

**MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN PENYAKIT DEMAM  
BERDARAH *DENGUE* MELIBATKAN FASE AKUATIK**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Doktor**



**PARDI AFFANDI  
2141213310004**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Disertasi : Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah *Dengue* melibatkan Fase Akuatik  
Nama : Pardi Affandi  
NIM : 2141213310004

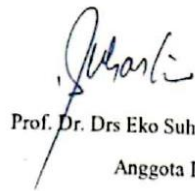
disetujui,

Komisi Pembimbing

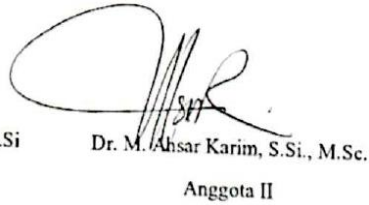


Prof. Juhriyansyah Dalle, S.Pd., S.Si., M.Kom, Ph.D

Ketua



Prof. Dr. Drs Eko Suhartono, M.Si  
Anggota I



Dr. M. Ahsar Karim, S.Si., M.Sc.  
Anggota II

diketahui,

Direktur Pascasarjana ULM

Koordinator Prodi S3

Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si



Dr. Ispah Syauqiah, M.T

Tanggal Lulus: 3 Juni 2024

Tanggal Wisuda:



## IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI

### JUDUL DISERTASI:

**Model Matematika Penyebaran Demam Berdarah *Dengue* Melibatkan Fase Akuatik**

Nama : Pardi Affandi  
NIM : 2141213310004  
Program Studi : Program Doktor Ilmu Lingkungan

### KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Prof. Juhriyansyah Dalle, S.Pd., S.Si., M.Kom, Ph.D  
Anggota : Prof. Dr. Drs Eko Suhartono, M.Si  
Anggota : Dr. M. Ahsar Karim, S.Si., M.Sc

### TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Syamsul Arifin, dr., M.Pd., FISPH.,FISCM  
Dosen Penguji 2 : Prof Dewi Angraini, S.Si., M.App.Sci., Ph.D  
Dosen Penguji 3 : Dr. Harja Santanapurba  
Dosen Penguji Tamu : Prof. Dr. SyamsuddinToaha, M.Sc

Tanggal Ujian : 3 Juni 2024

SK Penguji : No. 22/UN8.4/DT. 04.03/2024

## PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Pardi Affandi  
NIM : 2141213310004  
Program studi : Program Doktor Ilmu Lingkungan  
Fakultas : Program Pascasarjana  
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat  
Judul Disertasi : **“Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah *Dengue* Melibatkan Fase Akuatik”**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Disertasi yang saya tulis ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/ acuan dan dicantumkan dalam daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Disertasi ini hasil jiplakan, plagiasi maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarmasin, Mei 2024  
Yang membuat,



Pardi Affandi  
2141213310004

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Disertasi ini saya persembahkan untuk:*

*Ayahanda Abdul Kawi dan Ibunda Dharma P*

*Istri tercinta Dr. Hj Hayatun Na'imah.,M.Hum dan anak-anak*

*Tersayang Aisyah dan Anis Hafidzah*

*Pengkayaan khasanah Ilmu Pengetahuan dan*

*Juga sebagai pelengkap dan memeperkaya khazanah tentang makna Al-quran*

*Surat Al-Baqoroh ayat : 26 dan 27*

## **RIWAYAT HIDUP PENULIS**

Pardi Affandi, lahir di Padangsidempuan Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 11 Juni 1978, merupakan anak kesembilan dari sepuluh bersaudara, anak dari Bapak Abdul Kawi dan Ibu Dharma P, bersekolah di SDN 142425 Padangsidempuan lulus tahun 1991, kemudian lanjut ke SMPN 2 Padangsidempuan. lulus tahun 1994 dan meneruskan ke SMAN Matauli Pandan lulus tahun 1997. Selanjutnya, meneruskan pendidikan Sarjana di Program Studi Matematika Universitas Sumatera Utara dan lulus pada tahun 2001, kemudian melanjutkan pendidikan Magister FMIPA Universitas Gadjah Mada di Program Studi Matematika dan lulus pada tahun 2010 Pengalaman kerja sejak tahun 2005-sekarang sebagai dosen di Universitas Lambung Mangkurat.

