

Rancang Bangun Meter GCU dan Oximeter *Non-Invasive*

Risma Diyah Pramesti¹, Budi Sumanto²

¹⁾²⁾ Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Yacarana, Sekip Unit IV, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
Email: ¹⁾ risma.diyah.pramesti@mail.ugm.ac.id, ²⁾ budi.sumanto@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pemeriksaan kesehatan memiliki peran yang penting dalam mencegah terserang penyakit, dengan tujuan untuk mendeteksinya sejak dini dengan menggunakan perangkat monitoring. Perangkat monitoring yang digunakan adalah GCU meter dan oksimeter. Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sebuah perangkat yang dapat melakukan pengukuran kadar gula darah, kolesterol, asam urat, dan saturasi oksigen dengan menggunakan metode non-invasive. Alat ini menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler-nya dan menggunakan photodiode untuk pembacaan-nya serta menggunakan infrared dan LED sebagai sensor-nya. Alat ini akan membaca intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED dan infrared yang melewati jari sebelum diarahkan ke photodiode. Dalam pengujian digunakan 3 variabel sensor yang berbeda yaitu LED super bright berwarna merah, hijau dan biru. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang berbeda-beda untuk berbagai warna LED. Untuk kadar gula, LED merah memiliki akurasi 9,5%, LED hijau 33,6%, dan LED biru 36,2%. Untuk kadar asam urat, LED merah memiliki akurasi 97,4%, LED hijau 55,4%, dan LED biru 35,1%. Untuk kadar kolesterol, LED merah memiliki akurasi 98,9%, LED hijau 38,2%, dan LED biru 32,9%. Sedangkan untuk saturasi oksigen, LED merah memiliki akurasi 99,4%, LED hijau 95%, dan LED biru 32,9%.

Kata Kunci : Sensor Photodiode, LED, Infrared, GCU Meter, Oximeter.

ABSTRACT

Health checks have an important role in preventing disease, with the aim of detecting it early by using monitoring devices. The monitoring devices used are GCU meter and oximeter. The purpose of this research is to create a device that can measure blood sugar, cholesterol, uric acid, and oxygen saturation levels using non-invasive methods. This tool uses ESP8266 as its microcontroller and uses a photodiode for its reading and uses infrared and LED as its sensors. This tool will read the light intensity emitted by the LED and infrared that passes through the finger before being directed to the photodiode. In the test, 3 different sensor variables were used, namely red, green and blue super bright LEDs. The test results show different levels of accuracy for different LED colors. For sugar levels, the red LED has an accuracy of 9.5%, the green LED 33.6%, and the blue LED 36.2%. For uric acid levels, the red LED has an accuracy of 97.4%, the green LED 55.4%, and the blue LED 35.1%. For cholesterol levels, the red LED had an accuracy of 98.9%, the green LED 38.2%, and the blue LED 32.9%. As for oxygen saturation, the red LED has an accuracy of 99.4%, the green LED 95%, and the blue LED 32.9%.

Keywords : Photodiode Sensor, LED, Infrared, GCU Meter, Oximeter.

1. PENDAHULUAN

Kesehatan menjadi hal yang sangat utama bagi setiap individu [1]–[3]. Kesehatan jasmani berperan penting dalam kinerja dalam aktivitas fisik dan mental manusia[4]. Kesehatan dipengaruhi oleh beberapa faktor, namun satu hal yang paling berpengaruh adalah perilaku. Perilaku sehat berkontribusi pada peningkatan kesehatan. Selain itu, kebiasaan makan yang sehat melindungi kita dari banyak penyakit, seperti penyakit tidak menular contohnya penyakit diabetes, hiperkolesterolemia, gout dan lain sebagainya [5]–[7].

Penyakit tidak menular ini bisa dihindari dengan salah satu cara yaitu dengan menjaga kadar gula

darah, kolesterol, asam urat dan saturasi oksigen dalam tubuh pada kadar normal. Saat ini metode pengukuran masih menggunakan metode dimana membutuhkan pengambilan darah dari vena atau jari sebagai sampel yang akan dianalisis oleh GCU meter untuk mengetahui kondisi pasien [8], [9]. Prosedur ini bisa menyimpulkan rasa tidak nyaman bagi pasien, terlebih lagi untuk pasien yang memerlukan pemeriksaan beberapa kali dalam sehari [10], [11].

