

Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Hemoglobin Dalam Darah Non Invasif Dilengkapi Deteksi Dini Anemia Dan Output Suara Dua Bahasa

Apriyana Syafira Santoso¹, Aryani Adami², La Ode Hamrin³
^{1,2,3}D-III Teknologi Elektro Medis, Universitas Mandala Waluya
^{1,2,3} Jl.Jend. A.H Nasution Kota Kendari 93231
Corresponding author: Author (e-mail: apriyanasyafira021@gmail.com)

Abstrak

Anemia merupakan masalah Kesehatan global yang memerlukan deteksi dini anemia untuk penanganan yang efektif. Anemia pada laki-laki dapat terjadi apabila kadar hemoglobin kurang dari 13,0 gram/dL dan pada perempuan apabila kadar hemoglobin kurang dari 12,0 gram/dL, jika kadar hemoglobin seseorang berada dibawah batas ini maka dapat dipastikan dia mengalami anemia. Metode pengukuran hemoglobin umumnya bersifat invasif, sehingga kurang nyaman dan berpotensi menimbulkan resiko. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sebuah alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif yang dilengkapi dengan deteksi dini anemia menggunakan sensor MAX30100 serta dapat memberi informasi hasil pengukuran secara langsung melalui fitur output suara. Metodologi penelitian ini melibatkan perancangan sistem menggunakan mikrokontroler Atmega328 sebagai pengendali utama dari sensor MAX30100 yang memanfaatkan LED merah dan IR untuk memancarkan cahaya dan ditangkap oleh fotodiode, dan kemudian diolah menjadi nilai hemoglobin. Pengujian dilakukan pada 10 responden (5 laki-laki dan 5 perempuan) dengan membandingkan hasil pengukuran alat ini dengan alat pembanding invasif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai hemoglobin yang terukur oleh modul memiliki rentang yang bervariasi dibanding dengan alat pembanding invasif, dengan nilai rata-rata pada laki-laki sebesar 13,7 gram/dL (invasif 14,3 gram/dL) dan pada perempuan sebesar 12,2 gram/dL (invasif 13,82 gram/dL). Kesimpulan dari penelitian ini adalah alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif telah berhasil dirancang dan dibuat. Sensor MAX30100 efektif dalam mengukur nilai hemoglobin, dan hasil pengukuran serta klarifikasi batas anemia, normal atau Hb tinggi dapat ditampilkan secara visual melalui LCD dan diinformasikan secara auditori melalui output suara dari speaker. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif yang lebih nyaman dan cepat untuk deteksi dini anemia.

Kata kunci : Hemoglobin, Non-invasif, Deteksi Dini Anemia, Sensor MAX30100, Output Suara, Mikrokontroler Atmega328.

Design And Build A Non-Invasive Blood Hemoglobin Level Measuring Device Equipped With Early Detection Of Anemia And Bilingual Voice Output

Abstract

Anemia is a global health problem that requires early detection of anemia for effective treatment. Anemia in men can occur if the hemoglobin level is less than 13.0 gram/dL and in women if the hemoglobin level is less than 12.0 gram/dL, if a person's hemoglobin level is below this limit, it can be certain that he has anemia. Hemoglobin measurement methods are generally invasive, so they are less convenient and potentially risky. Therefore, the purpose of this study is to design and develop a non-invasive hemoglobin level measuring device that is equipped with early detection of anemia using MAX30100 sensors and can provide information on measurement results directly through the sound output feature. The methodology of this study involves designing a system using the Atmega328 microcontroller as the main controller of the MAX30100 sensor that utilizes red LEDs and IR to emit light and is captured by the photodiode, and then processed into hemoglobin values. The test was carried out on 10 respondents (5 men and 5 women) by comparing the measurement results of this tool with an invasive comparator. The test results showed that the hemoglobin values measured by the module varied compared to the invasive comparators, with an average value in men of 13.7 grams/dL (invasive 14.3 grams/dL) and in women of 12.2 grams/dL (invasive 13.82 grams/dL). The conclusion of this study is that a non-invasive hemoglobin level measuring device has been successfully designed and manufactured. The sensor MAX30100 effective in measuring hemoglobin values, and the results of measurement and clarification of anemia, normal or high Hb limits can be known through the LCD screen and the sound output from the speakers. This tool is expected to be a more convenient and faster alternative solution for early detection of anemia.

