

**PROTOTIPE ALAT PENGUKUR KADAR HEMOGLOBIN *NON*
INVASIVE BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

SKRIPSI

Oleh:
FABRIANSYAH ZAKARIA ARABANI
NIM. 19640041



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PROTOTYPE ALAT PENGUKUR KADAR HEMOGLOBIN *NON*
INVASIVE BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
FABRIANSYAH ZAKARIA ARABANI
NIM. 19640041**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

PROTOTIPE ALAT PENGUKUR KADAR HEMOGLOBIN *NON INVASIVE* BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

SKRIPSI

Oleh:
Fabriansyah Zakaria Arabani
NIM. 19640041

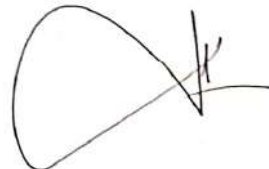
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 8 Mei 2023

Pembimbing I



Muthmainnah, M.Si
NIP. 19860325 201903 2 009

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Amam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

PROTOTIPE ALAT PENGUKUR KADAR HEMOGLOBIN *NON INVASIVE* BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

SKRIPSI


Oleh:
Fabriansyah Zakaria Arabani
NIM. 19640041

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 15 Mei 2023

Penguji Utama	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi




Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : FABRIANSYAH ZAKARIA ARABANI
NIM : 19640041
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Prototuipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non Invasive*
Berbasis *Internet Of Things (IOT)*

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur – unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Mei 2023
Yang Membuat Pernyataan



Fabriansyah Zakaria Arabani
NIM. 19640041

MOTTO

Man Jadda Wa Jadda

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tua saya, Abdur Rahman, S.Si dan Shofi Shofiyah, SE yang selalu memberi *support* dalam bentuk nasihat, yang selalu memberi *support* dalam bentuk materi, yang selalu menanyakan kabar, dan tak lupa selalu menanyakan “*sangune jek akeh tah?*”
- Ketiga adikku: Farel, Rakha, dan Nadine semoga kakakmu ini bisa menjadi inspirasimu baik di dunia nyata maupun di dunia maya
- *Someone in heaven, can you see me up there?*
- Keluarga besar yang selalu menanyakan “Kapan skripsinya selesai?”. Semoga setelah ini tidak bertanya “Kapan mau menikah?”
- Alina Suhita – ku
- Teman – teman kontrakan yang selalu menjadi pendingin otak ketika *overheat* melalui *land of dawn* dan diskusi keseimbangan dunia *ghaib*

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah sehingga saya dapat menyelesaikan pengerjaan skripsi dengan judul “Prototipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non Invasive* Berbasis *Internet Of Things*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat meraih gelar sarjana di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT dengan segala nikmat – Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua penulis, Abdur Rahman, S.Si dan Shofi Shofiyah, SE yang telah banyak memberikan dukungan yang mana penulis tak sanggup membalas.
3. Adik – adik penulis yang selalu menghibur.
4. Prof. Dr. M. Zainuddin MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Muthmainnah, M.Si dan Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Pembimbing skripsi.
8. Dr. Imam Tazi, M.Si dan Dr. Erna Hastuti, M.Si selaku dewan penguji skripsi.
9. Muthmainnah, M.Si selaku Dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi dan ilmu pengetahuan.
10. Segenap dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
11. Teman – teman yang memberi *support*.

12. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 20 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
ملخص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Darah	8
2.2 Hemoglobin	11
2.3 Hukum <i>Lambert – Beer</i>	13
2.4 <i>Photoplethysmography</i>	15
2.5 Sensor MAX30102	16
2.6 NodeMCU V3 ESP8266	18
2.7 <i>OLED Display 128x64</i>	19
2.8 <i>Internet Of Things</i>	20
2.9 Blynk	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan	23
3.4 Diagram Alir Penelitian	23
3.5 Diagram Alir Alat	24
3.6 Prosedur Penelitian	25
3.6.1 Studi Literatur	25
3.6.2 Perancangan Alat	26

3.6.3 Pengambilan Data dan Kalibrasi Alat	27
3.6.4 Analisis dan Pengolahan Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Gambaran Umum Penelitian	29
4.2 Pengambilan Data	29
4.3 Perancangan Alat	33
4.3.1 Perancangan <i>Hardware</i>	34
4.3.1.1 Pengujian Mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266	34
4.3.1.2 Pengujian Sensor MAX30102	35
4.3.1.3 Pengujian <i>OLED Display</i>	36
4.3.1.4 Rancangan Awal dan Rancangan Akhir	36
4.3.2 Perancangan <i>Software</i>	38
4.3.3 Pengujian Karakteristik Alat	39
4.4 Pembahasan	42
4.5 Integrasi Penelitian Dengan AI – Qur’an	48
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik absorbansi sinar RED dan IR terhadap hemoglobin (Kemalasari & Rochmad, 2022).....	13
Gambar 2.2	<i>Photoplethysmography</i> mode transmisi dan refleksi (Rachmat & Ambaransari, 2018)	16
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	23
Gambar 3.2	Diagram alir kerja alat	25
Gambar 3.3	Rancangan alat	26
Gambar 4.1	Hubungan jumlah nilai RED dan IR dengan Nilai Hemoglobin pada pria.....	32
Gambar 4.2	Hubungan jumlah nilai RED dan IR dengan Nilai Hemoglobin pada wanita	32
Gambar 4.3	Rangkaian alat	34
Gambar 4.4	Uji coba sensor MAX30102	35
Gambar 4.5	Hasil perancangan alat	37
Gambar 4.6	Percobaan alat	37
Gambar 4.7	Tampilan Blynk di PC	38
Gambar 4.8	Tampilan Blynk di HP	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Darah (Yustina & Darmadi, 2017).....	10
Tabel 2.2	Spesifikasi Sensor MAX30102 (Datasheet MAX30102, 2016)	18
Tabel 2.3	Spesifikasi NodeMCU V3 ESP8266 (Datasheet NodeMCU, 2014).....	19
Tabel 2.4	Spesifikasi OLED Display 128 x 64 (Datasheet OLED Display, 2016)	19
Tabel 4.1	Pengambilan data pada pria	30
Tabel 4.2	Pengambilan data pada wanita	30
Tabel 4.3	Pengambilan data nilai hemoglobin	40
Tabel 4.4	Uji validasi	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar	58
Lampiran 2 Pemrograman.....	59
Lampiran 3 Bukti Konsultasi	62

ABSTRAK

Arabani, Fabriansyah Zakaria. 2023. **Prototipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin Non Invasive Berbasis Internet Of Things (IOT)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Muthmainnah, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Kata Kunci: Hemoglobin, NodeMCU V3 ESP8266, *Internet of Things*

Hemoglobin merupakan senyawa dalam darah yang salah satu fungsinya adalah memberikan warna pada darah. Umumnya, hemoglobin terdiri dari oksihemoglobin dan deoksihemoglobin. Hemoglobin menjadi indikasi ketika tubuh sedang mengalami gangguan kesehatan salah satunya adalah anemia. Tingginya angka anemia menjadi tanda kurangnya kesadaran terhadap pentingnya pengecekan hemoglobin secara berkala. Metode pengecekan yang masih bersifat *invasive* menjadi hal yang menyebabkan minat masyarakat akan pengecekan hemoglobin rendah. Sensor MAX30102 merupakan sensor optik yang terdiri dari sinar IR (inframerah), sinar RED (merah), dan *photodetector*. Sensor MAX30102 dapat mengukur berbagai macam parameter dalam darah dengan cara *non invasive*. Sinar IR memiliki fungsi pendeteksi oksihemoglobin (hemoglobin yang berikatan dengan oksigen) dan sinar RED memiliki fungsi pendeteksi deoksihemoglobin (hemoglobin yang tidak berikatan dengan oksigen). Nilai jumlah sinar IR dan RED akan dikalibrasi dengan menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional sehingga keluaran alat yang dibuat akan memiliki nilai hemoglobin. Uji coba validasi sensor MAX30102 dilakukan dengan mengukur nilai hemoglobin pada 5 (lima) orang pria. Standar deviasi tertinggi memiliki nilai 0,394 dan terendah memiliki nilai 0,245 dan rata – rata nilai standar deviasi sebesar 0,320. Nilai akurasi tertinggi memiliki nilai 100% dan terendah memiliki nilai 97,8% dan rata – rata nilai akurasi sebesar 99,16 %. Nilai presisi tertinggi memiliki nilai 2,54% dan terendah memiliki nilai 1,48% dan rata – rata nilai presisi sebesar 2,12%.

ABSTRACT

Arabani, Fabriansyah Zakaria. 2023. **Internet Of Things (IOT) Based Non-Invasive Hemoglobin Level Measuring Device Prototype**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Muthmainnah, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Keywords: Hemoglobin, NodeMCU V3 ESP8266, *Internet of Things*

Hemoglobin is a compound in the blood whose function is to give blood its color. Generally, hemoglobin consists of oxyhemoglobin and deoxyhemoglobin. Hemoglobin is an indication when the body is experiencing health problems, one of which is anemia. The high rate of anemia is a sign of a lack of awareness of the importance of checking hemoglobin regularly. The checking method which is still invasive is the thing that causes people's interest in checking low hemoglobin. The MAX30102 sensor is an optical sensor consisting of an IR (infrared) beam, a RED (red) beam, and a photodetector. The MAX30102 sensor can measure various parameters in the blood in a non-invasive way. IR beam has the function of detecting oxyhemoglobin (hemoglobin bound to oxygen) and RED light has the function of detecting deoxyhemoglobin (hemoglobin not bound to oxygen). The value of the number of IR and RED rays will be calibrated using a conventional hemoglobin meter so that the output of the tool made will have a hemoglobin value. The MAX30102 sensor validation trial was carried out by measuring the hemoglobin value in 5 (five) men. The highest standard deviation has a value of 0.394 and the lowest has a value of 0.245 and the average standard deviation value is 0.320. The highest accuracy value has a value of 100% and the lowest has a value of 97.8% and the average accuracy value is 99.16%. The highest precision value has a value of 2.54% and the lowest has a value of 1.48% and the average precision value is 2.12%.

الملخص البحث

عرباني ، فابرينسيه زكريا. 2023. (IOT) النموذج الأولي لجهاز قياس مستوى الهيموجلوبين القائم على إنترنت الأشياء .
البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة: (I)
مثمنا ، الماجستير، (II) وعبد الباسط، الماجستير

إنترنت الأشياء ، NodeMCU V3 ESP8266 ، الهيموجلوبين

الهيموجلوبين مركب في الدم وظيفته إعطاء الدم لونه .بشكل عام ، يتكون الهيموجلوبين من أوكسي هيموجلوبين وديوكسي هيموجلوبين .الهيموجلوبين هو مؤشر على أن الجسم يعاني من مشاكل صحية ، أحدها فقر الدم .يعد ارتفاع معدل الإصابة بفقر الدم علامة على نقص الوعي بأهمية فحص الهيموجلوبين بانتظام .إن طريقة الفحص التي لا تزال جائزة هي الشيء الذي يثير اهتمام عبارة عن مستشعر بصري يتكون من حزمة الأشعة تحت الحمراء MAX30102 الناس بفحص انخفاض الهيموجلوبين .مستشعر قياس المعلومات المختلفة في (MAX30102) الأشعة تحت الحمراء (وشعاع أحمر) (وكاشف ضوئي .يمكن لجهاز الاستشعار الدم بطريقة غير جراحية .تعمل حزمة الأشعة تحت الحمراء على الكشف عن أوكسي هيموجلوبين (الهيموجلوبين المرتبط بالأكسجين) ويعمل الضوء الأحمر على اكتشاف ديوكسي هيموجلوبين (الهيموجلوبين غير المرتبط بالأكسجين .(ستتم معايرة قيمة عدد الأشعة تحت الحمراء والأشعة الحمراء باستخدام مقياس الهيموجلوبين التقليدي بحيث يكون لإخراج الأداة قيمة هيموجلوبين .تم إجراء تجربة عن طريق قياس قيمة الهيموجلوبين في 5) خمسة (رجال .أعلى انحراف معياري له قيمة MAX30102 التحقق من مستشعر وأقل قيمة له 0.245 ومتوسط قيمة الانحراف المعياري 0.320 .أعلى قيمة دقة لها قيمة 100٪ وأقل قيمة لها 0.394 ومتوسط قيمة الدقة 99.16٪ .أعلى قيمة دقة لها قيمة 2.54٪ وأقل قيمة لها 1.48٪ ومتوسط قيمة الدقة 97.8٪ .2.12

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan suatu hal yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan masyarakat. Manusia mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mencapai kemudahan dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Perkembangan ini terjadi karena manusia menggunakan akalinya untuk menyelesaikan setiap masalah yang dihadapinya (Ngafifi, 2014). Kemajuan teknologi merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari. Teknologi akan semakin berkembang seiring berkembangnya ilmu pengetahuan. Kemajuan teknologi terjadi di semua bidang kehidupan manusia, begitu pula teknologi dalam bidang kesehatan.

Kesehatan merupakan kewajiban dalam agama islam. Islam merupakan agama yang sangat memperhatikan kesehatan manusia. Al – Qur’an telah menjelaskan tentang kesehatan bahkan sebelum ilmu tentang kesehatan ditemukan. Setiap aktivitas ibadah yang dilakukan manusia tak pernah lepas dari definisi tentang kesehatan. Dalam literatur keagamaan, bahkan dalam hadits-hadits Nabi ditemukan banyak doa yang mengandung permohonan memperoleh kesehatan (Elkarimah, 2016). Rasulullah senantiasa bersabda:

مَغْبُوثِيهِمَا كَثِيرٌ مِنَ النَّاسِ صِحَّةٌ وَالْفَرَاغُ

“Banyak manusia yang merugi karena dua nikmat; kesehatan dan waktu luang.”
(H. R. Al – Bukhari dari Ibnu Abbas)

Dijelaskan dalam hadits tersebut bahwa kesehatan merupakan sesuatu yang sangat penting. Apabila nikmat kesehatan dicabut dalam diri manusia maka akan hilang pula waktu yang dijalaninya untuk memulihkan kesehatan dan menyembuhkan diri. Dalam Al-Qur'an pun dijelaskan tentang kewajiban menjaga kesehatan dan menjauhi semua perbuatan yang dapat merugikan kesehatan, seperti yang dijelaskan dalam Surah Al – Baqarah ayat 195 berikut:

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ . وَأَحْسِنُوا . إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ

“Dan infakkanlah (hartamu) di jalan Allah, dan janganlah kamu jatuhkan (diri sendiri) ke dalam kebinasaan dengan tangan sendiri, dan berbuat baiklah. Sungguh, Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.” (Q. S. Al – Baqarah (2): 159)

Manusia diciptakan untuk beribadah kepada Allah. Namun, ibadah tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya kesehatan yang dimiliki oleh setiap manusia (Elkarimah, 2016). Manusia dalam keadaan kesehatan yang tidak baik akan memiliki waktu luang yang lebih banyak akan tetapi waktu luangnya tersebut digunakan hanya untuk menyembuhkan diri, sehingga manusia dengan keadaan kesehatan yang tidak baik tidak akan memiliki waktu luang untuk beribadah baik beribadah dalam bentuk bekerja, mengenyam pendidikan, maupun ibadah – ibadah yang wajib dilakukan . Kesehatan adalah anugerah paling tinggi yang diperoleh manusia. Upaya-upaya menjaga kesehatan dan mencegah penyakit merupakan kewajiban setiap manusia. Tak hanya menjaga kesehatan organ luar, akan tetapi organ dalam pun perlu diperhatikan kesehatannya.