Salah satu contoh dari perangkat *monitoring* untuk melakukan pemeriksaan adalah GCU meter dan oximeter [12], [13]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah perangkat yang *non-*

invasive untuk mengukur kadar gula darah, kolesterol, asam urat, dan saturasi oksigen [9], [10], [14], [15]. Alat ini dirancang untuk mengukur kadar gula darah tanpa merusak jaringan tubuh, menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontrolernya[16].

Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan sensor fotodiode yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya yang dipancarkan oleh LED saat perangkat diaktifkan dan cahaya tersebut melewati jari pengguna [17]–[20]. Hasil dari pengukuran tersebut kemudian ditampilkan secara langsung melalui layar LCD yang terintegrasi dalam alat. Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat dengan cepat menilai apakah kadar gula darah, kolesterol, asam urat, dan saturasi oksigen dalam rentang nilai normal atau mengalami ketidaknormalan.

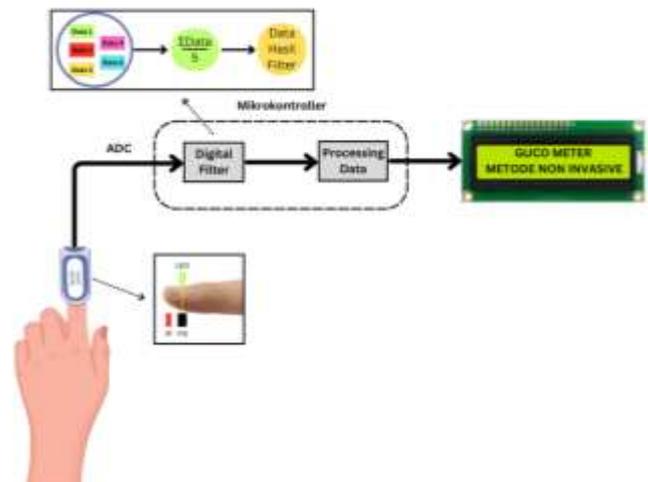
Selain dari aspek tujuan utamanya, penelitian ini juga terletak pada fokusnya terhadap perbandingan antara sensor-sensor yang digunakan dalam perangkat. Terutama, perbandingan utama dalam rangkaian sensor ini berkaitan dengan warna dari LED yang digunakan dalam pengukukannya. Dengan kata lain, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja perangkat dengan menggunakan berbagai warna LED sebagai bagian dari upaya untuk memahami perbedaan warna dalam akurasi pengukuran dan kemampuan deteksi yang terkait sehingga menemukan warna yang paling optimal.

2. METODOLOGI

Sistem yang akan dikembangkan dapat digambarkan sebagai sebuah perangkat yang memiliki kemampuan untuk secara rutin mengukur kadar gula darah, asam urat, kolesterol dan saturasi oksigen pada individu tanpa menyebabkan luka atau kerusakan pada tubuh. Sistem ini dirancang untuk memberikan layanan yang bersifat periodik dan aman dalam pemantauan kadar gula darah individu yang membutuhkan, tanpa adanya proses *invasive* atau potensi cedera pada bagian tubuh.

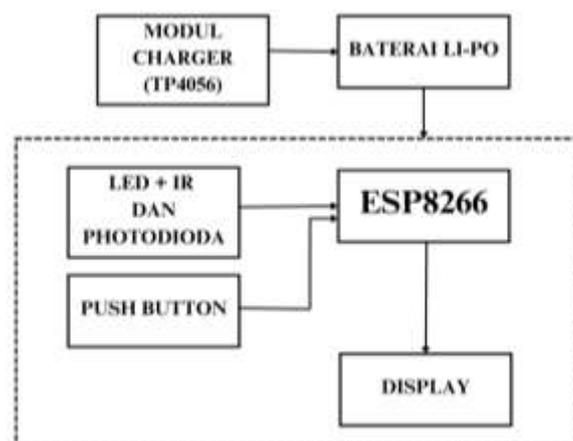
Perangkat GCU meter dan oksimeter *non-invasive* dirancang untuk meningkatkan perangkat yang ramah lingkungan dan efisien. Alat ini menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler dan menggunakan *light emitting diode* serta infra merah sebagai pemancar cahaya yang nantinya pancaran cahaya ini akan ditangkangkap oleh *photodiode* sebagai sensornya. Alat ini mengukur intensitas cahaya infra merah dan LED yang melewati jari sebelum diarahkan ke *photodiode*. Darah mempengaruhi perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh *photodiode*. Dari pembacaan sensor yang diperoleh dari pengujian akan diproses oleh

