

**DESAIN DAN PENGEMBANGAN ALAT UKUR KADAR
HEMOGLOBIN DALAM DARAH SECARA *NON-INVASIVE*
MENGUNAKAN SENSOR TCRT5000 BERDASARKAN
PRINSIP *ZERO WASTE***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S. Si)
dalam Ilmu Fisika



Oleh : Bella Julia
NIM : 1808026007

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bella Julia

NIM : 1808026007

Jurusan/Program Studi : Fisika/Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

**DESAIN DAN PENGEMBANGAN ALAT UKUR KADAR
HEMOGLOBIN DALAM DARAH SECARA *NON-INVASIVE*
MENGUNAKAN SENSOR TCRT5000 BERDASARKAN
PRINSIP *ZERO WASTE***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 26 Juni 2022

Pembuat Pernyataan,



Bella Julia

NIM : 1808026007

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang Telp. 0247601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Desain dan Pengembangan Alat Ukur Kadar Hemoglobin dalam Darah secara Non-Invasive menggunakan Sensor TCRT5000 berdasarkan Prinsip Zero Waste
Penulis : Bella Julia
NIM : 1808026007
Program Studi : Fisika

Telah diujikan dalam sidang munaqasyah oleh dewan penguji Fakultas Sains dan teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Ilmu Fisika.

Semarang, 29 Juni 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua

Muhammad Izzatul Faqih, M.Pd

NIP. -

Penguji I,

Istikomah, M.Sc

NIP.199011262019032021

Pembimbing I

Edi Daenuri Anwar, M.Si
NIP.19790726009121002

Sekretaris

Heni Sumarti, M.Si

NIP.198710112019032009

Penguji II,

Agus Sudarmanto, M.Si

NIP.197708232009121001

Pembimbing II

Heni Sumarti, M.Si
NIP.198710112019032009



NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 26 Juni 2022

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Desain dan Pengembangan Alat Ukur Kadar Hemoglobin dalam Darah secara Non-Invasive menggunakan Sensor TCRT5000 berdasarkan Prinsip Zero Waste

Penulis: Bella Julia

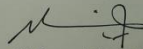
NIM : 1808026007

Prodi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing I,



Edi Daenuri Anwar, M.Si

NIP.197907262009121002

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 26 Juni 2022

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Desain dan Pengembangan Alat Ukur Kadar Hemoglobin dalam Darah secara Non-Invasive menggunakan Sensor TCRT5000 berdasarkan Prinsip Zero Waste

Penulis: Bella Julia

NIM : 1808026007

Prodi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing II,



Heni Sumarti, M.Si

NIP.198710112019032009

ABSTRAK

Hemoglobin merupakan salah satu hal terpenting dalam tubuh. Pengukuran kadar Hemoglobin untuk saat ini masih menggunakan teknik Invasive (melukai tubuh). Maka dari itu penelitian ini menggunakan teknik Non-Invasive (tanpa melukai tubuh). Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan alat, untuk mengetahui kelayakan produk berdasarkan hasil uji kalibrasi & uji akurasi dan mengetahui kesesuaian alat dengan prinsip Zero Waste. Metode yang digunakan RnD dengan model pengembangan 4D Thiagrajan.. Dengan prinsip kerja pada alat yang menggunakan Sensor TCRT5000, memanfaatkan sinar inframerah pada jari telunjuk untuk menentukan kadar Hemoglobin. Teknik uji kalibrasi dan akurasi pada 20 sampel data secara Invasive yang dibandingkan dengan data Non-Invasive. Hasil uji kalibrasi $R = 0.9183$ dan uji akurasi sebesar 95.04% dan nilai Error 4,96.. Pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin dalam penelitian ini bisa dipergunakan sesuai dengan alat ukur standar medis dan sesuai dengan prinsip *Zero waste*.

Kata Kunci : Hemoglobin, Non-Invasive, Zero Waste

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "Desain dan Pengembangan Alat Ukur Kadar Hemoglobin dalam Darah secara Non-Invasive menggunakan Sensor TCRT5000 berdasarkan Prinsip Zero Waste". Sholawat serta salam senantiasa turunkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi kita semua. Penulisan skripsi ini diselesaikan untuk mengakhiri kegiatan perkuliahan di jenjang sarjana dan sebagai syarat wajib untuk mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu, memberi masukan, dorongan, semangat, maupun do'a, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M. Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

2. Dr. Ismail, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Agus Sudarmanto, M. Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Edi Daenuri Anwar, M. Si., selaku Pembimbing I dan Heni Sumarti, M. Si., selaku Pembimbing II skripsi yang telah memberikan saran dan masukan serta membimbing penulis dengan baik dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Kedua orangtua tercinta , Omeh dan Rembun Sriyanto yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil, bantuan dan do'a kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi ini.
6. Sahabat-sahabatku Sasa, Sepia, Siska, dan Dilla yang selalu memberikan dukungan, bantuan, do'a, semangat, dan menjadi tempat keluh kesah penulis.
7. Teman-teman Kos Mba anis, Mba Meliya, Mba Riffah, Mba Hesti yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan semangat kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang senantiasa membantu, memberikan

dukungan, serta do'a selama penulisan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis juga menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka besar harapan penulis untuk saling berbagi wawasan satu sama lain. Segala pertanyaan, kritik, saran dapat tersampaikan melalui surat elektronik di alamat bellajulia585@gmail.com. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua khususnya bagi perkembangan Ilmu Fisika Medis yang akan datang.

Semarang, 29 Juni 2022



Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI	
PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
NOTA DINAS.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori.....	8
1. Hemoglobin.....	8
2. Sensor TCRT5000.....	11

3.	Hukum Beer Lambert.....	12
4.	Prinsip Zero Waste.....	14
5.	Sinyal PPG.....	15
E.	Kajian Pustaka	17
BAB III METODE PENELITIAN		21
A.	Metode Penelitian.....	21
B.	Prosedur Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
A.	HASIL.....	36
2.	Pengujian Alat	38
B.	PEMBAHASAN.....	48
BAB V PENUTUP.....		53
A.	Kesimpulan	53
B.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN.....		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Protein Hemoglobin dalam Darah	11
Gambar 2.2	Sensor TCRT5000	12
Gambar 2.3	Prinsip Kerja Sensor TCRT5000	13
Gambar 2.4	Estimasi Parameter Hukum Beer Lambert	14
Gambar 2.5	Pola Sinyal PPG	18
Gambar 2.6	Mode Konfigurasi Pemasangan Sensor Optik	18
Gambar 3.1	Alat Pembanding kadar Hemoglobin Test Meter MHD-1	30
Gambar 3.2	Skema Prosedur Penelitian	33
Gambar 3.3	Desain Alat Ukur kadar Hemoglobin secara Non-Invasive	34

Gambar 4.1	Desain dan Pengembangan alat ukur kadar hemoglobin (a) ada sampel ujung jari (b) tanpa sampel ujung jari	40
Gambar 4.2	Proses pengambilan data	42
Gambar 4.3	Grafik hubungan nilai ADC dengan kadar Hemoglobin pada 10 sampel	52
Gambar 4.4	Grafik hubungan berdasarkan Usia	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Spesifikasi alat Family Dr Test Meter MHD-1 (Micobiomed,2019)	31
Tabel 4.1	Nilai-nilai Hemoglobin	44
Tabel 4.2	Data hasil kadar Hemoglobin	46
Tabel 4.3	Hasil pengukuran menggunakan alat ukur Invasive dan Non-Invasive untuk Kalibrasi pengukuran kadar Hemoglobin	47
Tabel 4.4	Tingkat akurasi dan nilai Error pada alat Non-Invasive untuk mengukur kadar Hemoglobin	52
Tabel 4.5	Grafik berdasarkan hubungan Usia	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Islam merupakan agama yang menuntun manusia dari taraf kehidupan yang terbelakang menuju taraf kehidupan yang maju dan berkembang. Islam tidak melarang umatnya untuk memikirkan teknologi atau ilmu pengetahuan modern untuk tujuan modernisasi keunggulan manusia, pemikiran profesional, konstruktif dan ambisius (Aziz, 2016). Pada penelitian ini yaitu teknologi secara modern dengan dikembangkannya suatu alat tentang pengukuran kadar hemoglobin dalam darah.

Hemoglobin mempunyai peran penting dalam protein dalam darah. Hemoglobin merupakan pigmen yang memberi warna merah pada sel darah merah. Menurut fungsinya, hemoglobin digunakan sebagai alat pengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh. Oksigen merupakan bagian penting dari metabolisme tubuh untuk menghasilkan energi. Hemoglobin juga mempunyai fungsi mengangkut karbondioksida hasil metabolisme dari jaringan tubuh ke paru-paru untuk dikeluarkan pada saat respirasi (Ningsih, Fajrin, & Fitriyah, 2019). Untuk mengetahui seseorang menderita anemia atau tidak, kita dapat

mengetahuinya dengan mengukur kadar hemoglobin. Kadar hemoglobin lebih rendah dari nilai normal berarti ditandai dengan gejala anemia, nilai normal wanita dewasa 12-14 g/dL, sedangkan pria dewasa 14-16 g/dL (Anamisa.2015).

Pengukuran hemoglobin dan saturasi oksigen darah setara karena oksigen diikat oleh hemoglobin. Sensor TCRT5000 dapat digunakan untuk memantau hemoglobin dalam darah pada tubuh manusia (Umar & Aliyah, 2020).