Darah merupakan salah satu organ dalam yang memiliki peran sangat penting bagi tubuh. Darah berupa jaringan cair meliputi plasma darah yang di dalamnya terdapat sel-sel darah. Darah memiliki volume berkisar 1/12 dari berat

badan, dengan jumlah volume yang akan selalu tetap karena adanya tekanan osmotik koloid protein dalam plasma dan jaringan (Siswanto, 2017). Darah terdiri dari eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), trombosit, dan plasma darah. Pada sel darah merah terdapat protein hemoglobin yang memberikan warna merah pada darah dan bertugas mengangkut oksigen dan karbon dioksida. Hemoglobin merupakan senyawa dalam sel darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen ke dalam sel-sel tubuh. Hemoglobin terdiri dari kata *heme* dan *globin* yaitu *heme* merupakan pigmen butir darah merah dan *globin* yang merupakan protein sederhana (Siswanto, 2017). Kadar normal hemoglobin dalam darah ditentukan berdasarkan jenis kelamin dan usia. Menurut WHO, kadar hemoglobin normal pada wanita dewasa berkisar 12 – 15 g/dL, sedangkan pada pria dewasa berkisar 13 – 17 g/dL (Cappelini & Motta, 2015). Hemoglobin dapat meningkat ataupun menurun (Tutik & Ningsih, 2019). Ketika kadar hemoglobin berada di atas atau di bawah kondisi normal, maka akan terjadi gangguan kesehatan. Banyak gangguan kesehatan yang terjadi apabila kadar hemoglobin dalam darah tidak berada pada kadar normalnya, namun gangguan kesehatan yang umum terjadi ketika terdapat gangguan pada hemoglobin adalah anemia defisiensi besi. Anemia defisiensi besi adalah salah satu jenis anemia dimana tubuh kekurangan sel darah merah yang disebabkan karena kurangnya kandungan zat besi dalam darah sehingga menghambat pembentukan hemoglobin yang berakibat pada kurangnya sel darah merah. Anemia defisiensi besi adalah anemia dimana kadar zat besi dalam tubuh lebih rendah dari kadar normal sehingga terjadi kekosongan cadangan besi dalam tubuh (Margina, Herawati, & Yasa, 2014).

Pengukuran kadar hemoglobin dalam darah saat ini masih menggunakan cara *invasive* yaitu dengan cara melukai jari tangan pasien dan mengambil darah untuk diperiksa dan diukur. Cara tersebut dinilai kurang efektif karena selain penggunaan alat pengukur sekali pakai, juga dapat menimbulkan trauma kepada pasien. Untuk mengukur kadar hemoglobin dengan cepat dan dapat digunakan berulang kali, dibutuhkan pengukuran dengan menggunakan metode *non invasive*. Penelitian dengan menggunakan sinar inframerah dan sinar merah untuk mengukur hemoglobin telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak peneliti. Ningsih dkk. melakukan penelitian dengan membuat alat pengukur hemoglobin menggunakan rangkaian sinar inframerah yang diintegrasikan dengan *photodiode* dengan metode *non invasive*. Modul rangkaian dalam penelitian dikalibrasi menggunakan alat ukur konvensional dengan jenis *EasyTouch GCHB* memiliki rentang simpangan pengukuran 0,1 g/dl hingga 1 g/dl dan rata – rata eror sebesar 0,1% dengan nilai persentase eror terbesar bernilai 0,8%. Dalam penelitian ini, nilai toleransi kesalahan hemoglobin bernilai kurang lebih 1 g/dl (Ningsih, Fajrin, & Fitria, 2019). Penelitian lain dilakukan oleh Pintavirooj dkk. menggunakan sensor MAX30100 untuk mengukur nilai hemoglobin secara *non invasive*. Penelitian yang dilakukan berhasil mencapai nilai akurasi alat sebesar 90,9% (Pintavirooj dkk., 2021). Penelitian serupa dilakukan oleh Munadi dkk. dengan menggunakan sensor MAX30100 yang diintegrasikan menggunakan metode *K – Nearest Neighbor* dan *Artificial Neural Network Back Propagation Algorithms* dimana penelitian yang dilakukan telah mencapai nilai akurasi 92,45% hingga 94,01% (Munadi, Sussi, Fitriyanti, & Ramadan, 2022). Dengan berpatokan pada penelitian – penelitian di atas, dilakukan penelitian dengan menggunakan sensor

model terbaru yaitu sensor MAX30102 yang digunakan sebagai sensor untuk mengukur nilai kadar hemoglobin dalam tubuh.

Berdasarkan pemaparan diatas, timbul suatu pemikiran untuk mengembangkan penelitian yang telah dilakukan yaitu merancang prototipe alat pengukur kadar hemoglobin dengan metode *non invasive* berbasis *internet of things*. Penelitian ini dilakukan untuk merancang alat pengukur kadar hemoglobin menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266. Hasil pengukuran alat akan ditampilkan pada aplikasi berbasis *internet of things* yaitu Blynk yang dapat digunakan dengan jarak yang jauh. Prototipe alat ini dirancang untuk tidak membutuhkan kontak langsung dengan pasien serta dapat digunakan dimana saja dan kapan saja sehingga pencegahan gangguan akibat kekurangan atau kelebihan kadar hemoglobin dapat diatasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Bagaimana merancang prototipe alat pengukur kadar hemoglobin yang dapat mengukur kadar hemoglobin darah menggunakan metode *non invasive* berbasis *internet of things*?
2. Bagaimana karakteristik sensor MAX30102 dalam pengukuran kadar hemoglobin darah?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka tujuan dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Merancang prototipe alat pengukur kadar hemoglobin yang dapat mengukur kadar hemoglobin darah menggunakan metode *non invasive* berbasis *internet of things*.
2. Mengetahui karakteristik sensor MAX30102 dalam pengukuran kadar hemoglobin darah.

1.4 Batasan Masalah

Supaya penelitian kali ini terarah sesuai yang diharapkan, maka permasalahan yang terbentuk harus diberi batasan. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266.
2. Aplikasi berbasis *internet of think* menggunakan aplikasi *Blynk*.
3. Kalibrasi menggunakan data latih hasil pengukuran kadar hemoglobin dengan cara *invasive* menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional dari *Family Dr*. Sampel data latih meliputi sampel darah dari 15 orang yang dipilih secara acak.
4. Mengabaikan warna kulit dan ketebalan kulit pada subjek.
5. Uji Validasi dilakukan kepada subjek dengan jenis kelamin laki – laki.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur kadar hemoglobin menggunakan metode *non invasive* sehingga tidak menimbulkan rasa takut kepada pengguna.
2. Merancang alat pengukur kadar hemoglobin yang dapat digunakan berulang kali karena menggunakan metode *non invasive* dengan harga

yang relatif terjangkau sehingga dapat digunakan oleh semua kalangan masyarakat.

3. Merancang alat yang dapat memonitoring hemoglobin dalam jarak jauh berprinsip *internet of things* sehingga tidak mengharuskan tenaga medis untuk melakukan kontak langsung dengan pasien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Darah

Darah merupakan cairan kompleks yang mengandung banyak substansi di dalamnya, dimana secara makroskopis darah terlihat sebagai cairan yang homogen, sedikit kental, dan berwarna merah (Siswanto, 2017). Darah adalah kendaraan untuk *transport* massal dalam tubuh untuk berbagai bahan antara sel dan lingkungan eksternal antara sel-sel itu sendiri (Fitriyadi & Sutikno, 2016). Darah adalah komponen esensial makhluk hidup yang berada dalam ruang vaskuler karena perannya sebagai media komunikasi antar sel ke berbagai bagian tubuh dengan dunia luar karena fungsinya membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan dan membawa karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru untuk dikeluarkan, membawa zat nutrien dari saluran cerna ke jaringan kemudian mengantarkan sisa metabolisme melalui organ sekresi (Desmawati, 2013). Darah adalah jenis jaringan ikat, terdiri atas eritrosit, leukosit, dan trombosit yang terendam pada cairan kompleks plasma. Darah membentuk sekitar 8% dari berat total tubuh. Pergerakan konstan darah sewaktu mengalir dalam pembuluh darah menyebabkan unsur-unsur sel tersebar merata di dalam plasma (Sa'adah, 2018).

Darah berupa jaringan cair yang terdiri dari dua bagian utama yaitu jaringan intraseluler dan zat-zat padat yang terdiri dari eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit (keping darah). Darah merupakan cairan kompleks yang di dalamnya mengandung banyak substansi dan memiliki warna homogen merah secara makroskopis karena adanya sel eritrosit (Siswanto, 2017). Darah manusia adalah cairan jaringan tubuh. Fungsi utama darah adalah

mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat – zat sisa metabolisme, dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit (Mallo dkk, 2012). Secara umum, fungsi darah adalah sebagai alat transportasi zat-zat dan oksigen yang dibutuhkan oleh jaringan tubuh, mengangkut bahan-bahan kimia hasil metabolisme, dan juga sebagai pertahanan tubuh dengan mengedarkan antibodi dan sel darah putih (Fatimah, Surur, A'tourrohman, dkk, 2019).

Dalam islam, menjaga kesehatan merupakan suatu hal yang wajib. Dalam Hadits Rasulullah SAW dari Nu'man bin Basyir:

أَلَا وَإِنَّ فِي الْجَسَدِ مُضْعَةً إِذَا صَلَحَتْ صَلَحَ الْجَسَدُ كُلُّهُ وَإِذَا فَسَدَتْ فَسَدَ الْجَسَدُ كُلُّهُ أَلَا وَهِيَ الْقَلْبُ

“Ketahuilah, sesungguhnya dalam jasad terdapat segumpal daging, apabila dia baik maka jasad tersebut akan menjadi baik, dan sebaliknya apabila dia buruk maka jasad tersebut akan menjadi buruk. Ketahuilah segumpal daging tersebut adalah “Qolbu” yaitu hati (jantung).” (H.R. Al-Bukhari dan Muslim)

Secara tersurat, hadits tersebut menegaskan bahwa jantung merupakan organ yang paling penting dalam diri manusia melebihi bagian lainnya (Firdaus, 2016). Jantung merupakan pusat peredaran darah yang menjalar di seluruh tubuh manusia, dari otak hingga telapak kaki. Ukuran jantung hanya sekepalan tangan, akan tetapi peranannya dalam tubuh makhluk hidup sangat besar. Maka dari itu menjaga kesehatan terutama kesehatan jantung dan darah merupakan suatu kewajiban bagi umat muslim.

Darah tersusun atas sel darah yang terdiri dari eirtrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit (keping darah) dan plasma darah yang terdiri dari berbagai zat terlarut dimana 90% dari plasma darah adalah air. Plasma

darah memiliki komposisi yang berbeda dengan sel darah (Faranita, Trisnawati, & Lubis, 2011). Dalam plasma darah mengandung sejumlah protein yang berperan sangat penting untuk menghasilkan tekanan osmotik koloid yaitu tekanan osmotik plasma yang ditimbulkan karena adanya protein (Isnaeni, 2019).

Tabel 2.1 Komposisi Darah (Yustina & Darmadi, 2017)

Sel Darah (45%)	Eritrosit (90%)
	Leukosit (2%)
	Trombosit (8%)
Plasma Darah (55%)	Air (90%)
	Protein dan substansi lain (10%)

Darah terdiri daripada beberapa jenis korpuskula yang membentuk 45% bagian dari darah dan 55% lainnya berupa cairan kekuningan yang membentuk medium cairan darah yang disebut plasma darah (Yustina & Darmadi, 2017). Korpuskula terdiri dari: eritrosit (99%), leukosit (0,2 %), dan trombosit (0,6 – 1,0%).

1. Eritrosit (Sel Darah Merah)

Sel darah merah atau eritrosit merupakan salah satu sel darah dengan jumlah paling banyak dibandingkan dengan sel darah lainnya. Sel darah merah hanya terdiri dari membran dan sitoplasma tanpa inti sel. Sel darah merah memiliki bentuk bikonkaf, yaitu bulat pipih yang bagian tengahnya cekung dan memiliki ketebalan sekitar 2,6 μm di tepi dan 0,75 μm di tengah.

2. Leukosit (Sel Darah Putih)

Sel darah putih atau leukosit merupakan sel darah yang memiliki inti sel. Sel darah putih tidak memiliki kemampuan untuk membawa oksigen. Fungsi leukosit adalah dalam kekebalan baik kekebalan bawaan maupun kekebalan spesifik (Rosita, Pramana & Arfira, 2019). Sel darah putih merespon

kekebalan dengan meninggalkan aliran darah dan mengumpul pada titik patogen atau peradangan.

3. Trombosit (Keping Darah)

Keping darah atau trombosit merupakan fragmen sel darah dengan ukuran yang sangat kecil sekitar 2 μm sampai 4 μm . Trombosit memiliki banyak vesikel tetapi tidak memiliki nucleus. Trombosit berperan dalam proses pembekuan darah dan perbaikan pembuluh darah.

4. Plasma Darah

Plasma darah merupakan komponen penyusun darah dengan jumlah paling banyak. Hampir setengah sel darah tersusun atas plasma darah. Plasma darah berupa cairan ekstraseluler bening dengan sedikit warna kekuningan yang tersusun atas berbagai komponen yaitu air, dan sisanya terdiri dari glukosa, lemak, protein, vitamin, hormon, enzim, antibodi, karbon dioksida dan mineral lainnya.

