

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Darah dalam tubuh manusia mengandung berbagai unsur antara lain eritrosit, leukosit, dan trombosit. Eritrosit merupakan sumber warna merah pada darah, yang dipengaruhi oleh keberadaan hemoglobin di dalamnya. Warna merah ini semakin jelas ketika hemoglobin mengikat oksigen, membentuk oksihemoglobin (HbO_2). Menurut fungsinya, hemoglobin digunakan sebagai media transport oksigen dan membawa karbondioksida hasil metabolisme dari jaringan tubuh ke paru-paru, kemudian dikeluarkan melalui pernapasan (Ningsih dkk., 2019). Hemoglobin adalah analit penting dalam biokimia dan biomedis. Metode standar untuk mengukur konsentrasinya akurat, tetapi memerlukan reagen dan lisis darah (Umar dan Alyah, 2020).

Penyakit yang berhubungan dengan kadar hemoglobin dalam darah yaitu anemia. Anemia merupakan salah satu masalah gizi mikro yang serius, dengan populasi tertinggi di negara berkembang, termasuk Indonesia. Anemia di Indonesia sebagian besar disebabkan oleh kekurangan zat besi. Kelompok masyarakat yang rawan terkena anemia adalah anak-anak, remaja, ibu hamil dan menyusui serta pekerja berpenghasilan (Aminnudin, 2021).

Anemia didefinisikan sebagai konsentrasi hemoglobin di bawah titik batas tertentu yang bergantung pada usia, jenis kelamin, status fisiologis, kebiasaan merokok, dan tempat tinggal. WHO (*World Health Organization*) mendefinisikan *non-anemia* pada anak-anak berusia (6-9) bulan dengan nilai hemoglobin >11 g/dL, anak-anak berusia (5-11) tahun dengan nilai hemoglobin $>11,5$ g/dL, anak-anak berusia (12-14) tahun dengan nilai hemoglobin >12 g/dL, perempuan tidak hamil berusia ≥ 15 tahun dengan nilai hemoglobin >12 g/dL dan wanita hamil sebagai konsentrasi hemoglobin >11 gr/dL, dan pada laki-laki ≥ 15 tahun dengan konsentrasi hemoglobin >13 g/dL (Chan, 2011).

Pengukuran nilai hemoglobin biasanya dilakukan secara *invasive*, yaitu sampel darah yang telah diambil diukur dengan melihat intensitas warna dari sampel yang telah diberi reagen. Pengukuran intensitas warna dilakukan dengan metode sahli (metode manual) dan metode sianmethemoglobin (spektrofotometer). Kedua metode tersebut kurang efisien karena menyebabkan rasa sakit pada pasien saat proses pengambilan sampel darah. Dalam metode ini, darah pasien dicampur dengan larutan asam klorida dan hemoglobin akan terdegradasi. Proses ini membutuhkan waktu untuk memastikan larutan tercampur dengan baik sehingga warna larutan berubah sesuai dengan kadar hemoglobin (Aminudin, 2021). Beberapa penelitian menyarankan untuk melakukan pengukuran kadar hemoglobin dengan cara *non-invasive*, yaitu mengukur hemoglobin tanpa melukasi pasien (Syarifuddin dkk., 2023).

Hemoglobin yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang cahaya (910-940) nm dan hemoglobin yang tidak mengikat oksigen menyerap panjang gelombang cahaya (600-750) nm, sehingga inilah mengapa LED merah dan inframerah digunakan sebagai komponen utama pembangun sensor, karena kedua LED ini memiliki panjang gelombang yang sesuai kriteria untuk mengukur kadar hemoglobin dalam darah (Aditya dan Riska, 2020).

Pengukuran kadar hemoglobin *non-invasive* dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis dan anatomi tubuh manusia. Salah satu faktor penting adalah ketebalan pembuluh darah dan struktur kulit, yang dapat memengaruhi kemampuan sensor untuk mendeteksi cahaya yang melewati atau dipantulkan oleh jaringan (Park dkk., 2020). Hal ini berkaitan erat dengan komposisi kulit, terutama kandungan kolagen yang berfungsi sebagai elemen penyusun utama jaringan kulit dan mengalami perubahan seiring pertambahan usia. Perbedaan ini membuat pengukuran hemoglobin dapat bervariasi antara individu, tergantung pada karakteristik kulit dan pembuluh darah masing-masing (Ekawati dan Wulandari, 2021).

Penelitian Bardadin dkk. (2024) menggunakan pemodelan transportasi cahaya Monte Carlo dengan LED hingga 850 nm dan kamera CS135MUN untuk mengukur pengaruh ketebalan epidermis terhadap kadar hemoglobin. Hasilnya

menunjukkan bahwa variabilitas biologis, seperti kedalaman pembuluh darah dan kadar melanin, membatasi akurasi teknik ini. Kekurangan dari penelitian ini adalah pada penggunaan kamera CS135MUN, yang menghasilkan data gambar mentah sehingga memerlukan pengolahan tambahan menggunakan algoritma pengolahan gambar yang kompleks.

