ANALISIS MODEL PENYEBARAN DBD DENGAN PARAMETER KONTROL GERAKAN 3M (MENGURAS, MENUTUP, MENGUBUR)

(Studi Kasus: Kota Pontianak 2023)

MARSIANA ELSA DEVIANI
H1011211051

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

ANALISIS MODEL PENYEBARAN DBD DENGAN PARAMETER KONTROL GERAKAN 3M (MENGURAS, MENUTUP, MENGUBUR)

(Studi Kasus: Kota Pontianak 2023)

MARSIANA ELSA DEVIANI
H1011211051

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Matematika Program Studi Matematika

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Analisis Model Penyebaran DBD Dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M (Menguras, Menutup, Mengubur)
Nama Mahasiswa	: Marsiana Elsa Deviani
NIM	: H1011211051
Jurusan/Program Studi	: Matematika/Matematika
Tanggal Lulus	: 16 Juni 2025
SK Pembimbing	: Nomor 2567/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 2 September 2024
SK Penguji	: Nomor 1773/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 12 Juni 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Evi Noviani, M.Si., CFrA.	Yudhi, M.Si.
NIP 198402292006042001	NIP 198504072019031004

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Bayu Prihandono, M.Sc.	Dr. Nilamsari Kusumastuti, M.Sc.
NIP 197911152005011003	NIP 198105102005012003
Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Evi Noviani, M.Si., CFrA.	Yudhi, M.Si.
NIP 198402292006042001	NIP 198504072019031004

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marsiana Elsa Deviani

NIM : H1011211051

Program Studi/ Jurusan : Matematika/Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 16 Juni 2025

Marsiana Elsa Deviani
H1011211051

Analisis Model Penyebaran DBD Dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M (Menguras, Menutup, Mengubur) (Studi Kasus: Kota Pontianak 2023)

Abstrak

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksius yang ditularkan melalui nyamuk Aedes aegypti dan Aedes albopictus, yang berkembang biak di wilayah tropis dengan curah hujan tinggi. Kondisi iklim Indonesia yang hangat dan lembap menciptakan lingkungan ideal bagi nyamuk ini, menjadikan DBD sebagai isu penting dalam kesehatan masyarakat. Pada tahun 2023, tercatat 114.720 kasus DBD secara nasional, dengan Pontianak mengalami kenaikan signifikan dari 37 kasus pada tahun 2022 menjadi 128 kasus di tahun 2023. Penelitian ini memiliki tujuan memodelkan dinamika penyebaran DBD menggunakan pendekatan matematis model SIR (rentan-terinfeksi-sembuh) untuk populasi manusia dan ASI (fase akuatik-rentan-terinfeksi) untuk populasi nyamuk, serta menganalisis efektivitas Gerakan 3M (menguras, menutup, mengubur) dalam mengendalikan penyakit Kota Pontianak tahun 2023. Analisis dilakukan dengan menentukan titik ekuilibrium, menghitung bilangan reproduksi dasar ($\mathcal{R}_0$), dan menganalisis kestabilan sistem melalui simulasi numerik. Hasil menunjukkan bahwa titik ekuilibrium bebas penyakit stabil asimtotik lokal ketika $\mathcal{R}_0 < 1$, yang berarti sistem cenderung kembali ke kondisi bebas penyakit meskipn ada gangguan kecil. Sebaliknya, pada kodisi ini titik ekuilibrium endemik tidak stabil. Ketika $\mathcal{R}_0 > 1$, kedua titik ekuilibrium tidak stabil, mengindikasikan potensi penyebaran penyakit yang signifikan dalam populasi. Simulasi numerik mengkonfirmasi bahwa peningkatan efektivitas Gerakan 3M menurunkan $\mathcal{R}_0$ secara signifikan, sehingga memperlambat atau menghentikan penyebaran DBD di Pontianak. Hasil simulasi konsisten dengan analisis kestabilan, memperkuat bahwa Gerakan 3M adalah strategi pengendalian lingkungan yang efektif dan berkelanjutan untuk mengurangi risiko penularan DBD di Pontianak.