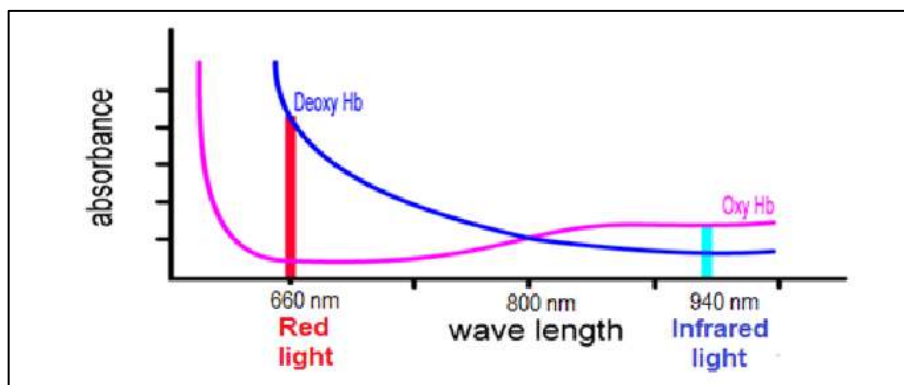
2.2 Hemoglobin

Hemoglobin merupakan molekul protein di dalam sel darah merah yang dapat mengikat oksigen. Salah satu indikator yang sangat penting dalam suplai oksigen di dalam tubuh adalah oksigen saturasi. Karena oksigen saturasi bisa menunjukkan apakah hemoglobin dapat mengikat oksigen atau tidak (Mallo, Sompie, Narasiang, & Bahrin, 2012). Hemoglobin merupakan protein yang berperan dalam pengangkutan oksigen dari paru-paru ke jaringan (Yustina & Darmadi, 2017).

Hemoglobin tersusun atas heme (gugus nitrogenosa non protein-Fe) dan globin yang merupakan protein dengan empat rantai molekul sehingga

hemoglobin dapat mengangkut empat molekul oksigen sekaligus. Struktur heme terdiri dari satu molekul bukan protein berbentuk cincin yang dinamai porphyrin dan satu atom besi (Fe) yang terletak di tengah-tengah molekul porphyrin. Hemoglobin terdiri dari empat rantai polipeptida yang terikat pada atom besi. Atom besi ini membantu hemoglobin untuk berinteraksi dengan oksigen secara kuat dan memudahkan pelepasannya di jaringan tubuh yang membutuhkan oksigen. Setiap rantai polipeptida pada hemoglobin memiliki satu molekul heme, yang merupakan kompleks porfirin dan atom besi, yang berperan sebagai tempat pengikatan oksigen. Hemoglobin berada dalam bentuk tertentu yang disebut deoksihemoglobin saat tidak terikat oksigen, dan berubah menjadi oksihemoglobin saat terikat oksigen. Satuan kadar hemoglobin adalah g/dl (gram per desiliter) yang berarti banyaknya massa hemoglobin (dalam gram) dalam 100 mililiter darah. Keadaan yang akan terjadi jika kadar hemoglobin kurang dari kadar normal adalah terjadinya anemia defisiensi besi (Masrizal, 2007).

Hemoglobin memiliki 2 (dua) bentuk umum yaitu hemoglobin yang berikatan dengan oksigen yaitu oksihemoglobin dan hemoglobin yang tidak berikatan dengan oksigen yaitu deoksihemoglobin (Koolman & Klaus, 2012). Oksihemoglobin adalah hemoglobin yang berikatan dengan oksigen dan bergerak dari paru – paru ke seluruh tubuh untuk mendistribusikan oksigen. Deoksihemoglobin adalah hemoglobin yang berikatan dengan karbon dioksida dan bergerak dari seluruh tubuh menuju paru – paru.



Gambar 2.1 Grafik absorbansi sinar RED dan IR terhadap hemoglobin (Kemalasari & Rochmad, 2022)

Oksihemoglobin memiliki warna merah lebih cerah jika dibandingkan dengan deoksihemoglobin yang berwarna merah gelap (kebiruan). Oksihemoglobin dan deoksihemoglobin memiliki kemampuan yang berbeda dalam penyerapan cahaya. Oksihemoglobin dengan warna merah cerah memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya inframerah dengan panjang gelombang 880 nm lebih banyak daripada deoksihemoglobin yang berwarna merah gelap. Deoksihemoglobin dengan warna merah gelap memiliki kemampuan menyerap cahaya merah dengan panjang gelombang 660 nm lebih banyak daripada oksihemoglobin (Kemalasari & Rochmad, 2022).

2.3 Hukum Lambert – Beer

Hukum *Lambert – Beer* dikenal juga dengan nama Hukum *Beer – Lambert*, atau Hukum *Beer – Lambert – Bouguer*. Alasan ada begitu banyak nama adalah karena lebih dari satu undang-undang yang terlibat. Pada dasarnya, Pierre Bouguer menemukan hukum tersebut pada tahun 1729 dan mempublikasikannya dalam *essai D'Optique Sur La Gradation De La Lumière*. Johann Lambert mengutip penemuan Bouguer dalam *Photometria*-nya pada tahun 1760, dengan mengatakan bahwa absorbansi sampel berbanding lurus dengan panjang lintasan

cahaya. Meskipun Lambert tidak mengklaim penemuan, dia sering dikreditkan dengan hukum penemuannya tersebut. August Beer menemukan hukum terkait pada tahun 1852. Hukum *Beer* menyatakan bahwa absorbansi sebanding dengan konsentrasi sampel. Secara teknis, Hukum *Beer* hanya berhubungan dengan konsentrasi, sedangkan Hukum *Lambert – Beer* menghubungkan absorbansi dengan konsentrasi dan ketebalan sampel.

Lambert dan Beer menemukan hukum yang menerangkan interaksi bahan kimia dengan gelombang cahaya, yang disimpulkan dalam Hukum *Lambert – Beer*. Hukum *Lambert – Beer* menyatakan proporsi berkas cahaya datang yang diserap oleh suatu bahan atau medium tidak bergantung pada intensitas berkas cahaya yang datang. Hukum *Lambert – Beer* menyatakan absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium (Sawitri, 2010).

Hukum *Lambert – Beer* merupakan suatu rumus yang menjelaskan tentang melemahnya intensitas pencahayaan saat melalui suatu medium dengan substansi yang dapat melakukan penyerapan cahaya. Hukum *Lambert – Beer* berbunyi “*Jumlah radiasi tampak yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi suatu zat dan tebal larutan*”. Hukum *Lambert – Beer* adalah suatu konsep yang digunakan dalam spektroskopi untuk mengukur konsentrasi zat yang terlarut dalam suatu larutan. Konsep ini menyatakan bahwa absorbansi cahaya pada suatu larutan sebanding dengan konsentrasi zat terlarut dan jarak tempuh cahaya melalui larutan tersebut. Berdasarkan Hukum *Lambert – Beer*, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan adalah sebagai berikut (Giancolli, 2001):

$$-\frac{dI}{I} = \epsilon c dL \quad (2.1)$$

Dimana: dL : Tebal area
 I : Intensitas sumber radiasi (watt/m²)
 dl : Perubahan intensitas sepanjang area
 ε : Koefisien bahan
 c : Konsentrasi

Dengan mengintegrasikan kedua sisi maka didapat persamaan:

$$\int_{I_0}^I -\frac{dI}{I} = \int_{L_0}^L \epsilon c dL \quad (2.2)$$

$$-\log \frac{I_0}{I} = \epsilon c L \quad (2.3)$$

$$-\log T = \epsilon c L \quad (2.4)$$

Hingga ditemukan bentuk persamaan paling umum dalam Hukum Lambert – Beer dimana absorbansi cahaya pada suatu larutan sebanding dengan konsentrasi zat terlarut dan jarak tempuh cahaya melalui larutan.

$$A = \epsilon c L \quad (2.5)$$

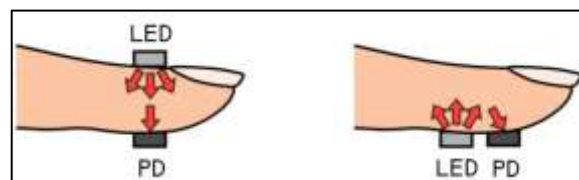
Dimana: A : Absorbansi
 L : Tebal medium
 ε : koefisien bahan
 c : Konsentrasi

2.4 Photoplethysmography

Photoplethysmography merupakan teknik optik sederhana dalam menentukan volume darah. Metode ini sering digunakan dalam pengukuran dengan sifat *non invasive* pada permukaan kulit (Allen, 2007). *Photoplethysmography* menggunakan sumber cahaya dari LED dan *photodetector* untuk mendeteksi cahaya perubahan volume darah dalam pembuluh darah (Yulian & Supriyanto, 2017). Cahaya dapat ditransmisikan melalui jaringan kapiler. Saat terjadi denyutan, perubahan volume pembuluh mengubah penyerapan, pantulan,

dan hamburan cahaya. *Photoplethysmography* adalah teknik pengukuran yang digunakan untuk mengukur perubahan volumetrik pada jaringan yang berdenyut. *Photoplethysmography* melibatkan pengukuran intensitas cahaya yang dipancarkan ke dalam jaringan yang berdenyut dan pantulan cahaya yang dikembalikan ke permukaan kulit. Saat jantung memompa darah melalui pembuluh darah, volume darah di dalam pembuluh darah akan mengalami perubahan dan mengubah besar intensitas cahaya yang diserap.

Dalam metode *photoplethysmography* dibutuhkan cahaya dengan panjang gelombang yang disesuaikan sehingga *photodetector* akan mengubah radiasi gelombang menjadi sama dengan perubahan yang terjadi pada volume darah yang mengalir. LED merah akan memancarkan gelombang cahaya menuju darah dan diserap sebagian oleh hemoglobin pada darah dan sisanya diteruskan ke *photodetector*. *Photoplethysmography* memiliki dua mode, yaitu mode transmisi dan mode refleksi.



Gambar 2.2 *Photoplethysmography* mode transmisi dan refleksi (Rachmat & Ambaransari, 2018)

2.5 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 adalah pulse oximeter berupa modul sensor yang bekerja menggunakan prinsip *photoplethysmography* dengan metode refleksi yang digunakan untuk memonitor kadar oksigen dalam darah serta detak jantung (Pure, Ma'arif, Yudhana, 2021). Sensor MAX30102 merupakan modul sensor yang diproduksi oleh *Maxim Integrated*. Sensor ini menggunakan komunikasi I2C

dengan tegangan kerja 1.8 V – 5.5 V DC. Sensor MAX30102 adalah sensor yang dikembangkan oleh perusahaan semikonduktor *Maxim Integrated*. Sensor ini memanfaatkan prinsip *photoplethysmography* (PPG) untuk mendeteksi dan mengukur perubahan volume darah di pembuluh darah dan menerjemahkannya menjadi nilai *Analog to Digital Converter* (ADC).

Sensor MAX30102 menggunakan LED merah dan LED inframerah sebagai *transmitter* dan *photodetector* sebagai *receiver*. Sensor ini menggunakan komunikasi I2C. Driver bus I2C bersifat *open drain* dan membutuhkan resistor *pull-up* pada I2C SDA dan SCL agar data keluaran sensor dapat terbaca pada saat sinyal *low* 0 volt dan sinyal *high* (Adrian, Widiarto, & Kusumadiarti, 2021). Sensor MAX30102 memiliki 7 (tujuh) pin yang dapat digunakan pada board-nya, akan tetapi pada penggunaannya hanya 4 (empat) pin yang digunakan yaitu pin VCC, GND, SCL, dan SDA. Berikut pemasangan tiap – tiap pin pada sensor MAX30102 (Datasheet MAX30102, 2016):

1. Pin VIN (*Voltage In*) merupakan pin positif yang dihubungkan dengan pin 1.8 volt maupun 5 volt pada board mikrokontroler.
2. Pin GND (*Ground*) merupakan pin negatif yang dihubungkan pada pin GND pada board mikrokontroler.
3. Pin SDA (*Serial Data*) digunakan sebagai jalur data untuk mentransfer data antara perangkat yang terhubung. Pin SDA pada sensor MAX30102 dihubungkan pada pin SDA pada board mikrokontroler.
4. Pin SCL (*Serial Clock*) digunakan sebagai jalur *clock* untuk sinkronisasi transfer data antara perangkat yang terhubung. Pin SCL pada sensor MAX30102 dihubungkan pada pin SCL pada board mikrokontroler.

Selain empat (4) pin tersebut, terdapat tiga (3) pin lainnya yang perlu diketahui juga yaitu:

1. Pin IRD yang digunakan hanya untuk menghidupkan sinar inframerah (IR).
2. Pin RD yang digunakan hanya untuk menghidupkan sinar merah (RED).
3. Pin INT yang digunakan untuk mengurangi intensitas sinar merah dan inframerah.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor MAX30102 (Datasheet MAX30102, 2016)

Dimensi	19.6 x 15.56 mm
Tegangan Masukan	1.8 V – 5.5 V
Arus Maksimum	6 mA
Range Temperatur	-40°C – 85°C
Panjang Gelombang LED IR	880 nm
Panjang Gelombang LED RED	660 nm

2.6 NodeMCU V3 ESP8266

NodeMCU V3 ESP8266 adalah sebuah board elektronik *open source* yang berbasis *chip* ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler sekaligus fungsi internet. NodeMCU V3 ESP8266 dapat di program menggunakan *software* Arduino IDE sehingga dapat dianalogikan board Arduinonya ESP8266 (Arifaldi, Wahyudi, & Christiyono, 2019). NodeMCU menggabungkan ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fungsi layaknya mikrokontroler ditambah juga dengan kemampuan akses terhadap *wifi* dan *chip* komunikasi *USB to Serial* sehingga hanya diperlukan kabel USB mikro untuk pemrogramannya. Bentuk fisik dari NodeMCU V3 ESP8266 terdapat port USB sehingga akan memudahkan pengguna dalam pemrograman (Dewi, Rohmah, & Zahara, 2019).

Tabel 2.3 Spesifikasi NodeMCU V3 ESP8266 (Datasheet NodeMCU, 2014)

Mikrokontroler	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
Tegangan Operasi	3.3 V
Tegangan Masukan	7 V – 12 V
Pin Digital	16
Pin Analog	1
UARTs	2
SPIs	1
I2Cs	1
Flash Memory	4 MB
SRAM	64 KB
Clock Speed	80 MHz

NodeMCU V3 ESP8266 merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk kepentingan *internet of things* karena sudah dilengkapi dengan modul *wifi* untuk bisa terkoneksi dengan internet. NodeMCU V3 ESP8266 memiliki tegangan operasi 3.3 V dan tegangan masukan 7 V - 12 V.

