ANALISIS DAN SIMULASI NUMERIK MODEL PENYAKIT DIABETES MELITUS DI KALIMANTAN BARAT

EKA NISRYNA YAQIN
H1011221011

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

ANALISIS DAN SIMULASI NUMERIK MODEL PENYAKIT DIABETES MELITUS DI KALIMANTAN BARAT

EKA NISRYNA YAQIN
H1011221011

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

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Analisis dan Simulasi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus di Kalimantan Barat
Nama Mahasiswa	: Eka Nisryna Yaqin
NIM	: H1011221011
Jurusan/Program Studi	: Matematika/Matematika
Tanggal Lulus	: 15 Juli 2026
SK Pembimbing	: No. 3898/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 8 Juli 2026
SK Penguji	: No. 3989/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 9 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Meliana Pasaribu, S.Pd., M.Sc.	Dr. Bayu Prihandono, S.Si., M.Sc.
NIP 198710192019032006	NIP 197911152005011003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Yudhi, S.Si., M.Si.	Dr. Nilamsari Kusumastuti, S.Si., M.Sc.
NIP 198504072019031004	NIP 198105102005012003
Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Meliana Pasaribu, S.Pd., M.Sc.	Dr. Bayu Prihandono, S.Si., M.Sc.
NIP 198710192019032006	NIP 197911152005011003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

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

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Nisryna Yaqin

NIM : H1011221011

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, 1 Januari 2026

Eka Nisryna Yaqin
NIM H1011221011

Analisis dan Simulasi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus

Di Kalimantan Barat

Abstrak

Diabetes melitus merupakan penyakit kronis dengan jumlah penderita yang terus meningkat setiap tahun sehingga menjadi masalah kesehatan masyarakat. Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat mencatat jumlah kasus diabetes meningkat dari 63.885 kasus pada tahun 2023 menjadi 64.828 kasus pada tahun 2024. Kondisi tersebut memerlukan pendekatan matematis untuk merepresentasikan dinamika perubahan populasi sehingga perkembangan jumlah penderita dapat diprediksi. Penelitian ini bertujuan menentukan solusi numerik model matematika penyakit diabetes menggunakan metode Runge Kutta orde 4 dan menganalisis hasil simulasi numerik untuk memprediksi jumlah penderita diabetes di Kalimantan Barat 5 tahun ke depan. Model yang digunakan dalam penelitian ini membagi populasi penderita diabetes menjadi subpopulasi penderita diabetes tanpa komplikasi dan subpopulasi penderita diabetes dengan komplikasi yang dipengaruhi oleh laju kasus baru, perkembangan komplikasi, kesembuhan dari komplikasi, kematian alami, dan kematian akibat komplikasi. Solusi model diperoleh secara numerik menggunakan metode Runge Kutta orde 4 karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Simulasi numerik dilakukan menggunakan data kasus diabetes Provinsi Kalimantan Barat dan nilai parameter model dari beberapa literatur yang relevan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah penderita diabetes tanpa komplikasi diprediksi meningkat dari 46.935 orang menjadi 50.338 orang, sedangkan jumlah penderita diabetes dengan komplikasi diprediksi menurun dari 17.893 orang menjadi 11.386 orang pada tahun 2029. Total penderita diabetes diprediksi menurun dari 64.828 orang menjadi 61.724 orang pada tahun 2029 akibat laju pengurangan karena kematian alami dan kematian akibat komplikasi yang lebih besar daripada laju penambahan melalui kasus baru selama periode simulasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan dinamika perubahan setiap subpopulasi sesuai dengan asumsi yang digunakan.