Keywords: Hemoglobin, Non-invasive, Early Detection of Anemia, MAX30100 Sensor, Sound Output, Atmega328 Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

Hemoglobin merupakan suatu protein tetramerik eritrosit yang mengikat molekul bukan protein, yaitu senyawa porfirin besi yang disebut heme. Hemoglobin mempunyai dua fungsi pengangkutan penting dalam tubuh manusia, yakni pengangkutan oksigen ke jaringan dan pengangkutan karbondioksida dan proton dari

jaringan perifer ke organ respirasi. Apabila jumlah hemoglobin dalam eritrosit rendah, maka kemampuan eritrosit membawa oksigen ke seluruh jaringan tubuh juga akan menurun dan tubuh menjadi kekurangan O₂. Hal ini akan menyebabkan terjadinya anemia [1].

Anemia merupakan keadaan penurunan jumlah masa eritrosit yang ditunjukkan oleh penurunan kadar

hemoglobin, hematokrit dan eritrosit yang terjadi pada manusia [2]. Anemia bisa berbahaya karena dapat menyebabkan berbagai komplikasi serius, seperti lemas, mudah lelah, muka pucat, kuku rapuh, tidak nafsu makan, sulit berkonsentrasi dan daya tangkap lambat. Pada dasarnya, anemia dipengaruhi secara langsung oleh makanan yang tidak seimbang, kurang makan sayur, dan hanya konsumsi makanan berlemak dan karbohidrat saja dan tidak disertai dengan mengonsumsi mineral, vitamin, dan protein. Perlu diketahui bahwa kecukupan gizi sungguh penting untuk membentuk sel darah merah, jika tubuh kekurangan sel darah merah maka dapat dengan mudah menimbulkan anemia.

Kadar hemoglobin normal umumnya berbeda pada laki-laki dan perempuan. Jika nilai kadar hemoglobin pada laki-laki lebih dari 17 gram/dL dan nilai kadar hemoglobin pada perempuan lebih dari 15 gram/dL maka dapat dikatakan polisitemia (kadar hemoglobin tinggi). Nilai anemia pada laki-laki, apabila kadar hemoglobin kurang dari 13,0 gram/dL dan pada perempuan apabila kadar hemoglobin kurang dari 12,0 gram/dL. Apabila kadar hemoglobin seseorang berada dibawah batas ini maka dapat dipastikan dia mengalami anemia. Oleh karena itu perlu adanya alat pengukur hemoglobin yang dilengkapi dengan deteksi dini anemia. Angka anemia di Indonesia sebesar 21,7%, 18,4% terjadi pada laki-laki dan 23,9% terjadi pada perempuan. Berdasarkan kriteria usia 5-14 tahun penderita anemia mencapai 26,4% dikarenakan anak-anak saat ini kurang memperhatikan asupan makanan yang di konsumsinya, mereka lebih banyak memilih jajanan yang tanpa mereka ketahui kandungan gizi didalamnya, dan pada usia 15-25 tahun mencapai 18,4% [3].

Deteksi dini anemia dapat dilakukan dengan melakukan pemeriksaan kadar hemoglobin (Hb). Pengukuran kadar hemoglobin saat ini dilakukan dengan mengambil sampel darah (invasif). Hal ini seringkali menimbulkan ketidaknyamanan bagi pasien, terutama anak-anak. Proses ini juga membutuhkan waktu yang cukup lama karena melibatkan beberapa tahapan, mulai dari persiapan hingga analisis sampel di laboratorium. Ketergantungan pada tenaga medis yang terlatih serta risiko infeksi terkait prosedur pengambilan darah menjadi beberapa kendala yang perlu diatasi. Oleh karena itu, perkembangan metode pengukuran hemoglobin secara non-invasif sangat penting untuk memberikan alternatif yang lebih nyaman, cepat, dan aman bagi pasien, serta memudahkan aksesibilitas pemeriksaan ini.

Pengembangan alat pembacaan kadar hemoglobin dalam darah sudah pernah dibuat oleh Supriatna Adhisiwigno pada tahun 2016. Alat ini menggunakan sensor cahaya LDR sebagai alat untuk mengukur kadar hemoglobin dalam darah berdasarkan kepekatan warna darah manusia dengan metode pengambilan darah (*invasive*)[4]. Namun, penelitian ini memiliki kekurangan dimana sensor yang digunakan kurang akurat untuk menganalisa warna. Selain itu, prosedur pengambilan sampel darah dapat menimbulkan rasa sakit dan dapat

menyebabkan luka pada kulit, jika dilakukan berulang kali. Hal ini seringkali menimbulkan rasa takut dan cemas pada pasien. Kondisi ini tidak hanya membuat pasien merasa tidak nyaman, tetapi juga dapat meningkatkan risiko infeksi [5].

Penelitian tentang alat pengukur kadar hemoglobin dalam darah kemudian dikembangkan dengan cara non invasif yang telah dibuat oleh Qomaruddin pada tahun 2016 dengan judul “Pengukuran Kadar Hemoglobin (Hb) Darah Dengan Metode Noninvasif Menggunakan Laser”. Alat ini menggunakan laser dengan metode non invasif. Laser sebagai sumber cahaya dan fotodetektor sebagai sensor optis yang menangkap intensitas cahaya melalui sampel darah [6].