2.7 OLED Display 128x64

Organic Light Emitting Diode atau disingkat OLED merupakan lembar senyawa organik yang apabila dialiri listrik maka akan memancarkan cahaya (Setyawan, 2017). OLED Display adalah salah satu jenis tampilan elektronik yang menggunakan OLED sebagai bahan utamanya. Berbeda dengan LCD yang memerlukan pencahayaan latar belakang (*backlight*) untuk menampilkan karakter, OLED Display memiliki kemampuan sendiri untuk menghasilkan cahaya. OLED memiliki ketebalan sekitar 100 nm – 500 nm dengan terdapat 2 (dua) hingga 3 (tiga) lapis bahan penyusun utama (Setyawan, 2017). OLED terdiri dari tiga lapisan: lapisan konduktif, lapisan organik, dan lapisan katoda. Ketika listrik dialirkan melalui lapisan konduktif dan katoda, lapisan organik memancarkan cahaya. Warna yang dihasilkan oleh setiap piksel tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan pada lapisan organik. OLED Display telah menggunakan

serial komunikasi I2C untuk berkomunikasi dengan board mikrokontroler. Terdapat 4 (empat) pin sebagai output yaitu pin VCC yang bekerja pada tegangan 3.3 volt hingga 5 volt, pin GND yang dihubungkan dengan pin GND pada mikrokontroler, pin SDA dan pin SCL untuk inisiasi yang dihubungkan pada pin SDA dan SCL pada mikrokontroler.

Tabel 2.4 Spesifikasi OLED Display 128x64 (Datasheet OLED Display, 2016)

Dot Matrix	128 x 64 dots
Dimensi	26,7 x 19,26 x 1,65
Area Aktif	21,738 x 10,858
Ukuran Pixel	0,148 x 0,148
Warna Display	Biru
IC	SSD1306BZ

2.8 *Internet Of Things*

Internet of Things adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. *Internet of Things* telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems, dan internet. *Internet of Things* merupakan konsep pintar dimana sistem saling berhubungan melalui sebuah koneksi yang secara khusus mampu menangani benda-benda berwujud yang dapat melakukan pemrosesan data antar benda dengan internet sebagai media komunikasi (Hussein, 2019).

Internet of Things merupakan suatu konsep dimana suatu objek dapat mempunyai kemampuan dalam hal komunikasi melalui jaringan, seperti proses transfer data tanpa adanya proses komunikasi yang dilakukan antar manusia maupun antar manusia ke perangkat seperti komputer atau kontroler (Abdullah, Cholish, dan Haq, 2021). *Internet of Things* merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung

secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen (Arafat, 2016). *Internet of Things* adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai media penghubung (Efendi, 2018).

2.9 Blynk

Blynk merupakan sebuah server yang digunakan untuk mendukung proyek *Internet of Things* (IoT). Aplikasi Blynk merupakan platform aplikasi yang dapat mengimplementasikan suatu sistem kontrol atau monitoring berbasis IoT (Pramudya, 2021). Blynk adalah sebuah platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi mobile untuk mengontrol berbagai perangkat IoT. Blynk dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis modul mikrokontroler antara lain Arduino, Raspberry Pi, Wemos, dan ESP melalui internet. Pengguna dapat memilih dari berbagai widget yang disediakan oleh Blynk, seperti tombol, slider, grafik, dan sebagainya, untuk membuat antarmuka pengguna pada aplikasi mobile. Selain itu, Blynk juga menyediakan layanan cloud untuk menyimpan data yang dikirimkan oleh perangkat IoT dan memberikan akses jarak jauh ke perangkat IoT tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah penelitian yang bersifat rancang bangun eksperimental. Penelitian bersifat rancang bangun eksperimental yaitu merancang prototipe alat pengukur kadar hemoglobin yang bersifat *non invasive* berbasis *internet of things*. Prinsip kerja penelitian ini adalah mengukur nilai kadar hemoglobin yang dideteksi dengan menggunakan sensor MAX30102 dengan metode *phoplethysmography*. Hasil pembacaan sensor yang berupa nilai ADC dari sinar merah (RED) dan sinar inframerah (IR) akan dikalibrasi dengan menggunakan data kadar hemoglobin yang diambil dengan cara *invasive* menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional. Nilai hemoglobin yang dideteksi dengan alat ukur hemoglobin dari konvensional akan dikalibrasi dengan nilai sinar RED dan sinar IR yang diambil dari prototipe alat yang dirancang sehingga keluaran dari pengukuran prototipe alat yang dirancang adalah nilai kadar hemoglobin. Nilai kadar hemoglobin dari alat yang dirancang dan nilai kadar hemoglobin dari alat ukur hemoglobin konvensional akan dibandingkan untuk diuji coba. Uji coba alat akan dilakukan untuk mengetahui karakteristik sensor MAX30102 terhadap pengukuran kadar hemoglobin.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Program Studi Fisika, gedung B. J. Habibie lantai 2, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Proses penelitian dimulai pada bulan Juli tahun 2022 diawali dengan kegiatan penyusunan proposal dan dilanjutkan dengan

seminar proposal pada bulan Agustus tahun 2022. Kegiatan penelitian dimulai pada bulan September tahun 2022 hingga Februari tahun 2023.

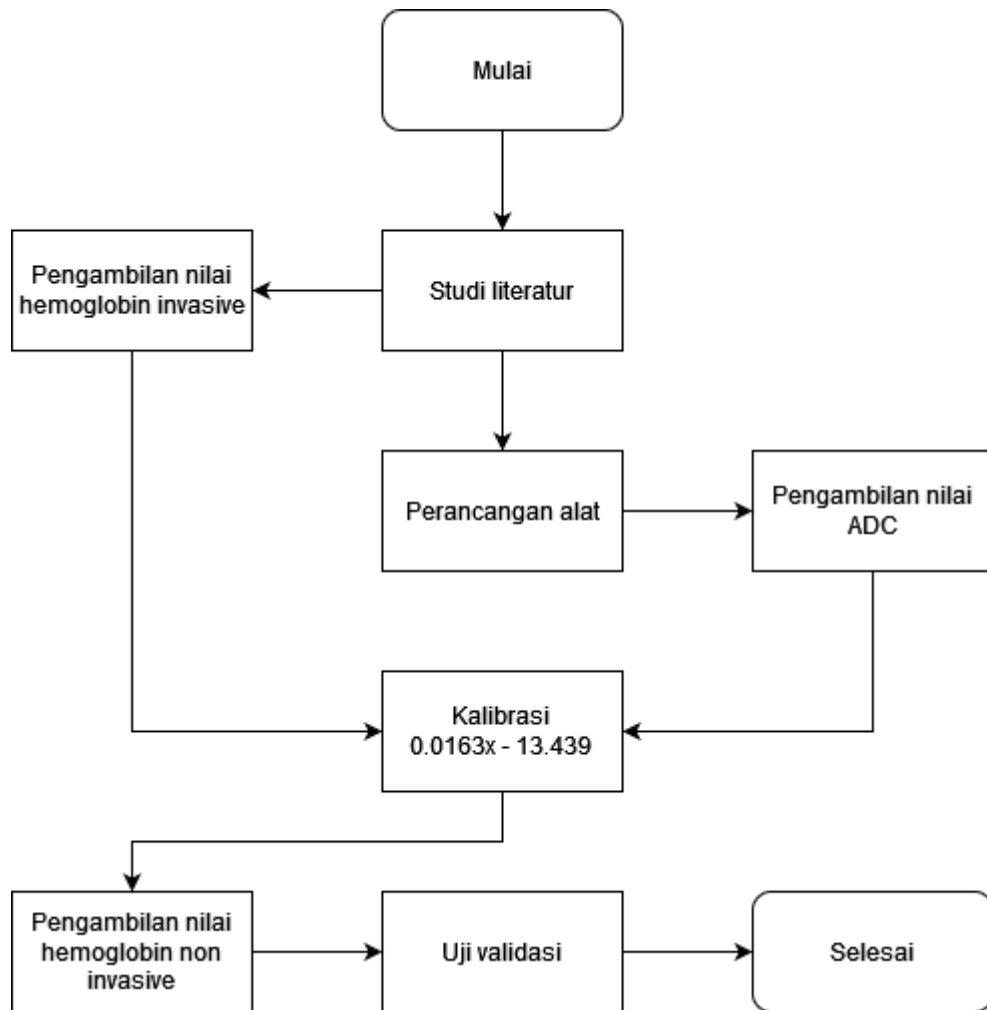
3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.	NodeMCU V3 ESP8266	1 buah
2.	Sensor MAX30102	1 buah
3.	Alat Ukur Hemoglobin Konvensional	1 set
4.	Kabel Jumper Female to Female	10 buah
5.	Kabel Jumper Male to Female	10 buah
6.	Kabel Jumper Male to Male	10 buah
7.	Bread Board	1 buah
8.	Solder	1 buah
9.	Obeng	1 set
10.	Saklar on/off	1 buah
11.	OLED	1 buah
12.	Project Box	1 buah
13.	Timah Solder	10 cm
14.	Baterai 18650 3,7 V 2200 mAh	1 buah
15.	Baterai Holder	1 buah

3.4 Diagram Alir Penelitian

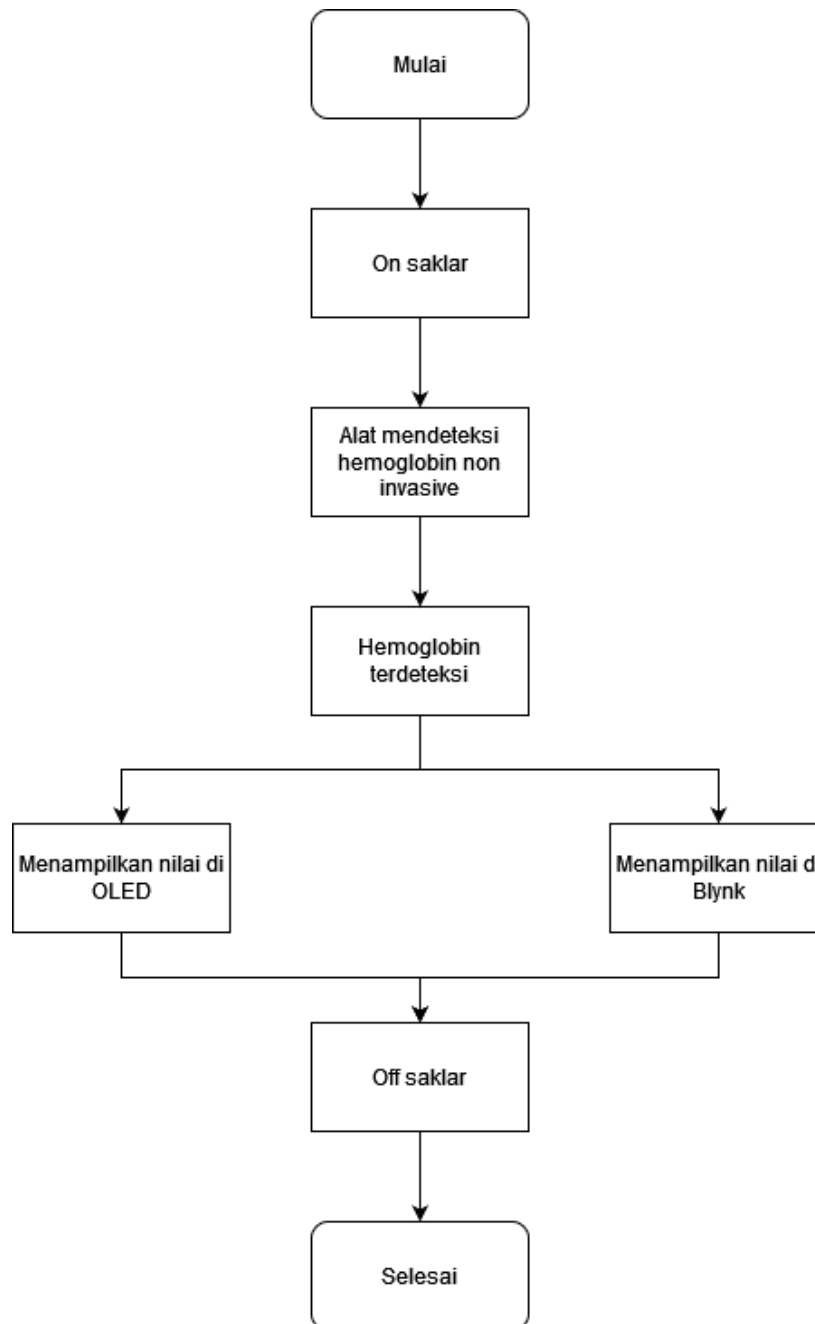
Perancangan prototipe alat pengukur kadar hemoglobin *non invasive* berbasis *internet of things* meliputi beberapa tahapan yakni seperti yang ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.5 Diagram Alir Alat

Prototipe alat pengukur kadar hemoglobin *non invasive* berbasis *internet of things* memiliki tahapan-tahapan kerja alat yang ditunjukkan seperti pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram alir kerja alat

3.6 Prosedur Penelitian

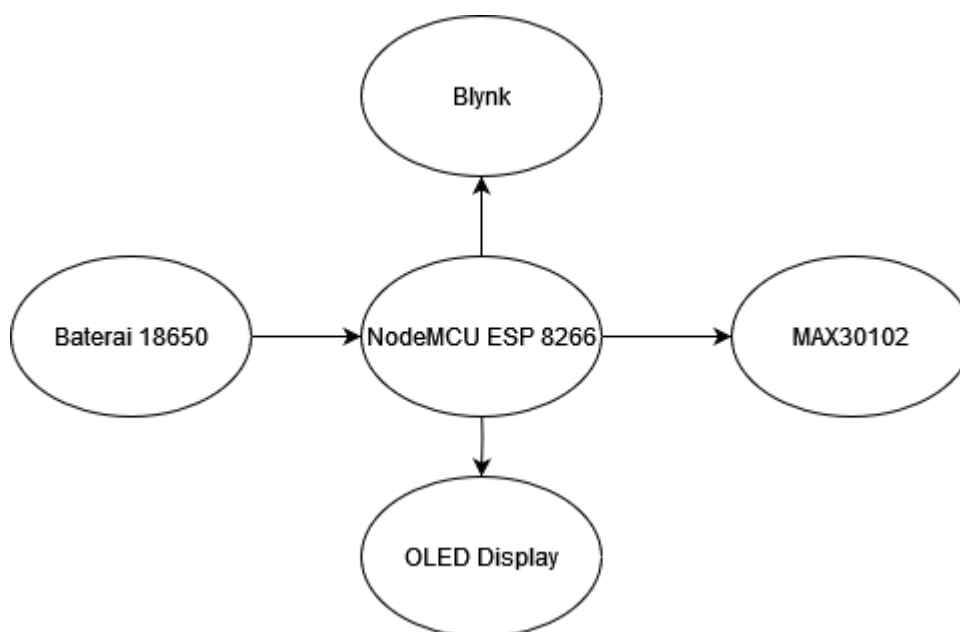
3.6.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori relevan yang mendukung dalam penelitian. Kajian pustaka yang diperlukan untuk melandasi penelitian ini adalah kajian pustaka

tentang darah, hemoglobin, metode *phoplethysmography*, Hukum *Lambert – Beer*, sensor MAX30102, NodeMCU V3 ESP8266, dan *internet of things*.

