 002

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Ingrit Ridha Rahayu
NIM / TM : 16030069/2016
Program Studi : Matematika
Jurusan : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan Judul Skripsi

**PEMODELAN MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT
LEPTOSPIROSIS DENGAN PENGARUH *TREATMENT***

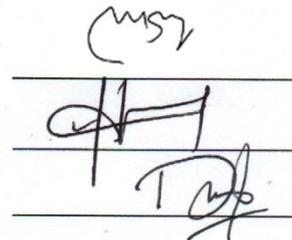
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Matematika Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 03 Mei 2021

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Muhammad Subhan, S.Si, M.Si
Anggota	: Dra. Dewi Murni, M.Si
Anggota	: Defri Ahmad, S.Pd, M.Si

Tanda Tangan



The image shows three handwritten signatures on horizontal lines. The first signature is at the top, the second is in the middle, and the third is at the bottom. The signatures are written in black ink and are somewhat stylized.

Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh *Treatment*

Ingrit Ridha Rahayu

ABSTRAK

Leptospirosis adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan dapat menyerang manusia dan hewan. Penyakit leptospirosis mudah menular dari manusia ke manusia, dari hewan ke hewan, dari hewan ke manusia serta sebaliknya. Pada penelitian ini akan dicari bentuk model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*. Tujuan pemodelan ini adalah untuk mengetahui penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*, untuk mengetahui analisis model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*, dan untuk mengetahui interpretasi dari hasil model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar, dengan menggunakan metode deskriptif. Metode ini dilakukan dengan cara menganalisa teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan. Penelitian ini dimulai dengan menentukan variabel, parameter, dan asumsi-asumsi yang berkaitan dengan permasalahan sehingga dapat dilakukan pembentukan model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*. Setelah itu model tersebut akan dianalisis dan diinterpretasikan.

Model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment* berbentuk sistem persamaan diferensial nonlinear. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pada titik tetap bebas penyakit, yaitu titik dimana tidak ada manusia maupun vektor yang sakit, dimana titik tetap bebas penyakit bersifat stabil. Sedangkan pada titik tetap endemik, yaitu titik dimana terdapat sejumlah individu yang terinfeksi penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment* pada populasi, dimana titik tetap endemik bersifat tidak stabil. Faktor yang mempengaruhi terjadinya penyebaran penyakit leptospirosis dalam suatu populasi adalah tingkat penularan penyakit dari vektor yang terinfeksi dan tingkat kelahiran vektor. Semakin tinggi tingkat penularan dan tingkat kelahiran vektor, maka penyebaran penyakit leptospirosis akan mewabah. Sedangkan tingkat kematian vektor akibat penyakit leptospirosis dan tingkat kematian alami vektor akan berbanding terbalik dengan bilangan reproduksi dasar. Sehingga, jika tingkat kematian vektor akibat penyakit leptospirosis dan tingkat kematian alami vektor semakin tinggi, maka penyebaran penyakit leptospirosis akan semakin berkurang.

Kata kunci: Leptospirosis, *Treatment*, Penularan Host dan Vektor.

Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh *Treatment*

Ingrit Ridha Rahayu

ABSTRACT

Leptospirosis is caused by bacteria and affect humans and animals. Leptospirosis is transmitted from human to human, from animal to animal, and animal to human. In this study, we will look for a mathematical model of the spread of leptospirosis with the effect of treatment. The purpose of this modelling is to determine the spread of leptospirosis with the effect of treatment, to determine the analysis of the mathematical model of the spread of leptospirosis with the effect of treatment, and to determine the interpretation of mathematical model of the spread of leptospirosis with the effect of treatment.

This research is a basic research, using descriptive methods. This methods analyze theories related to the problem. This research started by determining the variables, parameters, and assumptions which linked to the problem, so that the mathematical model spread of leptospirosis disease with the effect of treatment. Then analysis and interpretation of the mathematical model spread of leptospirosis disease with the effect of treatment will be carried out.