Alat pengukur kadar hemoglobin dalam darah secara non invasif juga dibuat oleh Sutiari, D.K. *et al.*, 2023 dengan judul “Desain Alat Pengukur Kadar Hemoglobin *Non invasive*”. Alat ini menggunakan sensor MAX 30100 yang telah dilengkapi dengan *emitter* IR LED dan *photodiode* untuk mendeteksi laju aliran darah[7]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pengguna dapat melakukan pengukuran kadar hemoglobin secara umum saja. Informasi pengukuran hanya dapat diketahui melalui pembacaan pada LCD. Hal ini menyulitkan bagi pengguna yang memiliki gangguan pada penglihatan (rabun).

Berdasarkan penjelasan diatas maka dalam penelitian ini dirancang sebuah alat yang dapat mengukur kadar hemoglobin darah secara non invasif yang di lengkapi dengan output suara dua bahasa. Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian alat sebelumnya dengan menambahkan klasifikasi batasan bawah abnormal nilai hemoglobin (deteksi dini anemia) dan output suara dalam dua bahasa yaitu bahasa Indonesia dan penambahan bahasa Tolaki yang merupakan salah satu Bahasa daerah yang berada di Sulawesi Tenggara. Alat ini diharapkan dapat memudahkan pengguna yang memiliki gangguan penglihatan serta pengguna yang hanya memahami bahasa Tolaki saja.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen pembuatan alat yang menggunakan beberapa tahapan dalam mendesain alat mulai dari penyiapan alat dan bahan, perancangan blok diagram dan pembuatan skematik rangkaian. Setelah alat selesai dirangkai selanjutnya dilakukan uji coba.

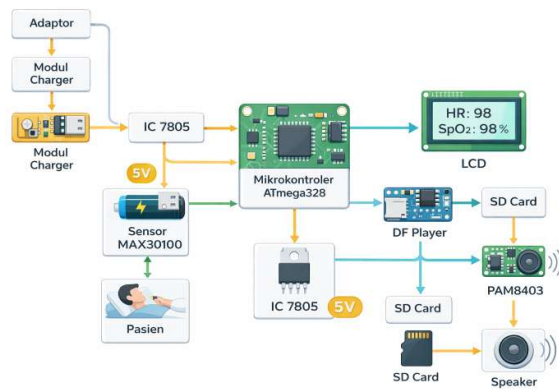
A. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah mikrokontroler ATmega328p, kristal/osilator, kapasitor, resistor, sensor MAX30100 untuk mengukur nilai kadar hemoglobin, LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 untuk menampilkan hasil pengukuran kadar hemoglobin, Tps50100 sebagai modul untuk melakukan pengisian ulang, speaker untuk mengeluarkan suara, df player untuk memutar file suara yang tersimpan di *SDCard*, PAM8403 untuk menguatkan sinyal audio dari

df player, baterai Li-Ion sebagai sumber tegangan, saklar *on/off*, dan port adaptor untuk mengisi tegangan pada baterai. Bahan yang digunakan akan dirangkai sesuai skematik rangkaian kemudian disusun dalam kotak berukuran 14,2 x 10,7 x 5 cm. Alat kemudian dihubungkan ke aplikasi Arduino IDE untuk memasukkan program *software* yang telah dibuat.

B. Blok Diagram

Gambar 1 merupakan blok diagram dari alat rancang bangun alat pengukur kadar hemoglobin dalam darah non invasif dilengkapi deteksi dini anemia dan output suara dua Bahasa yang terdiri dari beberapa blok. Blok diagram ini berfungsi untuk memudahkan proses perancangan alat



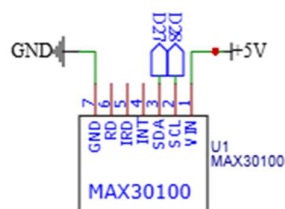
Gambar 1. Blok Diagram

C. Skematik Rangkaian

Rangkaian alat ini terdiri dari beberapa rangkaian yakni :

a. Rangkaian Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 secara mendasar mendeteksi perubahan intensitas cahaya (PPG) yang digunakan untuk menghitung saturasi oksigen (SpO2). Data dari hasil pengukuran SpO2 ini dapat digunakan untuk memperkirakan kadar hemoglobin. Sensor ini memiliki 2 jalur data analog yang dihubungkan dengan mikrokontroler untuk mengubah hasil nilai pengukuran SpO2 ke nilai kadar hemoglobin yang dapat dilihat pada Gambar 2.

