

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes merupakan salah satu masalah kesehatan yang banyak diderita oleh masyarakat Indonesia. Diabetes adalah suatu keadaan tubuh tidak dapat menghasilkan hormon insulin sesuai kebutuhan atau tubuh tidak dapat memanfaatkan secara optimal insulin yang dihasilkan maka terjadi lonjakan kadar gula dalam darah melebihi normal [1]. Data dari *International Diabetes Federation* atau IDF menyatakan bahwa dari 179.720.500 penduduk usia dewasa di Indonesia terdapat 19.465.102 jumlah kasus diabetes pada penduduk usia dewasa di Indonesia [2]. Indonesia menduduki peringkat kelima negara dengan jumlah diabetes terbanyak di dunia di tahun 2021 dan diprediksi akan menjadi 28,6 juta pada 2045. Dilansir dari Laporan Direktoral Jenderal P2P (Pencegahan dan Pengendalian Penyakit) terkait kinerja semester 1 tahun 2023 Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyatakan bahwa semua kabupaten/kota di seluruh provinsi di Indonesia telah melakukan deteksi dini diabetes melitus [3]. Berdasarkan data tersebut, diketahui cakupan deteksi dini diabetes melitus di Indonesia berdasarkan data ASIK atau Aplikasi Sehat Indonesiaku adalah 14,05% dengan 13.470.556 sasaran dari 95.900.441 sasaran. Provinsi Nusa Tenggara Barat memiliki cakupan deteksi dini tertinggi dengan persentase sebesar 55,86%, diikuti Gorontalo 48,42%, dan Kalimantan Timur 22,37%. Terdapat tiga Provinsi dengan cakupan terendah yakni DIY dengan nilai 3,59%, Bali 3,37%, dan Papua 1,43%. Berdasarkan pemeriksaan gula darah, diabetes melitus naik dari 6.9% menjadi 8.5% [3].

Salah satu cara untuk mengetahui penyakit diabetes adalah dengan mengukur kadar gula darah. Pemeriksaan kadar gula darah secara berkala perlu dikenalkan serta diterapkan sebagai upaya mengontrol kadar gula darah dan deteksi dini diabetes melitus serta edukasi kepada masyarakat mengenai pentingnya melakukan pemeriksaan dini gula darah dalam tubuh [4]. Alat yang umum digunakan untuk mengukur kadar gula darah adalah *glucometer* berbasis sensor kimia dengan enzim *glucose oxidase* sebagai bahan aktifnya [5]. Alat tersebut memerlukan sampel darah. Cara mengambil sampel dengan cara mengeluarkan darah setelah jari

ditusuk dengan jarum, metode ini disebut sebagai metode *invasive* [6]. Saat ini, sebagian besar orang menggunakan metode *invasive* [7]. Kelemahan metode ini adalah menyebabkan rasa sakit serta dampak psikososial pada pasien yang memiliki ketakutan terhadap jarum suntik [6]. Pengukuran gula darah secara *invasive* juga tidak bisa diterapkan pada semua pasien, apalagi pasien yang mengalami gangguan mental atau takut terhadap benda tajam [7]. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk membuat inovasi dalam metode pemantauan gula darah yang lebih nyaman dan mudah diakses.

Selain itu, manajemen kesehatan untuk mengetahui resiko penyakit diabetes tidak hanya bergantung pada pengukuran kadar gula saja, tetapi perlu juga adanya rekam medis [6]. Rekam medis adalah berkas yang berisikan catatan dan dokumen tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, tindakan dan pelayanan lain kepada pasien pada sarana pelayanan kesehatan [8]. Penting untuk memiliki rekam medis untuk memfasilitasi pengumpulan data membuat *database* untuk memudahkan dokter dalam memberikan diagnosis diabetes karena diabetes merupakan penyakit yang cocok untuk basis data karena membantu dokter menemukan cara terbaik untuk mencegah komplikasi suatu penyakit [9]. Oleh karena itu, diperlukan adanya manajemen kesehatan untuk mengetahui risiko penyakit diabetes yakni rekam medis berupa basis data untuk memfasilitasi pengumpulan data serta menyediakan informasi tentang hasil pengukuran gula darah. Menurut *American Diabetes Association (ADA)* [10], diagnosis diabetes memerlukan minimal dua kali hasil tes dan dilakukan pada waktu yang berbeda untuk memastikan akurasi hasil gula darah. Dalam konteks penelitian berbasis pembelajaran mesin, penelitian yang dilakukan oleh Maryamsadat Shokrenkhodaei [11], diagnosis diabetes memerlukan 10 kali tes gula darah *non-invasive* untuk digunakan dalam model prediksi diabetes. Basis diagnosis sistem tersebut untuk membedakan kondisi hipoglikemia, normal, dan hiperglikemia.

