

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Diabetes adalah salah satu penyakit kronis yang terjadi ketika pankreas tidak mampu memproduksi jumlah insulin yang cukup atau ketika tubuh tidak menggunakan insulin yang dihasilkannya secara efektif. Insulin adalah hormon yang dihasilkan oleh pankreas untuk mengatur kadar glukosa darah. Ketika kadar glukosa tidak terkontrol, akan terjadi hiperglikemia atau peningkatan glukosa darah yang seiring waktu dapat menyebabkan kerusakan serius pada banyak sistem tubuh (WHO, 2021). Selain hiperglikemia, kondisi lain yang mungkin terjadi adalah hipoglikemia, yaitu kondisi ketika kadar glukosa dalam darah berada di bawah kadar normal. Jika kondisi terus berlanjut, otak tidak mendapatkan glukosa yang cukup dan berhenti berfungsi sebagaimana mestinya (ADA, 2021).

Secara global, *IDF Diabetes Atlas 10th edition* melaporkan bahwa ada peningkatan dalam prevalensi diabetes yang terus-menerus terjadi, dan menegaskan penyakit ini sebagai tantangan global yang signifikan mempengaruhi kesehatan serta kesejahteraan baik individu, keluarga, maupun masyarakat. Pada tahun 2021 tercatat 531 juta orang dengan rentang usia 20-79 tahun hidup dengan diabetes dan menyebabkan 6,7 juta kematian setiap 5 detik (IDF, 2021).

Tidak hanya kematian, diabetes juga menjadi penyebab utama kebutaan, penyakit jantung dan gagal ginjal. Pada tahun 2019, Indonesia menempati peringkat ke tujuh dari sepuluh negara dengan jumlah penderita diabetes terbanyak di dunia (Kementerian Kesehatan RI, 2020) dan di tahun 2021, Indonesia naik ke peringkat lima dengan jumlah pengidap diabetes 19,47 juta jiwa dari jumlah penduduk sebesar 179,72 juta jiwa (Pahlevi, 2021).

Di masa pandemi ini, prevalensi diabetes yang tinggi menjadikannya sebagai *comorbidity* yang penting pada pasien Covid-19. Salah satu faktor risiko komplikasi dan kematian terbesar pada pasien Covid-19 maupun infeksi *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS) adalah kadar glukosa darah yang tinggi.

(Singh, *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kadar glukosa darah sangat penting untuk selalu di-*monitoring* karena memiliki banyak manfaat. Glukosa darah pasien yang terukur juga menjadi faktor penting bagi tenaga medis dalam mengidentifikasi kepatuhan pasien dalam pengobatan karena mencerminkan pengaruh diet, olahraga, stress, dan obat-obatan yang diberikan, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan medis (Raoufi, *et al.*, 2018). Jika sudah terdeteksi diabetes, kadar glukosa darah perlu untuk dipantau secara berkelanjutan.

Pemantauan glukosa darah dapat dilakukan secara invasif dengan cara mengambil darah dan mengujinya menggunakan kertas uji biokimia. Pengukuran secara invasif dapat menimbulkan risiko hematoma atau memar serta risiko terjadinya infeksi terutama jika dilakukan setiap hari (Hidayati, *et al.*, 2020). Untuk itu, beberapa dekade terakhir banyak dikembangkan metode baru pengukuran kadar glukosa darah secara non-invasif berbasis spektroskopi bioimpedansi, *electromagnetic sensing*, dan optik.

Pengukuran menggunakan spektroskopi bioimpedansi dianggap tidak layak untuk dijadikan sebagai alat *monitoring* karena akuisisi datanya mensyaratkan pengguna harus beristirahat 60 menit sebelum pengukuran. Sedangkan, metode *electromagnetic sensing* yang menggunakan kopling elektromagnetik antara dua induktor memiliki kerugian yaitu dipengaruhi oleh suhu (Dias & Cunha, 2018). Dibandingkan dengan dua metode sebelumnya, metode optik memiliki keunggulan dalam pengoperasian yaitu lebih cepat dan lebih mudah. Prinsip dasar pengukuran dengan metode optik didasarkan pada perubahan konsentrasi dan refleksi glukosa darah (Lu, *et al.*, 2020). Spektroskopi *near-infrared* (NIR) adalah metode optik yang banyak diteliti untuk pemantauan glukosa darah (So, *et al.*, 2012).

