

DINAMIKA PENULARAN PENYAKIT MALARIA: MODEL SEIRS DENGAN PENGARUH MUSIM DAN KAMPANYE KESADARAN

MUHAMAD ARYA WALIYUDIN



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Dinamika Penularan Penyakit Malaria: Model SEIRS dengan Pengaruh Musim dan Kampanye Kesadaran” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Muhamad Arya Waliyudin
G5401221029

ABSTRAK

MUHAMAD ARYA WALIYUDIN. Dinamika Penularan Penyakit Malaria: Model SEIRS dengan Pengaruh Musim dan Kampanye Kesadaran. Dibimbing oleh PAIAN SIANTURI dan ALI KUSNANTO.

Penelitian ini merekonstruksi model matematika SEIRS dengan pengaruh musim dan kampanye kesadaran untuk menganalisis dinamika malaria di Indonesia melalui penentuan titik tetap, ambang keberlangsungan populasi nyamuk (R), bilangan reproduksi dasar (R_0), dan kestabilan lokal. Estimasi parameter menggunakan *Least Squares* pada data insidensi *incidence of malaria per 1000 population at risk* Indonesia periode 2000–2024 WHO menghasilkan $R_0 = 1.4629$ dan $R = 10.8620$, menandakan malaria dan vektornya tetap bertahan. Analisis sensitivitas dan simulasi Runge-Kutta orde 4(5) mengonfirmasi bahwa peningkatan laju kematian nyamuk dewasa (η) serta penurunan transmisi nyamuk-manusia (β_2) yang berfluktuasi secara musiman efektif menurunkan R_0 . Selain itu, kampanye kesadaran global (ω) dan lokal (δ) terbukti mempercepat peralihan populasi manusia ke kelompok sadar sehingga menekan jumlah nyamuk infeksiif secara drastis. Disimpulkan bahwa pengendalian vektor, pengurangan kontak nyamuk-manusia, dan optimalisasi kampanye merupakan strategi paling efektif menekan malaria di Indonesia.

Kata kunci: kampanye kesadaran, malaria, model SEIRS, pengaruh musim, simulasi numerik.

ABSTRACT

MUHAMAD ARYA WALIYUDIN. Dynamics of Malaria Transmission: SEIRS Model with Seasonality and Awareness Campaign Effects. Supervised by PAIAN SIANTURI and ALI KUSNANTO.

This study reconstructs an SEIRS mathematical model incorporating seasonality and awareness campaigns to analyze malaria dynamics in Indonesia by determining equilibrium points, mosquito regulatory threshold (R), basic reproduction number (R_0), and local stability. Parameter estimation using Least Squares on WHO incidence of malaria per 1000 population at risk in Indonesia 2000–2024 yielded $R_0 = 1.4629$ and $R = 10.8620$, indicating both malaria and its vectors persist. Sensitivity analysis and 4th-5th order Runge-Kutta simulations confirm that increasing adult mosquito mortality (η) and decreasing mosquito-to-human transmission (β_2) which fluctuates seasonally, effectively reduce R_0 . Furthermore, global (ω) and local (δ) awareness campaigns accelerate human transition to the aware group, drastically suppressing the infective mosquito population. In conclusion, vector control, reducing human-mosquito contact, and optimizing awareness campaigns are the most effective strategies to mitigate malaria in Indonesia.

Keywords: awareness campaign, malaria, numerical simulation, seasonality, SEIRS model.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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.

DINAMIKA PENULARAN PENYAKIT MALARIA: MODEL SEIRS DENGAN PENGARUH MUSIM DAN KAMPANYE KESADARAN

MUHAMAD ARYA WALIYUDIN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan 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 Skripsi:
Bidayatul Masulah, S.Si., M.Sc.



Judul Skripsi : Dinamika Penularan Penyakit Malaria: Model SEIRS dengan
Pengaruh Musim dan Kampanye Kesadaran

Nama : Muhamad Arya Waliyudin

NIM : G5401221029

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Drs. Paian Sianturi

Pembimbing 2:

Drs. Ali Kusnanto, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si., M.Fin.Math.

NIP. 197902272005011001

Tanggal Ujian: 10 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



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 September 2025 sampai bulan Agustus 2026 ini ialah pemodelan matematika, dengan judul “Dinamika Penularan Penyakit Malaria: Model SEIRS dengan Pengaruh Musim dan Kampanye Kesadaran”.