mikrokontroler dan kemudian hasil akhirnya akan ditampilkan melalui LCD, ilustrasi sistem pada perangkat ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Sistem

Tahapan yang akan dilakukan mencakup identifikasi masalah dan objek penelitian, studi literatur untuk mengidentifikasi sistem dan subsistem yang dibutuhkan, perancangan sistem termasuk perangkat keras dan perangkat lunak, pengadaan bahan, pengujian, kalibrasi, serta pengumpulan dan analisis data. Rancangan blok diagram untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Modul *charger* digunakan untuk melakukan pengisian ulang baterai yang digunakan apabila baterai telah habis daya-nya. Baterai Lipo digunakan sebagai sumber tegangan yang digunakan untuk men-suplay mikrokontroler, *push button* digunakan untuk memberikan perintah untuk pengambilan data. Dimana saat push button ditekan mikrokontroler akan membaca nilai adc yang dihasilkan dari cahaya dari pancaran LED yang akan ditangkapp oleh

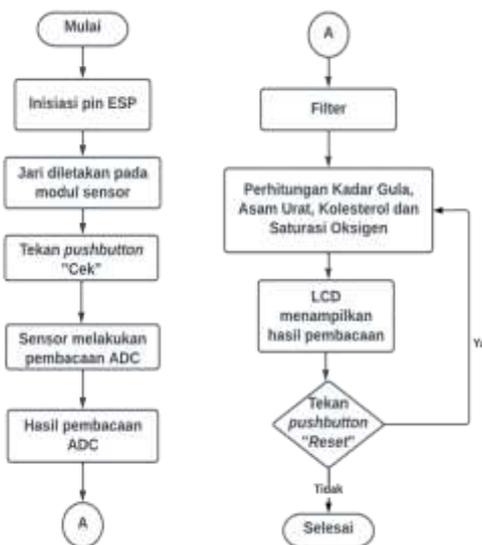
photodiode. Lalu data ADC akan diproses oleh mikrokontroler dan akan ditampilkan melalui LCD.

Tahap pertama dari proses perancangan mekanis sistem adalah inisiasi dengan perancangan kotak perangkat yang dianggap sebagai langkah awal krusial. Setelah tahap perancangan ini menyelesaikan proses hingga desain akhir diperoleh, langkah berikutnya melibatkan pelaksanaan pemotongan yang dilakukan dengan teknologi laser yang canggih. Akhirnya, hasil akhir yang diperoleh dari perangkat ini direncanakan agar selaras secara akurat dengan gambar yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Hasil Akhir Desain Alat

Perangkat ini dioperasikan dengan bantuan sebuah mikrokontroler yang akan menerima instruksi melalui perangkat lunak program. Sebagai langkah awal sebelum memulai proses perancangan program menggunakan Arduino IDE, tahapan yang harus dilakukan adalah pembuatan diagram alur sistem. Diagram alur sistem yang merinci langkah-langkahnya dapat ditemukan pada Gambar 4.



Gambar 5. Diagram Alur Sistem Program

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan pengukuran kadar gula darah, kolesterol, asam urat, dan saturasi oksigen, keberhasilan proses ini sangat bergantung pada tingkat akurasi data yang diperoleh dari pengukuran sensor. Data yang dihasilkan dari pembacaan sensor ini dikenal sebagai ADC. Rangkaian pengujian ini menghasilkan nilai data ADC yang berfungsi sebagai dasar analisis dan pengembangan selanjutnya.