Seiring dengan meningkatnya penderita diabetes dan kejadian pandemik Covid-19, di dunia terjadi peningkatan akan kebutuhan alat *monitoring* kesehatan terpadu yang dapat digunakan orang dengan mudah, akurat, dan murah. Pandemi mendorong pembatasan pertemuan tatap muka untuk meminimalkan risiko penularan. Jajak pendapat yang dilakukan oleh GlobalData (2021) melaporkan

bahwa 66% dari 201 responden lebih memilih untuk menggunakan perangkat pemantauan kesehatan mandiri. Namun demikian, alat *monitoring* glukosa darah non-invasif masih belum tersedia secara komersial (Jain, *et al.*, 2021). Diprediksi akan terjadi perkembangan pasar yang pesat untuk teknologi pemantauan glukosa non-invasif pada tahun 2027 (Hoskins, 2021).

Monitoring kadar glukosa darah secara invasif juga memakan banyak biaya. Terlebih, pada penggunaan kertas uji glukosa darah (BGTS) (Gomes, *et al.*, 2017). Penderita diabetes harus mengeluarkan biaya sekitar \$100 per bulan (Bruce, 2021). Diestimasikan sekitar 27 persen dari biaya pengobatan terkait diabetes adalah untuk *monitoring* glukosa darah mandiri, termasuk pembelian meteran dan kertas uji (Flesher, 2021). Berdasarkan tinjauan di atas, pemeriksaan rutin glukosa secara invasif membutuhkan biaya yang besar (Umar & Amin, 2019).

Upaya pengendalian diabetes selain pengobatan juga memerlukan perubahan perilaku pasien untuk tetap melakukan aktivitas fisik agar glukosa darah terkontrol. Aktivitas fisik adalah setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang mengeluarkan energi di atas tingkat istirahat (Sigal, *et al.*, 2018). Berjalan adalah aktivitas fisik yang paling disukai dan menjadi alternatif yang baik untuk mereka yang tidak pernah terlibat dalam program olahraga sebelumnya (Rodriguez-Hernandez & Wadsworth, 2019). Aktivitas sederhana ini jika dilakukan secara berkelanjutan dapat menjadi salah satu prediktor penting yang bermanfaat dalam kesehatan tubuh dan mental untuk jangka waktu yang panjang. Ketika kita melakukan olahraga ringan, seperti berjalan, jantung akan berdetak sedikit lebih cepat dan otot akan menggunakan lebih banyak glukosa di dalam darah, sehingga gula darah terkontrol (Greenlaw, 2021).

Mengetahui banyak langkah dapat meningkatkan motivasi untuk bergerak memenuhi target yang ditetapkan. Alat yang digunakan menghitung langkah disebut *step counter* atau pedometer dan dapat dibangun menggunakan sensor akselerometer. Sensor ini akan mendeteksi akselerasi dan mengubahnya menjadi besaran terukur seperti tegangan listrik (Omega, 2018). Sensor ini biasa diletakan pada pinggul (*hip-worn*) atau pergelangan tangan (*wrist-worn*). Metode *hip-worn*

adalah metode 'tradisional' yang dipercaya menjadi tempat yang paling baik untuk mendeteksi seluruh pergerakan tubuh karena berada atau dekat dengan pusat massa tubuh. Kenyataannya, kedua posisi ini menghasilkan pola akrual yang serupa sehingga dianggap bahwa setiap lokasi mampu memberikan hasil penghitungan langkah yang sama. Metode *wrist-worn* lebih unggul di sisi kenyamanan karena pada metode *hip-worn* pengguna diharuskan untuk menempatkan sensor sebagai ikat pinggang dan tidak dapat digunakan saat tidur (Shiroma, *et al.*, 2016).

Beberapa penelitian terkait pengembangan alat pemantauan glukosa darah telah banyak dilakukan dan dijadikan rujukan dalam penelitian ini, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Sofiani (2016) yaitu mengembangkan alat pengukur glukosa darah non-invasif menggunakan IR 940nm dan menilai keefektifitasannya. Pengujian dilakukan pada jari tangan. Berdasarkan hasil pengujian, alat yang dikembangkan dipercaya dapat mendeteksi glukosa darah dengan baik pada rentang level 73 sampai 408.