Perkembangan teknologi saat ini, mendiagnosa keadaan tubuh seseorang yang sebelumnya dilakukan secara manual (analog) dan kurang fleksibel dapat dilakukan dengan menggunakan instrumentasi medis yang bekerja secara otomatis (digital) dan lebih fleksibel. Pengukuran secara digital memiliki beberapa keuntungan antara lain pengukuran dapat dilakukan secara individual (seorang diri), pengukuran lebih akurat, dan respon pengukuran lebih cepat dengan menggunakan prinsip Non-Invasive pengukuran tanpa melukai tubuh seseorang (Rizal, Riyadi, & Drajat, 2015).

Pengukuran kadar Hemoglobin di era sekarang masih menggunakan metode Invasive yang masih memiliki banyak kekurangan yaitu, kurang efisien dan kurang ramah bagi pasien. Untuk itu, suatu pengembangan alat ukur kadar hemoglobin darah dengan menggunakan metode

Non- Invasif pada penelitian ini sangat dibutuhkan. Karena dengan menggunakan metode Non- Invasif tidak perlu harus melukai tubuh pasien untuk mendapatkan sampel darah, sehingga lebih efektif untuk digunakan dalam bidang medis.

Non-Invasive dalam penggunaan ilmiah dalam konteks medis, dimana dalam prosedur bidang medis tidak memerlukan prosedur yang menggunakan instrumen medis atau perangkat yang melalui kulit yang dianggap dapat melukai tubuh yang biasa diartikan sebagai teknik Non-Invasive (Pauli, Whiteman, Riley, & Middleton, 2010). Teknik Non-Invasive dalam penelitian ini digunakan untuk pengukuran kadar Hemoglobin dalam darah pada tubuh manusia.

Darah merupakan bagian dari tubuh yang berbentuk cair. Salah satu unsur penyusun darah adalah sel darah merah (eritrosit). Sebagian besar oksigen yang dibawa dalam darah terikat pada hemoglobin dalam sel darah merah (sel darah merah). Mineral besi adalah bagian dari hemoglobin dan memberikan protein ini kemampuan membawa oksigen (Scanlon.dkk.2007 hal.354). Pendeteksian dalam darah yang ada dalam arteri terhadap hemoglobin, yang memanfaatkan Sensor TCRT5000 dengan memanfaatkan cahaya inframerah.

Menjelaskan sifat serapan pada inframerah dengan

memanfaatkan TCRT 5000 sebagai sensor pendeteksi warna cahaya hemoglobin dalam tubuh berdasarkan penyerapan warna dan intensitas sinar infra merah yang dipancarkan oleh transmitter (led IR warna merah) dan diterima oleh receiver (phototransistor warna hitam) (Limantara et al., 2020). Lokasi pengukuran yang biasa digunakan adalah jari, jari kaki, pinna (atas) atau kuping telinga. Seperti yang dijelaskan pada Hukum Beer Lambert yaitu ketika darah memasuki pembuluh darah di daerah tertentu, cahaya yang datang diserap secara berbeda dibandingkan dengan daerah tanpa darah karena komponen darah yang berbeda juga menyerap cahaya secara berbeda. Oleh karena itu, kami mengembangkan alat ukur kadar hemoglobin Non-Invasive menggunakan sensor TCRT5000 berdasarkan sifat serapan cahaya Near Infra-Red (NIR) pada jari telunjuk.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ningsih dkk (2019), untuk mengukur kadar hemoglobin pada darah. Dari hasil pengujian modul ini yang dibandingkan dengan EasyTouch GCHB, didapatkan simpangan maksimal yaitu 1 g/dl dan minimal 0,1 g/dl, dan mempunyai error maksimal sebesar 6,4 % dan minimal 0,8 % dan rata-rata error sebesar 0,1 % yang berarti alat ini layak untuk digunakan karena nilai simpangan maksimal adalah 1 g/dl dan toleransi dari hemoglobin adalah 1 g/dl.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Usman dkk (2019), penelitian yang mengembangkan pengukuran Hb dengan Non-Invasive yang tidak melukai untuk mengambil setetes sampel darah. Pengembangan cara Non-Invasive tersebut antara lain pengukuran Hb dengan pemanfaatan cahaya dan laser untuk menentukan Hb dengan Non-Invasive. Penggunaan multiwavelength dengan sensor pulse oximetry merupakan salah satu cara pengukuran Hb Non-Invasive.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aditya dkk (2020), penelitian tentang Kadar Hemoglobin secara Non-Invasive nilai kondisi normal SpO_2 yaitu antara 95% sampai 100% dan nilai kondisi abnormal yaitu $<95\%$. Dari hasil data pengukuran SpO_2 , hasil yang didapat sangat bervariasi, namun pengukuran dari alat yang dibuat diperoleh hasil 93% sampai 98% sehingga tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat melalui alat yang sudah terkalibrasi (Aditya & Wahyuni, 2020).

Penelitian yang sudah banyak dilakukan pada penelitian pengukuran kadar Hemoglobin, dengan cara Invasive. Metode Invasive dengan cara melukai bagian tubuh seperti jari telunjuk, sehingga membuat ketidaknyamanan karena sakit, dan kemungkinan timbulnya infeksi pada jari. Membutuhkan bahan medis seperti jarum suntik, sehingga

cara tersebut akan sulit untuk didaur ulang kembali dalam bidang kesehatan. Maka dari itu, dalam pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Non-Invasive tanpa melukai bagian tubuh dan sesuai dengan prinsip *Zero Waste*.

Prinsip *Zero Waste* merupakan prinsip dari pengolahan sampah untuk mengurangi limbah dari bahan medis, sehingga alat ini bisa dikembangkan dari penelitian yang dilakukan sebelumnya. Penelitian yang dilakukan ini diharapkan mampu menjadi bahan acuan untuk kedepannya bagi peneliti yang akan melakukan penelitian yang sama, dan mendapatkan hasil yang akurat untuk penelitian alat kadar hemoglobin dalam darah.

B. Rumusan Masalah

Penelitian difokuskan pada pembuatan alat untuk mendeteksi kadar Hemoglobin dalam darah secara Non-Invasive. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana kelayakan produk alat ukur kadar Hemoglobin berdasarkan uji kalibrasi dan uji akurasi secara Non-Invasive ?
- b. Bagaimana penerapan prinsip *Zero Waste* terhadap alat ukur kadar Hemoglobin?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada didapatkan tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui kelayakan produk alat ukur kadar Hemoglobin berdasarkan uji kalibrasi dan uji akurasi secara Non-Invasive.
- b. Mengetahui penerapan prinsip Zero Waste terhadap alat ukur kadar Hemoglobin.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak :

- a. Bagi Peneliti dan Pembaca
Menambah pengetahuan tentang penggunaan alat ukur kadar hemoglobin dalam darah secara Non-Invasive.
- b. Bagi Dokter
Memberikan bahan pertimbangan (second opinion) bagi dokter dalam memberikan diagnosis dengan memberikan informasi yang bersifat objektif.
- c. Bagi Institusi
Memberikan referensi bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian dengan tema yang sama.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Hemoglobin

Hemoglobin adalah tetramerik protein dalam sel darah merah yang mengikat molekul nonprotein, senyawa porfirin besi yang disebut Heme. Hemoglobin melakukan dua fungsi transportasi penting dalam tubuh manusia, yaitu mengangkut oksigen ke jaringan dan karbondioksida dan proton dari jaringan perifer ke saluran pernapasan. Menurut Sherwood (2012) Hemoglobin mempunyai beberapa fungsi diantaranya mengatur pertukaran O_2 dan CO_2 dalam jaringan tubuh, mengambil oksigen dari paru-paru kemudian dibawa keseluruh jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar dan membawa CO_2 dari jaringan tubuh sebagai hasil metabolisme menuju ke paru-paru untuk dibuang.

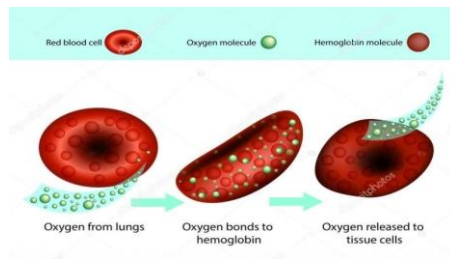
Pembentukan Heme (hemoglobin) dimulai di mitokondria sebagai akibat dari reaksi antara glisin dan suksinil-CoA untuk membentuk prekursor pertama pirrol, porphobilinogen, melalui ALAD dehidrasi. ALAD dehidrasi sangat sensitif terhadap penghambatan timbal. Empat porphobilinogen berkondensasi membentuk

tetrapirrol linier, selanjutnya mengalami dekarboksilasi dan oksidasi pada Corproparfirin yang masuk ke dalam mitokondria. Kemudian, Heme bereaksi dengan globin sehingga membentuk Hemoglobin (Andriyani, Arjani, & Bekti, 2020).

Tingkat hemoglobin secara positif dikaitkan dengan sistolik dan tekanan darah diastolik. Koefisien regresi untuk tekanan darah sistolik 1,3 mm Hg per milimeter per liter peningkatan kadar hemoglobin untuk pria dan 1,8 mm Hg per milimole per liter peningkatan kadar hemoglobin untuk wanita. Sehubungan dengan efek dalam orang, koefisien regresi untuk sistolik tekanan darah adalah 0,7 mm Hg dan 0,9 mm Hg per milimeter per liter peningkatan kadar hemoglobin, untuk pria dan wanita, masing-masing. Untuk tekanan darah diastolik, hasilnya sebanding antara koefisien regresi pria dan koefisien regresi wanita yaitu 1.0 mm Hg (Atsma et al., 2012).