Mathematical model of the spread of leptospirosis disease with the effect of treatment is a system of nonlinear differential equations formed. Based on analysis result, the fixed point free disease is stable. Meanwhile, the endemic fixed point, where there are a number of individuals infected with leptospirosis with the effect of treatment on the population is unstable. Factors affecting the spread of leptospirosis in a population are rate of disease transmission from infected vector and vector birth rate. The higher the transmission rate and birth rate of vector, then the higher the spread of leptospirosis. While, the death rate of vector due to leptospirosis and the natural death rate will be inversely proportional to R_0 . So, if the death rate of vector due to leptospirosis and the natural death rate is getting higher, then the spread of leptospirosis will decrease.

Keywords: Leptospirosis, Treatment, Transmission of Host and Vector.

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, atas segala karunia, rahmat, taufik serta hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh *Treatment*”** dengan baik. Shalawat beriringan salam penulis sampaikan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW sebagai suri teladan bagi umat manusia.

Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat gelar Sarjana Sains Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan berupa dorongan semangat, nasihat, bimbingan, dan kerja sama dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Subhan, S.Si, M.Si sebagai Pembimbing.
2. Ibu Dra. Dewi Murni, M.Si sebagai Penasehat Akademik sekaligus Penguji.
3. Bapak Defri Ahmad, S.Pd, M.Si sebagai Penguji.
4. Ibu Dra. Media Rosha, M.Si sebagai Ketua Jurusan Matematika dan Ketua Prodi Studi Matematika Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu dosen, Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Matematika FMIPA UNP.

6. Mama, Papa dan Abang yang telah mendoakan, memberi semangat, nasehat, materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016 dan alumni Matematika Universitas Negeri Padang yang turut membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Terkhusus, kepada sahabatku, CALALA, yaitu Pia, Dewi, Fira, Mesy dan Icil yang selalu memberi semangat dan sudah menjadi teman terdekat penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Semoga segala bantuan, bimbingan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih. Wassalamu'alaikum.

Padang, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Pertanyaan Penelitian.....	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
F. Metode Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORI.....	8
A. Leptospirosis.....	8
a. Defenisi Leptospirosis	8
b. Gejala Penyakit Leptospirosis	9
c. Cara Penularan Penyakit Leptospirosis	12
d. Pencegahan Penyakit Leptospirosis.....	14
e. <i>Treatment</i> pada Penyakit Leptospirosis.....	14
B. Pemodelan Matematika	15
a. Model Matematika.....	15
b. Model Epidemi SIR.....	17
C. Materi Matematika.....	20
a. Persamaan Diferensial	20
b. Teori Kestabilan.....	22
c. Kriteria Routh-Hurwitz.....	26

BAB III PEMBAHASAN.....	28
A. Pembentukan Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	28
B. Analisis Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	37
C. Kestabilan Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	43
D. Bilangan Reproduksi Dasar	48
E. Simulasi Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	49
F. Interpretasi Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	57
BAB IV PENUTUP	60
A. Kesimpulan.....	60
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Penderita Leptospirosis di Indonesia pada Tahun 2018 hingga Januari 2019	3
Tabel 2. Variabel yang Digunakan dalam Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	29
Tabel 3. Parameter Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	30
Tabel 4. Syarat-syarat Keberadaan Titik Tetap.....	43
Tabel 5. Parameter untuk Titik Tetap Kasus I	50
Tabel 6. Parameter untuk Titik Tetap Kasus II.....	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses Pemodelan Matematika.....	16
Gambar 2. Model Matematika SIR	18
Gambar 3. Diagram Model Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh <i>Treatment</i>	32
Gambar 4. Trayektori Titik Tetap Kasus I.....	52
Gambar 6. Trayektori Titik Tetap Kasus II.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Program Maple Simulasi Titik Tetap Kasus I	66
Lampiran 2. Program Maple Simulasi Titik Tetap Kasus II.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Leptospirosis adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan dapat menyerang manusia dan hewan. Penyakit menular ini biasa disebut dengan penyakit zoonis yang sering ditemukan diseluruh dunia (Suprpto, 2011). Penyakit leptospirosis mudah menular dari manusia ke manusia, dari hewan ke hewan, dari hewan ke manusia serta sebaliknya. Leptospirosis adalah salah satu penyakit yang muncul pasca bencana, yaitu saat banjir. Pada daerah banjir, bakteri *Leptospira* akan tumbuh subur karena bakteri ini menyukai lingkungan yang panas dan lembab. Air genangan banjir dapat membawa urin hewan yang terinfeksi bakteri *Leptospira* dan membuat bakteri *Leptospira* masuk melalui luka terbuka pada manusia.