P. Daarani dan A. Kavithami (2017) membuat perangkat untuk memonitori level glukosa darah menggunakan *near-infrared* sebagai *emitter* dan *receiver*-nya, lalu data yang didapat diproses oleh mikroprosesor Atmel SAM3X8E, dan tingkat glukosa yang diprediksi ditampilkan pada layar LCD. Perangkat ini juga dilengkapi oleh modul *bluetooth* sehingga data dapat ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Berdasarkan penelitian didapat bahwa monitor glukosa non-invasif menyediakan sarana yang sangat efektif untuk membantu manajemen perawatan kesehatan pasien diabetes.

H. Suyono dan Hambali (2019) merancang alat pengukur kadar glukosa dalam darah menggunakan teknik non-invasif dengan Arduino Uno sebagai papan mikrokontrolernya. Sensor infra merah digunakan sebagai *transmitter* dan fotodiode sebagai *receiver*. Alat yang dibangun dibandingkan dengan pengujian secara invasif dan didapat error rata-rata sebesar 2,14% dan keakuratan pembacaan sekitar 97,86%.

S. P. Dharshini, dkk. (2020) membuat alat pengukur glukosa darah non-invasif bagi pasien diabetes dengan membangun sistem yang berbasis *near-*

infrared. Hasil yang didapat diproses oleh Arduino dan ditampilkan pada serial monitor.

Penelitian dan pengembangan terkait *step counter* juga banyak dilakukan. Beberapa diantaranya yang dijadikan rujukan adalah penelitian yang dilakukan oleh R Pawan Sai, *dkk.* (2016) yang mengembangkan *step counter* atau pedometer menggunakan sensor akselerometer ADXL345 3-sumbu dengan mikrokontroler Atmega328P dan algoritma yang dirancang menghitung jumlah langkah yang ditempuh lalu ditampilkan pada LCD.

Win Min Myo, *dkk.* (2018) mengembangkan *step counter* menggunakan sensor akselerometer pada *smartphone*. Hasil penelitian ini menunjukkan total akurasi sebesar 98,73%. Selanjutnya Mhd. Idham Khalif, *dkk.* (2018) mengembangkan penghitung langkah menggunakan sensor akselerometer yang menggunakan papan mikrokontroler Wemos D1 *Mini* sebagai pengolah data. Alat yang dibuat juga dilengkapi dengan modul *wi-fi* agar mampu mengirimkan data.

A. Kurniawan, *dkk.* (2019) membuat penghitung langkah dengan sensor akselerometer dimana data yang dihasilkan diproses menggunakan papan mikrokontroler Arduino Nano yang kemudian ditampilkan pada ponsel pengguna. Kalkulasi data yang dihasilkan akan dihitung sebagai langkah kaki. Berdasarkan 18 pengujian, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 91,48%.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan serta tingginya kebutuhan pasar terkait alat *monitoring* kesehatan khususnya dalam pemantauan kadar glukosa darah, masih diperlukan penelitian untuk mengembangkan alat ukur glukosa darah yang non-invasif, mudah, akurat, dan murah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dirancang alat ukur glukosa darah non-invasif yang berfungsi untuk *monitoring* kadar glukosa darah dan gelang pengukur langkah kaki. Kedua fungsi ini sangat penting sebagai upaya untuk menjaga agar glukosa darah tetap dalam keadaan normal.

B. Perumusan Masalah

Berlandaskan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang purwarupa yang berfungsi untuk *monitoring* kadar glukosa darah non-invasif dan gelang penghitung langkah kaki.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang purwarupa alat ukur kadar glukosa darah.
2. Merancang *step counter* untuk *monitoring* aktivitas berjalan harian.
3. Merancang aplikasi pada *smartphone* yang dapat menampilkan serta mengirimkan hasil pengukuran kadar glukosa darah dan langkah kaki melalui surel.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Terciptanya purwarupa yang dapat digunakan untuk *monitoring* kadar glukosa darah dan aktivitas berjalan pengguna.
2. Menjadi acuan untuk penelitian terkait pengembangan pengukuran kadar glukosa darah non-invasif.