Protein digunakan untuk membentuk partikel darah seperti sel darah merah dan hemoglobin. Protein juga berperan dalam memindahkan zat besi ke seluruh tubuh. Fungsi Transferrin adalah untuk mengedarkan zat besi ke daerah-daerah yang membutuhkan zat besi, seperti sumsum tulang, untuk membentuk hemoglobin

baru, sehingga kekurangan protein pada seseorang menghambat transportasi besi dan menyebabkan kekurangan zat besi dalam tubuh. Selain itu, ferritin adalah protein penting lainnya dalam metabolisme zat besi (Kusudaryati & Prananingrum, 2018).



Gambar 2.1 Protein Hemoglobin dalam Darah

Asupan protein yang kurang akan mengakibatkan terganggunya pembentukan eritrosit dan hemoglobin serta terlambatnya perpindahan zat besi sehingga produksi sel darah merah terganggu (Fatimah, 2011). Transferin adalah suatu gliko protein yang berperan sentral dalam metabolisme. Pembentuk hemoglobin terutama adalah protein dan zat besi. Bila asupan protein rendah dan asupan zat besi rendah maka akan mengganggu proses pembentukan hemoglobin (Widyaningsih, Ibriza, & Wariyani, 2021).

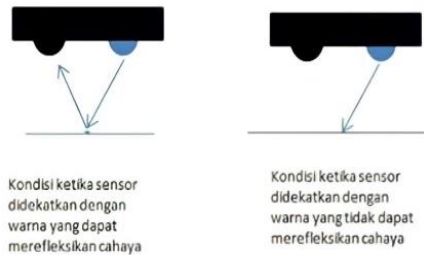
2. Sensor TCRT5000



Gambar 2.2 Sensor TCRT5000

Sensor TCRT5000 yang digunakan sebagai robot line follower yang mendeteksi garis dari perbedaan pantulan cahaya, dimana prinsip kerjanya yaitu ketika sensor dilewati oleh suatu objek yang dapat memantulkan cahaya maka sensor akan mendeteksi dan menangkap pantulannya maka gerbang akan berhenti dalam hal ini sensor dalam keadaan LOW (logika 0) (Tinambunan & Sani, 2018).

Sensor TCRT5000 memiliki 2 sensor infrared yang masing-masing berfungsi sebagai pemancar dan penerima, bentuknya seperti LED kecil. Ketika Sensor TCRT5000 tidak didekatkan terhadap suatu objek, sensor akan selalu memancarkan cahaya sehingga sensor memiliki nilai dan tidak nilai keluaran tidak nol. Cara kerja dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.3



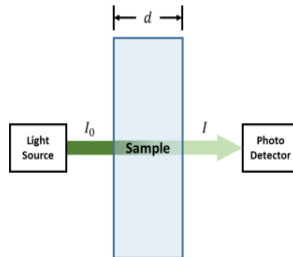
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Sensor TCRT5000
(Pratama,2020)

Prinsip kerja dari sensor tersebut bahwa ketika sensor dihadapkan dengan benda yang dapat merefleksikan cahaya, maka cahaya akan diteruskan kepada sensor receiver. Jika sensor dihadapkan dengan benda yang tidak dapat mereflesikan cahaya, maka cahaya infrared tidak akan diteruskan (Priatna, 2020).

3. Hukum Beer Lambert

Hukum Beer-Lambert Ketika darah memasuki pembuluh darah di wilayah tertentu, cahaya insiden diserap secara diferensial dibandingkan dengan daerah tanpa darah karena komponen darah juga menyerap cahaya yang berbeda. Dapat dijelaskan secara matematis oleh Hukum Beer-Lambert atau Hukum Beer-Lambert yang berbunyi “jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang

diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan”.



Gambar 2.4 Estimasi Parameter Hukum Beer Lambert

Pada gambar 2.4 ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang masuk terhadap suatu molekul atau objek, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang akan diserap. Cahaya mengenai suatu sampel atau cahaya masuk (I_0), sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan, dan sebagian lagi akan diteruskan atau cahaya keluar (I) (Neldawati, 2013).

Rumus dari Hukum Beer Lambert dapat ditulis sebagai berikut :

$$I = I_0 e^{-\alpha d} \quad (2.1)$$

Keterangan :

I = intensitas yang ditransmisikan

I_0 = intensitas cahaya yang masuk

e = eksponensial

α = alpha (konsentrasi zat terlarut)

d = ketebalan medium (cm)

Penyerapan solusi yang diperoleh oleh Beer-Lambert Law dapat langsung diukur dengan menerapkan cahaya insiden (I_0) sinyal input dan mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan oleh larutan (I) sinyal output (keluar menurun secara eksponensial dengan keluaran yang berbentuk cairan). Gambar 2.4 menggambarkan estimasi parameter menggunakan hukum Beer-Lambert (Hossain, Gupta, Kwon, & Kim, 2021).

4. Prinsip Zero Waste

Zero Waste merupakan filosofi yang mendorong desain ulang sumber daya dari sistem linier ke siklus tertutup, sehingga semua produk dapat digunakan kembali. *Zero Waste* mengacu pada pengelolaan sampah dan pendekatan perencanaan yang berfokus pada pencegahan timbunan sampah. Hal ini berbeda dengan pendekatan pengelolaan sampah pada saat ini, yang menekankan pada pembuangan sampah yang dihasilkan (Snow W, Dickinson J, 2001). *Zero Waste* merupakan pemahaman yang menjelaskan

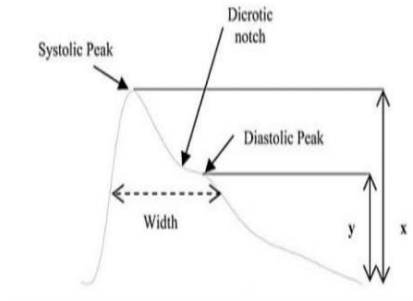
daur ulang sederhana, termasuk pencegahan dan pengurangan sampah (Davidson G,2011). Prinsip *Zero Waste* secara umum adalah 3R yaitu *Reduce, Reuse, dan Recycle*, serta prinsip mengolah sampah sedekat mungkin dengan sumber sampah untuk mengurangi beban transportasi. Oleh karena itu, perlu melalui beberapa faktor, termasuk di perguruan tinggi dan lembaga pendidikan, dalam upaya mengatasi pemborosan (Yudi Handayana, Angraini, Sudiarta, Qomariyah, & Alaa', 2020).

Prinsip *Zero Waste* dalam penelitian ini yaitu mengacu pada prinsip *Zero Waste Reduce*, yang memiliki arti mengurangi sampah atau limbah medis. Maksud dari salah satu prinsip *Zero Waste* ini adalah mengurangi penggunaan produk yang nantinya berpotensi menjadi sampah. Maka dari itu, di dalam penelitian ini dimana mengenai pengembangan alat ukur kadar hemoglobin tidak harus menghabiskan banyak alat medis sekali pakai untuk pengambilan masing-masing sample, agar tidak menambah limbah medis yang sulit untuk didaur ulang.

5. Sinyal PPG

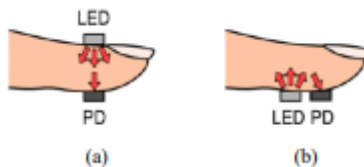
PPG (*Photoplethysmography*) adalah metode Non-Invasive dimana perubahan volume darah relatif

dalam darah yang dekat dengan kulit yang diukur. “Bentuk gelombang pulsa”. Upaya pemeriksaan aktif yang dibuka untuk mengungkapkan efektivitasnya di luar saturasi oksigen dan penentuan detak jantung. (Kasambe & Rathod, 2015).



Gambar 2.5 Pola Sinyal PPG (Madona & Pratiwi, 2016).

Metode yang berkembang dalam PPG menggunakan dua mode konfigurasi sensor optik yaitu mode refleksi dan mode transmisi. Pada penelitian ini mode konfigurasi yang digunakan yaitu Refleksi. Gambar 2.6 adalah mode konfigurasi pemasangan sensor.



Gambar 2.6 Mode Konfigurasi Sensor Optik : (a) Transmisi (b) Refleksi (Yuliandani, Dewi, & Ratri, 2017).

E. Kajian Pustaka

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian yang relevan dan telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Hasil penelitian ini dijadikan acuan oleh peneliti untuk digunakan dalam penelitian.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Ningsih (2019) untuk mengukur kadar hemoglobin pada darah. Dari hasil pengujian penelitian ini dibandingkan dengan EasyTouch GCHB, penyimpangan maksimum adalah 1 g/dL, minimum 0,1 g/dL, kesalahan maksimum 6%, dan kesalahan rata-rata 0,1%. Artinya anda dapat menggunakan alat ini, karena nilai deviasi maksimum adalah 1 g/dL dan toleransi hemoglobin adalah 1 g/dL.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Usman (2019) penelitian yang mengembangkan pengukuran Hb dengan teknik Non-Invasive yang tidak melukai untuk mengambil setetes sampel darah. Pengembangan cara noninvasif tersebut antara lain pengukuran Hb dengan pemanfaatan cahaya dan laser untuk menentukan Hb dengan noninvasif. Penggunaan multiwavelength dengan sensor pulse oximetry merupakan salah satu cara pengukuran Hb Non-Invasive.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Mallo (2012) Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada alat, kita dapat menyimpulkan bahwa : 1. Nilai uji SpO₂ yang ditetapkan dalam Indeks Simulator SpO₂ 2XL dibatasi hingga 35% sampai 100%. 2. Mengubah nilai level indeks 2XL hanya dapat dilakukan kelipatan 2, menambah atau mengurangi nilai level. 3. Rata-rata nilai error antara indeks 2XL dan SpO₂ TA adalah 3,8%. Oleh karena itu, saat menggunakan alat hasil yang sebenarnya akan menghasilkan $\pm 3,8$ dari hasil pengukuran alat ini. Nilai antara tangan kiri dan tangan kanan menghasilkan nilai yang tidak berbeda jauh. Rata-rata nilai SpO₂ tertinggi diperoleh pada jari telunjuk dan jarielingking. Penulis menyimpulkan bahwa jari yang paling akurat untuk mengukur SpO₂ adalah jari telunjuk. Penulis memilih jari telunjuk karena ukuran jari yang sesuai dengan sensor oksimeter (Mallo, Pricilia Yelana; Sompie, Sherwin R.U.A; Narasiang, 2012).
4. Penelitian yang dilakukan oleh Umar (2020). Data yang disajikan dalam penelitian ini hasil pengukuran hemoglobin menggunakan teknik noninvasive yang didesain dengan menggunakan

