

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA05

OPTIMASI POSISI *NEAR-INFRARED* LED (*NIR-LED*) PADA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DAN KOLESTEROL DARAH NON-INVASIF

Meisya Indri Yanti^{1, a)}, Nur Jannah^{1, b)}, Umiatin^{1, c)}, Ernia Susana^{2, d)}¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia²Program Studi Teknik Elektromedik, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Jl. Hang Jebat III F3 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12120, IndonesiaEmail: ^{a)}meisyaindriyanti905@gmail.com, ^{b)}nur.jannah117.nj@gmail.com, ^{c)}umiatin@unj.ac.id,
^{d)}ernia@poltekkesjkt2.ac.id

Abstrak

Penyakit kardiovaskular (PKV) menjadi penyebab utama kematian global. Kematian akibat penyakit ini diperkirakan terus mengalami peningkatan hingga 23,3 juta kematian pada tahun 2030. Seiring dengan meningkatnya angka prevalensi penyakit kardiovaskular, metode pengukuran kadar glukosa dan kolesterol darah secara non-invasif menggunakan sensor optik yang terdiri dari *Near-Infrared* (NIR) LED dan fotodiode mulai dikembangkan dan menjadi aspek kritis dalam memantau kondisi kesehatan pasien PKV. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi posisi peletakan sensor dan bagian jari tangan yang ideal agar hasil pembacaan tegangan oleh fotodiode bernilai maksimum dan akurat. Pengambilan data dilakukan menggunakan mode pengukuran transmisi dengan variasi posisi sensor 180° secara vertikal dan horizontal. Pada posisi vertikal, NIR-LED dan fotodiode diletakkan berhadapan atas-bawah pada jari tangan, sedangkan posisi horizontal diletakkan berhadapan kiri-kanan pada jari tangan. Dalam karakterisasi ini digunakan lima subjek penelitian. Hasil pengujian diperoleh bahwa peletakan sensor 180° secara vertikal memiliki pembacaan tegangan rata-rata sebesar 0.1543V, lebih besar dibandingkan dengan posisi horizontal sebesar 0.0702V. Adapun hasil pembacaan tegangan pada bagian jari tangan seperti ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, jari manis, dan kelingking diperoleh masing-masing nilai yaitu 0.1543V; 0.2889V; 0.2223V; 0.2201V; dan 0.2139V. Dengan demikian, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa posisi peletakan sensor secara vertikal pada jari telunjuk memiliki nilai pembacaan tegangan maksimum. Hasil penelitian ini selanjutnya dijadikan acuan dalam penentuan posisi sensor untuk meningkatkan akurasi pada alat ukur kadar glukosa dan kolesterol darah non-invasif yang dirancang.

Kata-kata kunci: penyakit kardiovaskular, glukosa darah, kolesterol, inframerah, non-invasif

Abstract

Cardiovascular disease (CVD) is the leading cause of global mortality. Deaths due to this disease are estimated to increase to 23.3 million deaths in 2030. As the prevalence of cardiovascular diseases, non-invasive methods for measuring blood glucose and cholesterol levels using Near-Infrared (NIR) LED and photodiode optical sensors are being developed and becoming a critical aspect in monitoring the health condition of CVD patients. This research aims to identify the ideal placement of the sensor and finger part to ensure that the voltage readings by the photodiode are maximum and accurate. Data collection was carried out using transmission measurement mode with sensor positions varied 180° vertically and horizontally. In the vertical position, the NIR-LED and photodiode were placed top-bottom on the finger while in the horizontal position, they were placed left-right on the finger. Five research subjects were used in this characterization. The test results showed that the 180° vertical sensor placement had an average voltage reading of 0.1543V, which is higher compared to the horizontal position at 0.0702V. The voltage

readings on different finger parts such as the thumb, index finger, middle finger, ring finger, and pinky finger were obtained as 0.1543V; 0.2889V; 0.2223V; 0.2201V; and 0.2139V respectively. Therefore, it can be concluded from this research that vertical sensor placement on the index finger yielded the maximum voltage reading. These research findings will be used as a reference in determining sensor positions to enhance accuracy in the designed non-invasive blood glucose and cholesterol measuring device.

