

**PEMODELAN SEIARS-SI PADA PENYEBARAN
PENYAKIT MALARIA DENGAN STRUKTUR USIA
DAN INDIVIDU ASIMTOMATIK DI PAPUA**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Matematika**



**JASMINE NUR RAMADHANI
1305619031**

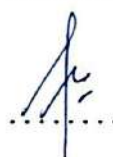
**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI

PEMODELAN SEIARS-SI PADA PENYEBARAN PENYAKIT MALARIA DENGAN STRUKTUR USIA DAN INDIVIDU ASIMTOMATIK DI PAPUA

Nama : Jasmine Nur Ramadhani

No. Registrasi : 1305619031

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			20/08 2026
Dekan	: <u>Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.</u> NIP. 197909162005011004		
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.</u> NIP. 197905042009122002		18/08 2026
Ketua	: <u>Dr. Yudi Mahatma, M.Si.</u> NIP. 197610202008121001		18/08 2026
Sekretaris	: <u>Dr. Eti Dwi Wiraningsih, S.Pd., M.Si.</u> NIP. 198102032006042001		14/08 2026
Penguji Ahli	: <u>Dr. Lukita Ambarwati, S.Pd., M.Si.</u> NIP. 197210262001122001		14/08 2026
Pembimbing I	: <u>Drs. Sudarwanto, M.Si., DEA</u> NIP. 196503251993031003		18/08 2026
Pembimbing II	: <u>Ibnu Hadi, M.Si.</u> NIP. 198107182008011017		18/08 2026

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 23 Juli 2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Jasmine Nur Ramadhani

No Registrasi : 1305619031

Program Studi : Matematika

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul **"Pemodelan SEIARS-SI pada Penyebaran Penyakit Malaria dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik di Papua"** adalah:

1. Disusun sendiri berdasarkan hasil penelitian yang saya lakukan dengan bimbingan dosen pembimbing.
2. Bukan merupakan duplikasi karya ilmiah yang telah dipublikasikan atau digunakan untuk memperoleh gelar akademik pada perguruan tinggi lain.
3. Seluruh referensi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini telah dicantumkan sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima segala konsekuensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 16 Agustus 2026



Jasmine Nur Ramadhani



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Jasmine Nur Ramadhani
NIM : 1305619031
Fakultas/Prodi : FMIPA / Matematika
Alamat email : jasminenvrr01@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pemodelan SEIARS-SI pada Penyebaran Penyakit Malaria
dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik di Papua

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 16 Agustus 2026

Penulis


(Jasmine Nur Ramadhani)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Alhamdulillah rabbil'aalamiin. Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat dalam menyelesaikan Sarjana (S1) dalam Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang berjudul "Pemodelan SEIARS-SI pada Penyebaran Penyakit Malaria dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik di Papua".

Selesainya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari doa, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Sudarwanto, M.Si, D.E.A. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta saran dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ibnu Hadi, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta saran dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Yudi Mahatma, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staf di lingkungan Program Studi Matematika Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, arahan, serta bantuan kepada penulis selama menjalani program perkuliahan.
5. Kedua Orang Tua Penulis tersayang yang dengan kasih sayang dan penuh kesabarannya menemani penulis dalam menjalani perkuliahan dengan selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi yang sangat berarti bagi penulis.

6. Kepada Kakak, Adik, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
7. Kepada Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang telah menyediakan data kasus malaria di Provinsi Papua sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.
8. Seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Namun, hal tersebut tidak mengurangi rasa terima kasih penulis atas bantuan, semangat, dan doa yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran, kritik, dan masukan yang membangun demi tersusunnya skripsi yang lebih baik. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Jakarta, 16 Agustus 2026

Penulis,



Jasmine Nur Ramadhani

ABSTRAK

JASMINE NUR RAMADHANI. Pemodelan SEIARS-SI pada Penyebaran Penyakit Malaria dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik di Papua. Skripsi, Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2026.