Salah satu tolak ukur perkembangan teknologi pada masa kini dan masa mendatang adalah penguasaan dalam domain *Internet of Things* [12]. *Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah konsep di mana objek tertentu memiliki kemampuan untuk mentransfer informasi melalui jaringan Wi-Fi, sehingga tahapan

ini tidak bergantung pada keterlibatan langsung antara individu ke individu atau individu ke perangkat komputer. Semuanya dijalankan secara otomatis melalui program [13]. Penerapan *Internet of Things* memungkinkan penggunaan jaringan internet untuk mentransfer data pengukuran ke *platform cloud* atau perangkat lain yang terhubung dengan internet. Hal ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pengolahan data yang lebih lanjut, serta integrasi dengan aplikasi atau platform lain [14].

Random Forest merupakan adalah salah satu teknik pembelajaran mesin yang paling umum digunakan untuk klasifikasi dan regresi [15]. Penelitian Siridion S, dkk [16] terkait komparasi 8 algoritma *supervised learning* untuk klasifikasi diagnosis penyakit diabetes melitus, penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Random Forest* memiliki akurasi paling tinggi sebesar 98,71%. Penelitian oleh Khusnia Nurul, dkk [17] terkait komparasi algoritma klasifikasi untuk status kerawanan pangan di Jawa Barat dan *Random Forest* terbukti menjadi model terbaik dengan akurasi 65,795%. Penelitian yang dilakukan Alfi Syahri, dkk [18] melakukan perbandingan *Logistic Regression*, *Random Forest*, dan *Adaboost* untuk klasifikasi diabetes mellitus dan *Random Forest* kembali unggul dengan akurasi tertinggi 79,33%.

Penelitian tugas akhir ini membuat sistem pemantauan gula darah *non-invasive* berbasis *Internet of Things* melalui aplikasi agar memungkinkan akses data secara *real-time*, nyaman, dan mudah diakses oleh pengguna maupun tenaga kesehatan untuk memberikan kemudahan dalam pemantauan dan manajemen kadar gula darah dengan memanfaatkan sensor MAX30102, *framework* Flutter, dan basis data Supabase. Penggunaan basis data pada sistem monitoring gula darah karena basis data memiliki kelebihan untuk membantu profesional medis dengan memberikan informasi yang lebih mendalam dan mendukung pengambilan keputusan yang akurat [9]. Diagnosis diabetes memerlukan pemantau berkelanjutan untuk memastikan akurasi dan efektivitas perawatan. Hal tersebut penting karena diagnosis tidak dapat dilakukan hanya dengan satu kali pemeriksaan, melainkan memerlukan data berulang untuk mendukung keputusan yang lebih akurat [19].

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penyelesaian masalah yang diajukan berbeda dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Tabel 1.1 menggambarkan referensi utama mengenai pengukuran kadar gula darah secara *non-invasive* berbasis *Internet of Things*. Perbandingan pada Tabel 1.1 membantu dalam memahami inovasi yang dihadirkan oleh penelitian ini, serta mengidentifikasi aspek baru yang belum dijelajahi dalam studi-studi terdahulu.

Tabel 1. 1 Referensi utama.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
1	Abubeker K. M, Ramani R, Raja Krishnamoorthy, Sreenivasulu Gogula, Baskar. S, Sathish Muthi, Girinivasan Chellamuthu, dan Kamalraj Subramaniam	2024	<i>Internet of Things Enabled Open Source Assisted Real-Time Blood Glucose Monitoring Framework</i>
2	Vito Mulya Febiansyah	2024	Sistem Pendeteksi Kadar Gula Darah Dengan Metode <i>Non-Invasive</i> Berbasis <i>Framework Flutter</i>
3	Sherly Taurin Siridion dan Bakti Siregar	2024	Analisis Klasifikasi Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus Berdasarkan Komparasi Algoritma <i>Supervised Learning</i>
4	Subha B, Anuradha M.G, Poornima N, Suprada H.S, dan Prathiksha R.V.	2023	<i>An Implementation of Blood Glucose and Cholesterol Monitoring Device Using Non-Invasive Technique</i>

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
5	Suroso, Emillia Hesti, dan Luckyta Mayshe Simanjuntak	2023	Penerapan <i>Internet of Things</i> dalam Rancang Bangun Telemedis Kadar Glukosa