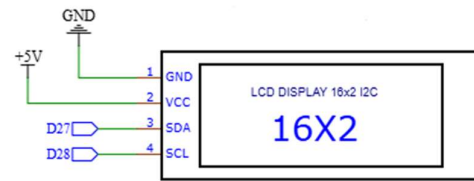


Gambar 2. Rangkaian sensor MAX30100

b. Rangkaian LCD

LCD yang digunakan yaitu jenis LCD dengan ukuran 16x2. LCD ini dihubungkan dengan modul konverter I2C yang terhubung pada pin SDA dan

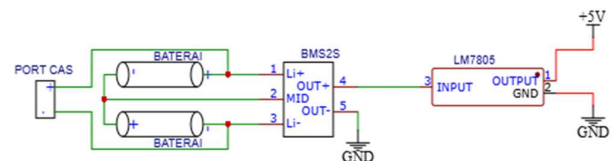
SCL mikrokontroler yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian LCD

c. Rangkaian Baterai

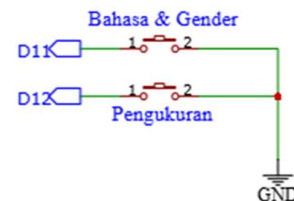
Sumber tegangan pada alat, digunakan baterai Li-Ion jenis 18650 yang dapat diisi ulang. Baterai jenis ini memiliki rating tegangan berkisar 3,7 - 4,2 volt. Untuk proses pengisian dan pengosongan baterai digunakan modul BMS2S yang akan mengontrol proses pengisian agar tidak terjadi Overcharge dan proses pengosongan yang dapat merusak baterai yang dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Rangkaian Baterai

d. Rangkaian Tombol

Rangkaian tombol ini untuk memilih jenis kelamin dan memilih bahasa yang akan digunakan, agar mempermudah pengguna dalam mengatur jenis kelamin pengguna serta bahasa yang akan digunakan. Rangkaian ini terdiri dari tombol-tombol Indonesia & Laki-Laki dan Tolaki & Perempuan, yang terhubung ke pin mikrokontroler yang dapat dilihat pada Gambar 5.



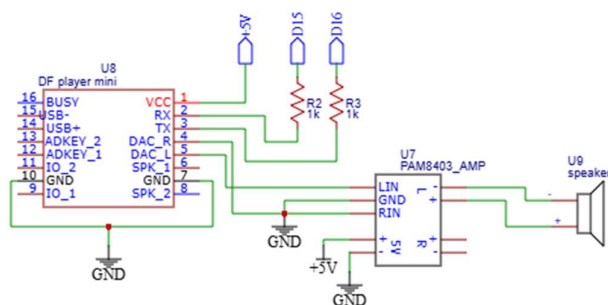
Gambar 5. Rangkaian Tombol

e. Rangkaian Output Suara

Terdapat DF player sebagai modul audio yang digunakan untuk memutar file suara dari SD Card, yang pin RX terhubung ke kaki 15 mikrokontroler dan pin TX terhubung ke kaki 16 mikrokontroler. PAM8403 berfungsi untuk memperkuat sinyal audio dari *DF Player*, lalu sinyal audio tersebut akan dikirim ke speaker sehingga akan

menghasilkan suara yang dikelola oleh *DF Player* dan PAM8403 yang dapat dilihat pada Gambar 6.

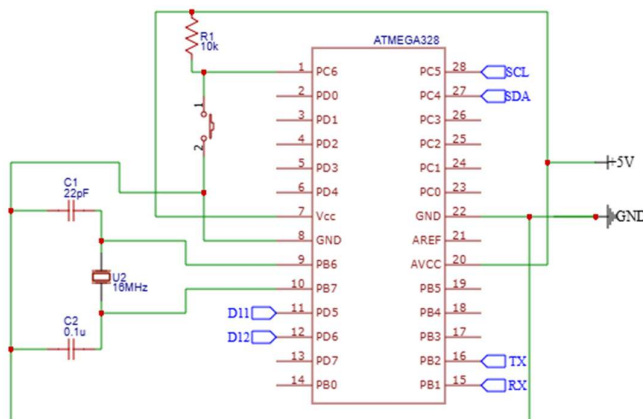
selesai. Diagram alir proses kerja alat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 6. Rangkaian Output Suara