Banjarmasin, juni 2024

Pardi Affandi

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rektor Universitas Lambung Mangkurat, Bapak Dekan Fakultas dan Bapak Ketua Program Studi Universitas Lambung Mangkurat.
2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat dan seluruh staf Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
3. Koordinator dan Sekretaris serta seluruh staff Program studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat.
4. Bapak Prof. Juhriyansyah Dalle, S.Pd., S.Si, M.Kom, Ph.D, selaku promotor, Bapak Prof. Dr. Drs Eko Suhartono, M.Si, selaku ko-promotor dan Bapak Dr. M.Ahsar K M.Si, selaku ko-promotor yang telah membimbing sampai penulis bisa menyelesaikan disertasi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Syamsul Arifin, dr., M.Pd., FISPH.,FISCM, Ibu Prof Dewi Anggraini, S.Si, M.App.Sci., Ph.D, dan Bapak Dr. Harja Santanapurba selaku penguji internal dan Bapak Prof. Dr. SyamsuddinToaha, M.Sc selaku penguji eksternal yang telah banyak memberi masukan dan menyempurnakan disertasi ini.
6. Rekan-rekan angkatan kelas yang telah memberi bantuan dan dorongan motivasi agar disertasi ini segera diselesaikan.
7. Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, serta seluruh keluarga atas doa-doa serta dukungan yang telah diberikan.
8. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada keluarga, istri dan anak-anak yang telah mendampingi penulis hingga selesai.

Banjarmasin, juni 2024

Pardi Affandi

## RINGKASAN

Pardi Affandi. 2141213310004. 2024. Program Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat. Model Matematika Penyebaran Demam Berdarah Dengue Melibatkan Fase Akuatik Prof. Juhriyansyah Dalle, S.Pd., S.Sc., M.Kom, Ph.D, Prof. Dr. Drs Eko Suhartono, M.Si; Dr. M. Ahsar Karim, S.Sc., M.Sc.

Demam berdarah *dengue* (DBD) adalah penyakit yang disebabkan oleh arbovirus melalui nyamuk *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus*. Penyebaran penyakit DBD secara global cenderung semakin tinggi pada kurun waktu 50 tahun terakhir. Berdasarkan data kasus DBD bersumber dari Profil Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan dari tahun 2015-2019 diperoleh bahwa daerah Banjarbaru menjadi salah satu daerah yang endemik. Sehingga memunculkan ide-ide dan gagasan pencegahan yang sistematis. DBD dapat terjadi akibat interaksi virus dengue sebagai vektor (agen), *Aedes aegypti* sebagai vektor penular utama, manusia sebagai *host* (inang) serta lingkungan yang menunjang keberlangsungan populasi *host* dan vektor. Pertumbuhan dan perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* didukung oleh beberapa karakteristik pada fase Akuatik seperti suhu udara, kelembaban udara, suhu air, pH air, COD, BOD dan DO. Metodologi yang digunakan dimulai dari pengambilan data primer, analisis data yang akan dilibatkan pada pembentukan model, kemudian akan ditentukan titik ekuilibrium model, analisis kestabilan lokal titik ekuilibrium bebas penyakit dan endemik dengan menggunakan nilai eigen, linierisasi model dan Kriteria Routh-Hurwitz. Kemudian melakukan analisis regresi dan korelasi untuk mengetahui faktor-faktor yang paling berpengaruh dominan pada fase akuatik. Selanjutnya faktor-faktor ini digunakan dalam pembentukan model secara khusus pada kompartemen akuatik. Model matematika epidemiologi yang diperoleh berbentuk SIR-ASI. Selanjutnya pada model dilakukan analisis matematika pada titik kestabilan bebas penyakit dan titik kestabilan endemik, dan menyelidiki kestabilan titik bebas penyakit dan endemik. Tujuan Penelitian ini adalah membentuk model penyakit dengan melibatkan faktor yang paling berpengaruh dalam proses perkembangan nyamuk, yaitu fase akuatik sebagai tempat tumbuhnya jentik nyamuk menjadi nyamuk dewasa. Hasil penelitian diperoleh bahwa faktor-faktor yang dominan pada fase akuatik adalah COD, DO dan suhu air. Simulasi menggunakan Software matematika dilakukan untuk mengetahui ilustrasi perubahan pada nilai-nilai COD, DO dan suhu air serta pengaruhnya terhadap model matematika SIR-ASI. Rekomendasi penelitian bahwa perlu dilakukan penurunan nilai COD, DO, dan mengatur suhu air yang tepat pada fase akuatik agar dapat mencegah pertumbuhan jumlah jentik *Aedes aegypti* sehingga akan menurunkan tingkat kejadian penyakit DBD.

Kata kunci: Demam berdarah *dengue*, jentik, model SIR-ASI, fase akuatik.