Kata kunci: Dinamika Populasi, Metode Runge Kutta Orde 4, Model Matematika, Prediksi, Solusi Numerik

Analysis and Numerical Simulation of the Diabetes Mellitus Disease Model in West Kalimantan

Abstract

Diabetes mellitus is a chronic disease whose number of cases continues to increase every year, making it a public health concern. In West Kalimantan Province, the number of diabetes mellitus cases was reported by the West Kalimantan Provincial Health Office to have increased from 63,885 cases in 2023 to 64,828 cases in 2024. This condition requires a mathematical approach to represent the dynamics of population changes so that the future development of diabetes cases can be predicted. This study was conducted to determine the numerical solution of a mathematical model of diabetes mellitus using the fourth-order Runge Kutta method and to analyze the numerical simulation results in predicting the number of diabetes mellitus cases in West Kalimantan over the next five years. The mathematical model used in this study divides the diabetic population into two subpopulations, namely individuals with diabetes without complications and individuals with diabetes with complications. The model is influenced by the rates of new cases, progression to complications, recovery from complications, natural mortality, and mortality due to complications. The numerical solution of the model was obtained using the fourth-order Runge Kutta method because of its high level of accuracy. Numerical simulations were carried out using diabetes case data from West Kalimantan Province and model parameter values obtained from relevant literature. The simulation results indicate that the number of individuals with diabetes without complications is predicted to increase from 46.935 to 50.338 by 2029, while the number of individuals with diabetes with complications is predicted to decrease from 17.893 to 11.386. The total number of diabetes cases is predicted to decrease from 64.828 to 61.724 by 2029 because the reduction rate due to natural mortality and mortality caused by complications is greater than the increase rate resulting from new cases during the simulation period. These results indicate that the proposed model is capable of describing the dynamics of each subpopulation in accordance with the assumptions adopted in the model.

Keywords: Population Dynamics, Fourth-Order Runge Kutta Method, Mathematical Model, Prediction, Numerical Solution

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanallahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis dan Simulasi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus di Kalimantan Barat". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak, Mamak, Safa, Alpi serta keluarga besar Rajali yang penulis cintai dan sayangi. Terima kasih untuk doa yang tidak pernah putus, kepercayaan yang selalu diberikan, pengorbanan yang tak terhitung dan cinta serta kasih sayang yang menjadi kekuatan penulis untuk terus melangkah hingga di titik ini.
2. Ibu Meliana Pasaribu, M.Sc., dan Bapak Dr. Bayu Prihandono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing pertama dan kedua yang dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, serta arahan dalam penulisan skripsi.
3. Bapak Yudhi, M.Si., dan Ibu Nilamsari Kusumastuti, M.Sc., sebagai Dosen Penguji pertama dan kedua yang telah memberikan banyak masukkan dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi.
4. Ibu Nilamsari Kusumastuti, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak bimbingan, saran dan perhatian yang tulus selama perkuliahan.
5. Teman-teman ± 20, Angga dan Dani tidak lupa pula cewe-cewe *Jurrasic* tempat penulis mencurahkan segala isi hati, yang saling merangkul di masa-masa sulit, yang selalu memberikan dorongan, motivasi dan semangat dalam menyelesaikan Skripsi.

Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 1 Januari 2026

Eka Nisryna Yaqin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR SIMBOL xii
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 Diabetes Melitus (DM) 9
2.2 Pemodelan Matematika 10
2.3 Persamaan Diferensial 12
2.4 Metode Numerik 13
2.5 Metode Runge Kutta Orde 4 13
2.6 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 17
BAB III MODEL PENYAKIT DIABETES MELITUS 18
3.1 Asumsi Dasar Model Penyakit Diabetes Melitus 18
3.2 Variabel dan Parameter Model Penyakit Diabetes Melitus 19
3.3 Model Matematika Penyakit Diabetes Melitus 20

