

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes merupakan salah satu penyakit kronis yang hingga saat ini menjadi permasalahan kesehatan masyarakat global dengan tingkat prevalensi yang terus meningkat. Penyakit ini ditandai dengan gangguan metabolisme glukosa yang menyebabkan kadar gula darah berada di atas nilai normal dan berpotensi menimbulkan berbagai komplikasi serius apabila tidak ditangani dengan baik. Laporan *World Health Organization* (WHO) menunjukkan bahwa jumlah penderita diabetes meningkat dari 108 juta pada tahun 1980 menjadi 422 juta pada tahun 2014 [1]. Selanjutnya, data dari *International Diabetes Federation* (IDF) mencatat bahwa pada tahun 2021 terdapat sekitar 537 juta orang dewasa berusia 20–79 tahun yang menderita diabetes atau sekitar 10,5% dari populasi global pada kelompok usia tersebut dan jumlah ini diperkirakan akan meningkat menjadi 783 juta pada tahun 2045 [2]. Fakta ini menunjukkan bahwa diabetes bukan hanya permasalahan kesehatan individu, tetapi juga tantangan serius bagi sistem kesehatan masyarakat secara global yang berdampak pada kualitas hidup, produktivitas, serta perekonomian [3].

Secara umum, diabetes dibagi menjadi dua tipe utama, yaitu diabetes melitus tipe 1 dan diabetes melitus tipe 2. Diabetes tipe 1 terjadi ketika sistem

kekebalan tubuh menyerang sel beta pankreas sehingga tubuh tidak dapat memproduksi insulin dengan cukup. Tipe ini mencakup sekitar 5% hingga 10% dari seluruh kasus diabetes dan lebih sering terjadi pada anak-anak dan remaja, meskipun bisa muncul pada usia berapa pun. Sementara itu, diabetes tipe 2 merupakan jenis yang paling banyak terjadi, yaitu sekitar 90% hingga 95% dari total kasus diabetes. Tipe ini disebabkan oleh menurunnya kemampuan tubuh dalam menggunakan insulin dengan baik dan sering dikaitkan dengan faktor gaya hidup seperti obesitas, pola makan yang kurang sehat, dan kurangnya aktivitas fisik. Selain kedua tipe tersebut, terdapat juga diabetes gestasional, yaitu diabetes yang muncul saat kehamilan, biasanya pada trimester kedua atau ketiga, pada ibu yang sebelumnya tidak memiliki riwayat diabetes. Klasifikasi ini penting karena setiap jenis diabetes memerlukan cara penanganan dan pengendalian yang berbeda sesuai dengan kondisi masing-masing penderita [4].

Diabetes memiliki dampak yang luas karena dapat menimbulkan berbagai komplikasi, baik yang bersifat ringan maupun berat. Komplikasi ringan meliputi kondisi seperti hiperglikemia hiperosmolar, koma diabetik, infeksi, dan gangguan pada jaringan lunak yang dapat memicu keadaan darurat medis. Adapun komplikasi berat mencakup kerusakan ginjal (*nefropati*), kerusakan mata (*retinopati*), gangguan sistem saraf (*neuropati*), serta penyakit kardiovaskular seperti penyakit jantung koroner dan *stroke*. Komplikasi-komplikasi tersebut berdampak signifikan terhadap kualitas hidup penderita, sedangkan komplikasi kardiovaskular secara khusus berkontribusi besar terhadap peningkatan risiko kematian [5, 6]. Oleh karena itu, diabetes

beserta komplikasinya merupakan permasalahan kesehatan yang memerlukan strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan.

Sejalan dengan hal tersebut, matematika memiliki peran penting dalam mempelajari dinamika populasi penderita diabetes, khususnya yang mengalami komplikasi. Melalui pemodelan matematika, perubahan jumlah penderita dari waktu ke waktu dapat direpresentasikan dalam bentuk sistem persamaan diferensial yang menggambarkan perpindahan individu dari kondisi tanpa komplikasi menuju kondisi dengan komplikasi ringan maupun berat. Model linier dan nonlinier yang dibangun memberikan kerangka analitis untuk memahami perilaku sistem, termasuk keberadaan dan kestabilan titik ekuilibrium yang mencerminkan kondisi jangka panjang dari populasi penderita diabetes.

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang muncul adalah bagaimana dinamika populasi penderita diabetes dengan komplikasi ringan dan berat dapat dimodelkan secara matematis serta bagaimana perilaku jangka panjang sistem tersebut dipengaruhi oleh parameter-parameter yang terlibat. Beberapa penelitian sebelumnya, salah satunya model yang dikembangkan oleh Modu [7], menunjukkan bahwa pendekatan pemodelan matematika mampu memberikan gambaran mengenai kestabilan sistem dan kecenderungan jumlah penderita diabetes dalam jangka panjang melalui analisis titik ekuilibrium dan simulasi numerik. Namun demikian, diperlukan kajian lebih lanjut untuk menganalisis model tersebut baik dalam bentuk linier maupun nonlinier guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

Dalam rangka menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kestabilan sistem serta menggambarkan dan memperkirakan perkembangan jumlah penderita diabetes dengan komplikasi ringan dan berat dalam jangka panjang melalui simulasi numerik, dengan mengacu pada model yang dikembangkan oleh Modu [7]. Pendekatan ini dipilih karena model tersebut lebih sesuai untuk menggambarkan progresivitas penyakit kronis dibandingkan model epidemiologi klasik seperti SIR atau SEIR yang umumnya digunakan untuk penyakit menular. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi upaya pengendalian penyakit, sehingga memberikan kontribusi dalam mendukung strategi kesehatan masyarakat dalam menghadapi peningkatan kasus diabetes dan komplikasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana konstruksi model dinamika populasi penderita diabetes?
2. Bagaimana analisis model linier dan nonlinier serta kestabilan lokal titik ekuilibrium dari model tersebut?
3. Bagaimana hasil simulasi numerik digunakan untuk mempelajari perilaku model linier dan nonlinier tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Mengkonstruksi model dinamika populasi penderita diabetes.
2. Menganalisis model linier dan nonlinier serta menentukan kestabilan lokal titik ekuilibrium dari model tersebut.
3. Menggunakan simulasi numerik untuk mempelajari dan menggambarkan perilaku model linier dan nonlinier.

1.4 Sistematika Penulisan

Penulisan hasil penelitian ini disusun dalam empat bab. Bab I Pendahuluan memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II Landasan Teori berisi konsep-konsep dasar, definisi, serta teori pendukung yang digunakan dalam menganalisis penyelesaian masalah. Bab III Hasil dan Pembahasan membahas model matematika yang dikaji, meliputi analisis kestabilan lokal titik ekuilibrium pada model linier dan nonlinier, serta simulasi numerik. Bab IV Kesimpulan berisi rangkuman dari hasil penelitian.