## SUMMARY

Pardi Affandi. 2141213310004. 2024. Program Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat. Model Matematika Epidemiologi Demam Berdarah *Dengue*. Prof. Juhriyansyah Dalle, S.Pd., S.Si., M.Kom, Ph.D; Prof. Dr. Drs Eko Suhartono, M.Si; Dr. M. Ahsar Karim, S.Si, M.Sc.

Dengue hemorrhagic fever (DHF) is a disease caused by an arbovirus via the *Aedes aegypti* or *Aedes albopictus* mosquito. The spread of dengue fever globally has tended to increase over the last 50 years. Based on data on dengue fever cases sourced from the Health Profile of South Kalimantan Province from 2015-2019, it was found that the Banjarbaru area is one of the endemic areas. So that it gives rise to ideas and ideas for systematic prevention. DHF can occur due to the interaction of the dengue virus as a vector (agent), *Aedes aegypti* as the main infectious vector, humans as the host (host) and the environment that supports the sustainability of the host and vector populations. The growth and development of the *Aedes aegypti* mosquito is supported by several characteristics in the Aquatic phase such as air temperature, air humidity, water temperature, water pH, COD, BOD and DO. The methodology used starts from collecting primary data, analyzing the data that will be involved in building the model, then determining the model equilibrium point, analyzing the local stability of disease free and endemic equilibrium points using eigenvalues, model linearization and the Routh-Hurwitz Criteria. Then carry out a regression and correlation analysis to find out the factors that have the most dominant influence on the aquatic phase. Furthermore, these factors are used in forming models specifically for the aquatic compartment. The epidemiological mathematical model obtained is in the form of SIR-ASI. Next, a mathematical analysis was carried out on the model at the disease-free and endemic stability points, and investigated the stability of the disease-free and endemic points. The aim of this research is to create a disease model involving the most influential factors in the mosquito development process, namely the aquatic phase where mosquito larvae grow into adult mosquitoes. The research results showed that the dominant factors in the aquatic phase were COD, DO and water temperature. Simulations using mathematical software were carried out to illustrate changes in COD, DO and water temperature values and their influence on the SIR-ASI mathematical model. The research recommendation is that it is necessary to reduce COD, DO values and regulate the appropriate water temperature in the aquatic phase in order to prevent the growth of the number of *Aedes aegypti* larvae, thereby reducing the incidence of dengue fever.

Key words: Dengue hemorrhagic fever, larvae, SIR-ASI model, aquatic phase.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan perkenan serta rahmat-Nya disertasi mengenai “Model Matematika Penyebaran Demam Berdarah *Dengue* Melibatkan Fase Akuatik” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada tulisan ini dikemukakan disertasi tentang pencegahan terhadap pertumbuhan penyakit DBD dengan cara mengurangi laju pertumbuhan nyamuk *Aedes aegypti*. Upaya tersebut dilakukan dengan memberikan treatment yang tepat pada fase akuatik berupa pemberian zat-zat kimia air yang bisa menghambat pertumbuhan jentik nyamuk.

Saran dan masukan demi kesempurnaan disertasi ini sangat diperlukan oleh penulis. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-sebesarnya bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu Alaikum Warohmatullohi wa barokatuh.

Banjarmasin, Juni 2024

Penulis

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian penelitian tentang model penyebaran penyakit DBD .....	30
Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	42
Tabel 4.1 Profil Kelurahan Guntung Manggis .....	47
Tabel 5.1 Data konversi penelitian.....	61
Tabel 5.2 Uji Normalitas .....	66
Tabel 5.3 Uji Multikolinearitas .....	67
Tabel 5.4 Data konversi penelitian.....	68
Tabel 5.5 Data konversi penelitian.....	68
Tabel 5.6 Analisis Regresi Berganda .....	69
Tabel 5.7 Uji Serentak.....	69
Tabel 5.8 Parameter dalam model SIR-ASI.....	69
Tabel 5.9 Definisi Variabel pada Model.....	71
Tabel 5.10 Nilai Awal Model penyebaran demam berdarah <i>dengue</i> .....	106
Tabel 5.11 Nilai berdasarkan data primer .....	107
Tabel 5.12 Parameter Simulasi Titik Kesetimbangan Endemik.....	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Angka Insiden DBD per 100.000 Penduduk di Provinsi Kalsel.....	2
Gambar 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Kesehatan.....	9
Gambar 3.1 pH meter .....	36
Gambar 3.2 Termometer Batang Alat ukur untuk suhu air.....	36
Gambar 3.3 Higrometer sebagai Alat ukur Kelembaban Udara.....	36
Gambar 3.4 Alat ukur kelembaban udara dan suhu udara.....	36
Gambar 3.5 Mikroskop Alat ukur untuk Menghitung jumlah jentik .....	37
Gambar 4.1 Kantor Kelurahan Guntung Manggis .....	47
Gambar 4.2 Jumlah KK dan Penduduk di Kelurahan Guntung Manggis .....	49
Gambar 5.1 Data Observasi Lapangan .....	52
Gambar 5.2 Data Observasi Jumlah Jentik.....	53
Gambar 5.3 Siklus hidup nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	59
Gambar 5.4 Skema penyebaran penyakit DBD model SIR-ASI.....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