Referensi yang membahas aspek monitoring kadar gula darah berbasis *Internet of Things* adalah referensi utama pertama [20] dan referensi utama kelima [21]. Referensi referensi utama pertama [20] menggunakan inframerah dekat (R-NIR) untuk mengukur kadar glukosa darah secara *real-time* dan memanfaatkan *platform* TTGO ESP32 IoT untuk transmisi data ke AWS IoT Core. Akurasi pengukuran sebesar 98,82% setelah 10 jam berpuasa dan 98,04% setelah 2 jam makan. Dalam pengujian penelitian tersebut, perangkat menunjukkan akurasi yang tinggi dibandingkan dengan *glucometer* konvensional, dengan variasi kurang dari 2%. Sedangkan referensi utama kelima [21] menggunakan sensor MAX30100 dan hasil pemeriksaan gula darah dapat diakses melalui aplikasi Telegram. Penelitian tersebut menunjukkan akurasi sebesar 91.73% dengan margin kesalahan perangkat sebesar 5.27%. Data hasil pengukuran dari sensor MAX30100 dapat dipresentasikan melalui aplikasi Telegram namun membutuhkan waktu *delay*.

Referensi yang membahas alat gula darah *non-invasive* berada pada referensi utama kedua [22] dan referensi utama keempat [23]. Referensi utama kedua [22] menggunakan sensor TCRT5000, NodeMCU Esp8266 berbasis Flutter serta menggunakan *Fuzzy Logic* untuk mengukur kadar gula darah. Hasil penelitian melalui 10 kali pengujian gula darah puasa didapatkan hasil nilai rata-rata error sebesar 5,2%, pada pengujian saat setelah makan menghasilkan nilai rata-rata error sebesar 2,7%, dan pengujian aplikasi didapatkan respon baik dari responden dengan hasil skor *System Usability Scale* (SUS) sebesar 80,5 dari 100. Sedangkan referensi utama keempat [23] menggunakan prinsip pantulan dan refraksi cahaya inframerah-dekat (NIR) terhadap komponen darah serta menggunakan sensor MAX30100. Selain itu juga menggunakan model regresi polinomial untuk menghasilkan nilai koefisien regresi untuk memprediksi parameter baru berdasarkan data sensor. Hasil

pengujian menunjukkan adanya error rata-rata sebesar 3 sampai 5% dibandingkan dengan metode invasif menggunakan *glucometer*.

Adapun referensi utama yang membahas *Random Forest* sebagai prediksi kadar gula darah adalah referensi utama ketiga [16]. Penelitian membandingkan 8 algoritma *supervised learning* untuk klasifikasi diagnosis penyakit diabetes melitus, penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Random Forest* memiliki akurasi paling tinggi sebesar 98,71%.

Penelitian tugas akhir ini memiliki beberapa perbedaan dibandingkan dengan referensi utama. Pendekatan monitoring gula darah pada penelitian tugas akhir ini menggunakan jenis tes Gula Darah Puasa (GDP) dikarenakan relatif mudah dilakukan [21], membutuhkan persiapan yang minimal [24], lebih terjangkau dibandingkan Tes Toleransi Glukosa Oral (OGTT) yang membutuhkan waktu lebih lama, dan pemantauan kadar glukosa puasa secara teratur membantu individu dalam mengelola diabetes secara lebih efektif [25]. Selain itu, penelitian tugas akhir ini menggunakan *framework* Flutter untuk mengembangkan aplikasi berbasis *Internet of Things* dengan memanfaatkan Supabase sebagai basis data. Keunggulan Flutter sebagai *framework* adalah pengembangan yang cepat, rendering UI yang efisien, dan basis kode tunggal yang dapat digunakan untuk Android dan iOS [26]. Sedangkan pemilihan Supabase sebagai *database* karena memberikan informasi dan dapat diimplementasikan kedalam aplikasi yang mampu melakukan penyampaian informasi secara cepat dan *real-time* [27]. Penelitian tugas akhir ini juga menggunakan algoritma *Random Forest* untuk memprediksi resiko diabetes karena unggul dalam klasifikasi diagnosis diabetes melitus dengan akurasi paling tinggi sebesar 98,71% [16]. Sensor MAX30102 juga digunakan karena memiliki nilai akurasi yang tinggi sebesar 98,08% pengukuran kadar gula darah *non-invasive* berbasis *Interenet of Things* [7].