Sebelum menjalani proses pengujian untuk mengukur kadar gula darah, asam urat, kolesterol dan saturasi oksigen langkah awal yang ditempuh adalah proses kalibrasi. Kalibrasi ini dilakukan dengan melakukan 25 kali percobaan dengan 25 koresponden yang berbeda dengan rentang usia 20-25 tahun dengan waktu pengujian secara acak. Kalibrasi ini menggunakan metode regresi linear.

Dalam proses kalibrasi yang dilakukan, berhasil mendapatkan persamaan-persamaan yang menghubungkan nilai-nilai parameter yang diukur dengan hasil yang diperoleh dalam pengukuran kadar gula darah, asam urat, kolesterol, dan saturasi oksigen. Dalam konteks pengukuran kadar gula darah, hasil kalibrasi didapatkan sebuah persamaan yang dapat diwakili sebagai $y = -1,6349x + 345,88$, yang mengindikasikan bagaimana variabel gula darah (y) berkaitan dengan nilai parameter pengukuran (x).

Selama proses kalibrasi untuk pengukuran kadar asam urat, juga berhasil mendapatkan sebuah persamaan $y = -0,0214x + 8,0638$, yang menunjukkan hubungan antara asam urat (y) dan variabel pengukuran (x). Selanjutnya, dalam pengukuran kadar kolesterol, hasil kalibrasi persamaan yang berhasil didapatkan adalah sebagai berikut $y = 0,7856x + 38,517$, yang memperlihatkan korelasi antara kolesterol (y) dan parameter pengukuran (x).

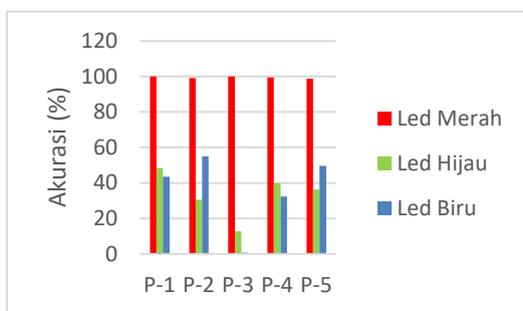
Dalam proses kalibrasi untuk pengukuran saturasi oksigen, berhasil didapatkan persamaan sebagai berikut $y = 15,989x + 91,825$, yang mewakili hubungan yang kuat antara saturasi oksigen (y) dan nilai parameter pengukuran (x). Persamaan-persamaan ini adalah dasar penting dalam memastikan ketepatan dan konsistensi hasil pengukuran di berbagai kondisi kesehatan dan pengaturan pengukuran yang berbeda.

Setelah proses kalibrasi selesai, langkah berikutnya melibatkan pelaksanaan pengujian ulang yang tindakannya diperulang sebanyak tiga kali. Selama tahap pengujian yang kedua ini, perulangan tersebut dilakukan sebanyak tiga kali guna memastikan ketepatan hasil. Penting untuk dicatat bahwa pada tahap pengujian ini, digunakan tiga

varian warna LED yang berbeda untuk mengetahui warna LED yang paling optimal untuk digunakan, dimana 3 warna LED ini adalah sebagai berikut yaitu *super bright* merah, *super bright* hijau, dan *super bright* biru, Berikut merupakan hasil dari pengujian kadar gula darah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Kadar Gula Darah

No	GCU meter (mg/dL)	Modul		
		LED Merah	LED Hijau	LED Biru
1	184	184	279	288
2	111	112	256	283
3	99	99	185	199
4	138	137	221	231
5	129	127	305	322



Gambar 6. Grafik Perbandingan Tingkat Akurasi Modul Pada Pengukuran Glukosa

Dari hasil pengujian kadar gula dengan 5 koresponden yang berbeda dengan rentang usia 20-25 tahun dengan waktu pengujian setelah makan memiliki rata-rata tingkat akurasi sebesar 99,5% untuk LED *super bright* merah, 33,6% untuk LED *super bright* hijau dan 36,2% untuk LED *super bright* biru.