BAB IV ANALISIS DAN SIMULASI NUMERIK MODEL PENYAKIT DIABETES MELITUS 25

4.1 Analisis Galat dan Analisis Konvergensi Metode Runge Kutta orde 4 25

4.1.1. Analisis galat metode Runge Kutta orde 4 25

4.1.2. Analisis konvergensi metode Runge Kutta orde 4 28

4.2 Formulasi Model dalam Bentuk Runge Kutta Orde 4 31

4.3 Nilai Awal dan Parameter pada Model 32

4.4 Solusi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus 33

4.5 Simulasi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus 37

4.6 Akurasi Hasil Prediksi 39

BAB V PENUTUP 41

DAFTAR PUSTAKA 42

LAMPIRAN 45

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Nilai MAPE 17
Tabel 3. 1 Variabel Model Penyakit Diabetes Melitus..... 19
Tabel 3. 2 Parameter Model Penyakit Diabetes Melitus 19
Tabel 4. 1 Nilai Awal Variabel Model DC 32
Tabel 4. 2 Nilai Parameter Model DC 32
Tabel 4. 3 Nilai Fungsi Evaluasi Awal atau Koefisien Kemiringan Iterasi Pertama..... 35
Tabel 4. 4 Hasil Solusi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus di Kalimantan Barat 36
Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Menggunakan Data 2019 39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahapan Pemodelan Matematika..... 12
Gambar 3. 1 Diagram Transfer Penyakit Diabetes Melitus……..20
Gambar 4. 1 Laju Perubahan Subpopulasi Penderita Diabetes Melitus Tanpa Komplikasi……..37
Gambar 4. 2 Laju Perubahan Subpopulasi Penderita Diabetes Melitus Dengan Komplikasi 38
Gambar 4. 3 Laju Perubahan Total Populasi Penderita Diabetes Melitus..... 39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Python Metode Runge Kutta Orde 4..... 45
Lampiran 2 Program Python Simulasi tahun 2019 dan Nilai MAPE..... 48
Lampiran 3 Hasil Simulasi Numerik Prediksi Populasi Penderita Diabetes Melitus Menggunakan Metode Runge Kutta Orde 4 51
Lampiran 4 Hasil Simulasi tahun 2019 dan Nilai MAPE 61

DAFTAR SIMBOL

$\frac{dD}{dt}$	:	Laju perubahan jumlah populasi pada subpopulasi penderita diabetes melitus tanpa komplikasi terhadap waktu t $(orang\ per\ tahun)$
$\frac{dC}{dt}$	:	Laju perubahan jumlah populasi pada subpopulasi penderita diabetes melitus dengan komplikasi terhadap waktu t $(orang\ per\ tahun)$
$\frac{dN}{dt}$	:	Laju perubahan jumlah populasi total penderita diabetes melitus terhadap waktu t $(orang\ per\ tahun)$
Λ	:	Laju Insidensi atau laju kasus baru penderita penyakit diabetes melitus $(orang\ per\ tahun)$
α	:	Tingkat penderita diabetes melitus mengalami komplikasi $(per\ tahun)$
γ	:	Tingkat kesembuhan dari komplikasi $(per\ tahun)$
μ	:	Tingkat kematian alami $(per\ tahun)$
σ	:	Tingkat kematian akibat komplikasi $(per\ tahun)$

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus (DM) adalah suatu penyakit kronik ketika pankreas tidak dapat memproduksi insulin yang cukup atau ketika tubuh tidak mampu memanfaatkan insulin (resistensi insulin) (Rif'at dkk., 2023). Insulin merupakan hormon yang mengatur kadar gula dalam darah untuk diubah menjadi energi yang dibutuhkan oleh otot dan jaringan tubuh serta menurunkan kadar gula darah yang naik saat makan, sehingga ketika insulin tidak bekerja dengan baik dapat menyebabkan naiknya kadar gula dalam darah yang mengakibatkan diabetes melitus disertai dengan diagnosis medis berdasarkan pemeriksaan kadar gula dalam darah (Hartono & Ediyono, 2024; Nurhayati dkk., 2024). Menurut UPK Kemenkes RI (2021), Seseorang dikatakan menderita diabetes melitus jika menunjukkan gejala awal diabetes melitus seperti *poliuria* (banyak buang air kecil), *polidipsia* (banyak minum), *polifagia* (banyak makan), berat badan yang turun secara tiba-tiba tanpa alasan yang jelas, luka yang sulit sembuh dan gejala lainnya, selain itu disertai dengan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) $\geq 200 mg/dL$, kadar glukosa darah puasa (GDP) $\geq 126 mg/dL$, dan kadar glukosa darah 2 jam setelah tes toleransi glukosa oral (TTGO) $\geq 200 mg/dL$ (Perkeni, 2021).

