

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hemoglobin (Hb) merupakan indikator penting dalam menilai kondisi kesehatan seseorang karena berperan untuk mengangkut oksigen dari paru-paru keseluruh tubuh [1]. Dalam tubuh manusia, hemoglobin memiliki dua peran utama, yaitu membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan dan mengangkut karbon dioksida serta ion H^+ dari jaringan ke paru-paru untuk dikeluarkan [2]. Dengan fungsi vital ini, kadar hemoglobin dalam darah sering dijadikan sebagai parameter penting dalam mengevaluasi status kesehatan individu.

Kadar hemoglobin dalam darah merupakan parameter klinis yang penting digunakan dalam berbagai tes darah untuk menilai kondisi kesehatan. Menurut *World Health Organization* (WHO), seseorang dikatakan mengalami anemia apabila kadar hemoglobin berada di bawah batas normal: yaitu kurang dari 12 gr/dl (7,5 mmol/l) untuk wanita, dan kurang dari 13 gr/dl (8,1 mmol/l) untuk pria [3]. Anemia terjadi saat kadar hemoglobin atau jumlah sel darah merah dalam darah menurun di bawah nilai normal [4]. Kondisi ini dapat mengakibatkan penurunan kapasitas darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh, yang kemudian dapat menyebabkan gejala seperti kelelahan, kelemahan, dan pusing, yang berdampak negatif pada kualitas hidup pasien.

Berdasarkan Data Riskesdas 2018, sekitar 32% remaja Indonesia diketahui menderita anemia. Artinya, hampir 3 sampai 4 dari 10 remaja mengalami kondisi ini. Penyebabnya antara lain adalah kurangnya asupan gizi yang memadai dan minimnya olahraga. Masalah ini menunjukkan urgensi untuk mengembangkan metode pengukuran hemoglobin yang lebih efisien, nyaman, dan dapat diakses oleh masyarakat luas. Metode pengukuran hemoglobin yang umum dilakukan menggunakan metode *invasive*, dimana sampel darah diambil melalui jarum suntik [5]. Meskipun metode ini memberikan hasil yang akurat, akan tetapi memiliki beberapa kekurangan, yaitu

ketidaknyamanan bagi pasien yang takut jarum, risiko infeksi, serta waktu dan biaya tambahan yang diperlukan untuk pengolahan sampel.

Salah satu solusi untuk mengatasi kelemahan metode invasif adalah menggunakan pengukuran hemoglobin non-invasif berbasis teknologi. Teknik ini memanfaatkan hukum *Beer-Lambert* yaitu melewatkan sinar pada darah dan mengukur intensitas cahaya yang melewati darah [6]. Dengan mengetahui intensitas cahaya yang diserap oleh darah, konsentrasi Hemoglobin dalam darah dapat diperkirakan tanpa perlu melakukan pengambilan sampel darah. Konsep ini menunjukkan bahwa pengukuran hemoglobin secara non-invasif dapat dilakukan dengan lebih nyaman dan efisien dibandingkan metode invasif.

Pengukuran hemoglobin dengan metode non-invasif memerlukan sebuah model yang mampu memetakan intensitas cahaya yang diterima sensor ke kadar hemoglobin dalam darah. Salah satu pendekatan untuk memprediksi kadar hemoglobin ini dapat dianggap sebagai pemecahan masalah regresi. Permasalahan regresi melibatkan hubungan antara variabel independen X dan variabel dependen Y , dimana keduanya saling terkait [7]. Dalam rancangan perangkat hemoglobin yang penulis kembangkan, intensitas cahaya yang diterima sensor berperan sebagai variabel input (X), sedangkan kadar hemoglobin yang diprediksi menjadi variabel *output* (Y). Untuk memodelkan hubungan antara variabel X dan variabel Y , digunakan algoritma regresi linear yang telah terbukti akurat dan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Pendekatan ini mampu menghasilkan prediksi kadar hemoglobin secara optimal dengan kompleksitas model yang relatif rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pengukuran hemoglobin yang lebih nyaman dan efisien dibandingkan dengan metode invasif yang telah ada saat ini. Dengan memanfaatkan prinsip hukum *Beer-Lambert* dan algoritma *Machine learning*, perangkat yang dikembangkan mampu memodelkan hubungan antara intensitas cahaya dan kadar hemoglobin dalam darah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif digunakan untuk pemantauan hemoglobin secara non-invasif, serta memberikan solusi yang lebih nyaman bagi pasien dan berpotensi meningkatkan aksesibilitas layanan kesehatan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana cara untuk memudahkan pengukuran kadar hemoglobin agar lebih praktis dan biaya lebih terjangkau?
- 2) Bagaimana memodelkan fitur pada sensor agar dapat digunakan untuk prediksi hemoglobin?
- 3) Bagaimana performa perangkat yang telah dibuat ditinjau dari aspek akurasi, presisi, dan konsistensi pengukuran?