Keywords: cardiovascular disease, blood glucose, cholesterol, infrared, non-invasive

PENDAHULUAN

Penyakit kardiovaskular (PKV) merupakan sekelompok penyakit yang disebabkan karena adanya gangguan pada fungsi jantung dan pembuluh darah [1], [2]. Laporan dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menunjukkan bahwa penyakit kardiovaskular menjadi penyebab kematian nomor satu di seluruh dunia dengan angka kematian mencapai lebih dari 17 juta jiwa [3], [4]. Pada tahun 2030, diperkirakan angka kematian akan mencapai 23,3 juta per tahunnya [5], [6]. Indonesia menduduki peringkat ke-3 tertinggi setelah Laos dan Filipina dengan angka kematian akibat penyakit kardiovaskular mencapai 2,7 juta jiwa [3], [5], [7]. Penyakit kardiovaskular terjadi karena adanya faktor risiko seperti gaya hidup tidak sehat, obesitas, hipertensi, dislipidemia, hiperkolesterolemia dan diabetes. Adanya faktor risiko seperti dislipidemia dan diabetes berdampak pada fungsi regulasi sistem imun dan dapat menyebabkan peningkatan insiden penyakit kardiovaskular [8]. Deteksi dini dan pemantauan faktor risiko, seperti hipertensi, hiperkolesterolemia, dan diabetes sangatlah penting sebagai upaya pencegahan terhadap penyakit kardiovaskular [3], [9].

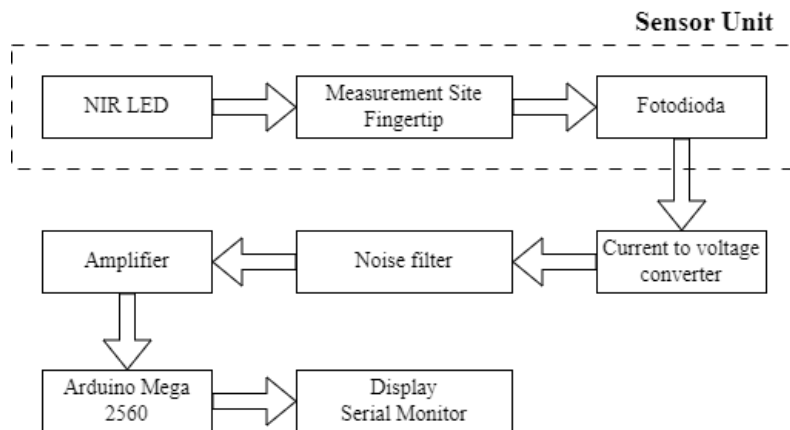
Mayoritas sistem pemantauan kadar glukosa darah dan kolesterol di Indonesia menggunakan metode invasif berbasis sensor kimia yang mengharuskan pasien mengambil beberapa tetes darah dengan cara menusukkan ujung jari mereka menggunakan *lancet (finger-prick)* dan mengujinya menggunakan strip uji yang dilapisi enzim *glucose oxidase* atau *cholesterol oxidase* [10], [11], [12], [13]. Apabila dilakukan secara rutin dan berulang, pengukuran ini akan menimbulkan rasa sakit, risiko infeksi dan efek psikologis bagi pasien yang takut akan jarum [10], [14], [15]. Dari segi ekonomi, penggunaan *test strip* sekali pakai membutuhkan biaya yang relatif mahal dan berpotensi menjadi limbah medis yang berdampak negatif bagi lingkungan [16].

Metode pemantauan secara non-invasif dapat menjadi alternatif yang baik untuk pengukuran kadar glukosa dan kolesterol darah tanpa melukai tubuh pasien. Metode ini memiliki keunggulan yaitu tidak menimbulkan rasa sakit, tidak berisiko terinfeksi, pengukuran cepat, serta tidak menggunakan bahan kimia sintesis lainnya [12]. Pengukuran glukosa dan kolesterol darah non-invasif memanfaatkan sensor cahaya berupa NIR-LED sebagai *emitter* dan fotodiode sebagai detektor cahaya yang mengonversi transmisi cahaya menjadi nilai tegangan [17], [18]. Fotodiode diletakkan 180° dari posisi NIR-LED (mode pengukuran transmisi) agar intensitas cahaya yang terbaca bernilai maksimum dan mampu menembus lapisan kulit tipis pada ujung jari [19]. Keuntungan dari peletakan sensor di ujung jari tangan yaitu melimpahnya jaringan pembuluh darah sehingga memudahkan pengukuran kadar glukosa dan kolesterol darah [20]. Posisi sensor ini perlu diperhatikan agar fotodiode mampu membaca intensitas cahaya yang dipancarkan NIR-LED dan melewati jari tangan.

Beberapa panduan klinis mengarahkan pengguna untuk menghindari penggunaan ibu jari dan jari kelingking saat pengambilan sampel darah kapiler karena kedua jari tersebut memiliki aliran darah yang kurang konsisten, potensi peningkatan nyeri, dan faktor ketidaknyamanan [21]. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), Jari tengah dan jari manis direkomendasikan sebagai jari ideal untuk pengukuran karena memiliki jaringan paling dalam di bawah kulit, sedangkan untuk jari telunjuk cenderung memiliki kulit yang lebih tebal dan kapalan [22]. Berdasarkan hal tersebut, *paper* ini berfokus pada pembacaan nilai tegangan dari beberapa bagian jari tangan menggunakan mode pengukuran transmisi dengan peletakan sensor 180°, baik secara vertikal maupun horizontal. Hasil optimasi peletakan sensor ini akan digunakan sebagai acuan dalam pengukuran dan pemantauan kadar glukosa dan kolesterol darah non-invasif yang dirancang.