Seseorang yang menderita diabetes harus dapat mengontrol kadar gula yang masuk ke dalam tubuh untuk membuat tubuh tetap stabil sehingga tidak menimbulkan penyakit komplikasi lain (Nasution dkk., 2025). Penyakit komplikasi yang dapat diderita terbagi menjadi dua jenis yaitu komplikasi akut seperti salah satunya yaitu hiperglikemia dan komplikasi kronik seperti kerusakan ginjal dan saraf (Hartono & Ediyono, 2024). Pencegahan sekunder seperti perubahan pola hidup dan rutin memeriksa gula darah dapat mencegah terjadinya komplikasi yang berujung kecacatan hingga kematian (Fortuna dkk., 2023).

Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) (2024), kasus penderita diabetes melitus pada orang dewasa di Indonesia terjadi sebanyak lebih dari 20 juta kasus, dari total 185 juta jumlah penduduk dewasa. Peningkatan jumlah kasus

penyakit diabetes melitus di Indonesia terjadi di beberapa provinsi salah satunya provinsi Kalimantan Barat. Dinas Kesehatan Kalimantan Barat (2024, 2025) mencatat terdapat 63.885 kasus penyakit diabetes melitus di Kalimantan Barat tahun 2023 yang meningkat menjadi 64.828 kasus penyakit diabetes melitus di Provinsi Kalimantan Barat pada tahun 2024. Jumlah kasus penderita DM diperkirakan akan terus meningkat di masa yang akan datang. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan matematis yang mampu memahami dinamika perubahan jumlah penderita diabetes melitus dari waktu ke waktu.

Pendekatan yang sering digunakan untuk memahami dinamika perkembangan penyakit dan perubahan jumlah penderita adalah pemodelan matematika (Sinaga dkk., 2021). Pada penelitian ini digunakan model yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Effendi dkk. (2015). Model matematika penyakit diabetes melitus ini mengelompokkan populasi dalam dua subpopulasi yaitu subpopulasi penderita tanpa komplikasi (D) dan subpopulasi penderita dengan komplikasi (C). Model matematika ini digunakan untuk melihat interaksi dan laju perpindahan antar subpopulasi penderita diabetes melitus secara dinamis. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada analisis kualitatif, yaitu menganalisis titik kesetimbangan dan kestabilan model tanpa simulasi numerik berbasis data empiris, sehingga penelitian tersebut belum mampu memberikan prediksi mengenai jumlah penderita diabetes dari dua subpopulasi tersebut untuk tahun-tahun berikutnya.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode numerik digunakan untuk memperoleh solusi pada titik-titik waktu tertentu sehingga perkembangan jumlah penderita dapat dihitung secara bertahap melalui iterasi berdasarkan data riil di Kalimantan Barat melalui simulasi dinamika sistem (Gerald & Wheatley, 2004). Pada penelitian ini metode numerik yang digunakan adalah metode Runge Kutta orde 4 yang memiliki stabilitas komputasi yang tinggi untuk memprediksi populasi dalam jangka panjang (Maryam dkk., 2024).

Penelitian terkait pemodelan penyakit diabetes melitus yang dianalisis baik secara kualitatif maupun numerik telah banyak dilakukan, namun penelitian yang menggunakan pemodelan matematika dan simulasi numerik dengan data riil wilayah Kalimantan Barat mengenai penderita diabetes melitus masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan dimana hasil prediksi jumlah penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah untuk merumuskan kebijakan preventif ataupun intervensi sekunder di masa depan. Berdasarkan latar belakang, penelitian ini dilakukan dengan judul "Analisis dan Simulasi Numerik Model Penyakit Diabetes Melitus di Kalimantan Barat".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana menentukan solusi numerik dan simulasi numerik dari model DC menggunakan metode Runge Kutta orde 4 untuk menganalisis dan memprediksi jumlah penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat lima tahun kedepan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Menentukan solusi numerik dari model penyakit diabetes melitus menggunakan metode Runge Kutta orde 4.
2. Menganalisis hasil simulasi numerik untuk memprediksi jumlah populasi penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat 5 tahun kedepan.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, diberikan beberapa batasan agar penyelesaian permasalahan lebih fokus yaitu sebagai berikut