Kata kunci: Demam Berdarah Dengue, model SIR-ASI, Gerakan 3M, bilangan reproduksi dasar, kestabilan.

Dengue Transmission Model Analysis With 3M Based Control Measuring (Draining, Covering, Burying) (Case Study: Pontianak City 2023)

Abstract

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is an infectious disease transmitted by Aedes aegypti and Aedes albopictus mosquitoes, which breed in tropical regions with high rainfall. Indonesia's warm and humid climate provides an ideal environment for these mosquitoes, making dengue a major public health concern. In 2023, a total of 114,720 dengue cases were reported nationwide, with Pontianak experiencing a significant increase from 37 cases in 2022 to 128 cases in 2023. This study aims to model the dynamics of dengue transmission using a mathematical approach based on the SIR (Susceptible–Infected–Recovered) model for the human population and the ASI (Aquatic Phase–Susceptible–Infected) model for the mosquito population. It also analyzes the effectiveness of the 3M Movement (draining, covering, burying) as a disease control strategy in Pontianak in 2023. The analysis includes determining equilibrium points, calculating the basic reproduction number ($\mathcal{R}_0$), and evaluating system stability through numerical simulations. The results show that the disease-free equilibrium is locally asymptotically stable when $\mathcal{R}_0 <1$, meaning the system tends to return to a disease-free state even with small disturbances. Conversely, under this condition, the endemic equilibrium is unstable. When $\mathcal{R}_0 > 1$, both equilibrium points become unstable, indicating the potential for significant disease spread in the population. Numerical simulations confirm that increasing the effectiveness of the 3M Movement can significantly reduce $\mathcal{R}_0$, thereby slowing or even halting the transmission of dengue in Pontianak. The simulation results are consistent with the stability analysis, reinforcing that the 3M Movement is an effective and sustainable environmental control strategy to reduce the risk of dengue transmission in Pontianak.

Keywords: Dengue Hemorrhagic Fever, SIR-ASI model, 3M Movement, basic reproduction number, system stability.

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis haturkan kehadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Model Penyebaran DBD dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M (Menguras, Menutup, Mengubur)" studi kasus Kota Pontianak 2023. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis dalam berbagai bentuk. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada:

1. Sang Juru Selamat Tuhan yang Maha Esa dan Bunda Maria yang senantiasa mengiringi langkah dan masa depan penulis yang penuh harapan.
2. Ibu Mariatul Kiftiah, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Bayu Prihandono, M.sc. selaku dosen pembimbing akademik di masa perkuliahan penulis yang telah memberikan saran serta bimbingan untuk perkuliahan yang dijalani penulis.
3. Ibu Dr. Evi Noviani, M.Si., CFrA. dan Bapak Yudhi, M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan dan motivasi dengan sabar selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Bayu Prihandono, M.sc. dan Ibu Dr. Nilamsari Kusumastuti, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berharga untuk penyempurnaan skripsi ini.
5. Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura yang tidak dapat penulis sebut satu persatu karena telah memberikan banyak ilmu dan masukan kepada penulis.
6. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Yohanes Anes dan Ibu Yustina Nayan. Terima kasih atas kasih sayang, nasihat, segala pengorbanan, dan doa tulus yang selalu dipanjatkan. Terima kasih buat perjuangan yang tangguh meskipun bapak dan ibu tidak pernah duduk dibangku perkuliahan namun mereka berhasil membuat anak bungsunya ini menempuh pendidikan hingga sarjana. Semoga bapak dan ibu selalu sehat, panjang umur, dan bahagia.
7. Kepada kakak tercinta yaitu kak Dewi, kak Desi dan kak Pia. Terima kasih