Menurut Illahi & Fibriana (2015), musim penghujan juga menyebabkan adanya perubahan yang terjadi pada lingkungan seperti banyaknya genangan air, lingkungan yang menjadi becek, berlumpur, serta banyak timbunan sampah, yang menyebabkan mudahnya bakteri *Leptospira* untuk berkembang biak dan mengkontaminasi lingkungan sekitarnya. Leptospirosis disebabkan oleh bakteri *Leptospira interrogans*. Bakteri *Leptospira* mempunyai bentuk seperti batang dan berlekuk. Perkembangan bakteri *Leptospira* akan menjadi sangat cepat pada suhu 28°C hingga 30°C.

Leptospirosis sudah dikenal sejak lama oleh manusia. Pada tahun 1886, Adolf Weil melaporkan kasus leptospirosis yang pertama. Penyakit leptospirosis yang dilaporkan oleh Weil memiliki gejala panas tinggi dengan gejala saraf serta pembengkakan hati dan limpa. Pada tahun 1887, Goldsmith menyebut penyakit

dengan gejala tersebut dengan nama *Weil's Disease*. Pada tahun 1915, seorang bernama Inada menemukan bukti bahwa *Weil's Disease* disebabkan oleh bakteri *Leptospira icterohemorrhagia*. Pada tahun 1995, terjadi wabah leptospirosis setelah terjadinya banjir besar di Nikaragua. Wabah ini mengakibatkan 13 orang meninggal dunia dan lebih dari 2.000 penderita diobati dan di rawat (Masriadi, 2014).

Leptospira interrogans sebagai penyebab leptospirosis yang masuk ke dalam Ordo *pirochaetales* dalam *family Trepanometaceae*. Bakteri ini dapat hidup di dalam urin hewan. Penularan antar hewan dapat terjadi melalui kontak langsung dengan urin hewan yang mengandung bakteri *Leptospira*. Penularan antar hewan juga dapat terjadi lewat mulut dengan cara memakan makanan ataupun minuman yang sudah tercemar oleh urin hewan yang mengandung bakteri *Leptospira*. Penularan antar ternak berbeda juga dapat terjadi melalui perantara tikus. Penularan dari manusia ke manusia juga dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Penularan secara langsung dapat terjadi melalui kontak dengan selaput lendir mata, kontak luka pada kulit, mulut, hubungan seksual, dan melalui air ASI pada kasus ibu pada anaknya. Penularan secara tidak langsung dapat terjadi melalui kontak hewan ataupun manusia dengan barang-barang yang sudah tercemar urin penderita, misalnya pada alas kandang hewan, makanan, tanah, dan jaringan tubuh (Masriadi, 2014). Pekerjaan petani atau buruh tani beresiko terkena leptospirosis karena saat bercocok tanam akan terjadi kontak dengan air, lumpur, dan tanah sebagai tempat hidup bakteri *Leptospira* (Rejeki dkk, 2015).

Penyakit ini merupakan masalah kesehatan masyarakat seluruh dunia, khususnya negara-negara yang beriklim tropis dan sub tropis yang memiliki curah hujan tinggi.

