

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Diabetes menjadi masalah kesehatan ketika tubuh tidak memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup. Insulin adalah hormon yang dihasilkan oleh pankreas dan berperan dalam mengatur kadar gula darah. Saat ini, tidak ada obat untuk diabetes, sehingga pemantauan rutin kadar gula darah serta menjaga gaya hidup sehat adalah satu-satunya cara untuk tetap sehat. Kadar glukosa darah yang tidak terkontrol dapat menyebabkan komplikasi serius seperti gagal ginjal, serangan jantung, stroke, kehilangan penglihatan, dan amputasi anggota tubuh bagian bawah[1]. Komplikasi diabetes dapat dicegah dengan rutin memantau kadar glukosa darah serta mengikuti petunjuk dokter terkait pola makan, pengobatan, dan aktivitas fisik. Saat ini, sebagian besar alat pengukur glukosa komersial yang tersedia bersifat invasif, yang membutuhkan penusukan pada jari untuk mengambil sampel darah dari lengan bawah. Sampel darah tersebut kemudian dianalisis menggunakan strip tes yang dimasukkan ke dalam glucometer elektronik guna mengetahui kadar glukosa darah. Prosedur invasif ini dianggap kurang menguntungkan karena terasa menyakitkan, tidak nyaman, dan dapat menjadi mahal dalam jangka Panjang [1].

Menurut laporan *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2021, sebanyak 537 juta orang berusia 20-79 tahun di seluruh dunia hidup dengan Diabetes Melitus (DM). Penyakit ini juga menyebabkan 6,7 juta kematian, atau sekitar 1 orang setiap 5 detik. Pada tahun 2021, Tiongkok tercatat sebagai negara dengan jumlah penderita DM terbanyak, yaitu 149,86 juta orang dewasa. India menempati posisi kedua dengan 74,19 juta penderita, diikuti oleh Pakistan dengan 32,96 juta dan Amerika Serikat dengan 32,22 juta orang. Indonesia berada di peringkat kelima dengan jumlah penderita DM mencapai 20,4 juta orang pada tahun 2024 [2].

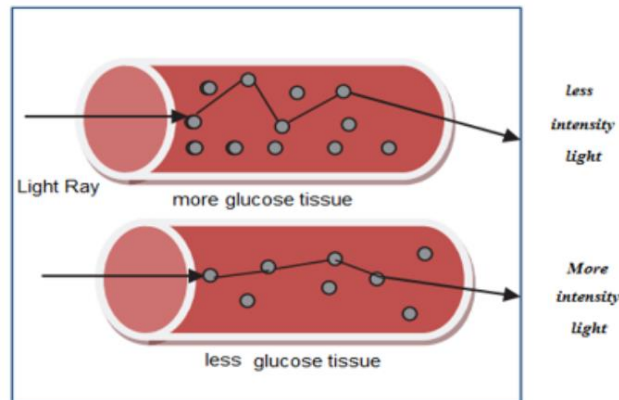
2024		
Rank	Country or territory	Number of people with diabetes (millions)
1	China	148.0
2	India	89.8
3	United States of America	38.5
4	Pakistan	34.5
5	Indonesia	20.4
6	Brazil	16.6
7	Bangladesh	13.9
8	Mexico	13.6
9	Egypt	13.2
10	Japan	10.8

Gambar 1.1 10 negara teratas yang menderita diabetes tahun 2024[3]

Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar tahun 2018, prevalensi DM pada penduduk usia ≥ 15 tahun di Provinsi Jawa Barat adalah 1,7% [2]. Di Kabupaten Karawang, prevalensi penderita yang terdiagnosis DM adalah 1,0%, sementara prevalensi yang menunjukkan gejala mencapai 1,2% (RI, 2013)[2] . Jumlah penderita diabetes yang terdiagnosis terus meningkat dengan pesat, sehingga memicu kebutuhan akan pengembangan teknik pemantauan glukosa darah yang lebih fungsional[2].