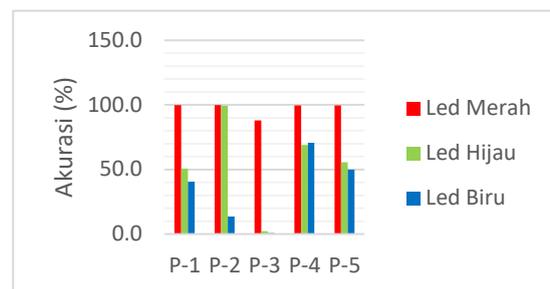
Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa Penggunaan LED *super bright* merah memiliki tingkat akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan LED berwarna lainnya Sementara itu, LED *super bright* hijau dan biru memiliki tingkat akurasi yang rendah karena cahayanya tidak optimal dalam menembus darah pada jari. Pada akhirnya cahaya yang terserap oleh darah tidak maksimal. Akibatnya, nilai ADC yang dihasilkan sangat kecil dan tidak konsisten, sehingga LED warna ini tidak dapat digunakan sebagai acuan dalam pengukuran kadar gula darah secara *non-invasive*.

Hasil pengujian kadar asam urat dengan 5 koresponden yang berbeda dengan rentang usia 20-25 tahun dengan waktu pengujian setelah makan memiliki rata-rata tingkat akurasi sebesar 97,4%

untuk LED *super bright* merah, 55,4% untuk LED *super bright* hijau dan 35,1% untuk LED *super bright* biru.

Tabel 2. Data Pengujian Kadar Asam Urat

No	GCU meter (mg/dL)	Modul		
		LED Merah	LED Hijau	LED Biru
1	6,9	6,9	10,3	11
2	5,1	5,1	5,11	10,9
3	3	3,4	5,86	5,98
4	5,5	5,5	7,2	7,12
5	5,2	5,2	7,49	7,81

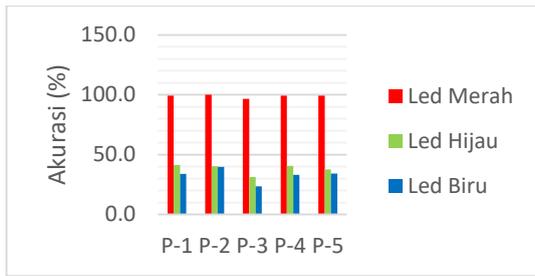


Gambar 7. Grafik Perbandingan Tingkat Akurasi Modul Pada Pengukuran Asam Urat

Tabel 2 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa pengukuran kadar asam urat menggunakan LED *super bright* merah memiliki tingkat akurasi tinggi. Namun, penggunaan LED *super bright* hijau dan biru memiliki tingkat akurasi rendah. Berbebeda dengan percobaan ke-3, karena kondisi jari yang berbeda akibat penyakit kapalan menghambat cahaya menembus dan berakibat pada nilai hasil uji yang memiliki selisih cukup banyak sehingga memiliki nilai akurasi yang rendah.

Tabel 3. Data Pengujian Kadar Kolesterol

No	GCU meter (mg/dL)	Modul		
		LED Merah	LED Hijau	LED Biru
1	210	212	87	71
2	179	179	72	72
3	139	134	43	32
4	137	138	56	45
5	138	137	52	47



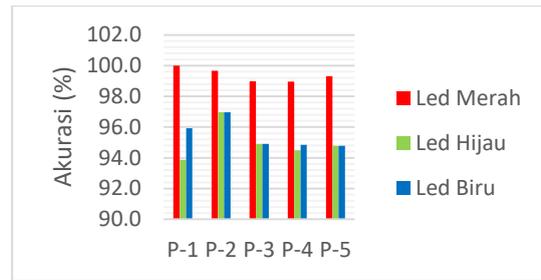
Gambar 8. Grafik Perbandingan Tingkat Akurasi Modul Pada Pengukuran Kolesterol

Hasil pengujian kadar kolesterol dengan 5 koresponden yang berbeda dengan rentang usia 20-25 tahun dengan waktu pengujian setelah makan menunjukkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 98,9% untuk LED *super bright* merah, 38,2% untuk LED *super bright* hijau, dan 32,9% untuk LED *super bright* biru. Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa, penggunaan berbagai warna LED menunjukkan bahwa pengukuran dengan LED *super bright* merah memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Sebaliknya, pengukuran dengan dua warna LED lainnya menghasilkan nilai yang sangat berbeda karena cahaya yang dihasilkan tidak dapat menembus jari.