sensor yang terdiri dari emiter IR LED dan Photodiode sebagai detektor. Hasil pengujian pengukuran, validasi, dan analisis merupakan perbandingan prosedur teknik invasif dan non-invasif. Pengembangan alat ini merupakan inovasi alternatif yang dapat digunakan untuk mengukur hemoglobin darah, yaitu Hb strip yang mudah digunakan. Keakuratan peralatan cukup berkembang dengan baik dan dapat diandalkan dari hasil persamaan linier yang menghasilkan nilai error 1% hingga 6%. Analisis ANOVA dan Uji-t menunjukkan bahwa pengukuran dapat diterima dan akurat.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Aditya (2020) penelitian tentang kadar hemoglobin secara Non-Invasive. Nilai keadaan normal SpO₂ adalah antara 95% dan 100%, dan nilai keadaan abnormal kurang dari 95%. Menambahkan alarm untuk membuat oksimetri nadi lebih berguna. Oksimetri nadi lebih otomatis dan merespons keselamatan pasien dengan cepat. Anda dapat mengatur parameter alarm secara tepat dengan menggunakan rangkaian buzzer yang terhubung ke mikrokontroler. LCD juga memungkinkan pengguna untuk dengan mudah

melihat tampilan output sensor dalam tampilan yang ideal dan sederhana menggunakan SpO₂. Hasil data pengukuran SpO₂ sangat berbeda, namun hasil pengukuran alat yang dilakukan dalam penelitian adalah 93% sampai 95% yang tidak jauh berbeda dengan hasil yang diperoleh dengan alat yang sudah dikalibrasi. Kemudian didapatkan nilai error rata-rata pengukuran sebesar 0,0123%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan adalah metode pengembangan atau RnD model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan 4D Thiagrajan yang terdiri dari Define, Design, dan Development (Fauzi, Diah, & Dewi, 2018).

1. Define (Analisis kebutuhan)

Tahap *define*, yaitu tahap untuk menganalisis kebutuhan yang digunakan dalam pengembangan alat ukur kadar hemoglobin. Seperti alat dan bahan yang diperlukan untuk alat tersebut.

a. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1) Lem tembak

Lem tembak merupakan alat perekat terhadap suatu komponen sehingga berfungsi sebagai perekat terhadap komponen pada suatu rangkaian.

2) Resistor

Resistor atau yang sering disebut

dengan hambatan merupakan perangkat elektronik yang biasa digunakan sebagai hambatan dalam dunia elektronika. Kegunaannya adalah untuk menekan atau membatasi arus yang mengalir melalui komponen lain dalam suatu rangkaian elektronika. Kemampuan resistor untuk menekan arus tergantung pada nilai resistor. Semakin tinggi resistansi resistor, semakin kecil arus keluaran serta kebalikannya juga benar (Andika, Bayupati, & Wirdiani, 2015).

3) PCB Lubang

Papan sirkuit atau biasa disebut PCB lubang adalah jenis papan yang terbuat dari bahan isolasi padat, bahan yang paling umum dan digunakan adalah bahan lain seperti keramik atau fiberglass. Permukaan papan sirkuit dilapisi dengan bahan yang sangat konduktif seperti tembaga. Papan sirkuit untuk koneksi antar komponen dapat dipasang dengan kabel kompleks untuk trek konduktor yang bersih, jernih, dan aman untuk digunakan (Muhammad Munir, 2012: 2).

4) Saklar On/Off

Saklar on/off merupakan perantara untuk menyambungkan atau memutuskan tegangan pada sebuah rangkaian, sehingga rangkaian akan mulai bekerja bila saklar dalam posisi ON sedangkan pada posisi Off maka rangkaian akan berhenti dalam berfungsi.

5) Box hitam

Box hitam yaitu berfungsi sebagai tempat/wadah untuk penempatan rangkaian alat yang sudah disusun supaya lebih rapih dan kabel-kabel yang digunakan aman.

6) Timah

Timah yaitu berfungsi sebagai komponen yang digunakan untuk menyambungkan komponen yang harus disambungkan dengan komponen yang lain pada rangkaian sehingga dapat berfungsi dengan baik jika penyambungan benar dan sesuai.

7) Arduino Uno

Arduino Uno adalah jenis suatu papan (board) dengan berisi mikrokontroler yang berukuran sebesar kartu kredit yang

dilengkapi dengan sejumlah pin yang digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain. Arduino adalah mikrokontroler serbaguna yang memungkinkan untuk diprogram. Program di Arduino biasa dinamakan dengan sketch. Arduino terdiri dari dua bagian utama yaitu sebuah papan sirkuit fisik yang sering disebut juga dengan mikrokontroler dan sebuah perangkat lunak (software) atau IDE yang berjalan pada komputer sebagai compiler (Tullah, dkk., 2019).

8) Power Bank

Powerbank berfungsi sebagai penyimpan daya atau dapat dianalogikan sebagai baterai. Namun powerbank juga sama halnya dengan baterai handphone apabila daya yang tersimpan habis maka powerbank perlu di charge dan hal ini membutuhkan energi lagi dari sumber listrik. Banyak metode yang telah didapatkan dari permasalahan tersebut seperti powerbank solar cell, powerbank ini mengubah cahaya matahari menjadi kerja listrik melalui photovoltaic effect

(Ratih,dkk.2020).

9) Sensor TCRT5000

TCRT5000 adalah komponen elektronika yang memuat pemancar dan detektor infrared dalam satu komponen terpadu. Sehingga berfungsi sebagai sumber cahaya infra merah dan komponen detektor berada pada arah yang sama, sehingga mampu mendeteksi keberadaan objek yang mendekat dengan cara mendeteksi pantulan sinar merah yang terpancarkan dan memantul pada objek (Putra, 2019).

10) Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan satu lubang ke lubang lain di breadbord yang tidak terhubung secara internal atau ke komponen. Kabel jumper umumnya memiliki connector atau pin di setiap ujungnya. Connector untuk masuk disebut male connector, dan konektor untuk ditusuk disebut female connector. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kabel jumper merupakan penghubung antara satu komponen dengan komponen lainnya yang

berfungsi sebagai penghantar listrik (Kadir,2016).

11) IC 7805

IC 7805 merupakan IC regulator / penurun linier tegangan positif arus DC. Nilai pada seri 7805 adalah nilai tegangan keluaran yang diinginkan. Misalnya 7805 akan mengeluarkan tegangan 5 volt (Arifianto,2011).

12) LCD Display

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan data berupa karakter, dan grafik. Layar LCD yang ada di pasaran dalam bentuk modul. Yaitu, layar LCD dan sirkuit pendukungnya, termasuk ROM dan lainnya. LCD memiliki pin data, kontrol daya, dan kontrol kontras tampilan pada layar yang ditampilkan (Sinaulan,dkk,2015).

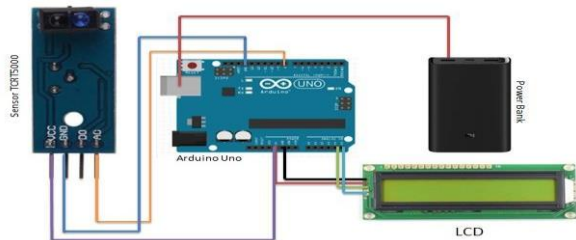
2. **Design (Rancangan)**

Tahap *design*, yaitu tahap perancangan alat menggunakan sensor TCRT5000 yang kemudian diintegrasikan dengan Arduino Uno. Proses pembacaan dimulai melalui mikrokontroler menggunakan identifikasi kadar hemoglobin darah

menggunakan parameter warna darah.

a. Desain Uji Coba Produk

Desain pengembangan alat ukur yang ditunjukkan pada gambar 2.3 merupakan desain alat ukur untuk kadar hemoglobin secara Non-Invasive menggunakan sensor TCRT5000. Pertama yaitu menghubungkan Arduino Uno ke sensor TCRT5000, kedua yaitu menghubungkan Arduino Uno ke LCD kemudian hasil akan ditampilkan pada LCD tersebut, dan ketiga yaitu menghubungkan Arduino Uno ke Power Bank untuk mempertahankan kekuatan ketika dilakukan percobaan pada kadar hemoglobin.



Gambar 2.3 Desain Alat Ukur Kadar Hemoglobin secara Non Invasive

b. Subjek Uji Coba Produk

Subjek penelitian ini subjek yang diambil yaitu 20 sampel darah responden didaerah Semarang, Jawa Tengah untuk dideteksi kadar Hemoglobin darah pada pasien dan 10 data untuk uji kalibrasi hasil yang sesuai, 20 data akurasi dalam

penelitian ini. Subjek penelitian yaitu pasien yang diambil sampel rentang usia 20-30 tahun.