3.6.2 Perancangan Alat

Perancangan alat dalam penelitian ini meliputi perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Komponen utama dalam perancangan *hardware* adalah NodeMCU V3 ESP8266 sebagai mikrokontroler dan sensor MAX30102 sebagai sensor untuk mengukur kadar hemoglobin. Sensor MAX30102 akan mendeteksi kadar hemoglobin pasien dan mengirim data ke mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266. Selanjutnya, mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266 akan mengirim data nilai kadar hemoglobin ke perangkat PC atau *mobile* dengan prinsip *internet of things*.



Gambar 3.3 Rancangan alat

Software yang digunakan dalam penelitian adalah *software* Blynk. Blynk adalah sebuah platform *internet of things* (IoT) yang memungkinkan pengembang dan pengguna untuk mengendalikan perangkat elektronik melalui aplikasi PC atau

mobile. Blynk menyediakan berbagai macam widget seperti tombol, slider, grafik, dan tampilan data lainnya yang dapat ditambahkan ke aplikasi untuk memungkinkan pengguna mengontrol perangkat IoT secara mudah dan cepat. Perancangan *software* dalam penelitian adalah pembuatan template dengan menggunakan widget *gauge meter* sebagai tampilan utama untuk menampilkan nilai hemoglobin.

3.6.3 Pengambilan Data dan Kalibrasi Alat

Penelitian ini menggunakan nilai kadar hemoglobin yang diambil menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional dengan cara *invasive*. Alat ukur hemoglobin konvensional bekerja dengan prinsip spektrofotometri dimana sampel darah diukur dengan menggunakan cahaya yang dilewatkan melalui sampel darah. Kemudian kadar hemoglobin dihitung dari jumlah cahaya yang diserap oleh sampel. Alat ukur hemoglobin konvensional terdiri dari probe utama sebagai sensor dan penampil nilai hemoglobin, pelat pengukur untuk menempatkan sampel darah dan dimasukkan ke probe utama, *lancet push* yang digunakan untuk menusuk ujung jari, dan pipet untuk mengambil darah pada ujung jari. Darah diambil menggunakan pipet dan diletakkan di atas pelat pengukur yang dimasukkan pada probe utama. Alat akan secara otomatis memancarkan sinar dan melakukan pengukuran nilai hemoglobin dengan rentang waktu 5 (lima) detik.

Nilai hemoglobin dari alat ukur konvensional akan dikalibrasi dengan jumlah nilai ADC dari sinar RED dan sinar IR yang dideteksi dengan prototipe alat yang dirancang sehingga *output* akhir dari prototipe alat yang dirancang adalah nilai kadar hemoglobin. Pengambilan data nilai kadar hemoglobin menggunakan prototipe alat yang dirancang diambil dengan metode

photoplethysmography reflectance meliputi pengambilan data pada jari telunjuk tangan pada sampel dengan masing-masing sampel akan dilakukan sebanyak lima kali pengulangan. Nilai kadar hemoglobin yang diukur menggunakan prototipe alat yang dirancang akan di bandingkan dengan nilai kadar hemoglobin yang diambil menggunakan alat ukur hemoglobin dari konvensional untuk mengetahui karakteristik sensor MAX30102.

3.6.4 Analisis dan Pengolahan Data

Perancangan prototipe alat pengukur kadar hemoglobin *non invasive* berbasis *internet of thing* menggunakan sensor MAX30102 sebagai deteksi nilai kadar hemoglobin. Nilai kadar hemoglobin dari prototipe alat yang dirancang akan dibandingkan dengan nilai kadar hemoglobin yang telah diambil menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional untuk mencari karakteristik sensor MAX30102 terhadap pengukuran kadar hemoglobin. Pengolahan dan analisis data dilakukan unruk mengetahui karakteristik sensor MAX30102 dalam menentukan nilai kadar hemoglobin. Perbandingan nilai kadar hemoglobin pada alat ukur hemoglobin konvensional akan dibandingkan dengan nilai kadar hemoglobin pada prototipe alat yang dirancang untuk mengetahui karakteristik sensor MAX30102 terhadap pengukuran nilai kadar hemoglobin meliputi uji simpangan baku (standar deviasi), uji akurasi alat, dan uji presisi alat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Telah direalisasikan “Prototipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non Invasive* Berbasis *Internet Of Things*” dengan menggunakan komponen utama meliputi NodeMCU V3 ESP8266 sebagai mikrokontroler dan MAX30102 sebagai sensor. Penelitian dimulai pada bulan Agustus 2022 hingga Februari 2023 di Laboratorium Elektronika, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penelitian bertujuan merancang alat ukur hemoglobin dengan metode *non invasive* dengan menggunakan sensor MAX30102. Sensor MAX30102 bertindak sebagai pendeteksi hemoglobin di dalam darah menggunakan prinsip *photoplethysmography reflectance*, dimana *output* awal dalam perhitungan sensor berupa nilai sinar inframerah (IR) dan nilai sinar merah (RED). Nilai sinar inframerah (IR) dan nilai sinar merah (RED) akan dikalibrasi dengan menggunakan data kadar hemoglobin yang diambil dengan cara *invasive* menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional. NodeMCU V3 ESP8266 bertindak sebagai komponen akuisisi data dan data akan ditampilkan pada OLED Display dan aplikasi berbasis *Internet of Things* yaitu Blynk.

4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data meliputi 2 (dua) tahap, yaitu tahap pengambilan data hemoglobin *invasive* menggunakan alat ukur hemoglobin konvensional dan pengambilan data nilai sinar RED dan IR menggunakan alat yang dirancang. Pengambilan data dilakukan terhadap 15 orang yang terdiri dari 10 (sepuluh)

orang pria dengan rentang umur 18 – 23 tahun dan 5 (lima) orang wanita dengan rentang umur 18 – 23 tahun. Pengambilan nilai hemoglobin dilakukan dengan menggunakan metode *invasive* dengan prinsip spektrofotometri menggunakan alat ukur konvensional. Pengambilan nilai RED dan IR sensor dilakukan dengan metode *non invasive* dengan prinsip *photoplethysmography reflectance*. Ujung jari diletakkan pada LED sensor MAX30102 dan ditahan selama kurang lebih 15 detik untuk menstabilkan nilai pembacaan sensor.

Tabel 4.1 Pengambilan data pada pria

No	Nilai Hemoglobin <i>Invasive</i>	Jenis Sinar	Percobaan					Rata – Rata	Jumlah
			Percobaan ke – 1	Percobaan ke – 2	Percobaan ke – 3	Percobaan ke – 4	Percobaan ke – 5		
1	15,7	Nilai IR	876,49	879,28	881,05	882,34	883,96	880,624	1775,69
		Nilai RED	897,54	896,76	894,32	893,09	895,58	895,066	
2	15,1	Nilai IR	860,65	861,40	854,53	857,88	857,46	858,384	1726,81
		Nilai RED	863,75	864,51	873,31	872,19	868,94	868,427	
3	16,7	Nilai IR	896,70	898,27	909,06	913,75	910,70	905,696	1826,11
		Nilai RED	924,29	925,47	922,41	918,58	923,55	921,364	
4	10,5	Nilai IR	701,37	723,24	713,76	734,45	710,57	716,678	1433,13
		Nilai RED	711,64	724,81	721,57	713,41	718,96	717,609	
5	11,5	Nilai IR	734,43	759,56	784,43	731,26	783,43	758,622	1519,97
		Nilai RED	759,92	766,46	761,52	758,14	761,24	761,353	
6	11,8	Nilai IR	784,96	788,21	774,52	768,31	789,77	781,154	1565,56
		Nilai RED	789,56	791,13	782,54	774,49	784,45	784,434	
7	14,4	Nilai IR	856,34	843,35	836,34	854,45	857,65	849,626	1706,64
		Nilai RED	858,24	860,57	852,66	853,17	862,67	857,017	
8	15,5	Nilai IR	879,89	867,78	854,13	876,79	853,68	866,454	1744,69
		Nilai RED	873,42	879,94	882,29	875,86	881,82	878,237	
9	12,4	Nilai IR	832,63	846,69	839,73	824,43	845,65	837,826	1681,77
		Nilai RED	843,56	845,22	834,51	840,14	852,26	843,942	
10	14,9	Nilai IR	845,56	852,32	846,64	856,67	864,72	853,182	1714,38
		Nilai RED	858,68	854,72	863,11	864,42	866,11	861,201	

Tabel 4.2 Pengambilan data pada wanita

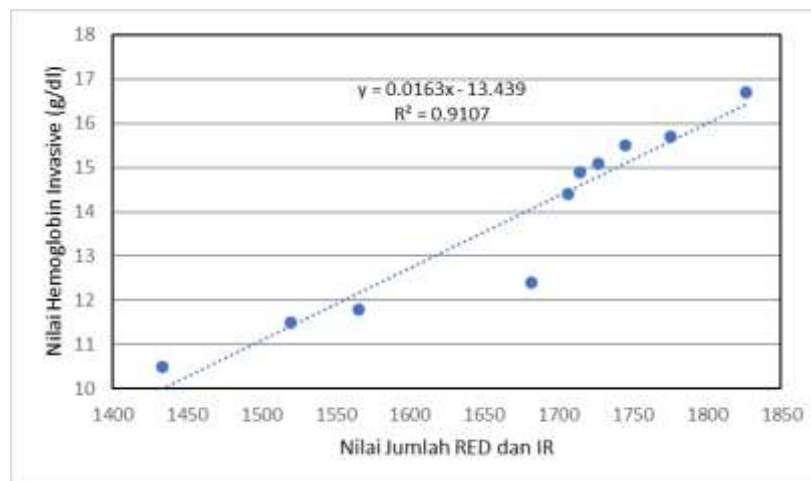
No	Nilai Hemoglobin <i>Invasive</i>	Jenis Sinar	Percobaan					Rata – Rata	Jumlah
			Percobaan ke – 1	Percobaan ke – 2	Percobaan ke – 3	Percobaan ke – 4	Percobaan ke – 5		
1	15,7	Nilai IR	992,35	991,87	987,13	992,84	995,88	992,014	1988,09
		Nilai RED	1003,24	997,24	996,61	991,34	993,42	996,081	
2	15,1	Nilai IR	942,58	947,77	947,73	946,82	939,50	944,880	1825,75
		Nilai RED	957,14	947,20	948,19	952,18	953,97	951,872	
3	16,7	Nilai IR	892,52	958,88	936,44	928,00	928,48	928,864	1864,97
		Nilai RED	938,74	953,56	924,48	928,59	937,16	936,109	
4	10,5	Nilai IR	853,99	874,09	840,28	840,42	838,91	849,538	1704,59
		Nilai RED	854,18	862,94	864,17	852,42	843,53	855,059	
5	11,5	Nilai IR	973,12	969,79	974,27	982,54	978,54	975,652	1958,33
		Nilai RED	854,18	862,94	864,17	852,42	843,53	982,676	

Pada tabel 4.1 yaitu tabel hubungan antara nilai jumlah sinar merah (RED) dan sinar inframerah (IR) dengan nilai hemoglobin yang diambil menggunakan alat ukur konvensional pada 10 (sepuluh) pria dengan usia diantara 18 – 23 tahun didapat nilai hemoglobin dengan rentang 11,8 g/dl hingga 16,7 g/dl. Pada pengambilan nilai hemoglobin pria, nilai hemoglobin memiliki nilai yang cenderung sebanding dengan nilai RED dan IR pada sensor MAX 30102. Semakin tinggi nilai hemoglobin, maka semakin tinggi pula nilai RED dan IR yang dideteksi. Nilai hemoglobin terendah bernilai 10 g/dl dengan rata – rata nilai RED dari 5 (lima) kali percobaan memiliki nilai 717,609 dan nilai rata – rata IR dari 5 (lima) kali percobaan memiliki nilai 716,678 dan memiliki jumlah nilai RED dan IR sebesar 1433,13. Sedangkan nilai hemoglobin tertinggi memiliki nilai 16,7 g/dl dengan nilai rata – rata RED dan IR dari 5 (lima) kali percobaan masing – masing 921,364 dan 905,696 dan memiliki jumlah nilai RED dan IR sebesar 1826,11.

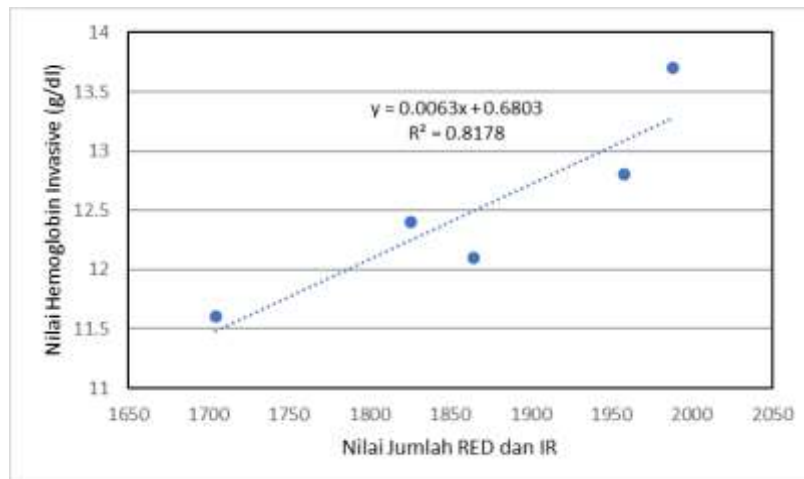
Pada tabel 4.2 yaitu tabel hubungan antara nilai jumlah sinar merah (RED) dan sinar inframerah (IR) dengan nilai hemoglobin yang diambil menggunakan alat ukur konvensional pada 5 (lima) wanita dengan usia diantara 18 – 23 tahun didapat nilai hemoglobin dengan rentang 11,6 g/dl hingga 13,7 g/dl. Hal ini sesuai dengan penelitian Caje Pinto yang menyatakan bahwa nilai hemoglobin pada wanita memiliki rentang nilai 11 g/dl hingga 16 g/dl (Pinto, 2020). Pada pengambilan nilai hemoglobin wanita, nilai hemoglobin memiliki nilai yang cenderung sebanding dengan nilai RED dan IR pada sensor MAX 30102. Semakin tinggi nilai hemoglobin, maka semakin tinggi pula nilai RED dan IR yang dideteksi. Nilai hemoglobin terendah bernilai 11,6 g/dl dengan rata – rata

nilai RED dari 5 (lima) kali percobaan memiliki nilai 855,059 dan nilai rata – rata IR dari 5 (lima) kali percobaan memiliki nilai 849,538 dan memiliki jumlah nilai RED dan IR sebesar 1704,59. Sedangkan nilai hemoglobin tertinggi memiliki nilai 13,7 g/dl dengan nilai rata – rata RED dan IR dari 5 (lima) kali percobaan masing – masing 996,081 dan 992,014 dan memiliki jumlah nilai RED dan IR sebesar 1988,09.