Penggunaan LED *super bright* merah dapat dijadikan referensi untuk pengukuran kadar kolesterol dengan metode *non-invasive* karena nilai pengukuran mendekati hasil dari GCU Meter. Terkhusus pada percobaan ke-3 nilai yang di peroleh LED *super bright* merah memiliki selisi yang cukup tinggi ini dikarenakan koresponden ini memiliki kondisi jari yang berbeda dari koresponden yang lain, yaitu koresponden memakai cat kuku sehingga cahaya yang menembus sedikit terhalangi dan penyerapan cahaya tidak dapat maksimal.

Tabel 4. Data Pengujian Kadar Asam Urat

No	Oximeter (%)	Modul		
		LED Merah	LED Hijau	LED Biru
1	98	98	92	94
2	99	99	96	96
3	98	97	93	93
4	97	96	92	92
5	96	95	91	91



Gambar 9. Grafik Perbandingan Tingkat Akurasi Modul Pada Pengukuran Saturasi Oksigen

Tabel 4 dan Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap lima koresponden yang berbeda dalam kelompok usia 20-25 tahun, dengan pengujian yang dilakukan setelah makan. Hasil pengujian ini mengungkap bahwa penggunaan LED Merah dalam proses pengukuran menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, mencapai 99,4%. Oleh karena itu, hasil ini mengindikasikan potensi yang besar untuk memanfaatkan LED Merah sebagai sensor yang handal dalam mengukur saturasi oksigen.

Sementara itu, penggunaan LED Hijau dan LED Biru juga menunjukkan tingkat akurasi yang memadai, masing-masing sekitar 95,2% dan 95,6%. Namun, hal ini menandakan bahwa pemanfaatan warna LED *super bright* hijau dan biru dalam pengukuran saturasi oksigen masih memerlukan penyelidikan lebih lanjut sebelum dapat dijadikan acuan dalam pengembangan alat pengukur saturasi menggunakan metode *non-invasive*.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisa pada penelitian ini, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut bahwa hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perancangan GCU meter dan *oximeter non-invasive* berjalan dengan sukses melalui tahap-tahap perancangan dan pengujian yang telah dilaksanakan. Dari berbagai warna LED yang digunakan dalam perangkat, yaitu LED *super bright* merah, *super bright* hijau, dan *super bright* biru, LED *super bright* merah menunjukkan tingkat akurasi yang paling tinggi dibandingkan dengan yang lainnya.

Selain itu kondisi jari dan kuku memiliki pengaruh terhadap penyerapan cahaya pada jari, seperti dalam kasus diatas memiliki penyakit kapal dan pemakaian cat kuku dari jari yang memiliki kondisi khusus memiliki akurasi yang rendah.

Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah modul sensor yang sebaiknya disesuaikan dengan posisi jari pengguna. Hal ini karena posisi jari pengguna ternyata memiliki pengaruh signifikan