A.	Surat Keterangan Plagiasi.....	139
B.	Surat Keterangan Ringkasan Disertasi Bahasa Inggris.....	141
C.	Konversi Hasil IData Penelitian.....	142
C.1.	Uji Asumsi Klasik.....	144
C.2.	Uji Korelasi Bivariat .....	145
C.3.	Uji Korelasi Parsial .....	145
C.4.	Uji Regresi Berganda .....	146
D.	Hasil Pemeriksaan Sampel.....	147
D.1.	Hasil COD.....	147
D.2.	Hasil BOD.....	148
D.3.	Hasil DO.....	149
E.	Dokumentasi Penelitian .....	151
F.	Publikasi Ilmiah.....	153

## DAFTAR NOTASI

$g$	: Laju kematian alami manusia
$\mu_1$	: Laju kematian alami jentik
$\mu_2$	: Laju kematian alami nyamuk
$\beta$	: Tingkat gigitan rata-rata per nyamuk per orang
$\alpha_i$	: Peluang terjadinya kontak antara nyamuk terinfeksi dengan manusia rentan
$\alpha_v$	: Peluang terjadinya kontak antara nyamuk rentan dengan manusia terinfeksi
$\omega$	: Laju kematian manusia dikarenakan penyakit DBD
$Y$	: Laju kesembuhan manusia yang terinfeksi penyakit DBD
$\theta_1$	: Pengaruh COD terhadap pertumbuhan nyamuk pada proses akuatik
$\theta_2$	: Pengaruh DO terhadap pertumbuhan nyamuk pada proses akuatik
$\theta_3$	: Pengaruh suhu air terhadap pertumbuhan nyamuk pada proses akuatik
$\alpha$	: Laju berpindahnya jentik dari akuatik menuju subpopulasi nyamuk sehat
$S_i(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi manusia sehat dan rentan/ <i>susceptible</i>
$I_i(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi manusia terinfeksi/ <i>infected</i>
$R_i(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi manusia yang sembuh dari penyakit/ <i>recovered</i>
$A_v(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi nyamuk pada fase akuatik
$S_v(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi nyamuk sehat dan rentan/ <i>susceptible</i>
$I_v(t)$	: Jumlah individu pada subpopulasi nyamuk terinfeksi/ <i>infected</i>

## DAFTAR ISTILAH

- Akuatik* : Mengacu pada segala hal yang berhubungan dengan air atau lingkungan air. Istilah ini sering digunakan dalam konteks ekologi untuk merujuk kepada organisme, ekosistem, dan proses hidup yang ada di dalam air.
- Model matematika* : Representasi matematis dari suatu fenomena atau sistem yang digunakan untuk memahami, memprediksi, atau menjelaskan perilaku atau karakteristik dari fenomena tersebut
- Virus dengue* : Virus yang menyebabkan penyakit dengue, yang merupakan penyakit yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes* yang terinfeksi, terutama *Aedes aegypti*.
- Incidence Rate* : Ukuran yang digunakan dalam epidemiologi untuk menggambarkan seberapa sering suatu penyakit atau kejadian muncul dalam suatu populasi selama periode waktu tertentu.
- Biological Oxygen Demand* : Ukuran jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air dalam kondisi aerobik. Ini digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran organik di badan air seperti sungai, danau, dan sungai kecil.
- Dissolved oxygen* : Mengacu pada jumlah gas oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini penting untuk kelangsungan hidup organisme perairan dan merupakan indikator penting kesehatan dan kualitas ekosistem perairan.

## DAFTAR SINGKATAN

PSN	: Pencegahan sarang nyamuk
ASI	: <i>Akuatik Susceptible Infected</i>
DBD	: Demam berdarah <i>dengue</i>
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
VIF	: <i>Variance inflation factor</i>
<i>IR</i>	: <i>Incidence Rate</i>
HSS	: Hulu Sungai Selatan
HSU	: Hulu Sungai Utara
HST	: Hulu Sungai Tengah
RT	: Rukun tetangga
RW	: Rukun twarga