Metode regresi dilakukan untuk membuktikan kelinieran data yaitu hubungan antara nilai hemoglobin dengan nilai jumlah sinar RED dan IR. Pembuktian kelinieran suatu data diperlukan untuk membuktikan apakah data yang diambil memiliki nilai yang baik atau tidak.



Gambar 4.1 Hubungan jumlah nilai RED dan IR dengan Nilai Hemoglobin pada pria

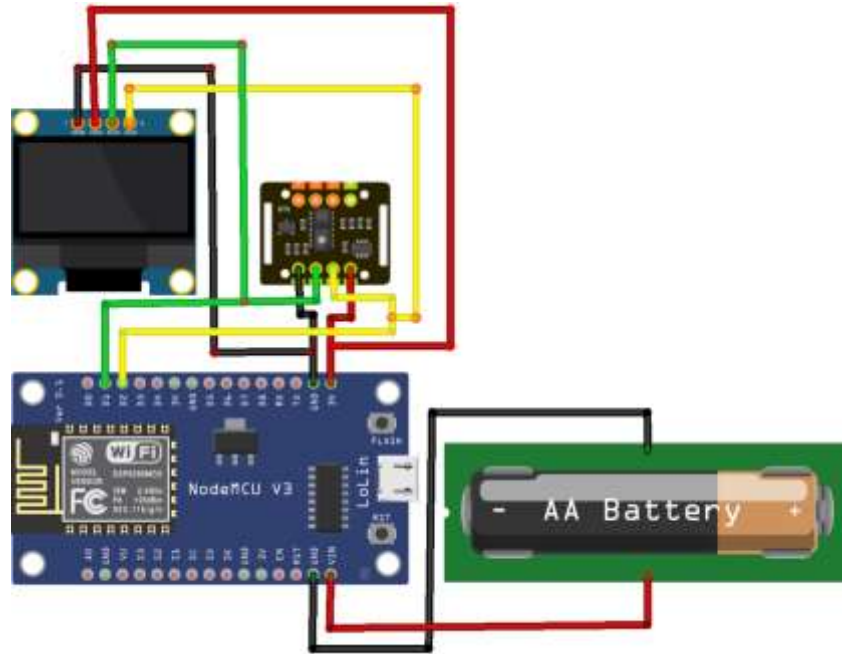


Gambar 4.2 Hubungan jumlah nilai RED dan IR dengan Nilai hemoglobin pada wanita

4.3 Perancangan Alat

Perancangan alat terdiri dari tahap perancangan *hardware* dan tahap perancangan *software*. Tahap perancangan *hardware* meliputi pengujian alat, pembuatan rangkaian awal, dan pembuatan rangkaian akhir. Tahap perancangan *software* yaitu pembuatan tampilan hasil pengukuran hemoglobin melalui aplikasi Blynk yang dapat diakses pada PC maupun *mobile*.

Pengujian dilakukan pada komponen – komponen alat untuk mengetahui apakah komponen – komponen yang digunakan berjalan dengan baik atau tidak sehingga dapat diambil parameter – parameter dalam penelitian. Rangkaian awal merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengambil nilai RED dan IR yang didapat pada hasil pengukuran sensor. Setelah rangkaian awal mendapat nilai RED dan IR, selanjutnya akan dikalibrasi dengan nilai hemoglobin yang didapat menggunakan alat ukur konvensional. Pada rangkaian akhir, nilai RED dan IR telah dikalibrasi menggunakan nilai hemoglobin *invasive* sehingga *output* yang tertera pada alat adalah nilai hemoglobin. Selanjutnya nilai hemoglobin akan ditampilkan pada OLED *display* yang terpasang pada rangkaian dan aplikasi Blynk dengan menggunakan prinsip *internet of things*.



Gambar 4.3 Rangkaian alat

4.3.1 Perancangan *Hardware*

4.3.1.1 Pengujian Mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266

NodeMCU V3 ESP8266 merupakan *firmware* dengan modul ESP8266 yang bersifat *open source*. NodeMCU V3 ESP8266 dapat diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. Pengujian NodeMCU V3 ESP8266 dilakukan pada kemampuan upload data melalui *software* dan kemampuan dalam koneksi ke internet. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan board NodeMCU V3 ESP8266 ke komputer menggunakan kabel *micro* USB. Indikator yang dapat dilihat ketika board telah terhubung ke komputer adalah lampu LED yang terdapat pada board NodeMCU V3 ESP8266. Apabila terdapat kedipan LED biru, maka board telah terhubung ke komputer dan siap menerima data program. Apabila terdapat notifikasi “*Done Uploading*” pada *software* Arduino IDE, yang berarti board NodeMCU V3 ESP8266 dalam keadaan normal dan siap digunakan.

4.3.1.2 Pengujian Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 merupakan sensor berbasis pulse yang dapat mendeteksi aliran darah menggunakan lampu LED merah dan LED inframerah. Panjang gelombang lampu LED merah dan LED inframerah akan ditransmisikan ke pembuluh dan diterima oleh *photodetector* sehingga nilai penyerapan LED oleh pembuluh dapat diketahui. Pengukuran nilai sensor MAX30102 dilakukan dengan metode *photoplethysmography reflectance* yaitu posisi LED dan *photodetector* berada pada satu sisi. Sensor MAX30102 memiliki total 8 (delapan) pin akan tetapi hanya 4 (empat) pin yang digunakan untuk berkomunikasi dengan board mikrokontroler yaitu pin VCC, pin GND, pin SCK, dan pin SDA. Pin VCC yaitu pin tegangan akan dihubungkan dengan pin 3,3 volt pada NodeMCU V3 ESP8266, pin GND yaitu pin *ground* akan dihubungkan dengan pin *ground* pada NodeMCU V3 ESP8266, sedangkan pin SDA dan pin SCL dihubungkan dengan pin D1 dan D2 pada NodeMCU V3 ESP8266. Penggunaan pin SDA dan SCL pada sensor MAX30102 karena sensor ini telah menggunakan modul komunikasi serial I2C (*Inter – Integrated Circuit*) sehingga lebih efisien dalam penggunaan dan koneksi antara sensor dengan board mikrokontroler.



Gambar 4.4 Uji coba sensor MAX30102

Pengujian sensor dilakukan dengan program sesuai dengan *library* yang telah diunduh di software Arduino IDE. Pemrograman yang digunakan merupakan pemrograman pembacaan dasar sensor. Sensor dihubungkan ke board NodeMCU V3 ESP8266. Tanda bahwa sensor telah aktif adalah adanya LED berwarna merah. Sensor MAX30102 memiliki 2 (dua) tipe sinar keluaran, yaitu sinar merah (RED) dan sinar inframerah (IR). Nilai RED dan IR yang terukur akan ditransmisikan dan diterima oleh *photodetector*. *Output* yang terbaca pada mikrokontroler akan bernilai resolusi 10 (sepuluh) bit yang memiliki nilai ADC dengan rentang nilai antara 0 hingga 1023.

4.3.1.3 Pengujian *OLED Display*

OLED Display yang digunakan dalam penelitian ini adalah OLED Display dengan dimensi 128 x 64 pixel yang memiliki serial komunikasi I2C dengan empat pin *output* meliputi pin VCC, pin GND, pin SCK, dan pin SDA. Pin VCC yaitu pin tegangan akan dihubungkan dengan pin 3.3 volt pada NodeMCU V3 ESP8266, pin GND yaitu pin *ground* akan dihubungkan dengan pin *ground* pada NodeMCU V3 ESP8266, sedangkan pin SDA dan pin SCK dihubungkan dengan pin D1 dan D2 pada NodeMCU V3 ESP8266. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah OLED display yang digunakan dapat menampilkan hasil pengukuran dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pemrograman dasar yaitu menampilkan karakter pada layar.

4.3.1.4 Rancangan Awal dan Rancangan Akhir

Rancangan Awal dan rancangan akhir memiliki desain yang serupa. Yang membedakan keduanya adalah program diantara keduanya sehingga *output* yang dikeluarkan kedua rancangan berbeda. Rancangan awal merupakan rancangan

yang belum dikalibrasi dengan nilai hemoglobin sehingga keluaran yang ditampilkan merupakan nilai *analog to digital converter* (ADC) RED dan IR yang dikeluarkan oleh LED RED dan LED IR dan terdeteksi oleh *photodetector* pada sensor MAX30102. Rancangan akhir merupakan rancangan alat yang telah dikalibrasi menggunakan nilai hemoglobin yang didapat dari alat ukur hemoglobin konvensional sehingga keluaran alat bukan lagi nilai RED dan IR, akan tetapi keluaran alat merupakan nilai hemoglobin yang dikukur menggunakan sensor MAX30102.



Gambar 4.5 Hasil perancangan alat

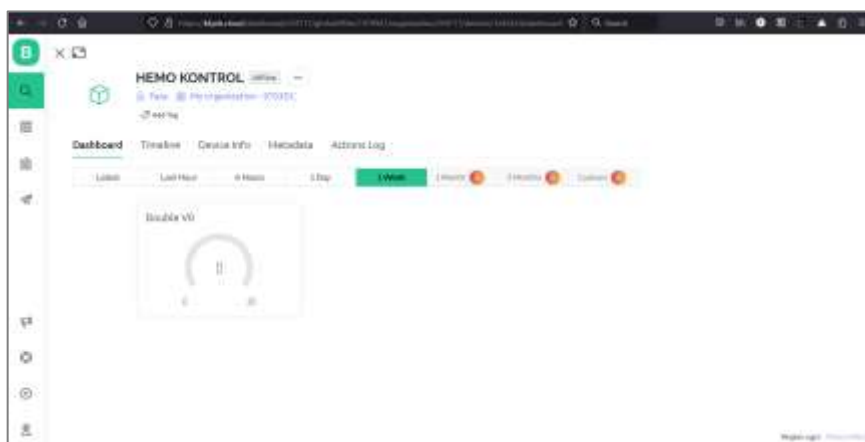


Gambar 4.6 Percobaan alat

Komponen alat terdiri dari NodeMCU V3 ESP8266, sensor MAX0102, OLED Display 128x64, dan menggunakan *power supply* berupa baterai 18650 dengan *output* tegangan bernilai 3,7 V dan kapasitas baterai sebesar 2200 mAh. Pin VCC pada sensor MAX30102 dan OLED Display dihubungkan dengan pin 3.3 volt pada NodeMCU V3 ESP8266. Pin SDA dan SCL pada sensor MAX30102 dan OLED Display dihubungkan dengan pin D1 dan D2 pada NodeMCU V3 ESP8266. Baterai 18650 dihubungkan dengan pin VIN dan pin GND pada NodeMCU V3 ESP8266.

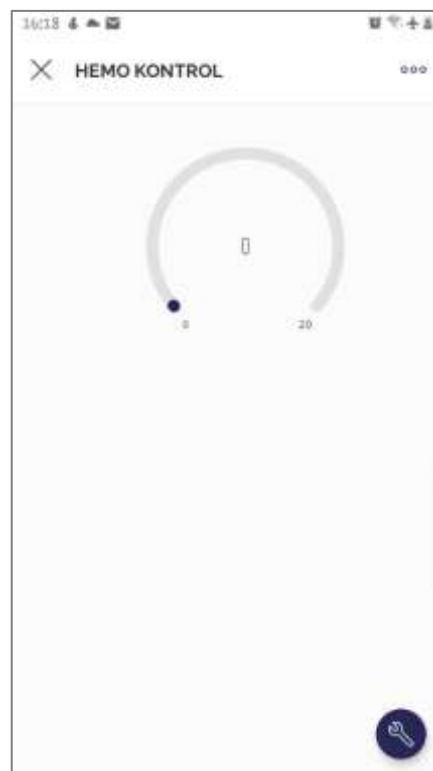
4.3.2 Perancangan Software

Blynk merupakan aplikasi berbasis *Internet of Things* yang bersifat *open source*. Blynk dapat digunakan pada berbagai macam board mikrokontroler seperti Arduino, Wemos, Raspberry, dan ESP Board. Blynk dapat dioperasikan pada smartphone android dan ios maupun perangkat komputer windows ataupun mac. Pada penelitian ini, Blynk digunakan untuk *output internet of things* dimana *output* alat yang dibuat tidak hanya ditampilkan melalui OLED Display, melainkan ditampilkan dalam perangkat, baik di perangkat PC maupun di perangkat *mobile*.



Gambar 4.7 Tampilan Blynk di PC

Perancangan diawali dengan membuat *interface* Blynk pada *website* “blynk.cloud/” menggunakan PC. Selanjutnya membuat template monitoring yang terdiri dari gauge dengan interval 0 – 20, kemudian tekan “Save”. Token akan didapatkan setelah pembuatan template berhasil dilakukan. Token akan diletakkan pada program alat yang dilakukan di *software* Arduino IDE sehingga Blynk akan tersambung dengan alat yang dirancang begitu jaringan internet terdeteksi. Selanjutnya Blynk pada mobile phone akan terdeteksi begitu kita masuk akun yang sama dengan Blynk yang telah dibuat di website melalui PC.



Gambar 4.8 Tampilan Blynk di HP

4.3.3 Pengujian Karakteristik Alat

Pengujian karakteristik yang dilakukan meliputi penghitungan nilai standar deviasi, penghitungan nilai akurasi, dan penghitungan nilai presisi. Alat yang digunakan pembanding untuk mengetahui karakteristik sensor adalah alat ukur hemoglobin konvensional yang masih bersifat *invasive*. Pengujian dilakukan

dengan membandingkan hasil pengukuran hemoglobin oleh alat yang dibuat dengan prototipe alat pengukur hemoglobin *invasive* yang dibuat. Dalam proses pengambilan data hemoglobin secara *non invasive*, diperlukan rentang waktu 15 detik agar hasil pembacaan alat stabil. Pengambilan data menggunakan alat yang dirancang dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan terhadap 5 orang. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap 5 orang dengan pengulangan sebanyak 5 kali, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Pengambilan data nilai hemoglobin

No	Nilai HB Alat Konvensional (g/dl)	Nilai HB Alat yang Dirancang (g/dl)					Rata – Rata
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	Uji ke-4	Uji ke-5	
1	16,3	16,7	16,4	16,8	16,2	16,4	16,5
2	17,2	17,3	16,9	17,2	17,8	16,8	17,2
3	13,9	13,4	13,9	13,7	13,3	13,8	13,6
4	15,4	15,4	15,9	15,2	15,0	15,7	15,4
5	13,3	12,8	13,1	13,7	13,4	13,3	13,2

Uji validasi dilakukan untuk mengetahui bahwa analisis yang dilakukan apakah benar dan memenuhi persyaratan. Uji validasi meliputi pengujian standar deviasi, pengujian akurasi, dan pengujian presisi. Standar deviasi digunakan untuk mengetahui nilai statistik simpangan dalam suatu sampel. Dalam penelitian ini, standar deviasi digunakan untuk mengetahui nilai simpangan yang ditunjukkan oleh prototipe alat yang dirancang. Rumus nilai rata-rata ditunjukkan dalam persamaan:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.1)$$

Dimana: \bar{X} : Rata – Rata
 n : Banyak Data
 X_i : Nilai Sampel ke-

Dan nilai simpangan ditunjukkan dalam persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4.2)$$

Dimana: S : Simpangan baku
 \bar{X} : Rata – Rata
 n : Banyak Data
 X_i : Nilai Sampel ke-

Uji akurasi dilakukan untuk mengkalibrasi nilai pada prototipe alat yang dirancang dengan nilai pada alat ukur hemoglobin konvensional. Persamaan dalam menentukan akurasi alat ditunjukkan dengan persamaan:

$$\%Akurasi = 100\% - \left(\frac{\text{hasil konvensional} - \text{hasil prototipe}}{\text{hasil konvensional}} \right) \times 100\% \quad (4.3)$$

Nilai hemoglobin alat ukur yang dibuat akan dibandingkan dengan nilai hemoglobin alat ukur konvensional. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keakuratan alat yang dibuat dengan patokan alat ukur konvensional.