f. Rangkaian Sistem Minimum

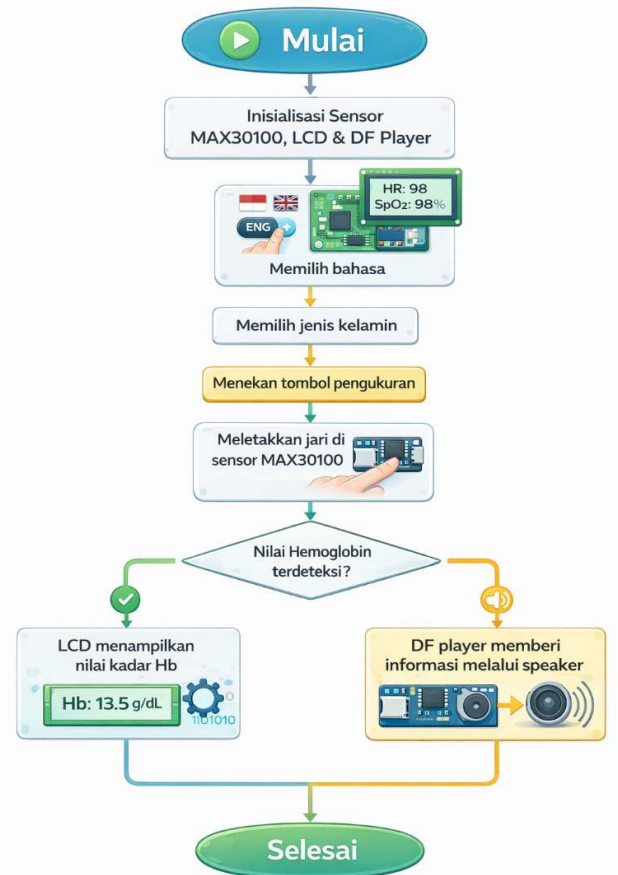
Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 yang terintegrasi pada board arduino promini. Board ini kemudian diprogram menggunakan arduino IDE agar dapat mengontrol seluruh operasi alat yang dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Sistem Minimum

D. Diagram Alir Kerja Alat

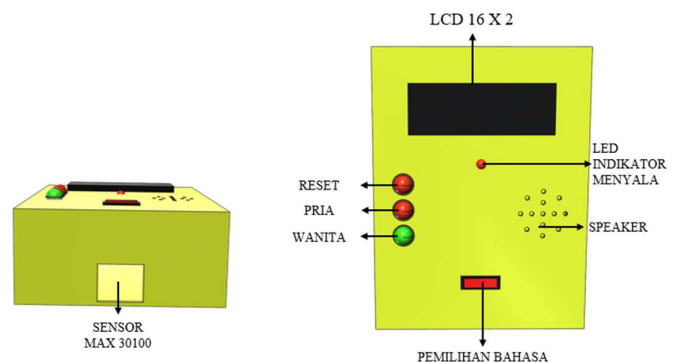
Proses alur kerja alat dimulai dengan proses menekan tombol untuk memilih bahasa dan jenis kelamin pasien, kemudian pasien akan meletakkan jari pada sensor MAX30100 yang akan memancarkan cahaya ke dalam jaringan kapiler pada jari dan mengukur jumlah cahaya yang dipantulkan. Data yang diperoleh dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler. Setelah proses pengolahan data selesai, sistem akan memeriksa apakah nilai kadar hemoglobin berhasil dideteksi. Jika tidak, sistem akan meminta pengguna untuk mengulang pengukuran dengan meletakkan kembali jari pasien diatas sensor MAX 30100. Jika ya, maka sistem akan melanjutkan ke langkah berikutnya. Jika nilai kadar hemoglobin telah berhasil terdeteksi maka akan ditampilkan pada layar LCD. Selain ditampilkan pada LCD, hasil pengukuran juga dapat didengarkan dari speaker yang suaranya berasal dari DF player yang berisi rekaman suara. Setelah satu kali pengukuran proses akan