Hal ini ditambah dengan kondisi lingkungan buruk merupakan lahan yang baik bagi kelangsungan hidup bakteri patogen sehingga memungkinkan lingkungan tersebut menjadi tempat yang cocok untuk hidup dan berkembangbiaknya bakteri *Leptospira* (Prihantoro & Arum, 2017:186). Menurut *International Leptospirosis Society* (ILS), Indonesia adalah negara dengan insiden leptospirosis yang berada pada peringkat ketiga dibawah negara Cina dan India. Kejadian Luar Biasa (KLB) dari penyakit leptospirosis di Indonesia mencapai 100 per 100.000 penduduk per tahun (WHO, 2010). Menurut data akumulatif Kementerian Kesehatan tahun 2018 hingga Januari 2019 yang dijelaskan oleh Fitri Haryanti dalam Liputan6.com, ada delapan provinsi di Indonesia yang terjangkit penyakit leptospirosis seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data Penderita Leptospirosis di Indonesia pada Tahun 2018 hingga Januari 2019

Nama Provinsi	Jumlah Kasus	Meninggal
Banten	104 kasus	26 orang
DKI Jakarta	11 kasus	2 orang
Jawa Barat	2 kasus	0 orang
DI Yogyakarta	186 kasus	16 orang
Jawa Tengah	427 kasus	89 orang
Jawa Timur	128 kasus	10 orang
Kalimantan Utara	3 kasus	2 orang
Maluku	5 kasus	2 orang

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang matematika turut memberi peranan yang cukup penting dalam menggambarkan fenomena penyebaran suatu penyakit. Fenomena penyebaran suatu penyakit disajikan dalam bentuk pemodelan matematika. Pemodelan matematika adalah mempresentasikan sebuah permasalahan yang ada di dunia nyata kedalam bentuk persamaan matematika. Pemodelan matematika digunakan untuk mengetahui penyebaran penyakit pada suatu daerah yang biasanya dikenal dengan model epidemi. Model matematika yang telah dibentuk akan dianalisa dan dibuat representatif dari permasalahan penyakit leptospirosis ini dengan menggunakan model matematika.

Lestari dan Sugiyanto (2015) telah membahas model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan menggunakan kerangka model SIR untuk populasi manusia dan populasi vektor penyebar. Berdasarkan hal tersebut, belum diketahui pengaruh *treatment* pada penyebaran penyakit leptospirosis. Dengan adanya *treatment* yang dapat mengurangi laju penyebaran penyakit leptospirosis maka dapat memunculkan variabel dan parameter serta akan dianalisis dititik manakah pengaruh pada perilaku individu yang melakukan *treatment* terhadap penyebaran penyakit leptospirosis ini akan stabil. Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pemodelan Matematika Penyebaran Penyakit Leptospirosis dengan Pengaruh *Treatment*”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas,rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Bagaimana model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*?

C. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang ada pertanyaan penelitian pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*?
2. Bagaimana analisis model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*?
3. Bagaimana interpretasi dari hasil model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*?

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
2. Untuk mengetahui analisis model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
3. Untuk interpretasi dari hasil model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.

E. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dasar atau teoritis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yaitu menganalisis teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang dibahas dan berlandaskan pada studi kepustakaan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain

1. Melakukan identifikasi pada masalah yang diangkat dalam penelitian ini yaitu masalah model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
2. Mengumpulkan teori-teori yang berkaitan dengan masalah yang diangkat dan mengkaji teori-teori tersebut dengan masalah model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
3. Membuat asumsi, variabel, dan parameter yang akan membantu pembentukan dan analisis model matematika.
4. Membentuk model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
5. Melakukan analisis terhadap model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment* yang diperoleh dengan menentukan titik keseimbangan dan titik kestabilan dari titik tetap model.
6. Menginterpretasikan hasil analisis model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
7. Penarikan kesimpulan.

F. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat:

1. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti dan pembaca tentang bentuk model matematika penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
2. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti dan pembaca tentang analisis penyebaran penyakit leptospirosis dengan pengaruh *treatment*.
3. Sebagai bahan masukan bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan dan memperluas cakupan penelitian.