Uji presisi digunakan untuk mengetahui ketelitian prototipe alat yang dirancang dalam mendeteksi kadar hemoglobin secara *non invasive*. Ketelitian prototipe alat yang dirancang dihitung dengan persamaan:

$$\%Presisi = \left(\frac{\text{Simpangan Baku}}{\text{Rata – Rata}} \right) \times 100\% \quad (4.4)$$

Hasil penghitungan standar deviasi, nilai akurasi, dan nilai presisi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Uji validasi

No	Nilai HB Alat Konvensional (g/dl)	Rata – Rata Nilai HB Alat yang Dirancang (g/dl)	Standar Deviasi	Akurasi	Presisi
1	16,3	16,5	0,245	98,7%	1,48%
2	17,2	17,2	0,394	100%	2,30%
3	13,9	13,6	0,259	97,8%	1,90%
4	15,4	15,4	0,365	100%	2,37%
5	13,3	13,2	0,336	99,3%	2,54%

Rata – Rata	0,320	99,16 %	2,12%
-------------	-------	---------	-------

4.4 Pembahasan

Hemoglobin adalah protein dalam darah yang salah satu fungsinya adalah memberikan warna pada darah. Hemoglobin memiliki berbagai macam bentuk, akan tetapi secara umum hemoglobin dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu oksihemoglobin dan deoksihemoglobin. Oksihemoglobin merupakan hemoglobin yang berikatan dengan oksigen, sedangkan deoksihemoglobin merupakan hemoglobin yang tidak berikatan dengan oksigen. Hemoglobin memiliki kepekaan terhadap LED RED dan IR yang dikeluarkan oleh sensor MAX30102. Sensor MAX30102 merupakan jenis sensor optik yang digunakan untuk mendeteksi parameter – parameter keadaan darah seperti sarurasi oksigen, detak jantung, dan hemoglobin. Sensor MAX30102 memiliki *output* berupa nilai RED dan IR yang dideteksi oleh *photodetector* dengan prinsip *photoplethysmography reflectance*. LED RED dan LED IR pada sensor MAX30102 memiliki panjang gelombang masing – masing sebesar 660 nm dan 880 nm. Oksihemoglobin memiliki kepekaan terhadap sinar inframerah (IR) dengan panjang gelombang kurang lebih 880 nm. Sedangkan deoksihemoglobin memiliki kepekaan terhadap sinar merah (RED) dengan panjang gelombang kurang lebih 660 nm (Rachmat & Ambaransari, 2018). Panjang gelombang dengan nilai 660 nm dan 880 nm memiliki fungsi untuk mendeteksi warna merah cerah pada oksihemoglobin dan warna merah kebiruan (gelap) pada deoksihemoglobin.

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 nilai RED dan IR pada wanita cenderung lebih besar daripada nilai RED dan IR pada pria. Hal itu disebabkan karena adanya perbedaan ketebalan kulit antara pria dan wanita, dimana ketebalan kulit

pada pria lebih tebal daripada ketebalan kulit pada wanita. Penelitian yang dilakukan Rahrovan dkk. menunjukkan bahwa kulit pada pria memiliki ketebalan yang lebih besar daripada ketebalan kulit pada wanita (Rahrovan dkk, 2018). Ketebalan kulit yang berbeda dapat mempengaruhi kemampuan cahaya merah dan inframerah untuk menembus permukaan kulit dikarenakan kulit memiliki daya serapnya sendiri. Ketebalan kulit yang lebih tipis dapat memungkinkan lebih banyak cahaya merah dan inframerah yang menembus permukaan kulit sehingga nilai yang dideteksi oleh *photodetector* sensor MAX30102 menjadi lebih tinggi. Kulit yang lebih tebal dapat menghalangi kemampuan cahaya merah dan inframerah untuk menembus permukaan kulit sehingga nilai RED dan IR yang terukur pada *photodetector* sensor MAX30102 menjadi lebih rendah. Semakin tebal permukaan kulit pada jari menyebabkan semakin besar juga nilai absorbansi yang terjadi pada permukaan kulit sehingga menyebabkan nilai sinar RED dan IR yang masuk ke *photodetector* semakin sedikit. Hal ini disesuaikan dengan Hukum *Lamber – Beer* yang memiliki rumus (Giancolli, 2001):

$$A = \epsilon \cdot c \cdot L \quad (4.5)$$

Dimana: A : Absorbansi
 L : Tebal medium
 ϵ : Koefisien bahan
 c : Konsentrasi

dengan menganggap bahwa koefisien absorptivitas dan nilai konsentrasi memiliki nilai yang konstan, persamaan tersebut dapat dianalogikan menjadi sebuah persamaan antara absorbansi dengan ketebalan kulit pada permukaan jari:

$$A \approx L \quad (4.6)$$

Dimana: A : Absorbansi
 L : Tebal medium

Sehingga ketika semakin banyak sinar yang diserap oleh hemoglobin dan kulit, maka semakin sedikit sinar yang kembali ke *photodetector*. Hal tersebut sesuai rumus transmitansi dalam Hukum *Lamber – Beer*:

$$A = -\log T = \log \frac{I_0}{I} \quad (4.7)$$

Dimana: **A** : **Absorbansi**
T : **Tebal medium**
I₀ : **Sinar sebelum diserap medium**
I : **Sinar setelah diserap medium**

Pada gambar 4.1 yang merupakan grafik kelinieran antara nilai hemoglobin dan jumlah nilai RED dan IR pada pria didapat nilai regresi (R^2) sebesar 0,9107 dengan persamaan nilai hemoglobin dengan jumlah RED dan IR adalah:

$$y = 0,0163x - 13,439 \quad (4.8)$$

Pada gambar 4.2 yang merupakan grafik kelinieran antara nilai hemoglobin dan jumlah nilai RED dan IR pada pria didapat nilai regresi (R^2) sebesar 0,8178 dengan persamaan nilai hemoglobin dengan jumlah RED dan IR adalah:

$$y = 0,0063x + 0,6803 \quad (4.9)$$

Nilai regresi (R^2) memiliki nilai yang berkisar antara 0 – 1. Jika nilai mendekati 1 (satu) maka dapat dikatakan pengaruh kedua variabel memiliki pengaruh yang besar (Padilah dan Adam, 2019). Pada penelitian ini, dikarenakan nilai regresi pada pria lebih baik daripada nilai regresi pada wanita, maka yang digunakan dalam pembuatan prototipe alat pengukur adalah nilai data nilai pria.

Pengambilan data uji karakteristik dilakukan terhadap 5 (lima) orang pria dengan rentang usia 20 – 23 tahun. Pengambilan data meliputi pengambilan data hemoglobin menggunakan alat ukur konvensional dengan metode *invasive* dan pengambilan data hemoglobin menggunakan alat yang dirancang dengan metode *non invasive*.

Standar deviasi adalah ukuran sebaran atau variasi data dalam suatu sampel atau populasi. Secara sederhana, standar deviasi mengukur seberapa jauh data tersebar dari nilai rata-ratanya. Semakin besar nilai standar deviasi, semakin besar pula variasi data dalam sampel atau populasi. Rumus standar deviasi adalah akar kuadrat dari variansi. Variansi diperoleh dengan menghitung rata-rata dari kuadrat selisih antara setiap nilai data dan rata-rata data. Setelah mendapatkan nilai variansi, kita bisa menghitung standar deviasi dengan cara mengambil akar kuadrat dari nilai variansi. Pada tabel 4.4, saat nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (kali) pengambilan bernilai 16,5 g/dl memiliki nilai standar deviasi 0,245. Saat nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (kali) pengambilan bernilai 17,2 g/dl memiliki nilai standar deviasi 0,394. Saat nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (kali) pengambilan bernilai 13,6 g/dl memiliki nilai standar deviasi 0,259. Saat nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (kali) pengambilan bernilai 15,4 g/dl memiliki nilai standar deviasi 0,365. Saat nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (kali) pengambilan bernilai 13,2 g/dl memiliki nilai standar deviasi 0,336.

Nilai Akurasi adalah nilai perbandingan antara alat yang dibuat dengan alat konvensional yang menjadi patokan pengukuran. Nilai akurasi adalah ukuran seberapa akurat atau tepat suatu model atau metode dalam memprediksi atau mengklasifikasikan data. Akurasi dinyatakan dalam persentase dan dihitung

dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar dengan jumlah total prediksi. Pada tabel 4.4 saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 16,3 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 16,5 g/dl menunjukkan nilai akurasi sebesar 98,7%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 17,2 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 17,2 g/dl menunjukkan nilai akurasi sebesar 100%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 13,9 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 13,6 g/dl menunjukkan nilai akurasi sebesar 97,8%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 15,4 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 15,4 g/dl menunjukkan nilai akurasi sebesar 100%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 13,3 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 13,2 g/dl menunjukkan nilai akurasi sebesar 99,3%. Rata – rata nilai akurasi pada percobaan adalah sebesar 99,16%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Chuchart Pintavirooj, Baorong Ni, Chaiwat Chatkobkool, dan Kittitorn Pinijkij dengan judul “*Noninvasive Portable Hemoglobin Concentration Monitoring System Using Optical Sensor for Anemia Disease*” (Pintavirooj, Baorong, Chatkobkool, dan Pinijkij, 2021) dengan menggunakan sensor MAX30100 tanpa menggunakan modul apapun dapat memperoleh akurasi sebesar 90,9% sehingga dalam segi akurasi, sensor MAX30102 secara umum bisa dibilang lebih unggul daripada sensor pendahulunya yaitu MAX30100.

Nilai presisi adalah ukuran seberapa akurat suatu model atau metode dalam mengklasifikasikan data positif, atau dengan kata lain, seberapa banyak prediksi positif yang benar dari total prediksi positif. Presisi dinyatakan dalam

persentase dan dihitung dengan membagi jumlah prediksi positif benar dengan jumlah total prediksi positif. Nilai presisi yang tinggi menunjukkan bahwa model lebih sedikit melakukan kesalahan dalam mengklasifikasikan data positif, yang artinya model lebih tepat dalam mengidentifikasi data yang benar-benar positif. Pada tabel 4.4 saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 16,3 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 16,5 g/dl menunjukkan nilai presisi sebesar 1,48%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 17,2 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 17,2 g/dl menunjukkan nilai presisi sebesar 2,30%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 13,9 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 13,6 g/dl menunjukkan nilai presisi sebesar 1,90%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 15,4 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 15,4 g/dl menunjukkan nilai presisi sebesar 2,37%. Saat nilai hemoglobin *invasive* bernilai 13,3 g/dl dan rata – rata nilai hemoglobin *non invasive* dari 5 (lima) kali perulangan memiliki nilai 13,2 g/dl menunjukkan nilai presisi sebesar 2,54.

Photoplethysmography reflectance merupakan salah satu teknik pengukuran *non invasive* selain *photoplethysmography transmittance*. Teknik pengukuran *photoplethysmography* menggunakan hukum *Lambert – Beer* sebagai landasan. Dalam *photoplethysmography reflectance*, sinyal yang dihasilkan oleh sensor cahaya dapat dianggap sebagai perubahan intensitas cahaya inframerah yang dipantulkan oleh jaringan di bawah kulit. Sensor MAX30102 memiliki 2 (dua) tipe sinar yang digunakan untuk mendeteksi keadaan dalam darah, yaitu sinar IR (inframerah) yang memiliki panjang gelombang kurang lebih

880 nm dan sinar RED (merah) yang memiliki panjang gelombang 660 nm. Sinar IR yang memiliki panjang gelombang kurang lebih 880 nm digunakan untuk mendeteksi kadar oksihemoglobin yaitu hemoglobin yang mengandung oksigen sedangkan sinar RED yang memiliki panjang gelombang 660 nm digunakan untuk mendeteksi kadar deoksihemoglobin yaitu hemoglobin yang mengandung karbon dioksida. Ketika cahaya inframerah dan cahaya merah dipancarkan melalui jari atau area tubuh lainnya yang memiliki banyak pembuluh darah, darah yang mengandung hemoglobin akan menyerap kedua jenis cahaya tersebut secara berbeda. Hemoglobin yang mengandung oksigen akan menyerap lebih banyak cahaya inframerah dan mengurangi jumlah cahaya inframerah yang dipantulkan kembali ke sensor, sedangkan hemoglobin yang tidak mengandung oksigen akan menyerap lebih banyak cahaya merah dan mengurangi jumlah cahaya merah yang dipantulkan kembali ke sensor.