Pengukuran kadar hemoglobin dipengaruhi tidak hanya oleh ketebalan jaringan kulit, tetapi juga oleh warna kulit. Padma dan Kumari (2020) memvariasikan 3 warna kulit yaitu terang, sedang dan gelap. Penelitian ini menggunakan fotodioda, LED inframerah 840 nm dan 940 nm, serta LED merah (660 nm), dengan persentase *error* 3% yang dipengaruhi oleh warna kulit, ketebalan jaringan, dan kondisi fisiologis pasien. Kekurangan penelitian ini terletak pada penggunaan fotodioda karena amplifier yang terpisah dapat meningkatkan kompleksitas desain rangkaian dan membutuhkan kalibrasi tambahan untuk penguatan sinyal.

Penelitian yang dilakukan oleh Ningsih dkk. (2019) ini menggunakan LED inframerah dan fotodioda, dan hasil hemoglobin terbaca pada LCD. Pada hasil pengujian didapatkan *error* maksimal sebesar 6,4%. Kelemahan dari penelitian ini adalah menggunakan rentang yang berlaku umum tanpa mempertimbangkan perbedaan kadar hemoglobin antara laki-laki dan perempuan yang biasanya memiliki nilai normal yang berbeda.

Menurut Masthura dkk (2023) teknologi berkembang pesat pada bidang kesehatan. Pengukuran hemoglobin saat ini masih menggunakan sistem manual yang memiliki kekurangan, sedangkan pengukuran hemoglobin harus rutin dilakukan agar terhindar dari hal yang tidak diinginkan, maka dibutuhkan pengukuran hemoglobin yang dapat memonitoring dari jarak jauh dan memberikan informasi secara *update* agar apabila terjadi ketidaknormalan pada hemoglobin manusia bisa segera diberikan penanganan cepat guna untuk menghindari hal yang tidak diinginkan. Teknologi *Internet of Things* (IoT), menurut Sufian dan Setiyadi (2021), memungkinkan manusia menjalankan aktivitas secara efisien dengan pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui perangkat *smartphone*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dirancang alat yang berfungsi untuk mengukur kadar hemoglobin dalam darah secara *non-invasive*, tanpa melukai tubuh pasien, dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan berbasis IoT. Alat ini menggunakan prinsip *Near-Infrared (NIR) Spectroscopy* dengan memanfaatkan dua jenis LED, yaitu LED merah (660 nm) yang berada di spektrum cahaya tampak dan LED inframerah (940 nm), untuk menganalisis kadar hemoglobin dalam darah. Pengujian alat dilakukan dengan memvariasikan ketebalan kulit manusia. Penggunaannya dilakukan dengan meletakkan jari telunjuk pada sensor OPT101, yang menerima cahaya dari LED merah dan LED inframerah dekat. LED berfungsi sebagai pemancar cahaya, sementara sensor OPT101 bertindak sebagai penerima. Cahaya LED menembus pembuluh darah kapiler kulit, dipantulkan kembali, dan ditangkap oleh fotodiode OPT101. Nilai kadar hemoglobin ditampilkan di *smartphone* pasien pada aplikasi Blynk, pada aplikasi ini pasien mengisi data seperti nama, usia dan jenis kelamin agar memudahkan dokter dalam membedakan serta mengelompokkan pasien.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat pengukur kadar hemoglobin secara *non-invasive* berbasis IoT dengan menggunakan sensor OPT101, LED merah, dan LED inframerah via aplikasi Blynk.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat bermanfaat bagi pengguna dan mempermudah tenaga medis dalam monitoring kadar hemoglobin secara *real-time* tanpa prosedur *invasive*, sekaligus menyediakan informasi melalui aplikasi Blynk. Informasi ini membantu pengguna menjaga pola hidup sehat dan mendukung tenaga medis dalam memantau kondisi pasien serta menentukan dosis obat atau insulin yang tepat.

1.4 Ruang lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian alat ukur kadar hemoglobin *non-invasive* ini mencakup perancangan perangkat-keras dan perangkat-lunak sistem, serta

pengujian sistem secara keseluruhan. Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan ialah sensor OPT101 sebagai pengukur kadar hemoglobin dengan LED merah dan LED inframerah sebagai sumber cahaya.
2. Batasan pengujian dikategorikan berdasarkan kelompok anak-anak berusia (12-14) tahun, wanita tidak hamil, wanita hamil, dan pada laki-laki ≥ 15 tahun.
3. Alat pembanding yang digunakan adalah Sysmex Analyzer.
4. Hasil keluaran dari penelitian ini berupa tampilan di aplikasi Blynk berbasis IoT.