Gambar 8. Diagram Alir Kerja Alat

E. Desain Mekanik

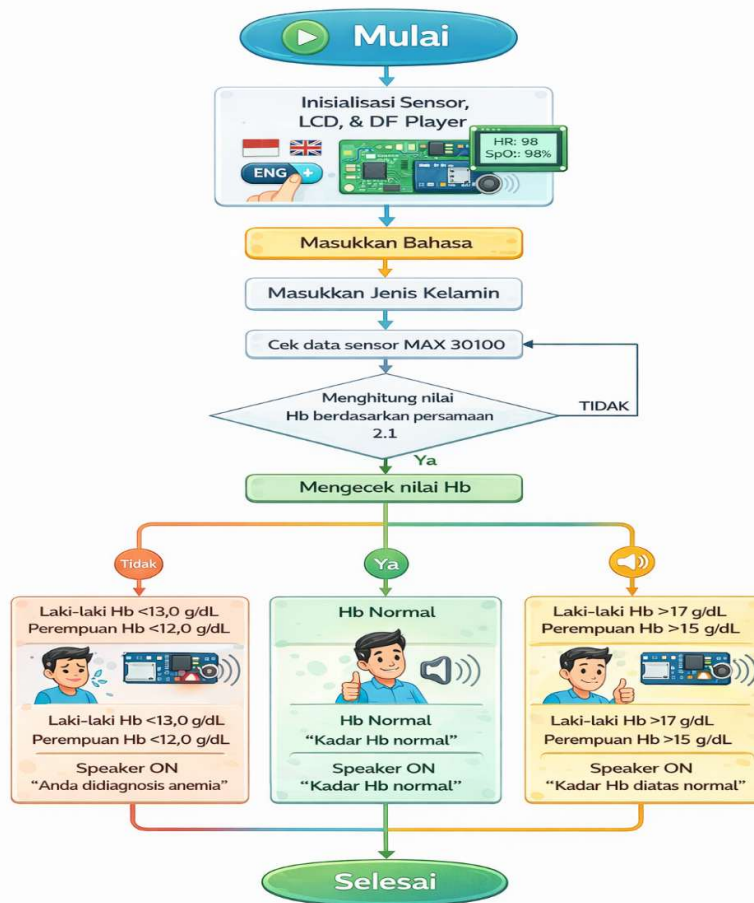
Sistem mekanik ini didesain sebagai alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif yang memanfaatkan sensor MAX30100 sebagai pembaca data. Alat ini memiliki keunggulan berupa output suara dalam dua bahasa Gambar desain mekanik dari alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain Mekanik

F. Perancangan Software

Perancangan *software* yang dibuat merupakan program mikrokontroler yang berfungsi untuk menjalankan fungsi-fungsi secara otomatis. Program yang dibuat berdasarkan perancangan algoritma yang tertuang pada diagram alir Gambar 10



Gambar 10. Diagram Alir Program

Proses dimulai dengan inisialisasi perangkat yang digunakan, seperti sensor MAX30100, layar LCD, dan pemutar suara (DF Player). Pengguna kemudian diminta untuk memilih bahasa dan jenis kelamin. Data dari sensor MAX30100 yang mengukur kadar oksigen dalam darah kemudian diambil. Data mentah dari sensor kemudian diolah untuk menghasilkan nilai Hb. Setelah nilai Hb didapatkan, sistem akan memeriksa apakah nilai tersebut berada dalam rentang normal atau tidak. Rentang normal Hb berbeda untuk laki-laki dan perempuan. Jika nilai Hb berada di bawah batas normal, sistem akan mengeluarkan pesan suara "Anda didiagnosis anemia". Sebaliknya, jika nilai Hb berada dalam rentang normal, sistem akan mengeluarkan pesan suara "Kadar Hb normal". Jika nilai Hb di atas batas normal, sistem akan mengeluarkan pesan suara "Kadar Hb di atas normal". Jika pengguna memilih untuk selesai, maka proses akan berakhir.

G. Standar Operasional Prosedur (SOP)

Mengoperasikan alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif ada beberapa langkah-langkah yang dapat

diikuti. Adapun standar operasional prosedur pada alat adalah sebagai berikut:

- Menekan saklar ON/OFF ke posisi ON untuk mehidupkan alat
- Setelah alat aktif, layar LCD akan menampilkan Nama dan Nim
- Lalu layar LCD akan menampilkan pemilihan gender
- Memilih gender dengan menekan tombol Pria atau Wanita
- Ketika telah memilih, LCD akan menampilkan tulisan "masukkan jari" dan pengukuran SpO2 dan BPM
- Masukkan salah satu jari tangan ke dalam sensor untuk melakukan pengukuran
- Menunggu beberapa saat, lalu LCD akan menampilkan nilai kadar hemoglobin dan speaker akan mengeluarkan suara sesuai dengan nilai yang telah terukur dengan satuan gram/dl

- h. Apabila nilai hemoglobin yang terukur normal, maka keterangan pengukuran (kadar HB normal), jika nilai hemoglobin yang terukur rendah maka keterangan pengukuran (anda didiagnosis anemia), dan apabila nilai hemoglobin yang terukur tinggi maka keterangan pengukuran (kadar HB diatas normal).
- i. Setelah alat telah selesai digunakan, tekan tombol saklar ON/OFF ke posisi OFF untuk mematikan alat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diperoleh alat dengan spesifikasi sebagai berikut:

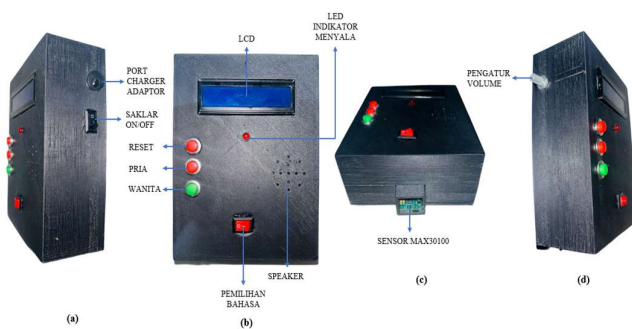
Nama Alat : Pengukur Kadar Hemoglobin Dalam Darah Non Invasif Dilengkapi Deteksi Dini Anemia Dan Output Suara Dua Bahasa