1. Model matematika yang digunakan membagi populasi diabetes melitus menjadi dua subpopulasi yaitu subpopulasi tanpa komplikasi (D) dan subpopulasi dengan komplikasi (C).
2. Data variabel dan parameter model matematika merupakan data sekunder yang diperoleh dari *website* Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat tahun 2024, BPS Kalimantan Barat tahun 2024 serta jurnal rujukan.
3. Penelitian ini berfokus menggunakan metode numerik dengan metode Runge Kutta orde 4 dengan langkah waktu $h = 0{,}01$ tahun untuk memprediksi jumlah penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat 5 tahun

mendatang. Nilai $h = 0{,}01$ tahun sama dengan $3 - 4$ hari sehingga perubahan jumlah penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat dapat terlihat dengan detail dan stabil serta efisien secara komputasi.

4. Pengujian akurasi hasil prediksi menggunakan metode *Mean Absolute Persentage Error* (MAPE) dilakukan secara terpisah sebagai tahap evaluasi model dengan menggunakan data historis dari Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat dari tahun 2019-2024.

1.5 Tinjauan Pustaka

Model matematika yang digunakan untuk memprediksi peningkatan jumlah populasi penderita diabetes melitus telah banyak diteliti oleh beberapa ahli. Diantaranya, Boutayeb dkk. (2004) meneliti tentang model matematika berbasis persamaan diferensial biasa untuk menggambarkan dinamika populasi penderita diabetes dengan mengelompokkan populasi menjadi dua kelas yaitu kelas penderita tanpa komplikasi (D) dan kelas penderita dengan komplikasi (C) yang mengasumsikan penderita yang mengalami kecacatan (v) telah dikeluarkan dari kelas penderita dengan komplikasi, kemudian melakukan perbandingan metode banyak langkah dan metode Euler. Disimpulkan bahwa untuk langkah waktu kecil ($h \leq 2$ tahun) kedua metode tersebut memberikan hasil yang hampir sama dan konsisten, namun untuk langkah waktu yang besar metode Euler memberikan hasil yang tidak stabil atau mengalami divergensi sedangkan metode banyak langkah masih tetap stabil dan hasilnya konvergen.