Malaria merupakan penyakit menular yang penyebarannya melibatkan interaksi antara populasi manusia dan nyamuk. Penelitian ini bertujuan membentuk dan menganalisis model matematika penyebaran malaria dengan mempertimbangkan struktur usia dan individu asimtomatik di Papua. Populasi manusia dibagi menjadi kelompok usia kurang dari 5 tahun dan usia lebih dari atau sama dengan 5 tahun, dengan masing-masing kelompok terdiri atas kompartemen rentan, terpapar, terinfeksi simptomatik, terinfeksi asimtomatik, dan sembuh. Populasi nyamuk dibagi menjadi kompartemen rentan dan terinfeksi sehingga diperoleh model SEIARS-SI yang terdiri atas 12 persamaan diferensial nonlinier. Analisis dilakukan dengan menentukan titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik, menganalisis kestabilan lokal, serta menentukan bilangan reproduksi dasar menggunakan metode *Next Generation Matrix*. Simulasi numerik dilakukan menggunakan Maple dengan parameter yang diperoleh dari data sekunder Provinsi Papua dan literatur terkait. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa $R_0 \approx 1,700627608 > 1$, sehingga malaria dapat bertahan di dalam populasi. Titik ekuilibrium bebas penyakit bersifat tidak stabil, sedangkan titik ekuilibrium endemik bersifat stabil asimtotik lokal. Hasil simulasi numerik juga menunjukkan bahwa kompartemen terinfeksi pada populasi manusia dan nyamuk cenderung menuju nilai positif pada titik ekuilibrium endemik. Dengan demikian, model menunjukkan bahwa keberadaan individu asimtomatik dan perbedaan struktur usia perlu dipertimbangkan dalam menggambarkan dinamika penyebaran malaria di Papua.

Kata kunci : *Malaria, model SEIARS-SI, Struktur Usia, Individu Asimtomatik, Kestabilan Lokal.*

ABSTRACT

JASMINE NUR RAMADHANI. SEIARS-SI Modeling of Malaria Transmission with Age Structure and Asymptomatic Individuals in Papua. Mini Thesis, Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2026.

Malaria is an infectious disease whose transmission involves interactions between human and mosquito populations. This study aims to formulate and analyze a mathematical model of malaria transmission by incorporating age structure and asymptomatic individuals in Papua. The human population is divided into two age groups, namely individuals younger than 5 years and individuals aged 5 years or older. Each age group consists of susceptible, exposed, symptomatically infected, asymptotically infected, and recovered compartments. The mosquito population is divided into susceptible and infected compartments, resulting in a SEIARS-SI model consisting of 12 nonlinear differential equations. The analysis includes determining the disease-free and endemic equilibrium points, examining local stability, and calculating the basic reproduction number using the Next Generation Matrix method. Numerical simulations are performed using Maple with parameter values obtained from secondary data for Papua Province and relevant literature. The results show that $R_0 \approx 1,700627608 > 1$, indicating that malaria can persist within the population. The disease-free equilibrium is unstable, whereas the endemic equilibrium is locally asymptotically stable. The numerical simulation results also show that the infected compartments in both the human and mosquito populations tend toward positive values at the endemic equilibrium. Therefore, the model indicates that asymptomatic individuals and differences in age structure should be considered in describing the dynamics of malaria transmission in Papua.

Keywords : *Malaria, SEIARS-SI model, Age structure, Asymptomatic Individuals, Local Stability.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Pembatasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pemodelan Matematika	9
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	10
2.3 Model Penyebaran Penyakit	11
2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen	14
2.5 Titik Ekuilibrium	15
2.6 Linearisasi	16
2.7 Kriteria Routh–Hurwitz	18