Fungsi : Untuk mengukur kadar hemoglobin secara non invasif dan memiliki output yang berupa suara

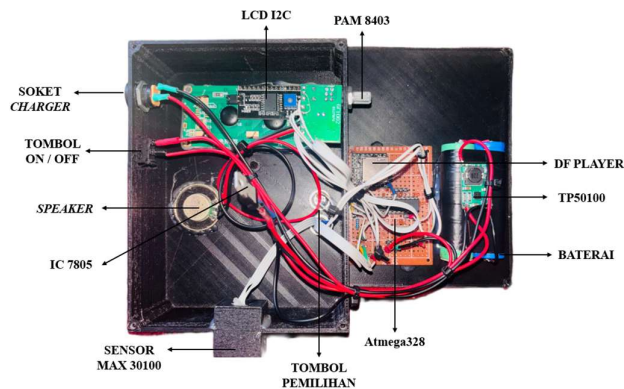
Tegangan Charger : 9V

Ukuran Box Alat : (14,2 x 10,7 x 5) cm

pengukur kadar hemoglobin dalam darah non invasif dilengkapi deteksi dini anemia dan output suara dua bahasa ini merupakan hasil perkembangan penelitian. Gambar 11 dan 12 merupakan hasil dari rangkaian luar dan dalam alat.



Gambar 11. (a) Tampak Kanan (b) Tampak Depan (c) Tampak Bawah (d) Tampak Kiri



Gambar 12. Tampak Dalam Alat

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan modul alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif yang dibuat dan dibandingkan dengan alat pembanding invasif (*EasyTouch*). Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Data Pengamatan Analisa Pria

| Pasien | Alat yang digunakan | | % Efektivitas | % Error |
|------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|
| | Alat Modul | Alat Pembanding | | |
| 1 | 17,8 | 17,3 | 97,11 | 2,89 |
| 2 | 13,5 | 13,0 | 96,15 | 3,85 |
| 3 | 13,7 | 14,1 | 97,16 | 2,84 |
| 4 | 13,5 | 13,3 | 98,50 | 1,50 |
| 5 | 13,7 | 14,3 | 95,80 | 4,20 |
| Rata rata | 14,44 | 14,40 | 96,94 | 3,06 |

Tabel 2. Data Pengamatan Analisa Wanita

| Pasien | Alat yang digunakan | | % Efektivitas | % Error |
|------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|
| | Alat Modul | Alat Pembanding | | |
| 1 | 14,2 | 13,1 | 91,60 | 8,40 |
| 2 | 15,1 | 15,7 | 98,18 | 3,82 |
| 3 | 12,2 | 12,0 | 98,33 | 1,67 |
| 4 | 14,2 | 14,7 | 96,60 | 3,40 |
| 5 | 14,2 | 13,6 | 95,59 | 4,41 |
| Rata rata | 13,98 | 13,8 | 95,66 | 4,34 |

B. Pembahasan

Perancangan alat pengukur kadar hemoglobin (Hb) non-invasif ini bertujuan untuk mengatasi ketidaknyamanan pengukuran Hb dengan metode invasif. Alat ini penting karena kadar Hb yang tidak normal, baik rendah (anemia) maupun tinggi, dapat memicu masalah kesehatan serius seperti kelelahan kronis, serangan jantung, atau stroke. Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat yang praktis dan dapat mengukur Hb secara berulang tanpa sampel darah. Keunggulan utamanya adalah fitur output suara dua bahasa, yang sangat membantu bagi pengguna dengan keterbatasan penglihatan atau lansia, karena hasil pengukuran akan diucapkan secara verbal dan tidak hanya ditampilkan di layar LCD.

Alat ini menggunakan Sensor MAX30100 lalu melakukan pembacaan berupa sinyal analog, yang terjadi akibat perubahan intensitas cahaya yang telah ditangkap oleh fotodiode [8]. Sinyal analog dari sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler ATmega328 untuk menghasilkan nilai SpO2, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung kadar Hb. Perhitungan ini juga mempertimbangkan perbedaan kadar Hb normal antara pria (13.8–17.2 gram/dL) dan wanita (12.1–15.1 gram/dL), sehingga alat dilengkapi dengan tombol pemilihan gender sebab kadar hemoglobin normal antara pria dan wanita berbeda [9]. Hasil pengukuran ditampilkan di LCD dan diucapkan melalui *speaker*, yang

juga memberikan klasifikasi apakah kadar Hb normal, di atas normal, atau menunjukkan anemia.