selalu memberikan semangat dan uang jajan yang membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Yuni, Refhi, Vani, Liza, Vetro dan teman-teman prodi matematika angkatan 2021 yang telah memberikan motivasi, semangat dan masukkan kepada penulis.
9. Terakhir, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada diri sendiri, Marsiana Elsa Deviani. Terima kasih telah bertahan sejauh ini. Untuk setiap malam yang dihabiskan dalam kelelahan, setiap pagi yang disambut dengan keraguan namun tetap dijalani, serta setiap ketakutan yang berhasil dilawan dengan keberanian. Terima kasih kepada hati yang ikhlas, meski tidak semua hal berjalan sesuai harapan. Terima kasih kepada jiwa yang tetap kuat, meski berkali-kali hampir menyerah. Terima kasih kepada raga yang terus melangkah, meski lelah sering kali tak terlihat. Penulis bangga kepada diri sendiri yang telah mampu melewati berbagai fase sulit dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini. Semoga kedepannya, raga ini tetap kuat, hati tetap tegar, dan jiwa tetap lapang dalam menghadapi setiap proses kehidupan. Mari terus bekerja sama untuk tumbuh dan berkembang menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari. Namun, penulis menyadari pula keterbatasan kemampuan yang dimiliki untuk tugas akhir ini bisa terselesaikan. Oleh karena itu segala masukan sangat penulis harapkan agar tugas akhir ini bisa bermanfaat dan menjadi bagian referensi berbagai pihak.

Pontianak, 16 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR SIMBOL ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Tinjauan Pustaka 4
1.6 Metodologi Penelitian 5
BAB II LANDASAN TEORI **9**
2.1 Demam Berdarah Dengue 9
2.1.1 Morfologi Nyamuk Aedes aegypti dan Penularannya 9
2.1.2 Demam Berdarah Dengue Menurut WHO 10
2.2 Pemodelan Matematika 11
2.3 Persamaan Diferensial 12
2.3.1 Persamaan diferensial biasa (PDB) 12
2.4 Sistem Persamaan Diferensial 13
2.5 Titik Ekuilibrium 15
2.6 Linearisasi 16
2.7 Nilai Eigen 19
2.8 Kestabilan Titik Ekuilibrium 21
2.9 *Next Generation Matrix* 22

2.10 Nilai Eigen Dominan 24
2.11 Bilangan Reproduksi Dasar 25
2.12 Kriteria Routh-Hurwitz 25
BAB III ANALISIS DAN SIMULASI MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN DBD DENGAN GERAKAN 3M 27
3.1 Asumsi Dasar Model Matematika 27
3.2 Variabel dan Parameter Model Matematika 28
3.3 Model Matematika 29
3.4 Titik Ekuilibrium Model 35
3.4.1 Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit 36
3.4.2 Titik Ekuilibrium Endemik Penyakit 36
3.5 Bilangan Reproduksi Dasar 37
3.6 Linearisasi Model 41
3.7 Analisis Kestabilan Sistem di Sekitar Titik Ekuilibrium 42
3.8 Simulasi Numerik Titik Ekuilibrium EndemiK Penyakit 46
3.9 Simulasi Numerik 52
BAB IV KESIMPULAN 56
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Kestabilan 22
Tabel 2.2 Tabel Routh-Hurwitz 26
Tabel 3.1 Variabel Model Penyebaran Penyakit DBD 28
Tabel 3.2 Parameter Model Penyebaran Penyakit DBD 29
Tabel 3.3 Nilai Parameter pada Model 48
Tabel 3.4 Tabel Routh-Hurwitz Untuk Titik TK_3 49
Tabel 3.5 Tabel Routh-Hurwitz Untuk Titik TK_4 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Flowchart Penyebaran DBD dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M ..8
Gambar 2.1 Diagram Langkah-Langkah Pemodelan Matematika 11
Gambar 3.1 Diagram Transfer Model Penyebaran DBD dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M.....35
Gambar 3.2 Dinamika Subpopulasi S_h Dengan Berbagai Nilai u..... 53
Gambar 3.3 Dinamika Subpopulasi I_h Dengan Berbagai Nilai u 53
Gambar 3.4 Dinamika Subpopulasi R_h Dengan Berbagai Nilai u 53
Gambar 3.5 Dinamika Subpopulasi A_v Dengan Berbagai Nilai u 54
Gambar 3.6 Dinamika Subpopulasi S_v Dengan Berbagai Nilai u..... 54
Gambar 3.7 Dinamika Subpopulasi I_v Dengan Berbagai Nilai u 54