3. **Development (Pengembangan)**

Tahap *development*, yaitu teknik untuk memvalidasi atau menilai kelayakan produk, setelah alat terselesaikan kemudian dilakukan pengujian alat tersebut. Perlu dilakukan kalibrasi pada alat untuk dapat meningkatkan keakurasian pada alat dari hasil penelitian kadar hemoglobin pada darah. Alat yang sudah dikalibrasi bisa dipakai untuk menguji kadar hemoglobin darah dengan menunjukkan hasil yang tepat, sehingga efektif untuk digunakan.

a. Teknik Analisis Data

1) Data dalam Bentuk Tegangan (ADC)

Data yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu nilai dalam bentuk tegangan Analog Digital Converter (ADC) merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Dengan prinsip kerja output dari sensor yang masih berbentuk sinyal analog yang kemudian diproses dalam sinyal digital.

2) Uji Kalibrasi

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan mengukur bahan. Kalibrasi dilakukan oleh membandingkan alat ukur dan bahan ukur dengan dikalibrasi dengan standar yang dapat dilacak ke nasional atau nasional standar internasional. sedangkan tujuan kalibrasi dapat ditentukan oleh penyimpangan kebenaran konvensional, nilai alat ukur, atau penyimpangan dimensi nominal yang harus menjadi bahan ukur (Rofi'i, Syafudin, Titisari, & Utomo, 2019).

Proses kalibrasi untuk data penelitian ini yaitu dengan data hasil dari pengukuran kadar hemoglobin dari responden, diuji untuk alat tersebut hasil yang didapatkan sesuai atau tidak. Kemudian dengan menggunakan kalibrasi pada alat pembanding untuk rancang alat ukur kadar hemoglobin, sehingga bisa diketahui untuk hasil kalibrasi alat ukur kadar hemoglobin tersebut. Penelitian ini dilakukan secara Non-Invasive untuk mendapatkan nilai persamaan

linier yaitu

$$y = ax + b \quad (3.1)$$

dimana digunakan untuk konversi dan korelasi regresi sebagai ukuran hubungan yang baik, sedang atau buruk. Dimana diharapkan nilai dari R^2 diatas 0.9. Pada tampilan LCD hasil yang ditampilkan merupakan perbandingan nilai ADC (mV) dengan kadar hemoglobin dalam darah (g/dL) yang terbaca oleh sensor dan konversi kadar hemoglobin harus melalui tahap kalibrasi.

3) Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang akurat. Cara mengetahui nilai akurasi yaitu dengan menguji ke responden kemudian dibandingkan dengan alat pembanding untuk alat ukur kadar hemoglobin. Kalibrasi alat menunjukkan nilai error dan nilai akurasinya dapat dihitung menggunakan persamaan linear dan nilai dari korelasi regresi. Jika nilai error dan nilai akurasi alat yang dibuat oleh peneliti sesuai atau tidak

dengan kesesuaian standar akurasi alat medis yaitu sebesar 95% (Suyono & Hambali, 2019). Sehingga alat ukur tersebut bisa dipergunakan sebagai alat ukur kadar hemoglobin.

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan nilai hemoglobin prototipe dan alat standar kemudian dihitung error dan nilai akurasi. Rumus yang dihitung yaitu sebagaiberikut :

1) Nilai Error

$$\text{Relatif Error} = \frac{\text{nilai terukur} - \text{nilai yang diharapkan}}{\text{nilai sesungguhnya}} \times 100\% \quad (3.2)$$

2) Nilai Keakurasian

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{nilai error} \quad (3.3)$$

b. Alat Pemanding

Test Meter MHD-1

Test Meter MHD-1 merupakan alat check up kadar hemoglobin, untuk mengetahui hasil yang didapatkan ketika mengukur kadar hemoglobin darah. Dalam penelitian ini Test Meter MHD-1 digunakan sebagai alat pembanding.



Gambar 2.1 Alat Pembanding Kadar Hemoglobin Test Meter MHD-1

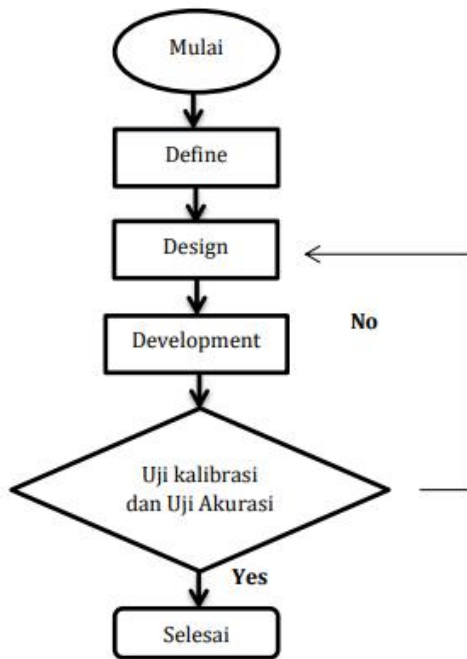
Alat Cek Up Test HB Hemoglobin Family Dr Test Meter MHD-1 Germany, Family Dr-Alat cek Hemoglobin merupakan alat diagnosa pribadi untuk pengukuran Hemoglobin/cek Hb. Alat ini akurat untuk melakukan uji Hb karena memiliki rentang pengukuran yang besar, namun hanya memerlukan sedikit sampel darah. Untuk mendapatkan hasil test, cukup menunggu 5 detik, maka nilai Hb akan ditampilkan ke layar LCD. Spesifikasi alat ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi alat Family Dr. Test meter MHD-1
(Micobiomed,2019)

Spesifikasi	Detail
Pengoperasian dengan baterai	Baterai Alkalin AAA 1.5V 2X
Jumlah pengukuran	Lebih dari 1000 pengukuran (dengan baterai baru
Metode pengukuran	Metode optik dari reflektansi pada 525 nm untuk penentuan konsentrasi Hemoglobin
Layar	LCD
Operation buttons	3 tombol Power ON/OFF, tombol Atas dan Bawah)
Memori	500 hasil tes

Alat Cek Up Test Hb telah mendapatkan izin edar alat dalam kementerian kesehatan yaitu KEMENKES AKL 20205612843, sehingga alat tersebut layak dan sesuai untuk digunakan sebagai alat pembanding dalam penelitian ini.

B. Prosedur Penelitian



Gambar 2.2 Skema Prosedur Penelitian

Gambar 2.2 menunjukkan prosedur penelitian alat ukur kadar hemoglobin. Berikut ini adalah penjelasan pengembangan alat ukur yang dilakukan dalam penelitian. Pertama dimulai, selanjutnya tahap *define* yaitu analisis kebutuhan alat dan bahan yang digunakan serta analisis tahap yang harus dilakukan dalam penelitian, tahap *design* yaitu perancangan atau desain uji coba terhadap produk pengembangan alat dan kemudian dilakukan pengujian, tahap *development*

merupakan teknik dari analisis data yang dihasilkan yaitu berupa uji kalibrasi dan akurasi (validasi alat), jika hasil validasi belum sesuai dengan hasil uji kalibrasi dan uji akurasi maka dilakukan revisi pada prototype alat atau pada tahap *design* untuk dilakukan pengecekan ulang, sedangkan jika sudah sesuai dengan hasil uji kalibrasi dan uji akurasi maka dilanjutkan ke tahap berikutnya, dan kemudian selesai dalam pembuatan alat kadar hemoglobin dan diujikan kesesuaian alat tersebut, sehingga perlu ditampilkan untuk skema prosedur penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini berupa Prototype Alat, data hasil kalibrasi, hasil akurasi, hasil data berdasarkan umur yang diambil, dan hubungan antara alat dengan prinsip *Zero Waste* berupa kuesioner terhadap responden.

1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam penelitian ini merupakan proses dari perancangan alat yang didesain dan dirancang untuk mengukur kadar Hemoglobin dalam darah secara Non-Invasive menggunakan Sensor TCRT5000 dengan daya yang digunakan yaitu Power Bank. Data hasil yang didapatkan dari alat secara Non-Invasive ini kemudian dibandingkan dengan data hasil secara Invasive untuk didapatkan hasil kadar Hemoglobin. Sensor TCRT5000 yang digunakan dalam perancangan alat ini agar diperoleh nilai dengan memanfaatkan sifat serapan inframerah berupa nilai tegangan (ADC). Untuk tampilan desain dan pengembangan alat ukur bisa ditampilkan pada Gambar 4.1



a)

b)

Gambar 4.1 Prototype Alat dan Pengembangan Alat Ukur kadar Hemoglobin (a) ada sampel ujung jari, dan (b) tanpa sampel ujung jari

Hasil keluaran yang ditampilkan pada layar LCD 20x4 yaitu nilai ADC dan nilai Hemoglobin. Nilai ADC pada alat bertujuan untuk menunjukkan bahwa alat sudah berfungsi sesuai dengan perancangan sesuai dengan desain dan dapat menampilkan keluaran hasil berbentuk tegangan yaitu nilai ADC untuk membandingkan dengan kadar Hemoglobin secara Non-Invasive. Power Bank digunakan untuk menghidupkan alat sehingga terdapat keluaran tulisan yang diatur sebelumnya menggunakan aplikasi Arduino IDE dimana coding yang digunakan untuk dapat menampilkan keluaran pada layar LCD.

Tampilan dalam layar LCD menunjukkan dua data yaitu nilai ADC dan nilai kadar

Hemoglobin, satuan dari kadar hemoglobin adalah g/dL dan satuan dari nilai ADC adalah mV. Kedua data tersebut ditampilkan pada layar LCD agar mempermudah saat melakukan analisis data terhadap responden yang diuji. Tampilan pada layar LCD juga bisa diubah sesuai dengan kebutuhan.

Prinsip kerja dari alat ukur kadar Hemoglobin secara Non-Invasive, yaitu dengan menggunakan sensor TCRT5000 yang memanfaatkan sinar inframerah pada sensor terhadap jari telunjuk untuk menghasilkan nilai kadar Hemoglobin dengan keluaran nilai tegangan (ADC) yang kemudian dikonversikan dengan garis tradline.