Uji coba dilakukan pada 10 responden (5 pria dan 5 wanita) dengan membandingkan hasil alat ini dengan alat pembanding invasif. Untuk responden pria pada tabel 1, rata-rata efektivitas alat mencapai 96,94% dengan rata-rata error 3,06%. Sementara itu, pada responden wanita pada tabel 2, rata-rata efektivitasnya adalah 95,66% dengan rata-rata error 4,34%. Hasil uji coba menunjukkan bahwa selisih pengukuran maksimal adalah 1.1 gram/dL dan minimal 0.2 gram/dL. Persentase error maksimalnya 8.40% dan minimalnya 1.50%. Persentase efektivitas maksimalnya 98.50% dan minimalnya 91.60%. Hasil ini masih dalam batas toleransi yang layak untuk alat non-invasif (0.05 - 2 gram/dL) [10]. Selisih ini terutama disebabkan oleh perbedaan prinsip kerja alat; non-invasif dipengaruhi oleh faktor individu seperti ketebalan dan warna kulit, sedangkan invasif menggunakan sampel darah langsung [11], serta faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan, pengujian serta pengambilan data maka, pada penelitian ini menyimpulkan bahwa sensor MAX 30100 berhasil digunakan sebagai alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif yang dapat mendeteksi dan menampilkan perubahan kadar hemoglobin dalam darah. Selain itu, integrasi fitur output suara terbukti efektif dalam menyajikan informasi hasil pengukuran secara verbal, sehingga mempermudah pengguna dengan keterbatasan visual untuk memahami status kesehatan mereka tanpa perlu melihat layar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa dukungan dari Laboratorium Workshop Prodi D-III Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya. Ucapan terima kasih atas segala fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang tulus kepada semua individu yang telah berpartisipasi dan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian dan artikel ini.

REFERENSI

- [1] V. I. R. Gunadi, Y. M. Mewo, and M. Tiho, 'Description of hemoglobin levels in construction workers', *Journal E-Biomedik*, vol. 4, no. 2, pp. 2-7, 2016.
- [2] U. Kulsum, 'Pola menstruasi dengan terjadinya anemia pada remaja putri', *Jurnal Ilmu Keperawatan Dan Kebidanan*, vol. 11, no. 2, pp. 314-327, 2020.
- [3] H. Nasruddin, R. F. Syamsu, and D. Permatasari, 'Angka kejadian anemia pada remaja di Indonesia', *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 1, no. 4, pp. 357-364, 2021.
- [4] E. W. Ningsih, H. R. Fajrin, and A. Fitriyah, 'Pendeteksi Hemoglobin Non Invasive', *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones*, vol. 1, no. 1, 2019.
- [5] Sujatno, 'Penatalaksanaan Fisioterapi Dengan Micro Wave Diathermy (Mwd), Terapi Latihan Shoulder Wheel Dan Finger Ladder Pada Pasien Frozen Shoulder Dextra Et Causa Capsulitis Adhesive', 2012.
- [6] Q. Qomaruddin, 'Pengukuran Kadar Hemoglobin (Hb) Darah Dengan Metode Noninvasif Menggunakan Laser', *Instrumentasi*, vol. 40, no. 1, pp. 15-19, 2016.
- [7] D. ketut Sutiari, A. M. Fajri, M. S. Abidin, R. U. Kasih, and N. Nazrayan, 'Desain Alat Pengukur Kadar Hemoglobin Noninvasive: Design of Noninvasive Hemoglobin level Measurement', in *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Sains dan Teknologi Informasi*, 2023, pp. 115-120.
- [8] A. Pambudi, R. Munadi, and S. Sussi, 'Alat Monitoring Hemoglobin menggunakan Algoritma jaringan saraf tiruan propagasi kembali berbasis Internet of things', *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [9] A. P. and S. S. K. and K. A. K. Widyastuti, 'Hubungan Kadar Hemoglobin Siswa dengan Prestasi Belajar di Sekolah Dasar Negeri I Bentangan Wonosari Kabupaten Klaten', Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.
- [10] B. Joseph, A. Haider, and P. Rhee, 'Non-invasive hemoglobin monitoring', *International Journal of Surgery*, vol. 33, no. PB, pp. 254-257, 2016.
- [11] E. Kusumawati, N. Lusiana, I. Mustika, S. Hidayati L, and E. N. Andyarini, 'Perbedaan Hasil Pemeriksaan Kadar Hemoglobin (Hb) Remaja Menggunakan Metode Sahli dan Digital (Easy Touch GCHb)-The differences in the result of examination of adolescent hemoglobin levels using sahli and digital methods (easy touch GCHb)', *Journal of Health Science and Prevention*, vol. 2, no. 2, pp. 95-98, 2018.