DAFTAR SIMBOL

N_h : Total populasi manusia

N_v : Total populasi nyamuk sebagai vektor

S_h : Subpopulasi manusia rentan terhadap penyakit DBD

I_h : Subpopulasi manusia terjangkit penyakit DBD

R_h : Subpopulasi manusia sembuh dari penyakit DBD

A_v : Subpopulasi nyamuk pada fase akuatik

S_v : Subpopulasi nyamuk rentan terhadap penyakit DBD

I_v : Subpopulasi nyamuk terjangkit penyakit DBD

A_h : Laju kelahiran populasi manusia per kapita

b : Rata-rata jumlah gigitan nyamuk kepada manusia

β_h : Rata-rata keberhasilan penularan pada manusia

β_v : Rata-rata keberhasilan penularan pada nyamuk

μ_h : Laju kematian alami manusia

μ_v : Laju kematian alami nyamuk

μ_A : Laju kematian alami larva

δ_h : Laju perubahan populasi manusia dari subpopulasi sembuh (R_h) kembali menjadi rentan (S_h)

γ_h : Tingkat pemulihan manusia

ϕ : Rata – rata jumlah telur

k : Rasio jumlah larva nyamuk pada tiap individu manusia

η_v : Laju transisi populasi nyamuk dari fase akuatik (A_v) ke subpopulasi nyamuk dewasa rentan (S_v)

u : Proporsi 3M yang diterapkan untuk mengurangi rasio jumlah larva nyamuk pada tiap individu manusia

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Sintaks Mencari Titik Ekuilibrium 62

Lampiran II Nilai a_i Pada TK_3 65

Lampiran III Sintaks Simulasi Numerik 78

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun, menjadi salah satu wilayah yang paling rawan terhadap penyebaran penyakit demam berdarah dengue. Penyakit demam berdarah dengue atau yang biasa dikenal dengan DBD adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus dengue. Penyakit ini ditularkan melalui gigitan nyamuk Aedes aegypti betina, yang merupakan vektor utama penyebaran virus tersebut. Spesies lain (Aedes albopictus) dalam genus Aedes juga dapat berperan sebagai vektor, tetapi kontribusi spesies tersebut adalah sebagai vektor sekunder (Sandy, 2024). Nyamuk Aedes aegypti berkembang biak di tempat-tempat genangan air, seperti selokan, vas atau pot tanaman, tempat minum hewan peliharaan, kolam renang, tempat sampah atau barang bekas yang terisi air hujan. Curah hujan yang tinggi di berbagai wilayah Indonesia berpotensi munculnya tempat perkembangbiakan nyamuk sehingga mempercepat penyebaran penyakit ini di masyarakat. Oleh karena itu, DBD menjadi ancaman kesehatan masyarakat yang serius di Indonesia, dengan angka kasus yang terus meningkat dan penyebarannya semakin luas (Sandy, 2024). Menurut data Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, kasus DBD di Indonesia beberapa tahun terakhir ini mengalami naik turun. Pada tahun 2021 terjadi 73.518 kasus DBD, tahun 2022 terjadi 143.176 kasus DBD, dan *update* satu tahun terakhir tahun 2023 terjadi 114.720 kasus DBD di Indonesia.

Kalimantan Barat, salah satu provinsi di Indonesia merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap penyebaran DBD, terkhususnya di Kota Pontianak. Menurut data Dinas Kesehatan Kota Pontianak, dari tahun 2019 sampai 2021 terjadi penurunan kasus DBD, namun pada tahun 2022 berlanjut ke tahun 2023 mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Pada tahun 2019 ada 106 kasus DBD, 2020 ada 27 kasus DBD dan 2021 ada 16 kasus DBD. Sementara untuk tahun 2022 ada kasus 37 DBD dan tahun 2023 ada 128 kasus DBD.