Sistem yang akan dibuat pada penelitian tugas akhir ini memungkinkan monitoring kadar gula darah dengan hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar LCD dan dapat diakses di aplikasi. Aplikasi dibuat dengan menggunakan *framework* Flutter dan basis data Supabase. Implementasi basis data dimaksudkan untuk meminimalisir kesalahan manusia dalam pencatatan data atau rekam medis,

serta meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses diagnosa. Selain itu, integrasi dengan aplikasi memungkinkan akses data secara *real-time* oleh pasien maupun tim medis, memberikan kemudahan dalam pemantauan dan manajemen kondisi diabetes. Kemudian sistem akan memberikan prediksi resiko diabetes dengan menggunakan metode *Random Forest*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut rumusan masalah dalam penelitian ini.

1. Bagaimana rancangan dan implementasi sistem monitoring kadar gula darah *non-invasive* dengan model *Random Forest* berbasis *Internet of Things* untuk pengukuran Tes Gula Darah Puasa (GDP)?
2. Bagaimana kinerja sistem monitoring kadar gula darah *non-invasive* dengan model *Random Forest* berbasis *Internet of Things* untuk pengukuran sesuai jenis Tes Gula Darah Puasa (GDP)?

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah, berikut adalah tujuan dalam penelitian ini.

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kadar gula darah *non-invasive* dengan model *Random Forest* berbasis *Internet of Things* untuk pengukuran Tes Gula Darah Puasa (GDP).
2. Menganalisis kinerja sistem monitoring kadar gula darah *non-invasive* dengan model *Random Forest* berbasis *Internet of Things* untuk pengukuran sesuai jenis Tes Gula Darah Puasa (GDP).

1.5 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat, yakni manfaat akademik dan manfaat praktis.

1. Manfaat Akademik

Mampu mengimplementasikan bidang ilmu pengetahuan dibidang pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kesehatan. Penelitian ini menggunakan sensor MAX30102 untuk membaca

nilai kadar gula darah secara *non-invasive* dalam mendeteksi kondisi kesehatan, khususnya risiko diabetes.

2. Manfaat Praktis

Sebagai media bantu untuk memudahkan dalam melakukan pencatatan riwayat pengukuran kadar gula darah secara *non-invasive* sebagai rekam medis melalui aplikasi.

1.6 Batasan Masalah

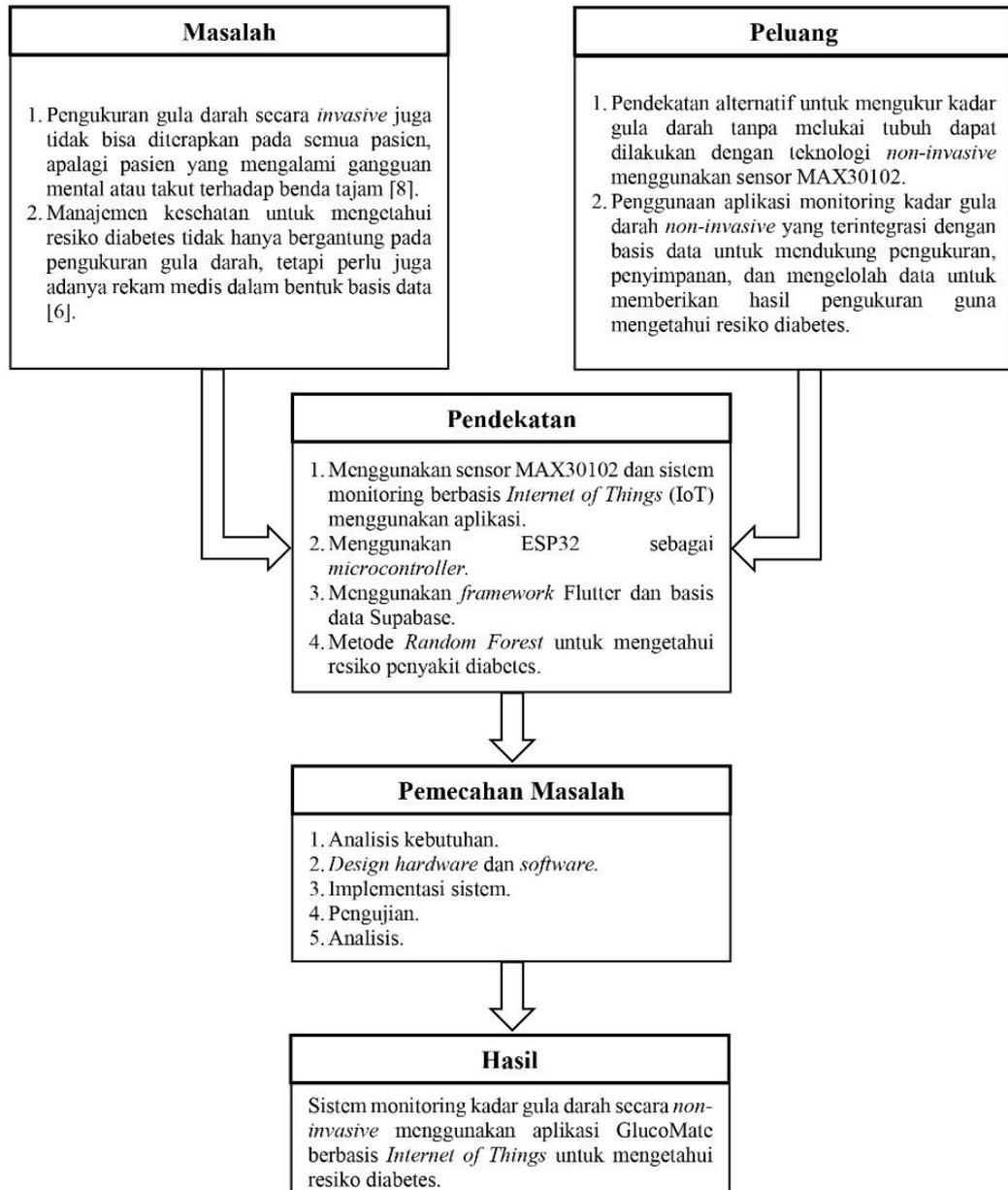
Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar yang didapatkan lebih spesifik dan terarah.