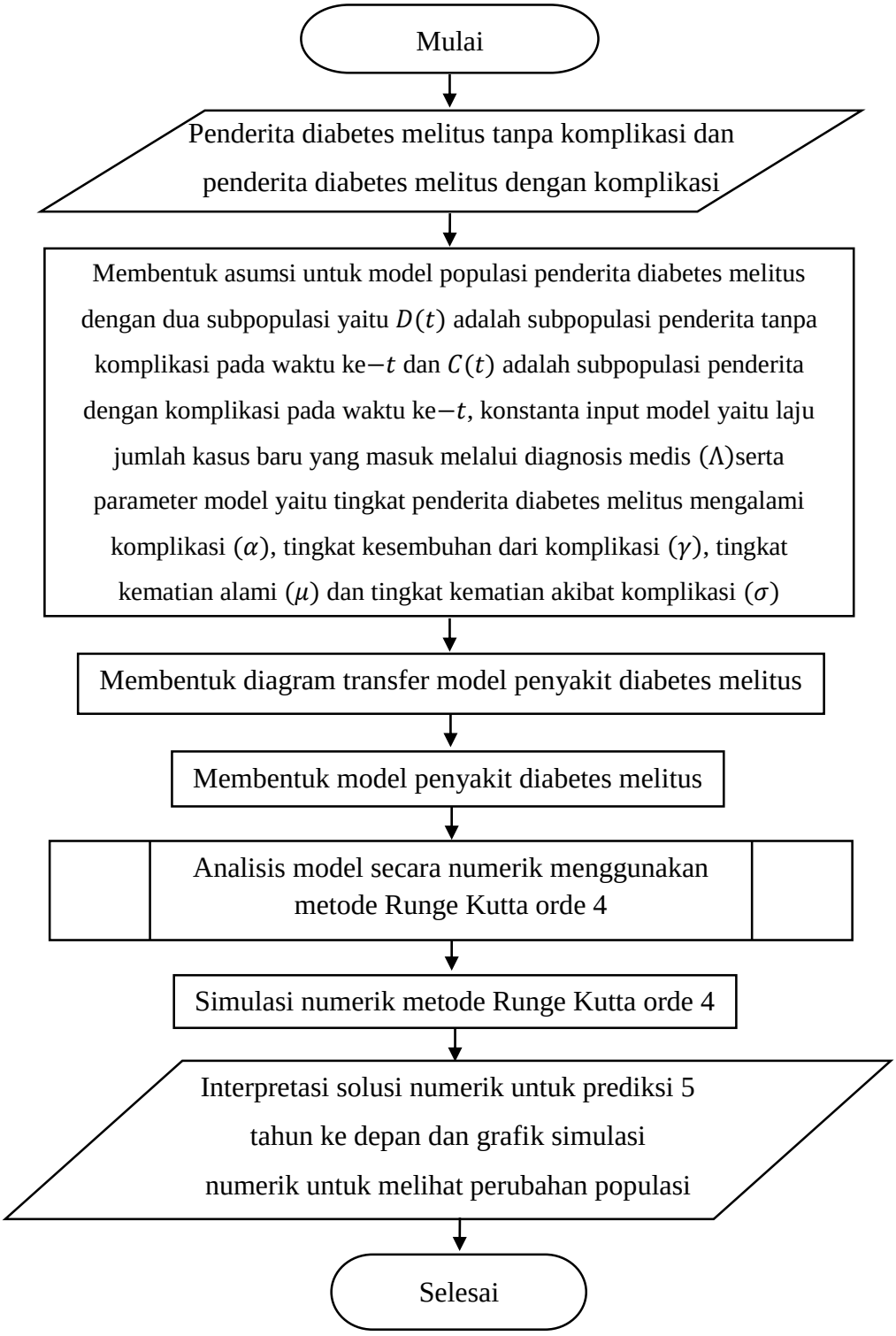
Penelitian kedua yang dilakukan oleh Effendi dkk. (2015) menggunakan model yang sama seperti Boutayeb dkk. (2004) dengan modifikasi. Model yang digunakan Effendi dkk mengasumsikan bahwa penderita yang mengalami kecacatan akibat komplikasi (v) masih masuk dalam kelas penderita dengan komplikasi (C). Pada model ini dibahas kestabilan model matematikanya. Diperoleh bahwa pada saat kondisi masih terdapat penderita yang mengalami kesembuhan komplikasi $\gamma = 0{,}08$ dan kondisi tidak terdapat penderita yang mengalami kesembuhan komplikasi $\gamma = 0$, model tidak stabil disekitar titik kesetimbangan T_1 dan stabil asimtotik lokal disekitar titik kesetimbangan T_2.

Penelitian selanjutnya Maryam dkk. (2024), menggunakan model $SEII_T$ dengan memperhatikan pasien dengan perawatan dan pasien tanpa perawatan. Model tersebut digunakan untuk memprediksi jumlah penderita diabetes melitus di Kabupaten Pinrang dengan metode Runge Kutta orde 4 yang memperoleh hasil populasi individu rentan (S) sebesar 183.139 jiwa, populasi individu laten (E) sebesar 150 jiwa, populasi individu sakit tanpa perawatan sebesar 2.150 jiwa dan populasi individu dengan perawatan sebesar 1.918 jiwa. Selain itu, laju pertumbuhan populasi untuk 50 tahun kedepan mengalami penurunan dari 383.162 jiwa menjadi 187.357 jiwa karena menggunakan populasi tertutup dan konstan.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai model matematika yang akan digunakan yang mengacu pada penelitian oleh Effendi dkk. (2015) yang membagi populasi penderita diabetes melitus menjadi dua subpopulasi yaitu subpopulasi penderita tanpa komplikasi (D) dan subpopulasi penderita dengan komplikasi (C). Model yang diperoleh adalah model dengan bentuk sistem persamaan diferensial linear. Tahap berikutnya adalah membentuk asumsi, definisi variabel dan parameter dari model matematika yang digunakan. Selanjutnya, diagram transfer disusun untuk melihat hubungan antar subpopulasi dan parameter dengan jelas.