Kasus DBD yang meningkat signifikan pada tahun 2022 dan 2023 khususnya di wilayah rawan seperti Kota Pontianak, memerlukan analisis mendalam

menggunakan model matematika. Model penyebaran yang peneliti gunakan adalah model SIR pada populasi manusia dan model ASI pada populasi nyamuk. Model SIR *(Susceptible-Infected-Recovered)* membagi populasi menjadi kelompok rentan (*Susceptible*), terjangkit (*Infected*), dan sembuh (*Recovered*). Sementara itu, model ASI (*Aquatic Phase-Suspectible-Infected)* mencakup fase akuatik (telur, larva, pupa), nyamuk rentan (*Suspectible*), dan nyamuk terinfeksi yang menularkan virus ke manusia (*Infected*). Kombinasi kedua model ini memberikan gambaran menyeluruh tentang dinamika penyebaran DBD, sehingga mendukung strategi pengendalian yang lebih efektif.

Sebagai salah satu upaya pencegahan, pemerintah Indonesia mendorong masyarakat untuk melakukan pengendalian vektor nyamuk melalui program Gerakan 3M (Menguras, Menutup dan Mengubur). Program ini melibatkan menguras tempat penampungan air, menutup tempat-tempat penampungan air, dan mengubur barang-barang bekas yang bisa menampung air hujan. Dengan cara ini, siklus hidup nyamuk dapat diputus sehingga resiko penyebaran penyakit berkurang. Meskipun program Gerakan 3M merupakan metode yang efektif, keberhasilannya sangat bergantung pada konsistensi dan partisipasi masyarakat dalam melaksanakannya.

Dengan adanya penelitian pengembangan model SIR dan ASI serta program Gerakan 3M pada penyebaran DBD, diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengendalian DBD di Indonesia terkhusus di Kota Pontianak, serta menyusun strategi berbasis data yang lebih efektif untuk menekan angka penyebaran penyakit. Model matematika SIR dan ASI yang melibatkan program pengendalian Gerakan 3M untuk kasus penyebaran DBD di Kota Pontianak akan membantu dalam memahami dinamika penyebaran penyakit secara lebih mendalam serta menentukan kondisi-kondisi dimana penyakit dapat dikendalikan atau diberantas. Ini akan memungkinkan evaluasi yang lebih akurat terhadap dampak program Gerakan 3M dalam mengurangi angka kematian yang disebabkan oleh penyakit ini, serta memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan dalam upaya pengendalian yang lebih efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka yang menjadi rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membentuk model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M?
2. Bagaimana mencari titik ekuilibrium model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter Gerakan 3M?
3. Bagaimana mencari bilangan reproduksi dasar $(\mathcal{R}_0)$ model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M?
4. Bagaimana menganalisis kestabilan model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M?
5. Bagaimana simulasi numerik model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M di Kota Pontianak tahun 2023?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat model matematika kasus penyebaran penyakit DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M.
2. Mencari titik ekuilibrium model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M.
3. Mencari bilangan reproduksi dasar $(\mathcal{R}_0)$ model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M.
4. Mencari analisis stabilitas model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M
5. Simulasi numerik model matematika kasus penyebaran DBD dengan parameter kontrol Gerakan 3M di Kota Pontianak tahun 2023.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini disusun berdasarkan batasan untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dipecahkan, permasalahan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data kasus DBD. Data studi kasus dalam penelitian adalah Kota Pontianak, Kalimantan Barat tahun 2023.

2. Terdapat tiga subpopulasi dalam populasi manusia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu subpopulasi *Susceptible(S)* atau rentan, subpopulasi *Infected(I)* atau terjangkit, dan subpopulasi *Recovered(R)* atau sembuh. Dan terdapat tiga subpopulasi dalam populasi nyamuk sebagai vektor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu subpopulasi *Aquatic Phase (A)* atau fase akuatik, subpopulasi *Susceptible(S)* atau rentan, dan subpopulasi *Infected(I)* atau terjangkit.