2. Pengujian Alat

Alat ukur kadar Hemoglobin dalam darah secara Non-Invasive ini diuji menggunakan beberapa tahapan.

a) Uji Kalibrasi

Pengukuran pada tahap kalibrasi menggunakan alat ukur Hemoglobin secara Non-Invasive yang menghasilkan nilai ADC (mV) yang diperoleh dari jari telunjuk sampel terhadap responden. Dalam penelitian ini dilakukan uji kalibrasi pada alat ukur adalah untuk mengetahui

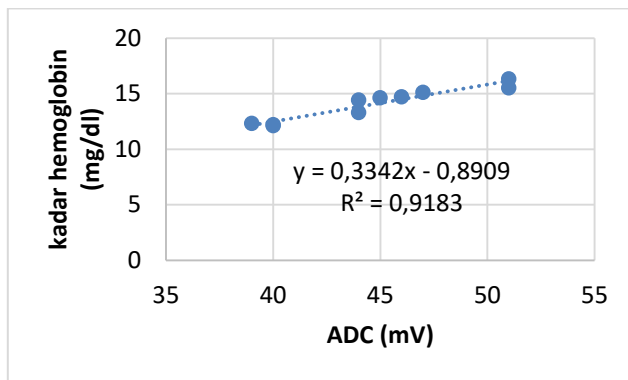
ketertelusuran suatu alat ukur yang menjamin alat ukur telah tertelusur dengan standar nasional maupun internasional (Wicaksono & Susanto, 2015).

Kalibrasi pada alat dilakukan pada 10 responden untuk diambil sampel. Pengambilan data dengan menggunakan alat Invasive yaitu alat Test Meter Hemoglobin, hal ini dilakukan karena alat yang sudah sesuai dengan standar serta untuk menghindari ketidaknyamanan saat pengambilan sampel terhadap responden dilakukan dengan penusukan jari telunjuk maka dilakukan satu kali pengukuran. Kemudian, pengambilan data dengan alat yang telah dirancang secara Non-Invasive yang dilakukan dengan cara memasukkan jari telunjuk kedalam finger sensor selama kurang lebih 5 detik sampai hasil yang ditampilkan dalam keadaan stabil.



Gambar 4.2 Proses Pengambilan Data

Gambar 4.2 menunjukkan proses disaat pengambilan data kadar Hemoglobin dengan metode Invasive dan metode Non-Invasive, pengambilan menggunakan dua metode dikarenakan untuk proses perbandingan terhadap alat ukur yang dirancang pada penelitian ini supaya hasil yang didapatkan bisa sesuai dan akurat.



Gambar 4.3 Grafik hubungan nilai ADC dengan kadar Hemoglobin pada 10 sampel.

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara nilai ADC dengan nilai kadar Hemoglobin secara Invasive pada 10 sampel data. Dihasilkan persamaan garis lurus terhadap 10 sampel data yaitu $y = 0,3342x - 0,8909$, sedangkan nilai regresi nya yaitu $R^2 = 0,9183$, maka dapat diartikan bahwa hubungan nilai ADC dengan nilai Invasive berbanding lurus, jika nilai kadar Hemoglobin yang dihasilkan tinggi, maka

nilai ADC akan semakin tinggi pula. Besarnya nilai regresi (Koefisien Determinasi) adalah jika R^2 mendekati 1 maka dapat dikatakan pengaruhnya terhadap suatu variabel adalah besar (Nduru, Situmorang, & Tarigan, 2019).

b) Uji Akurasi

Uji kalibrasi selesai, dilanjutkan tahap Kedua, uji akurasi dengan pengambilan data 20 responden. Bertujuan untuk menentukan keakurasian pada alat yang dirancang. Ditahap akurasi ini memiliki proses yang sama dengan mengujikan kepada responden dengan alat ukur invasive dan non-invasive untuk kemudian dibandingkan alat Invasive yaitu sebagai alat pembanding pada penelitian ini.

Pengukuran pada tahap akurasi dengan membandingkan data hasil dari pengukuran secara Invasive dan Non-Invasive pada 20 sampel responden. Uji akurasi dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai hasil yang akurat, sehingga mengetahui keakurasian terhadap alat tersebut. Dari hasil kalibrasi alat menunjukkan nilai error dan nilai akurasinya dapat dihitung menggunakan persamaan linear dan nilai dari korelasi regresi.

Tabel 4.1 Tingkat Akurasi dan Nilai Error pada Alat Non-Invasive dan Invasive untuk mengukur kadar Hemoglobin

No data	Invasive (g/dL)	Non Invasive (g/dL)	Nilai Error	Nilai Akurasi(%)
1	10,3	11,5	10,43	89,57
2	12,7	14,1	10,18	89,82
3	14,7	14,5	1,57	98,43
4	15,1	14,8	1,98	98,02
5	15,3	15,1	1,32	98,68
6	16,3	16,5	1,21	98,79
7	12,1	12,5	2,96	97,04
8	12,9	14,1	8,76	91,24
9	14,6	15,3	4,58	95,42
10	13,3	13,8	3,66	96,34
11	10,5	11,3	7,08	92,92
12	15,5	16,1	3,98	96,02
13	15,5	16,5	6,06	93,94
14	12,2	11,5	6,09	93,91
15	12,3	12,1	1,36	98,64
16	13,2	14,5	8,80	91,20
17	13,8	15,3	9,80	90,20
18	14,4	13,7	5,11	94,89
19	16,4	16,5	0,61	99,39
20	15,5	16,1	3,73	96,27
Rata-rata			4,96	95,04%

Tabel 4.1 menunjukkan perhitungan akurasi alat Non-Invasive menggunakan rumus konversi ADC dan nilai Invasive pada pengukuran kadar Hemoglobin. Hasil perhitungan yang dimasukkan pada excel menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat Non-Invasive memiliki tingkat Akurasi 95,04% dan nilai Error 4,96.. Sehingga diharapkan pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin dalam penelitian ini bisa dipergunakan sesuai dengan alat ukur standar.

Uji akurasi menghasilkan nilai error dan nilai akurasi alat yang dirancang dalam penelitian ini sesuai atau tidak dengan kesesuaian standar akurasi alat medis yaitu sebesar 95% (Suyono & Hambali, 2019). Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan nilai kadar Hemoglobin prototype dan alat standar menggunakan rumus konversi.

c) Pengaruh kadar Hemoglobin berdasarkan Usia

Nilai-nilai hemoglobin yang sesuai dengan ketentuan kadar Hemoglobin dalam tubuh berdasarkan usia, yang telah dilaporkan seperti dibawah ini. Pembahasan dalam penelitian ini bahwa disaat pengambilan sampel terhadap responden membedakan data hasil yang digunakan seperti jenis kelamin pria dan wanita dan juga berdasarkan usia

untuk dapat menganalisis bahwa hasil data dalam penelitian ini sesuai dengan kadar normal nilai Hemoglobin berdasarkan ketentuan yang berlaku sesuai dengan bidang kesehatan. Pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Nilai-nilai kadar Hemoglobin berdasarkan Usia

Rentang Normal total Konsentrasi Hemoglobin		
Tahun	Rentang Normal (g/dL)	
0.5 ~ 2		11.0 ~ 14.0
2 ~ 5		11.0 ~ 14.0
5 ~ 9		11.5 ~ 14.5
9 ~ 12		12.0 ~ 15.0
12 ~ 14	Pria	12.0 ~ 16.0
	Wanita	11.5 ~ 15.0
15 ~ 17	Pria	11.7 ~ 16.6
	Wanita	11.7 ~ 15.3
18 ~ 44	Pria	13.2 ~ 17.3
	Wanita	11.7 ~ 15.5
45 ~ 64	Pria	13.1 ~ 17.2
	Wanita	11.7 ~ 16.0
65 ~ 74	Pria	12.6 ~ 17.4
	Wanita	11.7 ~ 16.1

(Wu, 2006).

Data hasil dari penelitian yang telah dilakukan membahas mengenai hasil yang didapatkan terhadap kadar Hemoglobin berdasarkan Usia. Sampel yang diambil berdasarkan Usia yaitu 20 sampel data responden dalam Usia 20 tahun ke atas. Data yang diambil menggunakan data secara Invasive dan Non-Invasive, kemudian dibandingkan untuk membuktikan kesamaan hasil yang tidak berbeda jauh dengan dua metode yang digunakan. Hasil akumulasi data menggunakan dua metode ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Hasil data pada Tabel 4.3 yaitu pengambilan data berdasarkan usia untuk dibandingkan dengan data secara Invasive dan Non-Invasive, nilai kadar Hemoglobin yang sesuai dengan rentang kadar hemoglobin yang sudah ditetapkan seperti pada Tabel 4.2, berdasarkan usia dan jenis kelamin kadar Hemoglobin manusia memiliki ketentuan yang berbeda. Zat besi merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh untuk membentuk sel darah merah (hemoglobin). Zat besi juga berfungsi dalam pertahanan tubuh (Yuliandani et al., 2017). Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya dibandingkan

dengan parameter nilai kadar Hemoglobin dari pustaka yang telah ada.