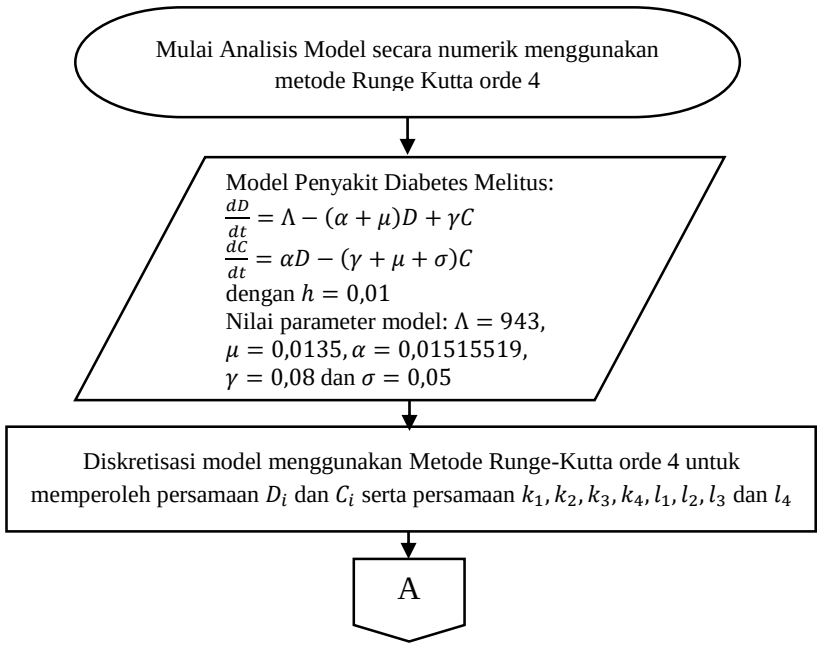
Selanjutnya dilakukan analisis model secara numerik menggunakan metode Runge Kutta orde 4 dengan langkah rinci seperti pada Gambar 1.2. Kemudian solusi numerik disimulasikan menggunakan pemrograman Python. Selanjutnya interpretasikan hasilnya untuk memprediksi jumlah populasi penderita diabetes melitus di Kalimantan Barat selama lima tahun yang akan datang. Langkah analisis dan simulasi numerik model penyakit diabetes melitus disajikan pada Gambar 1.1.