Saat ini, teknologi yang umum digunakan untuk mengukur kadar glukosa darah adalah metode invasif. Metode ini sering dianggap menyakitkan dan kurang nyaman karena sampel darah harus diambil berulang kali setiap hari. Metode pemantauan diabetes yang ideal seharusnya dapat menentukan konsentrasi glukosa dengan cepat, dan tanpa rasa sakit[2]. Baru-baru ini, biosensor telah dikembangkan untuk mendeteksi konsentrasi glukosa dalam cairan spesimen. Biosensor ini memiliki keunggulan berupa biaya rendah, portabilitas, dan ramah lingkungan. Namun, kekurangan utamanya adalah memerlukan spesimen cair, sehingga membutuhkan upaya ekstra untuk mengekstrak cairan dari tubuh, yang bisa menjadi tidak nyaman. Metode non-invasif lebih disukai karena menawarkan kenyamanan yang lebih tinggi bagi pasien dan biaya yang lebih rendah, sehingga menjadi alternatif yang baik untuk metode invasif. Spektroskopi Inframerah Dekat (Near Infrared Spectroscopy), yang menggunakan cahaya dengan panjang gelombang antara 750-2500 nm, merupakan salah satu teknik optik yang paling

direkomendasikan karena kemampuannya menembus kulit, serta menggunakan peralatan yang lebih sederhana dan terjangkau dibandingkan dengan metode optik lainnya. Panjang gelombang dalam rentang ini mencakup pita kombinasi (2000-2500 nm), pita overtone pertama (1400-2050 nm), dan pita overtone kedua (750-1550 nm) [1] .



Gambar 1.2 Schematic pengaruh glukosa terhadap cahaya [2]

Sensor inframerah dengan panjang gelombang 1000 nm menjadi salah satu solusi inovatif untuk mengukur kadar glukosa darah secara non-invasif. Teknologi Near-Infrared Spectroscopy (NIR) memanfaatkan sifat serapan unik molekul glukosa pada panjang gelombang ini, dengan kemampuan cahaya inframerah untuk menembus kulit dan jaringan, memungkinkan analisis konsentrasi glukosa tanpa perlu mengambil sampel darah [4] [5].

Dalam pengembangan terkini, teknik kalibrasi multivariat diterapkan untuk meningkatkan presisi pengukuran. Pendekatan ini menggunakan data spektral dalam rentang panjang gelombang NIR untuk mengevaluasi kadar glukosa secara langsung dari kulit, sekaligus meminimalkan pengaruh gangguan spektral lain yang berasal dari jaringan tubuh [4] [5].

Sensor inframerah dengan Panjang gelombang 1000nm juga menunjukkan sangat efektif dalam mengurangi pengaruh absorbansi air, yang dimana absorbansi air ini sering mengganggu pengukuran spektral. Hal ini memungkinkan sensor inframerah dengan panjang gelombang 1000nm menawarkan sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan konsentrasi glukosa dan berpotensi menjadi alat yang sangat berguna dalam diagnosis dan pemantauan diabetes secara non-invasif [6].

Pada tahun 2020 ada hasil eksperimen yang menunjukkan bahwa akurasi sistem ini berada dalam batas yang dapat diterima secara klinis pada *Clarke Error Grid*, dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) rata-rata 10,44 mg/dL dan koefisien korelasi sebesar 0,839. Prototipe ini membuktikan bahwa metode non-invasif berbasis NIR untuk pemantauan glukosa darah yang lebih nyaman bagi pasien [1]. Untuk itulah penulis melakukan perancangan dan pembuatan alat yang lebih lanjut dapat digunakan untuk monitoring kadar glukosa darah (*Self Monitoring Blood Glucose*) yang praktis penggunaanya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring glukosa darah non-invasif menggunakan spektroskopi inframerah dengan panjang gelombang 1000 nm?
2. Bagaimana teknologi Spektroskopi Inframerah dengan Panjang 1000 nm dapat mengukur kadar glukosa darah secara non invasif ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan perumusan masalah yang ada, maka disusun tujuan pembuatan tugas akhir sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan sistem monitoring glukosa darah non-invasif berbasis teknologi Spektroskopi Inframerah dengan panjang gelombang 1000 nm yang mampu menghasilkan data pengukuran glukosa.
2. Mengidentifikasi parameter sensor Spektroskopi Inframerah dengan panjang gelombang 1000 nm guna membaca kadar glukosa darah secara non-invasif.