1. Penelitian ini menggunakan sensor MAX30102 untuk membaca nilai kadar gula darah secara *non-invasive*.
2. *Random Forest* sebagai metode untuk mengetahui resiko penyakit diabetes.
3. Sistem monitoring dibangun menggunakan *framework* Flutter dan mendukung integrasi dengan basis data Supabase untuk menyimpan riwayat hasil pengukuran gula darah.
4. Sistem dirancang untuk mendukung tes Gula Darah Puasa (GDP).
5. Aplikasi hanya menampilkan, menyimpan, dan menganalisis hasil pengukuran gula darah untuk mendeteksi risiko diabetes berdasarkan hasil tes Gula Darah Puasa (GDP).
6. Kalibrasi alat menggunakan regresi linier.
7. Pengujian sistem terdiri dari pengujian *hardware*, *software*, dan pengujian keseluruhan sistem. Pada pengujian *hardware* dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran *non-invasive* dengan alat *glucometer* berbasis metode *invasive*. Pengujian *software* dilakukan terhadap fungsionalitas sistem dengan pendekatan *blackbox testing* dan *usability testing*.

1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir merupakan struktur sistematis yang menjelaskan langkah-langkah dalam merumuskan dan menyelesaikan masalah penelitian. Kerangka berfikir memberikan pemahaman mendalam tentang dasar konseptual dan teoritis

yang mendasari perancangan, pelaksanaan, dan analisis penelitian yang disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka berfikir.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan penulisan dalam tugas akhir yang terdiri dari enam bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini dimulai dengan latar belakang yang mendalam, meninjau penelitian terdahulu, merumuskan masalah, dan menguraikan manfaat penelitian. Batasan masalah dan kerangka berpikir diperjelas untuk memberikan panduan dalam penyusunan metodologi.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini membahas hal-hal penting yang harus dipahami sebelum memulai penelitian. Bab ini menjelaskan dasar dan pemahaman tentang konsep-konsep teoritis yang menjadi dasar sebelum melakukan penelitian. Pemahaman mendalam tentang teori akan membantu dalam mengembangkan langkah penelitian didasarkan pada dasar konseptual yang kuat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, diuraikan mengenai metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian seperti tahapan tersebut mencakup studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan analisis hasil.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini memberikan pemaparan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan serta memberi gambaran tentang rancangan program atau perangkat keras yang digunakan. Bagian ini berisikan gambaran sistem yang sudah diintegrasikan secara keseluruhan.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini membahas serangkaian pengujian untuk mendapatkan hasil serta analisis berdasarkan teori yang sudah ada dalam menganalisis sistem monitoring kadar gula darah dengan metode *non-invasive* berbasis *Internet of Things*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan, serta berisi saran terkait dengan bagaimana cara dan apa saja yang harus dikembangkan pada sistem monitoring kadar gula darah dengan metode *non-invasive* berbasis *Internet of Things*.