Tabel 4.3 Hasil data Kadar Hemoglobin berdasarkan Usia

No Data	Jenis Kelamin	Usia	Invasive (g/dL)	Non-Invasie (g/dL)
1	P	21	10,3	12,5
2	P	21	12,7	14,1
3	P	21	14,7	14,5
4	L	21	15,1	14,8
5	L	21	15,3	13,5
6	L	21	16,3	16,1
7	P	22	12,1	12,5
8	P	22	12,9	14,1
9	L	22	14,6	14,1
10	P	22	13,3	13,8
11	L	22	15,5	16,1
12	P	22	15,5	13,8
13	P	22	12,2	12,5
14	P	22	12,3	12,1
15	L	22	13,2	14,5
16	L	22	13,8	15,5
17	P	22	14,4	13,8
18	L	23	16,4	15,1
19	L	23	15,5	12,5
20	P	24	14,9	13,5

Berdasarkan usia kadar Hemoglobin dalam rentang usia 18-44 tahun kadar Hemoglobin dalam keadaan normal yaitu untuk Pria 13.2-17.3 dan untuk Wanita 11.7-15.5. Pada data penelitian ini usia 20 tahun wanita, hasil rerata memiliki nilai Hemoglobin

yang lebih mendekati batas normal, dan ada yang masih kurang dari batas normal kadar Hemoglobin dalam tubuh. Sedangkan pria usia 20 tahun memiliki rerata kadar Hemoglobin yang lebih dari batas normal. Maka dari itu, jika seseorang memiliki kadar Hemoglobin yang rendah berpotensi kekurangan darah atau biasa disebut dengan anemia, bisa juga kekurangan zat besi dan serat dalam tubuh, jika memiliki kadar Hemoglobin yang lebih dari batas normal bisa dikatakan seseorang tersebut bisa untuk melakukan donor darah dan juga tidak berpotensi darah rendah karena memiliki cukup kadar Hemoglobin dalam tubuh.

Kekurangan zat besi dapat mengakibatkan lambat pada pertumbuhan, kekurangan kadar Hemoglobin dalam darah dapat menimbulkan gejala letih, lesu, lemah, lelah, dan cepat capek. Selain itu juga, daya tahan tubuh penderita kekurangan zat besi akan menurun, selanjutnya penderita mudah terkena infeksi (Fadlilah, 2018).

d) Hubungan dengan Zero Waste

Pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin yang dirancang dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode secara Non-Invasive.

Pengambilan data Hemoglobin dilakukan tanpa menggunakan alat medis seperti jarum suntik dengan menggunakan sampel darah secara langsung, pada alat ini yang merupakan pengembangan suatu alat ukur maka cara yang dilakukan tanpa adanya penggunaan jarum suntik atau alat medis.

Dengan memanfaatkan serapan cahaya infrared pada Sensor TCRT5000, sebagai pendeteksi warna cahaya darah yang didalamnya terdapat Hemoglobin dalam tubuh, data yang dihasilkan berupa nilai tegangan ADC. Maka dari itu pengembangan alat yang dirancang tersebut berhubungan dengan prinsip Zero Waste yang bertujuan untuk mengurangi limbah dari bahan medis.

B. PEMBAHASAN

Telah dilakukan untuk pengujian pada sistem deteksi kadar Hemoglobin secara Non-Invasive dengan menggunakan Sensor TCRT5000. Dalam penelitian ini alat ukur yang digunakan memiliki keunggulan dengan menggunakan metode secara Non-Invasive yang berbeda dengan alat ukur pada umumnya. Alat ini dapat mengukur nilai kadar Hemoglobin dalam waktu 5 detik, sedangkan jika dengan menggunakan metode

Invasive membutuhkan waktu yang cukup lama.

Penelitian yang telah dilakukan tentang pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin secara Non-Invasive, data yang digunakan 20 sampel berdasarkan rentang usia 20-30 tahun. Dalam alat Non-Invasive data yang ditampilkan berupa data nilai tegangan ADC. Nilai ADC yang diperoleh dalam kadar Hemoglobin menggunakan sensor TCRT5000 yang memanfaatkan serapan cahaya inframerah dengan prinsip kerja cahaya diserap oleh beberapa bagian tubuh dititik pengukuran seperti pada telunjuk jari dalam penelitian ini.

Sifat serapan cahaya pada prinsip kerja dari sensor, dibagian sinar yang diserap (tingkat absorbansi) aka tergantung pada berapa partikel larutan (darah) yang berinteraksi dengan sinar inframerah, semakin banyak partikel yang berinteraksi dengan sinar maka akan semakin besar nilai absorbansinya (Firdaus, 2020). Karena pada sampel (darah) memiliki zat warna yang kuat berupa larutan pekat maka akan diperoleh nilai absorbansi yang tinggi karena banyak partikel yang berinteraksi dengan sinar.

Hubungan nilai ADC yang dihasilkan pada penelitian kadar Hemoglobin yaitu sesuai dengan nilai

satuan Hemoglobin, menunjukkan hasil yang berbanding lurus sesuai dengan sifat serapan cahaya inframerah pada Sensor TCRT5000. Jika nilai kadar Hemoglobin yang dihasilkan tinggi maka cahaya yang diserap sedikit sedangkan cahaya yang diterima (receiver) banyak terhadap photodiode setelah melewati pada ujung jari. Dan sebaliknya jika nilai kadar hemoglobin yang dihasilkan kecil, maka cahaya inframerah yang diserap banyak dan cahaya yang diterima sedikit setelah melewati ujung jari.

Hasil pada penelitian pengukuran kadar Hemoglobin berdasarkan uji kalibrasi dan uji akurasi untuk mengetahui kelayakan pada produk yang telah dibuat. Hasil uji kalibrasi didapatkan hasil nilai $R=0.9183$, maka dapat dikatakan alat ukur kadar Hemoglobin dapat digunakan atau layak untuk diujikan kepada responden. Sedangkan hasil kadar Hemoglobin berdasarkan uji akurasi didapatkan hasil tingkat Akurasi sebesar 95.04%, maka dapat dikatakan bahwa alat ukur kadar Hemoglobin akurat dan sesuai dengan standar medis. Pengukuran kadar Hemoglobin berdasarkan perbandingan antara hasil kadar Hemoglobin secara Invasive dan Non-Invasive antara Pria dan Wanita didapatkan hasil yang signifikan.

Untuk hasil yang diperoleh pada Pria kadar Hemoglobin rata-rata perbandingannya tidak berbeda jauh, sedangkan Wanita rata-rata perbandingannya juga tidak terlalu berbeda jauh. Akan tetapi, perbandingan hasil pengukuran kadar Hemoglobin antara Pria dan Wanita terdapat perbedaan hasil yang terpaut cukup jauh, dikarenakan banyak perbedaan salah satunya bisa dilihat dari ketebalan kulit pada jari telunjuk.

Penelitian yang telah dilakukan ini dengan menggunakan teknik secara Non-Invasive merupakan teknik pengukuran kadar Hemoglobin dalam darah pada manusia tanpa melukai bagian tubuh seperti jari telunjuk yang digunakan untuk diujikan. Dengan adanya pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin secara Non-Invasive, penerapan prinsip Zero Waste terhadap alat ukur kadar Hemoglobin sudah sesuai, dimana dari salah satu prinsip pada penelitian ini yaitu Reduce berarti mengurangi limbah. Dikatakan sesuai dengan prinsip Zero Waste, karena pengukuran kadar Hemoglobin tanpa penggunaan bahan medis dan sulit untuk didaur ulang seperti jarum suntik, pipet, strip Hemoglobin, baterai, alkohol SWAB, dan alat ukur Hemoglobin. Sehingga, pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin dalam penelitian ini bisa dikatakan sudah

sesuai dengan penerapan prinsip Zero Waste yang disesuaikan dengan rumusan masalah yang ada pada penelitian ini dan tidak memerlukan alat atau bahan medis untuk pengukuran yang sulit untuk didaur ulang,

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Perhitungan akurasi alat Non-Invasive menggunakan rumus konversi ADC dan nilai Invasive pada pengukuran kadar Hemoglobin. Hasil uji kalibrasi dihasilkan nilai $R = 0,9183$, sedangkan hasil perhitungan yang dimasukkan pada excel menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat Non-Invasive memiliki tingkat Akurasi 95,04% dan nilai Error 4,96. Pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin dalam penelitian ini bisa dipergunakan sesuai dengan alat ukur standar.
2. Penelitian yang telah dilakukan dapat diterapkan sebagai prinsip Zero Waste yaitu pengukuran kadar Hemoglobin tanpa penggunaan bahan medis dan sulit untuk didaur ulang seperti jarum suntik, pipet, strip Hemoglobin, baterai, alkohol SWAB, dan alat ukur Hemoglobin. Sehingga, pengembangan alat ukur kadar Hemoglobin yang telah dilakukan ini

diharapkan mampu menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

B. Saran

Berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, sehingga dapat melengkapi penelitian ini:

1. Dilakukan pengecekan ulang terhadap prototype yang dirancang dalam penelitian ini, agar alat yang digunakan layak untuk diujikan kepada pasien.
2. Dilakukan koreksi pada pengolahan data yang dihasilkan pada prototype alat untuk mendapatkan nilai akurasi yang sesuai.
3. Sebaiknya disaat pengambilan sampel data terhadap responden, lebih teliti lagi menggunakan prototype alat dan hasil yang ditunjukkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, L., & Wahyuni, D. R. (2020). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Oksigen Non Invasive Menggunakan Sensor Max30100. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(3).
- Andika, I. P. P., Bayupati, I. P. A., & Wirdiani, N. K. A. (2015). Rancang Bangun Aplikasi Pendeteksi Tipe Dan Nilai Resistor Berbasis Android. *Lontar Komputer: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 6(1), 61–72.
- Andriyani, M. L. N., Arjani, M. A. I. S., & Becti, S. H. (2020). Gambaran Kadar Hemoglobin Pada Pekerja Percetakan Koran Di Denpasar. *Doctoral Dissertation, Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Denpasar*.
- Atsma, F., Veldhuizen, I., De Kort, W., Van Kraaij, M., Pasker-De Jong, P., & Deinum, J. (2012). Hemoglobin level is positively associated with blood pressure in a large cohort of healthy individuals. *Hypertension*, 60(4), 936–941.
<https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.1935>
65
- Aziz, M. N. (2016). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida dan Senyawa Hidrokarbon Pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor GAS TGS 2201 Berbasis Arduino*. 77.