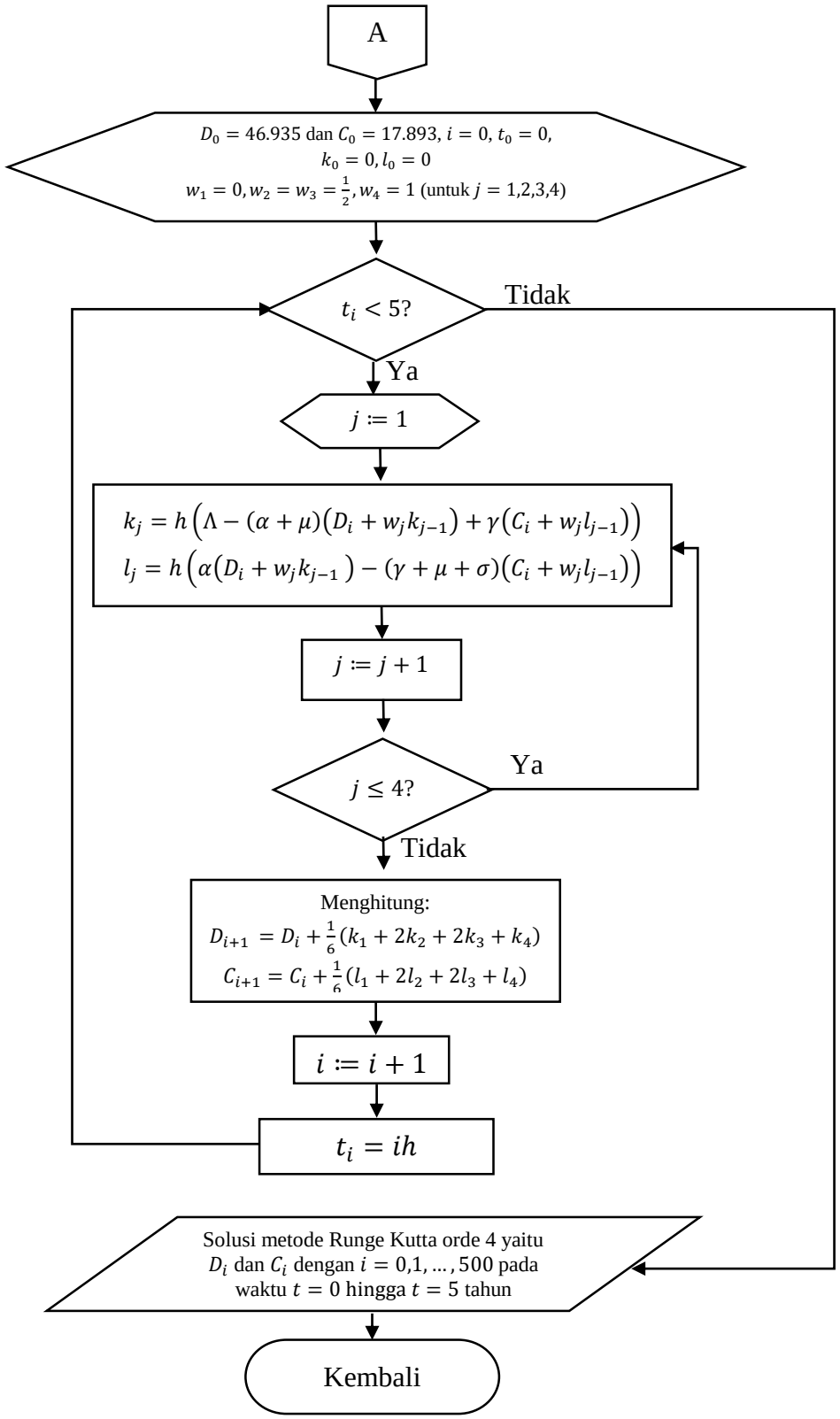


Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Runge Kutta orde 4 untuk mendapatkan solusi numerik dari model penyakit diabetes melitus. Langkah awal dari metode

Runge Kutta orde 4 yaitu model matematika yang berbentuk sistem persamaan diferensial linear beserta nilai parameter model yaitu laju kasus baru (Λ), serta laju perpindahan atau kematian $(\mu, \alpha, \gamma, \sigma)$ dimasukkan ke dalam sistem awal perhitungan dengan ukuran langkah $h = 0{,}01$ tahun. Selanjutnya dilakukan diskretisasi model dengan metode Runge Kutta orde 4 untuk merumuskan persamaan iterasi D_i dan C_i serta koefisien kemiringan k_1 hingga k_4 dan l_1 hingga l_4. Sebelum proses iterasi berjalan, diinisiasikan nilai awal yaitu jumlah penderita tanpa komplikasi $D_0 = 46.935$, penderita dengan komplikasi $C_0 = 17.893$, waktu awal $t_0 = 0$, indeks awal $i = 0$, nilai awal $k_0 = 0$ dan $l_0 = 0$ serta konstanta bobot Runge Kutta $w_1 = 0, w_2 = w_3 = \frac{1}{2}, w_4 = 1$. Pada tahap iterasi, dihitung nilai koefisien kemiringan secara pertahap dari k_1, l_1 hingga k_4, l_4. Selanjutnya nilai-nilai tersebut disubstitusikan untuk menghitung proyeksi populasi baru D_{i+1} dan C_{i+1}. Setelah itu, indeks iterasi dan waktu diperbarui melalui persamaan $i = i + 1$ dan $t_i = ih$, dan proses perhitungan diulangi selama $t_i < 5$. Dengan $h = 0{,}01$ tahun dan 500 iterasi, simulasi mencakup periode 5 tahun. Jika batas iterasi telah terpenuh, algoritma mengeluarkan hasil akhir berupa solusi numerik metode Runge Kutta orde 4 dan proses dinyatakan selesai.





Gambar 1. 2 Diagram Alir untuk Menentukan Solusi Numerik Model DC