1.5 Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai pemodelan matematika pada penyebaran penyakit DBD yang dijadikan acuan pada penelitian ini, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh penelitian yang dilakukan oleh (Sabran & Jannah, 2020). Dalam penelitian tersebut, pemodelan matematika menggunakan model SEIRS-SEI pada penyebaran penyakit demam berdarah dengan pengaruh suhu. Dari hasil simulasi numerik model SEIRS-SEI untuk perubahan populasi manusia, pada suhu 34℃ banyak nyamuk yang mati. Hal ini mengakibatkan manusia *susceptible* meningkat dan manusia *eksposed, infected*, serta *recovered* menurun. Begitu juga untuk hasil simulasi perubahan populasi nyamuk, pada suhu 34℃ manusia *infected* sedikit, sehingga populasi nyamuk *eksposed* dan *infected* berkurang yang mengakibatkan nyamuk *susceptible* menjadi lebih banyak.

Selanjunya terdapat penelitian dengan pengembangan model lain yaitu (Bustamam et al., 2018). Dalam penelitian tersebut, pemodelan matematika menggunakan model SVIR-ASI pada penyebaran penyakit demam berdarah dengan pengaruh *fogging,* penaburan bubuk abate dan pengendalian 3M. Dari hasil simulasi numerik model diperoleh bahwa *fogging* adalah strategi terbaik untuk intervensi jangka panjang guna mengurangi populasi nyamuk dan manusia yang terinfeksi. Namun, untuk intervensi jangka pendek, vaksinasi pada populasi orang dewasa adalah cara terbaik untuk mengurangi jumlah orang yang terinfeksi. Kemudian, intervensi menggunakan pengasapan, selain mengurangi wabah, juga dapat menunda terjadinya wabah untuk beberapa waktu. Kami juga menemukan bahwa meskipun strategi intervensi periodik menggunakan pengasapan tidak

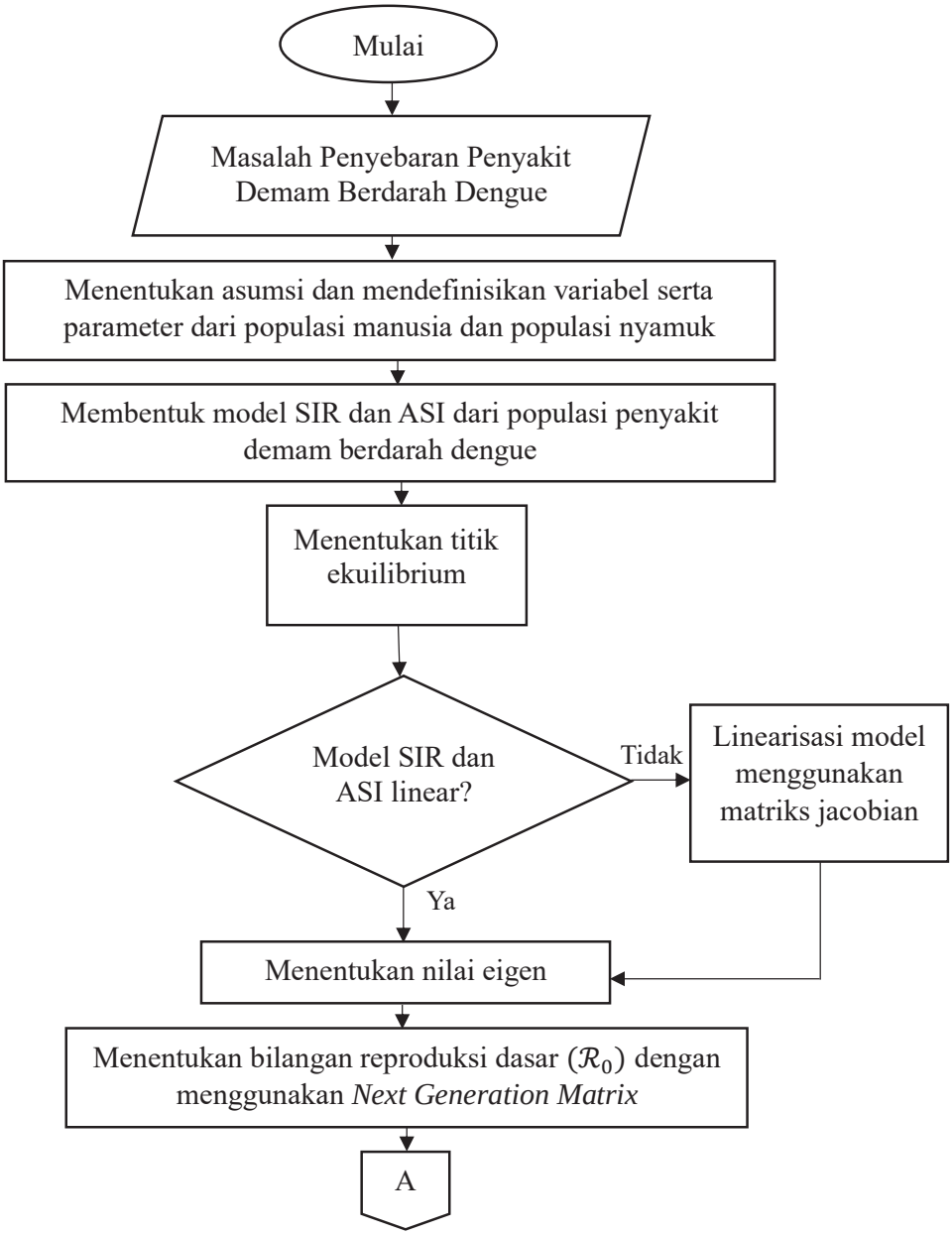
seefisien intervensi konstan dalam mengurangi jumlah manusia dan nyamuk yang terinfeksi, perbedaannya hanya sedikit.