2.7.1	Kriteria Routh	18
2.7.2	Kriteria Hurwitz	23
2.8	Kestabilan Titik Ekuilibrium	26
2.9	<i>Next Generation Matrix</i>	29
2.10	Bilangan Reproduksi Dasar	32
2.11	Malaria	33
2.11.1	Penularan Malaria	36
2.11.2	Struktur Usia pada Penderita Malaria	38
2.11.3	Individu Asimtomatik pada Penderita Malaria	39
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1	Waktu dan Jenis Penelitian	41
3.2	Pengumpulan Data	41
3.3	Tahapan Alur Penelitian	42
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Model Malaria SEIARS-SI dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik	45
4.2	Titik Ekuilibrium Model Malaria SEIARS-SI dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik	57
4.2.1	Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	57
4.2.2	Titik Ekuilibrium Endemik	61
4.3	Penentuan Bilangan Reproduksi Dasar	69
4.3.1	Pemenuhan Asumsi Metode <i>Next Generation Matrix</i>	70
4.3.2	Pembentukan Matriks Generasi Berikutnya	80
4.4	Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium	86
4.4.1	Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	86
4.4.2	Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium Endemik	91
4.5	Simulasi Numerik	91
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	106
5.1	Kesimpulan	106
5.2	Saran	108
	DAFTAR PUSTAKA	109
	LAMPIRAN	114
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jumlah Kasus Malaria di Provinsi Papua Tahun 2021–2025	34
Tabel 4.1	Daftar Variabel dalam Model	54
Tabel 4.2	Daftar Parameter dalam Model	55
Tabel 4.3	Kondisi Awal Simulasi Numerik Model Malaria	94
Tabel 4.4	Nilai Parameter Model Malaria	95
Tabel 5.1	Jumlah Penduduk Provinsi Papua Berdasarkan Kelompok Umur Tahun 2024–2025	114
Tabel 5.2	Data Kasus Malaria Terkonfirmasi di Provinsi Papua Tahun 2024–2025 Berdasarkan Kelompok Umur	114
Tabel 5.3	Data Kematian Akibat Malaria di Provinsi Papua Tahun 2024–2025 Berdasarkan Kelompok Umur	115
Tabel 5.4	Data Kasus Malaria Asimtomatik di Provinsi Papua Tahun 2024–2025	115
Tabel 5.5	Data Infeksi Submikroskopik Menurut Kelompok Umur di Papua	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Kompartemen Model <i>SIR</i>	12
Gambar 2.2	Ilustrasi kestabilan	28
Gambar 2.3	Siklus penularan malaria dari manusia ke nyamuk dan kembali ke manusia.	38
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 4.1	Diagram Transfer Model SEIARS-SI dengan Struktur Usia dan Individu Asimtomatik	47
Gambar 4.2	Dinamika Individu Rentan Usia < 5 Tahun	96
Gambar 4.3	Dinamika Individu Terpapar Usia < 5 Tahun	97
Gambar 4.4	Dinamika Individu Terinfeksi Simtomatik Usia < 5 Tahun	97
Gambar 4.5	Dinamika Individu Terinfeksi Asimtomatik Usia < 5 Tahun	98
Gambar 4.6	Dinamika Individu Sembuh Usia < 5 Tahun	99
Gambar 4.7	Dinamika Individu Rentan Usia ≥ 5 Tahun	99
Gambar 4.8	Dinamika Individu Terpapar Usia ≥ 5 Tahun	100
Gambar 4.9	Dinamika Individu Terinfeksi Simtomatik Usia ≥ 5 Tahun	101
Gambar 4.10	Dinamika Individu Terinfeksi Asimtomatik Usia $\geq$ 5 Tahun	102
Gambar 4.11	Dinamika Individu Sembuh Usia ≥ 5 Tahun	102
Gambar 4.12	Dinamika Nyamuk Rentan	103
Gambar 4.13	Dinamika Nyamuk Terinfeksi	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data	114
Lampiran 2	Perhitungan Nilai Parameter	116
Lampiran 3	Sintaks Maple Menentukan Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)	127
Lampiran 4	Sintaks Maple Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit dan Titik Ekuilibrium Endemik	131
Lampiran 5	Sintaks Maple Simulasi Numerik	134