Berdasarkan perumusan masalah yang ada, maka disusun manfaat pembuatan tugas akhir sebagai berikut:

1. Sistem non-invasif berbasis spektroskopi inframerah memungkinkan pengukuran glukosa tanpa perlu penusukan, memberikan kenyamanan lebih bagi pasien.
2. Sistem non-invasif ini mampu menurunkan risiko terjadinya infeksi dan rasa sakit yang biasanya dialami saat harus mengambil sampel darah secara

berulang kali. Dengan tidak adanya kebutuhan untuk menusuk kulit, metode ini menawarkan pemantauan glukosa yang lebih aman dan nyaman, terutama bagi pasien yang membutuhkan pengecekan berkala dalam jangka panjang.

1.4 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini terdapat batasan yang telah ditetapkan oleh penulis sebagai berikut:

1. Pengembangan algoritma machine learning difokuskan pada klasifikasi dan regresi untuk menganalisis data spektroskopi inframerah. Jenis algoritma lain di luar area tersebut tidak akan dieksplorasi secara mendalam.
2. Pengukuran kadar glukosa darah akan dilakukan dalam rentang waktu tertentu yang ditentukan untuk keperluan pengujian sistem.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur dan perancangan system :

Penelitian dimulai dengan mempelajari literatur yang berkaitan dengan Spektroskopi Inframerah Dekat (NIR) untuk memahami karakteristik optik molekul glukosa pada panjang gelombang 1000 nm. Proses perancangan sistem meliputi pemilihan komponen-komponen seperti sumber cahaya inframerah dan sensor, serta desain optik yang mendukung pengukuran non-invasif secara langsung.

2. Pengembangan algoritma berbasis data referensi publik :

Penelitian ini memanfaatkan data referensi dari database yang menghubungkan panjang gelombang NIR dengan kadar glukosa. Data tersebut digunakan untuk mengembangkan model prediktif dengan pendekatan matematis dan statistik, tanpa memerlukan eksperimen kalibrasi langsung.

3. Pengumpulan data :

Spektroskopi inframerah digunakan untuk merekam spektrum dari kulit manusia pada panjang gelombang 1000 nm. Area jari dipilih untuk memastikan penetrasi cahaya yang maksimal, sementara kondisi

pengukuran dijaga agar tetap konsisten guna mengurangi pengaruh gangguan eksternal.

4. Training dan Validasi Model:

Hasil prediksi dibandingkan dengan alat glucometer untuk mengevaluasi akurasi sistem. Analisis dilakukan dengan menggunakan parameter seperti korelasi, dan tingkat akurasi, untuk memastikan bahwa hasil prediksi kadar glukosa dapat diterima.

5. Evaluasi Performa Model:

Berdasarkan hasil validasi, optimasi dilakukan pada model prediktif, desain perangkat keras, atau perangkat lunak untuk meningkatkan kinerja sistem. Pendekatan ini melibatkan penyesuaian algoritma atau penyempurnaan pada detektor optik.

6. Analisis dan Implementasi:

Analisis teknis juga akan dilakukan untuk menilai kelayakan sistem ini ke dalam perangkat medis yang dapat memantau kadar glukosa darah. Semua data dan hasil eksperimen akan dikumpulkan dan dianalisis dalam laporan penelitian. Laporan tersebut mencakup evaluasi kinerja sistem, potensi aplikasinya untuk pemantauan kadar glukosa darah, serta rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut di masa mendatang.