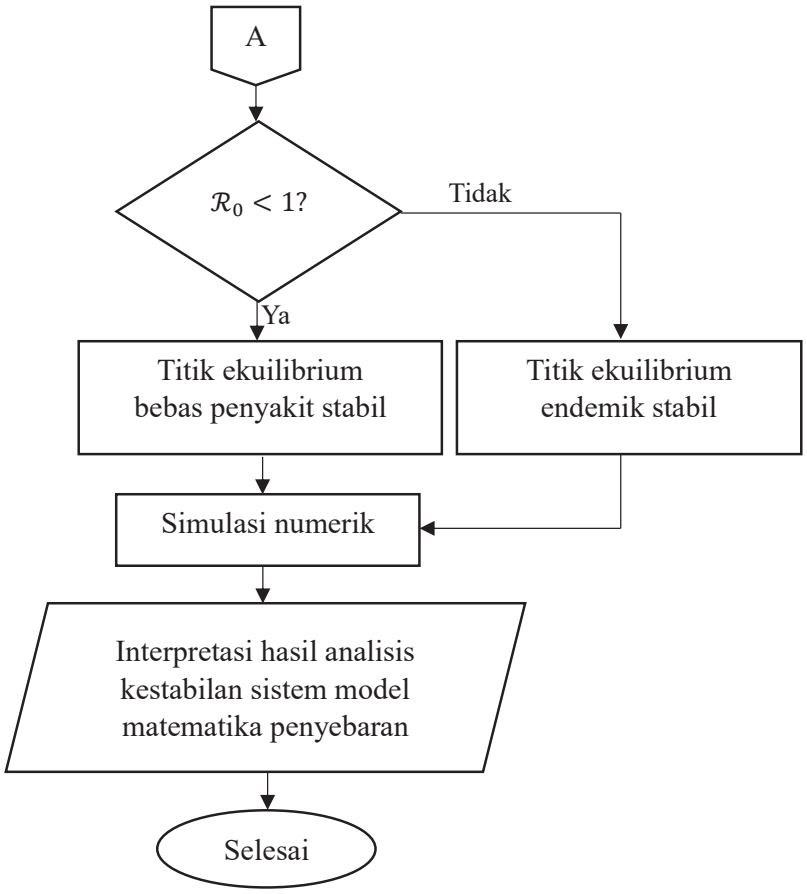
1.6 Metodologi Penelitian

Model matematika terhadap kasus penyebaran penyakit demam berdarah dengue diperoleh karena penyakit DBD ini merupakan jenis penyakit menular yang masih saja ada dari dulu hingga saat ini untuk kasusnya serta berbagai upaya pengendalian penyebaran penyakit sudah banyak dilakukan terutama dengan program Gerakan 3M yang sudah sering kali ada penyuluhannya. Studi literatur dilakukan dengan mencari berbagai sumber referensi yang berkaitan dengan angka kematian DBD, angka kasus/kesakitan DBD, model-model sebaran penyakit untuk populasi manusia, serta model-model sebaran penyakit untuk populasi nyamuknya. Selanjutnya disusun beberapa asumsi dan didefinisikan beberapa parameter. Model sebaran penyakit populasi manusia yang digunakan adalah model SIR (*Susceptible-Infected-Recovered*). Model SIR adalah model yang membagi populasi manusia menjadi tiga subpopulasi, yaitu subpopulasi *susceptible(S)* merupakan jumlah individu yang rentan terhadap penyakit; subpopulasi *infected(I)* merupakan jumlah individu yang terjangkit atau terinfeksi penyakit; dan subpopulasi *recovered(R)* merupakan jumlah individu yang telah sembuh dari penyakit. Sementara model sebaran penyakit populasi nyamuk yang digunakan adalah model ASI (*Aquatic Phase-Suscpetible-Infected*). Model ASI adalah model yang membagi populasi nyamuk menjadi tiga subpopulasi, yaitu subpopulasi *Aquatic Phase (A)* merupakan jumlah individu nyamuk dalam fase akuatik yang meliputi tahap telur, larva dan kepompong; subpopulasi *susceptible(S)* merupakan jumlah individu nyamuk yang rentan terhadap penyakit; dan subpopulasi *infected(I)* merupakan