- Fadlilah, S. (2018). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Hemoglobin (Hb) Pada Mahasiswa Keperawatan Angkatan 2013 Universitas Respati Yogyakarta Factors Associated With Hemoglobin (Hb) Levels in Nursing Class 2013 Respati Yogyakarta University. *Indonesian Journal On Medical Science*, 2, 168.
- Fauzi, B., Diah, A., & Dewi, M. (2018). Pengembangan Buku Pembelajaran Yang Dilengkapi Augmented Reality Pada Pokok Bahasan Gelombang Bunyi Dan Optik. *Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 4(2), 46–56. Retrieved from <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/Gravity>
- Firdaus, I. M. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Gula Darah Secara Non-Invasive Berbasis Wemos D1 Mini Menggunakan Near-Infrared Led Dan Photodiodes Yang Terhubung Iot. *Doctoral Dissertation, Universitas Siliwangi*.
- Hossain, S., Gupta, S. Sen, Kwon, T. H., & Kim, K. D. (2021). Derivation and validation of gray-box models to estimate noninvasive in-vivo percentage glycated hemoglobin using digital volume pulse waveform. *Scientific Reports*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91527-2>
- Kasambe, P. V, & Rathod, S. S. (2015). VLSI wavelet based

- denoising of PPG signal. *Procedia Computer Science*, 49, 282–288.
- Kusudaryati, D. P. D., & Prananingrum, R. (2018). Hubungan asupan protein dan status gizi dengan kadar hemoglobin pada remaja putri anemia. *Profesi (Profesional Islam): Media Publikasi Penelitian*, 16(1), 47–52.
- Madona, P., & Pratiwi, C. A. (2016). Akuisisi Data Sinyal Photoplethysmograph (PPG) Menggunakan Photodiode. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 2(2), 32–41.
- Mallo, Pricilia Yelana; Sompie, Sherwin R.U.A; Narasiang, B. S. B. (2012). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Hemoglobin dan Oksigen Dalam Darah dengan Sensor. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1(1).
- Nduru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. (2019). Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71–83.
- Neldawati, N. (2013). Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*, 2(1).
- Ningsih, E. W., Fajrin, H. R., & Fitriyah, A. (2019). *Pendeteksi Hemoglobin Non Invasive*. 01(No.1), 1–6.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18196/mt.010102>
- Pauli, J. N., Whiteman, J., Riley, M. D., & Middleton, A. D. (2010). Mendefinisikan Pendekatan Non-Invasive untuk

- Pengambilan sampel Vertebrata. *Biologi Konservasi*, 24(1), 349–352.
- Priatna, Y. A. (2020). Pembuatan Dan Pengujian Alat Ukur Putaran Turbin Angin Sumbu Vertikal. *Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung*.
- Putra, M. S. (2019). Pengaplikasian Sensor Warna pada Navigasi Line Tracking Robot Sampah berbasis Mikrokontroler. *Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Rizal, A., Riyadi, M. A., & Drajat, D. (2015). Perancangan Sistem Instrumentasi Medis Pengukur Tigs Tanda Vital Tubuh Menggunakan CORE FPGA XILINX SPARTAN-6. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 4(3), 604–611.
- Rofi'i, M., Syafudin, S., Titisari, D., & Utomo, B. (2019). Waterbath Calibrator with Nine Channels Sensor. *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 1(1), 1–6.
- Suyono, H., & Hambali, H. (2019). Perancangan Alat Ukur Kadar Gula dala Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroller Arduino. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*.
- Tinambunan, R., & Sani, R. A. (2018). Pengontrol Gerbang menggunakan Audio dan Pemancar Radio Frekuensi Micro-Wave Berbasis Android. *EINSTEIN (e-Journal)*,

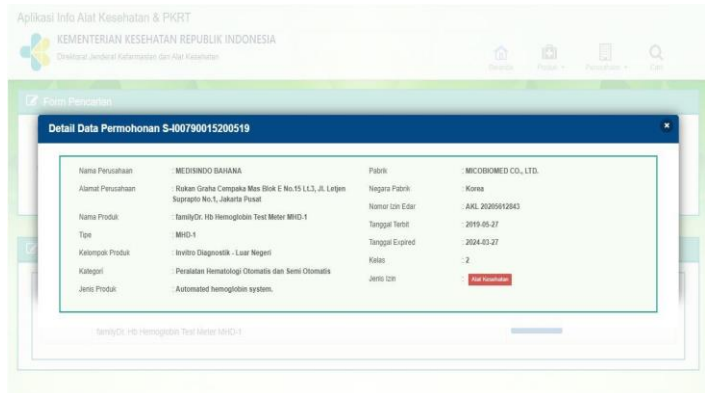
7(1).

- Umar, U., & Aliyah, R. (2020). Pemantauan Hemoglobin Darah Dengan Non-Invasive Menggunakan Sensor Near InfraRed LED IR 940NM. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains Dan Teknologi)*, 5(1), 93–102. Retrieved from <https://journal.uin.alauddin.ac.id/index.php/instek/index>
- Wicaksono, A., & Susanto, I. D. (2015). Sistem otomasi penggerak kamera dengan motor step sebagai alat bantu kalibrasi alat ukur panjang. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, 6(2), 105.
- Widyaningsih, E. N., Ibriza, R., & Wariyani, D. (2021). Studi Hubungan Kadar Protein dengan Kadar Hemoglobin pada Siswa di SMA N 2 SUKOHARJO. *Proceeding of The URECOL*, 307–310.
- Wu, A. H. (2006). Panduan klinis Tietz untuk tes laboratorium-E-book. *Ilmu Kesehatan Elsevier*.
- Yudi Handayana, I. G. N., Angraini, L. M., Sudiarta, I. W., Qomariyah, N., & Alaa', S. (2020). Gerakan Zero Waste Sebagai Pendidikan Lingkungan Bersih. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 1(3), 279–288. <https://doi.org/10.29303/jwd.v1i3.70>
- Yuliandani, F. A., Dewi, R. K., & Ratri, W. K. (2017). Pengaruh Pemberian Konsumsi Ubi Jalar Terhadap Peningkatan

Kadar Hemoglobin. *Jurnal Riset Kesehatan*, 6(2), 28-34.

LAMPIRAN

A. Surat Izin Edar Alat Kesehatan



B. Proses Pengambilan Data



C. Alat Non-Invasive



D. Hasil Cek Turnitin

Bela skripsi 2			
ORIGINALITY REPORT			
22%	22%	4%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	journal.umy.ac.id Internet Source		2%
2	eprints.walisongo.ac.id Internet Source		2%
3	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source		1%
4	jurnal.teknikunkris.ac.id Internet Source		1%
5	docplayer.info Internet Source		1%
6	journal.intelekmadani.org Internet Source		1%
7	123dok.com Internet Source		1%
8	www.alatmediskesehatan.com Internet Source		1%
9	repository.uncp.ac.id Internet Source		1%
10	journals.ums.ac.id Internet Source		1%
11	www.scribd.com Internet Source		1%
12	eprints.polsri.ac.id Internet Source		1%
13	repo.stikesicme-jbg.ac.id Internet Source		1%
14	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper		1%
15	es.scribd.com Internet Source		<1%

15	es.scribd.com Internet Source	<1 %
16	Submitted to Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang Student Paper	<1 %
17	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
18	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Internet Source	<1 %
19	eprints.poltektegal.ac.id Internet Source	<1 %
20	papermindvention.blogspot.com Internet Source	<1 %
21	repo.iain-tulungagung.ac.id Internet Source	<1 %
22	budi2one.blogspot.com Internet Source	<1 %
	ilmughaib.maktabahabdillah.com	

23	Internet Source	<1 %
24	rangkaianelektronika.info Internet Source	<1 %
25	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
26	core.ac.uk Internet Source	<1 %
27	jurnal.pcr.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.urecol.org Internet Source	<1 %
29	repo.uinsatu.ac.id Internet Source	<1 %
30	ejournal.stikespku.ac.id Internet Source	<1 %
31	id.scribd.com Internet Source	<1 %
32	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %

23	Internet Source	<1 %
24	rangkaianelektronika.info Internet Source	<1 %
25	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
26	core.ac.uk Internet Source	<1 %
27	jurnal.pcr.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.urecol.org Internet Source	<1 %
29	repo.uinsatu.ac.id Internet Source	<1 %
30	ejournal.stikespku.ac.id Internet Source	<1 %
31	id.scribd.com Internet Source	<1 %
32	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
33	id.123dok.com Internet Source	<1 %
34	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
35	media.neliti.com Internet Source	<1 %
<hr/>		
36	ejurnal.itats.ac.id Internet Source	<1 %
37	elibrary.unikom.ac.id Internet Source	<1 %
38	repository.uinjambi.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off Exclude matches < 15 words
Exclude bibliography On

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Bella Julia
NIM : 1808026007
Tempat/Tanggal Lahir : Cilacap, 24 Juli 2001
Alamat : Ds. Jakatawa 04/09 Kec.Bantarsari
Kab.Cilacap
Jenis Kelamin : Perempuan
Email : bellajulia585@gmail.com

1. SD Negeri 07 Lulus tahun 2012
Bulaksari
2. SMP Negeri 02 Lulus tahun 2015
Bantarsari
3. SMA Negeri 1 Lulus tahun 2018
Bantarsari
4. Fakultas Sains dan Lulus tahun 2022
Teknologi UIN
Walisongo Semarang