1.3. Tujuan Dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Merancang perangkat non-invasif yang efektif untuk pengukuran kadar hemoglobin dalam darah.
- 2) Menerapkan metode *Machine learning* dengan algoritma regresi linier untuk memprediksi hemoglobin secara non-invasif.
- 3) Mengevaluasi performa perangkat yang dikembangkan dengan mengukur nilai MAE, MSE, RMSE, dan koefisien korelasi (r).

1.3.2 Manfaat

Penelitian ini berhasil menghasilkan perangkat pengukur kadar hemoglobin secara non-invasif yang menawarkan solusi praktis dan efisien dibandingkan metode invasif yang memerlukan pengambilan darah. Perangkat ini dirancang dengan sederhana dan biaya yang terjangkau, sehingga cocok digunakan baik oleh tenaga kesehatan maupun masyarakat untuk pemantauan mandiri di rumah. Selain mengurangi ketidaknyamanan pasien, perangkat ini menunjukkan performa yang tinggi berdasarkan hasil pengujian, sehingga berpotensi menjadi alternatif yang aman dan efektif dalam mendukung deteksi dini anemia dan pemantauan kesehatan secara berkelanjutan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian ini difokuskan pada pengembangan alat non-invasif yang memanfaatkan prinsip hukum *Beer-Lambert* untuk pengukuran kadar hemoglobin.
- 2) Penelitian hanya dilakukan dengan metode penyinaran pada ujung jari tangan yang tidak tertutup oleh lapisan lain, seperti cat kuku.
- 3) Penelitian ini hanya melibatkan sampel sukarelawan dalam kondisi sehat, tanpa melibatkan subjek dengan kondisi medis khusus.
- 4) Pengujian dilakukan di lingkungan laboratorium dan kampus dengan kondisi terkontrol, tanpa mempertimbangkan lingkungan eksternal seperti suhu dan kelembapan.
- 5) Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor MAX30102 dengan pengukuran pada panjang gelombang cahaya *infrared* (IR) dan cahaya *Red*.
- 6) Penelitian ini menggunakan algoritma regresi linear untuk pemodelan data dalam memprediksi kadar hemoglobin, tanpa membandingkan dengan algoritma yang lain.
- 7) Penelitian ini hanya memfokuskan pada rentang kadar hemoglobin dalam kondisi normal.
- 8) Variabel input yang digunakan untuk prediksi kadar hemoglobin hanya meliputi *IR Mean*, *Red Mean*, dan rasio *IR/Red*.
- 9) Batas toleransi kesalahan pada perangkat non-invasif dalam penelitian ini ditetapkan sebesar $\pm 5\%$, sesuai standar klinis yang berlaku.

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan melalui beberapa pendekatan, yaitu studi literatur terhadap jurnal-jurnal ilmiah dengan membandingkan hasil penelitian terdahulu, perancangan perangkat non-invasif untuk pengukuran hemoglobin menggunakan sensor MAX30102 yang bekerja dengan metode pantulan cahaya. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses dan dianalisis menggunakan algoritma *Machine learning* guna memprediksi kadar hemoglobin secara akurat.

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir dengan judul “**Desain Perangkat Pengukuran Hemoglobin Secara Non-Invasif Berbasis *Machine learning***”

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan dan Milestone

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	Milestone
1	Penentuan Topik	2 Minggu	31 Juli 2024	Topik disetujui oleh pembimbing
2	Studi Literatur	2 Minggu	15 Agustus 2024	Mengumpulkan jurnal
3	Penyusunan Bab I dan Bab II	1 Bulan	12 September 2024	Bimbingan ke dosen dan disetujui bab 1 dan bab 2
4	Penyusunan Bab III	2 Minggu	18 Oktober 2024	Bab 3 selesai dan disetujui oleh dosen
5	Seminar Proposal Tugas Akhir	1 Hari	8 November 2024	Hasil Bab 1 – 3 diseminarkan
6	Perancangan dan Pengujian	5 Bulan	22 April 2025	Prototipe selesai dan perangkat berhasil diuji
7	Pengambilan Data dan Analisis Hasil Data	3 Minggu	13 Mei 2025	Data terkumpul dan dianalisis
8	Penyusunan Bab IV dan Bab V	1 Minggu	20 Mei 2025	Bab 4 dan bab 5 selesai
9	Sidang Tugas Akhir	1 Hari	16 Juni 2025	Tugas akhir dipresentasikan