jumlah individu nyamuk yang telah terinfeksi virus dan dapat menularkannya. Setelah itu dibangun model penyebarannya dengan memperhatikan parameter kontrol program Gerakan 3M hingga membentuk diagram alir penyebaran penyakit demam berdarah dengue dengan parameter kontrol program Gerakan 3M.

Dari model yang diperoleh akan dicari titik ekuilibrium, kemudian dilihat dari sistem yang terbentuk linear atau tidak, jika sistem linear maka langkah selanjutnya ditentukan nilai eigen, jika tidak maka dilinerisasikan dengan menggunakan

matriks Jacobian. Setelah nilai eigen diperoleh, ditentukan nilai reproduksi dasar ($\mathcal{R}_0$) dengan menggunakan metode *Next Generation Matrix*. Jika $\mathcal{R}_0$ kurang dari satu maka titik ekuilibrium bebas penyakit stabil. Jika $\mathcal{R}_0$ lebih dari satu maka titik ekuilibrium endemik stabil. Langkah selanjutnya dilakukan simulasi numerik sistem model matematika terhadap penyebaran penyakit demam berdarah dengue di Kota Pontianak data tahun 2023. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian permasalahan ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:


Mulai
Masalah Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue
Menentukan asumsi dan mendefinisikan variabel serta parameter dari populasi manusia dan populasi nyamuk
Membentuk model SIR dan ASI dari populasi penyakit demam berdarah dengue
Menentukan titik ekuilibrium
Model SIR dan ASI linear?
Tidak
Linearisasi model menggunakan matriks jacobian
Ya
Menentukan nilai eigen
Menentukan bilangan reproduksi dasar ($\mathcal{R}_0$) dengan menggunakan *Next Generation Matrix*
A



Gambar 1.1 Flowchart Penyebaran DBD dengan Parameter Kontrol Gerakan 3M