Penyusunan karya ilmiah ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Paian Sianturi dan Bapak Drs. Ali Kusnanto, M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang diberikan selama penyusunan tugas akhir. Penulis juga berterima kasih kepada Ibu Bidayatul Masulah, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji atas kritik dan saran dalam penyempurnaan karya ilmiah ini.
2. Para dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Matematika IPB atas ilmu, pengalaman, serta bantuan yang penulis terima selama menempuh pendidikan.
3. Bapak Zaenal Arifin dan Ibu Aliyani, selaku orang tua penulis, serta keluarga dan kerabat yang selalu menyertai perjalanan penulis melalui doa, perhatian, dan dukungan. Terima kasih atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan.
4. Riana, *partner* sekaligus sahabat. Terima kasih atas kehadiran, semangat, dukungan, dan kesediaannya menjadi tempat penulis berbagi berbagai cerita selama proses menyelesaikan studi.
5. Iftarr, Mualim, Galuh, Adzka, serta sahabat dan teman-teman lainnya yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih untuk waktu yang telah dilalui bersama, serta berbagai cerita dan kebersamaan yang membuat masa perkuliahan menjadi lebih berkesan.
6. Rekan-rekan Divisi Premium Management PT Allianz Life Indonesia atas pengalaman, kebersamaan, dan kesempatan mengenal dunia profesional yang menjadi bagian dari perjalanan penulis selama menyelesaikan studi.
7. Untuk diri penulis sendiri, terima kasih karena tetap berusaha ketika keadaan tidak selalu mudah, tetap menyelesaikan apa yang telah dimulai, dan berani bertanggung jawab atas setiap pilihan yang telah diambil.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi. Penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Bogor, Agustus 2026

Muhamad Arya Waliyudin

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 SEIRS	3
2.2 Persamaan Diferensial	3
2.3 Titik Tetap	3
2.4 Bilangan Reproduksi Dasar	4
2.5 Nilai Eigen dan Vektor Eigen	4
2.6 Kriteria Routh–Hurwitz	4
2.7 Analisis Kestabilan	5
2.8 Metode Runge-Kutta	6
2.9 Analisis Sensitivitas	7
2.10 <i>Seasonality</i> pada Penyebaran Malaria	7
III METODE	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	9
4.1 Rekonstruksi Model	9
4.2 Analisis Matematis	13
4.3 Penentuan Parameter Simulasi dan Analisis Numerik	25
4.4 Simulasi Numerik	33
V SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	60
RIWAYAT HIDUP	62

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.



DAFTAR TABEL

1	Deskripsi parameter model pada populasi manusia	12
2	Deskripsi parameter model pada populasi nyamuk	13
3	Deskripsi parameter model dalam kampanye kesadaran	13
4	Nilai parameter model malaria yang digunakan dalam simulasi	26
5	Hasil perhitungan indeks sensitivitas terhadap parameter R_0	28
6	Kondisi awal model malaria	30
7	Titik tetap bebas penyakit numerik	30
8	Titik tetap endemik numerik	31
9	Nilai eigen matriks Jacobian pada titik tetap bebas penyakit	31
10	Nilai eigen matriks Jacobian pada titik tetap endemik	32
11	Nilai Hasil simulasi pengaruh penurunan laju kematian nyamuk (η) terhadap nilai R_0 dan R	36
12	Nilai Hasil simulasi pengaruh peningkatan laju kematian nyamuk (η) terhadap nilai R_0 dan R	38
13	Nilai Hasil simulasi pengaruh penurunan laju penularan nyamuk ke manusia (β_2) terhadap nilai R_0 dan R	42
14	Nilai Hasil simulasi pengaruh peningkatan laju penularan nyamuk ke manusia (β_2) terhadap nilai R_0 dan R	44
15	Pengaruh penurunan ω terhadap nilai R dan R_0	47
16	Pengaruh peningkatan ω terhadap nilai R dan R_0	49
17	Pengaruh penurunan δ terhadap nilai R dan R_0 .	51
18	Pengaruh peningkatan δ terhadap nilai R dan R_0 .	53

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir kompartemen SEIRS	11
2	Grafik hasil <i>fitting model</i> terhadap data observasi	27
3	Dinamika Populasi Manusia pada model penyebaran malaria	34
4	Peta Dinamika populasi nyamuk pada model penyebaran malaria	35
5	Pengaruh penurunan η terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	37
6	Pengaruh peningkatan η terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	39
7	Fungsi <i>Seasonality</i>	41
8	Laju penularan nyamuk ke manusia yang dipengaruhi <i>seasonality</i>	42
9	Pengaruh penurunan β_2 terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	43
10	Pengaruh peningkatan β_2 terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	45
11	Pengaruh penurunan ω terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	48
12	Pengaruh peningkatan ω terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	50



13	Pengaruh penurunan δ terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	52
14	Pengaruh peningkatan δ terhadap dinamika populasi manusia dan nyamuk	54

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode komputasi model SEIRS menggunakan perangkat lunak Python	60
2	Variabel estimasi parameter dan <i>fitting model</i>	61



@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.