terhadap akurasi pembacaan sensor. Oleh karena itu, dalam upaya perbaikan dan peningkatan berkelanjutan, penyesuaian modul sensor dengan posisi jari pengguna akan menjadi langkah yang sangat penting dan relevan untuk dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. N. Fauzi *et al.*, “Non-Invasive Detection System for Blood Sugar, Cholesterol, Uric Acid, and Body Temperature Using MAX30105 and MLX90614 Sensors,” in *Proceeding of the International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia, CENIM 2022*, 2022. doi: 10.1109/CENIM56801.2022.10037351.
- [2] S. Purwiyanti, F. A. Setyawan, H. Fitriawan, A. Novianto, and S. R. Sulistiyanti, “Measurement Instrument of Blood Glucose and Oxygen Saturation Non-Invasive by Using Oximeter Sensor,” in *Proceedings - ICCTEIE 2021: 2021 International Conference on Converging Technology in Electrical and Information Engineering: Converging Technology for Sustainable Society*, 2021. doi: 10.1109/ICCTEIE54047.2021.9650629.
- [3] H. Y. Darmawan *et al.*, “Non-Invasive IoT Home Medical Check-up Programming to Monitor Blood Sugar, Cholesterol, Uric Acid, and Body Temperature,” in *2022 5th International Conference on Computer and Informatics Engineering, IC2IE 2022*, 2022. doi: 10.1109/IC2IE56416.2022.9970087.
- [4] M. Shofani, F. Hardianto, and H. Sumarti, “Alkukosrat: Pengembangan Alat Ukur Kolesterol dan Asam Urat Secara Non-Invasif Menggunakan Sensor TCRT-5000,” in *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2021*, 2021.
- [5] D. Sutarya, “Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolestrol dan Asam Urat secara Non Invasive menggunakan Sensor GY-MAX 30100,” *Jurnal JOULE*, vol. Vol 1, no. 25–34, 2021.
- [6] Kemalasari and M. Rochmad, “DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH (SpO2) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON-INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100,” *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: 10.22146/jntt.v4i1.4804.
- [7] M. S. Vijayakumar, R. Aarthi, C. A. Christy, S. Devikiruba, and E. Dhanuja, “NON INVASIVE CHOLESTROL AND GLUCOSE DETECTION,” 2022.
- [8] U. Umar, H. Hasmah, R. Alyah, and A. N. Syam, “Desain Alat Ukur Kadar Asam Urat Non-Invasive Dengan Sensor Near Infrared,” *Lontara*, vol. 2, no. 2, 2021, doi: 10.53861/lontarariset.v2i2.217.
- [9] U. Umar and R. Alyah, “Pemantauan Kadar Asam Urat Non Invasive Real Time Menggunakan Sensor Near Infrared,” *Lontara*, vol. 1, no. 1, 2020, doi: 10.53861/lontarariset.v1i1.49.
- [10] Y. Deviana, K. K., and H. Wijanarko, “Analisis Pengukur Kadar Gula Dalam Darah Secara Non-Invasive,” *Journal of Applied Sciences, Electrical Engineering and Computer Technology*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.30871/aseect.v1i2.2350.
- [11] F. Al Hakim, “Rancang Bangun Blood Glucose Non-Invasive Dengan Wireless Interface Smartphone Android,” *Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes Jakarta II*, 2020.
- [12] H. Suyono and H. Hambali, “Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107482.
- [13] A. S. Hyperastuty and Y. Mukhammad, “Monitoring Saturasi Oksigen Menggunakan SPO2 MAX 3010 Berbasis Android,” *Indonesian Journal of Professional Nursing*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.30587/ijpn.v2i1.2718.
- [14] U. Umar, S. Syarif, I. Nurtanio, and Indrabayu, “A real time non-invasive cholesterol monitoring system,” *MATEC Web of Conferences*, vol. 331, 2020, doi: 10.1051/mateconf/202033106005.
- [15] E. Rosiana, S. Dinata, and R. Cahya saputra, “PENGUKUR KEJENUHAN OKSIGEN DALAM DARAH BERBASIS ANDROID,” *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.32493/epic.v3i2.7815.
- [16] S. Y. Putri and N. Firmawati, “Rancang Bangun Pengukur Kadar Gula Darah Non-Invasive Berbasis NodeMCU ESP8266,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 11, no. 2, 2022, doi: 10.25077/jfu.11.2.271-277.2022.
- [17] M. Sulehu and A. H. Senrimang, “Program Aplikasi Alat Pengukur Kadar Glukosa Dalam Darah Non Invasive Bebasis Desktop,” *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 8, no. 1, 2018, doi: 10.35585/inspir.v8i2.2454.

- [18] U. Umar, S. Syarif, I. Nurtanio, and Indrabayu, "Development reflective optical sensor for blood cholesterol measurement using LED infrared 940 nm," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 13, no. 12, 2020.
- [19] R. I. R. Javier, A. O. Baloloy, N. B. Linsangan, and I. V. Villamor, "Portable non-invasive glucometer using near-infrared sensor and raspberry Pi," in *2020 4th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering, ELTICOM 2020 - Proceedings*, 2020. doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230496.
- [20] S. Oh, M.-S. Kim, B.-R. Noh, H.-H. Baik, and K.-K. Kim, "Non-Invasive Measurement of Glucose Concentration Using Red and Near-Infrared Light-Emitting Diodes," *Biomedical Sciences*, vol. 7, no. 2, 2021, doi: 10.11648/j.bs.20210702.12.