4.5 Integrasi Penelitian Dengan Al – Qur'an

Kesehatan merupakan suatu kewajiban umat muslim. Bukan hanya tentang menjaga kesehatan diri sendiri, akan tetapi menjaga kesehatan semua makhluk. Mempertahankan kondisi tubuh sehat merupakan bagian dari ibadah, baik dari sisi menjalankan sunah dan memenuhi kebutuhan tubuh agar sehat dan kuat dalam menjalankan ibadah kepada Allah SWT. Menjaga kesehatan semua makhluk merupakan perintah Allah dalam Surah Al – Qashash ayat 77:

وَأَتَّبِعْ فِي مَآءِ اتِّلَكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ
 اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

“Dan carilah apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah berbuat

baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang – orang yang berbuat kerusakan.”(Q. S. Al – Qomar (28) : 77)

Dalam Surah Al – Qashash ayat 77, Allah memerintahkan untuk berbuat baik pada orang lain, sekaligus dengan kriterianya (sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu). Jangankan untuk berbuat jelek, berbuat yang biasa – biasa saja tampaknya belum cukup sehingga kita harus berbuat yang benar – benar baik sesuai dengan kebaikan Allah SWT kepada kita. Berdasar Tafsir Ibn Katsir, ayat ini memberikan penekanan pentingnya mencari kebahagiaan di akhirat, sekaligus tidak melupakan kebutuhan dan kebahagiaan di dunia. Selain itu, ayat ini juga menyerukan manusia untuk berbuat baik kepada sesama, sebagaimana Allah telah berbuat baik kepada mereka. Ayat ini menunjukkan bahwa Islam adalah agama yang seimbang antara kepentingan dunia dan akhirat. Islam menyerukan kepada manusia untuk bertindak dengan baik, bermanfaat bagi orang lain dan menjaga lingkungan. Hal ini mengajarkan bahwa manusia harus hidup dengan cara yang seimbang dan harmonis dalam hubungannya dengan Allah, sesama manusia, dan lingkungan sekitarnya.

Pengukuran dapat dijadikan suatu kebaikan apabila pengukuran tersebut dilakukan untuk kemaslahatan umat. Allah telah menetapkan semuanya dalam ukurannya masing – masing. Dalam konteks penelitian ini, perbuatan baik ialah menjaga kesehatan seluruh makhluk sesuai dengan tujuan dan manfaat penelitian ini dengan cara melakukan pengukuran hemoglobin untuk deteksi dini terhadap penyakit – penyakit yang kemungkinan akan terjadi pada masa mendatang. Dinyatakan dalam Al – Qur’an Surah Al – Qomar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

“Sungguh kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran.” (Q. S. Al – Qomar (54) : 9)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, diambil kesimpulan dalam hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Rancangan prototipe alat pengukur kadar hemoglobin darah menggunakan metode *non invasive* berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroler NodeMCU V3 ESP8266 dan sensor pengukur yaitu sensor MAX30102. Hasil pengukuran akan ditampilkan melalui *OLED Display* dan aplikasi berbasis *internet of things* yaitu Blynk.
2. Karakteristik sensor MAX30102 dalam pengukuran kadar hemoglobin darah diketahui melalui uji coba validasi sensor MAX30102 dengan mengukur nilai hemoglobin pada 5 (lima) orang pria. Rata – rata nilai standar deviasi sebesar 0,320, rata – rata nilai akurasi sebesar 99,16 %, dan rata – rata nilai presisi sebesar 2,12%.

5.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan konsep penelitian kedepannya antara lain sebagai berikut:

1. Membuat program menu pada alat sehingga jangkauan pengukuran alat semakin luas.
2. Menambah jumlah sampel yang digunakan untuk penelitian sehingga alat semakin akurat dalam menentukan nilai pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Cholish, & Haq, Zainul. 2021. *Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kepekatan Asap dan Kendali Camera Tracking*. Medan: Politeknik Negeri Medan
- Adrian, Aldi, M., Widiarto, R.M., & Kusumadiarti, R.S. 2021. *Health Monitoring System Dengan Indikator Suhu Tubuh, Detak Jantung, dan Saturasi Oksigen Berbasis Internet of Things (IoT)*. Bandung: Politeknik Piksi Ganesha Bandung
- Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. In *Physiological Measurement* (Vol. 28, Issue 3). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/28/3/R01>
- Arafat. 2016. *Sistem Pengaman Pintu Rumah Berbasis Internet of Things (IOT) Dengan ESP8266*. Banjarmasin: UNISKA Banjarmasin
- Arifaldi, S., Wahyudi, & Christiyono, Y. 2019. *Perancangan Home Automation Berbasis NodeMCU*. Semarang: Program Studi Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- Desmawati. 2013. *Sistem Hematologi dan Immunologi*. Penerbit In Media
- Dewi, Nurul H.L., Rohmah, M. F. & Zahara, Soffa. 2019. *Prototype Smart Home Dengan Modul NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IOT)*. Mojokerto: Universitas Islam Majapahit
- Domenica Cappellini, M., & Motta, I. (2015). *Anemia in Clinical Practice- Definition and Classification: Does Hemoglobin Change With Aging?* In *Seminars in Hematology* (Vol. 52, Issue 4, pp. 261–269). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1053/j.seminhematol.2015.07.006>
- Efendi, Yoyon. 2018. *Internet of Things (IOT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile*. Riau: STMIK Amik Riau
- Elkarimah, Fitria M. 2016. *Kajian Al-Qur'an Dan Hadits Tentang Kesehatan Jasmani Dan Ruhani*. Jakarta: Universitas Indraprasta PGRI Jakarta
- Faranita, T., Trisnawati, Y., dan Munar, Lubis. 2011. *Gangguan Koagulasi pada Sepsis*. Medan: Universitas Sumatra Utara
- Fatimah, S., Akmal Surur, M., Rohmah, A., Fuadela Khumaera, dan, Biokimia Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, L., Islam Negeri Walisongo, U., & Author, C. (2019). *KOAGULASI DAN KOMPOSISI DARAH*

- Fitriyadi, K., dan Sutuikno. 2016. *Pengenalan Jenis Golongan Darah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Perceptron*. Jawa Tengah: Universitas Diponegoro
- Firdaus, Iqra'. 2016. *Alaa Wa Hiya Al-Qalbu: Ingatlah Segumpal Daging itu Bernama Hati*. Penerbit: Safirah Yogyakarta
- Hussein, H. & Rahman, Abdel. 2019. *Internet of Things (IOT): Research Challenges and Future Application. International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Al – Ahliyya Amman University
- Isnaeni, Wiwi. 2019. *Fisiologi Hewan*. Yogyakarta: Penerbit PT. Kanisius
- Kemalasari & Rochmad, Mochammad (2022). *Deteksi Kadar Saturasi Oksigen Darah (SPO2) dan Detak Jantung Secara Non Invasive Dengan Sensor Chip MAX30101*. Jurnal Nasional Teknologi Terapan Vol. 4 No. 1
- Koolman, Jan and Klaus, Heinrich Roehm. 2012. *Color Atlas of Biochemistry*. Thieme Publisher
- Margina, Shopia,D., Herawati, Sianny, & Yasa, Sutirta,I.W.P. 2014. *Diagnosis Laboratik Anemia Defisiensi Besi*. Denpasar: Universitas Udayana
- Mallo, Pricilia W., Sompie, Sherwin R. U. A., Narasiang, Benefit S., dan Bahrin. 2017. *Rancang Bangun Alat UKur Kadar Hemoglobin dan Oksigen Dalam Darah dengan Sensor Oximeter Secara Non-Invasive*. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Masrizal. 2007. *Anemia Defisiensi Besi*. Sumatra Barat: Universitas Andalas Jurnal Kesehatan Masyarakat
- Munadi R., Sussi S., Fitriyanti N., dan Ramadan D.N, 2022. *Non-Invasive Hemoglobin Monitoring Device Using K-Nearest Neighbor and Artificial Neural Network Back Propagation Algorithms*. INTL JOURNAL OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS 2022, VOL. 68, NO. 1, PP. 13-18. [10.24425/ijet.2022.139842](https://doi.org/10.24425/ijet.2022.139842)
- Ngafifi, Muhammad. 2014. *Kemajuan Teknologi Dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya*. Jawa Timur: SMP Negeri 2 Sukoharjo Wonoharjo
- Ningsih, Erika, W., Fajrin, Rahmi, H., & Fitriyah Aidatul. 2019. *Pendeteksi Hemoglobin Non Invasive*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. <https://doi.org/10.18196/mt.010102>
- Qomaruddin. 2016. *Pengukuran Kadar Hemoglobin Darah Dengan Metode Noninvasive Menggunakan Laser*. Research Center for Physic, Indonesian Institute for Sciences Erlangga, A.R. 2014. *Analisis Kontras Spekel Pada Oli*

Mesran SAE 20W-50 Terhadap Perubahan Kekentalan Dengan Variasi Temperatur Menggunakan LSI. Skripsi, FMIPA, Unand, Padang

Pintavirooj, Pintavirooj; Baorong, Ni; Chatkobkool, Chiawat; dan Pinijkij, Kittitorn. 2021. Noninvasive Portable Hemoglobin Concentration Monitoring System Using Optical Sensor for Anemia Disease. National Library of Medicine. <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/6/647>

Pure, Irfan M., Ma'arif, Alfian, & Yudhana, Anton. 2021. *Alat Deteksi Detak Jantung pada Atlet Maraton Menggunakan Raspberry Pi 3B*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta

Rachat H.H. & Ambaransari D.R. 2018. *Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor Pada Jari Tangan*. Jurnal ELKOMIKA

Rahrova S., Fanian F., Mehryan P., Humbert P., & Firooz A. 2018. *Male Versus Female Skin : What Dermatologist and Cosmeticians Should Know*. International Journal of Women's Dermatology. <https://doi.org/10.1016%2Fj.ijwd.2018.03.002>

Rosita, Linda; Pramana, Agus A.C. & Arfira, F.R. 2019. *Hematologi Dasar*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

Saadah, Sumiyati. 2018. *Sistem Peredaran Darah Manusia*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati

Sawitri, Asti. 2010. *Pengaruh Konsentrasi Dan Ketebalan Terhadap Penyerapan Cahaya*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati

Siswanto. 2017. *Darah dan Cairan Tubuh*. Denpasar: Universitas Udayana

Tutik, dan Susilowati, Ningsih. 2019. *Pemeriksaan Kesehatan Hemoglobin Di Posyandu Lanjut Usia (Lansia) Pekon Tulung Agung Puskesmas Gadingrejo Pringse*. Bandar Lampung: Universitas Malahayati

Yulian, R., & Suprianto, B. 2017. *Rancang Bangun Photoplethymography (PPG) Tipe Gelang Tangan Untuk Menghitung Detak Jantung Berbasis Arduino*. Jawa Timur: Universitas Negeri Surabaya

Yustina, dan Darmadi. 2017. *Buku Ajar Fisiologi Hewan*. Riau: FKIP Universitas Riau.

LAMPIRAN

Lampiran 1

GAMBAR



Alcohol Swab



Lancet (Jarum)



Pelat Pengukur



Probe Monitor



Pipet



Lancet Push

Lampiran 2

PEMROGRAMAN

A. Program Sebelum Kalibrasi

```
#include "MAX30105.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
MAX30105 particleSensor;
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH,
SCREEN_HEIGHT,
&Wire, OLED_RESET);
void setup() {
Wire.setClock(400000);
display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
display.setTextColor(WHITE);
particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST);
particleSensor.setup();
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 20);
display.print("IR:");
display.print(0);
display.display();
}
void loop() {
float ir = particleSensor.getIR();
float red = particleSensor.getRed();
if (ir > 50000)
{
float irADC = ir / 100;
float redADC = red / 100
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 20);
display.print("IR:");
display.print(irADC);
display.print("Red:");
display.print(redADC);
display.display();
}
else
{
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
```

```

display.setCursor(0, 20);
display.print("IR:");
display.print("IR:");
display.print(0);
display.print(0);
display.display();
}
delay (10000);
}

```

B. Program Setelah Kalibrasi

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <Wire.h>
#include "MAX30105.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "RJmQGx0Dd3fU7rjk-
XUIrGu3dr05eV4T" //Enter your blynk auth token
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH,
SCREEN_HEIGHT,
&Wire, OLED_RESET);
MAX30105 particleSensor;
char auth[] = "RJmQGx0Dd3fU7rjk-XUIrGu3dr05eV4T";
char ssid[] = "HUAWEI MNC";
char pass[] = "khongguan12";
void setup() {
display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
display.setTextColor(WHITE);
particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST);
particleSensor.setup();
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 20);
display.print("Hb:");
display.print(0);
display.display();
Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk.cloud", 80);
void loop() {
float ir = particleSensor.getIR();
float red = particleSensor.getRed();
r = red/ir/
if (ir > 50000)
{

```

```
float hemoglobin = ((( 0.0163 * r ) -13,439) /
100000);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 20);
display.print("Hb:");
display.print(hemoglobin);
display.display();
Blynk.virtualWrite(V0, hemoglobin);
}
else
{
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 20);
display.print("Hb:");
display.print(" 0 g/dL ");
display.setCursor(0, 45);
display.setTextSize(1);
display.print("Letakkan Jari Anda");
display.setCursor(0, 55);
display.setTextSize(1);
display.print("Tunggu 15 Detik...");
display.display();
Blynk.virtualWrite(V0, 0);
}
delay (15000);
Blynk.run();
}
```



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana 50 Malang 65144 Telp/Fax : (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Fabriansyah Zakaria Arabani
NIM : 19640041
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Prototipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non Invasve* Berbasis *Internet Of Things*
Pembimbing 1 : Muthmainnah, M. Si
Pembimbing 2 : Drs. Abdul Basid, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	17 Juli 2022	Konsultasi Bab I	
2	15 Agustus 2022	Konsultasi Bab III	
3	14 September 2022	Konsultasi Bab II	
4	15 September 2022	Konsultasi Bab I, II, & III	
5	27 Februari 2023	Konsultasi Bab IV	
6	5 Maret 2023	— 4 —	
7	9 Mei 2023	Konsultasi BAB V	
8	14 Mei 2023	Konsultasi Pra sidang	
9	24 Mei 2023	Konsultasi Pasca sidang	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	6 Maret 2023	Konsultasi BAB I	
2	7 Maret 2023	— 11 — BAB II & III	
3	26 Mei 2023	Konsultasi Pasca sidang	

Malang, 7 Maret 2023
Ditandatangani,
Program Studi Fisika

Muthmainnah Tazi, M.Si
NIP. 1977010730200312100



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Fabriansyah Zakaria Arabani
NIM : 19640041
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Prototipe Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non Invasive* Berbasis *Internet Of Things*
Pembimbing 1 : Muthmainnah, M. Si
Pembimbing 2 : Drs. Abdul Basid, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	17 Juli 2022	Konsultasi Bab I	
2	15 Agustus 2022	Konsultasi Bab III	
3	14 September 2022	Konsultasi Bab II	
4	15 September 2022	Konsultasi Bab I, II, & III	
5	27 Februari 2023	Konsultasi Bab IV	
6	5 Maret 2023	— " —	
7	9 Mei 2023	Konsultasi BAB V	
8	14 Mei 2023	Konsultasi Pra sidang	
9	24 Mei 2023	Konsultasi Pascasidang	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	6 Maret 2023	Konsultasi BAB I	
2	7 Maret 2023	— " — BAB II & III	
3	26 Mei 2023	Konsultasi Pascasidang	

Malang, 7 Maret2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,
Ketua Program Studi Fisika



Muthmainnah Tazi, M.Si
NIP. 19710730200312100