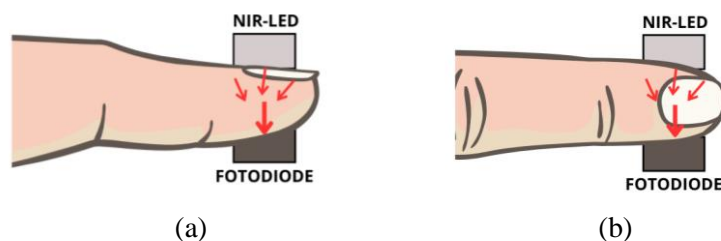
METODOLOGI PENELITIAN

Proses pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA UNJ ini menggunakan unit sensor yang terdiri dari NIR-LED sebagai *emitter* dan fotodiode sebagai *receiver* (foto detektor). Ketika cahaya yang bersumber dari NIR-LED dilewatkan pada suatu jaringan, maka sejumlah cahaya yang dipancarkan akan diserap oleh jaringan tersebut dan sebagian lainnya yang terhambur akan ditangkap oleh fotodiode untuk diubah menjadi sinyal elektrik. Sinyal yang diperoleh dari unit sensor ini memiliki pulsa amplitudo yang kecil, sehingga diperlukan rangkaian pengondisi sinyal yang terdiri dari komponen *filter* dan *amplifier* agar pembacaan nilai tegangan oleh fotodiode menjadi lebih akurat dan presisi. Adapun blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Blok diagram sistem

Pusat kendali sistem pada rangkaian ini menggunakan Arduino Mega 2560 yang merupakan papan pengembangan mikrokontroler berbasis arduino yang dilengkapi *chip* ATmega 2560. Prinsip kerja alat ini yaitu mikrokontroler memberikan sumber tegangan 5V ke rangkaian unit sensor, sedangkan keluaran fotodiode serta *amplifier* terhubung ke pin analog A0 pada mikrokontroler. Sinyal yang masuk ke mikrokontroler merupakan sinyal analog yang kemudian diolah menjadi sinyal digital dalam bentuk tegangan. Pengujian dilakukan kepada lima orang subjek penelitian dengan mendeteksi nilai tegangan di setiap jari tangan yaitu: ibu jari, telunjuk, jari tengah, jari manis, dan kelingking. Adapun posisi peletakan sensor menggunakan mode pengukuran transmisi dengan variasi posisi sensor 180° secara vertikal maupun horizontal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Posisi penempatan sensor mode transmisi (a) secara vertikal, (b) secara horizontal

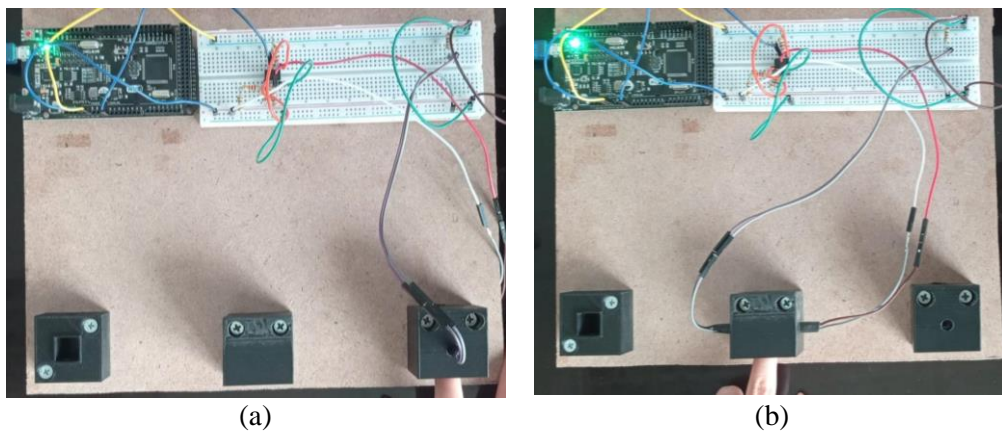
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara meletakkan jari tangan di antara NIR-LED dan fotodiode. Unit sensor tersebut dikemas dalam *box* hitam berukuran 38 x 37 x 36 mm dengan lubang untuk penempatan jari berukuran 14 x 12 mm. Hal ini dilakukan untuk menghindari gangguan cahaya latar belakang saat proses pengambilan data. Prosedur pengambilan data diawali dengan mengukur tegangan keluaran menggunakan mode pengukuran transmisi pada variasi posisi sensor

yang berbeda, yaitu secara vertikal dan horizontal. Data tegangan dikumpulkan sebanyak 10 kali pengukuran untuk setiap subjek penelitian. Tabel 1 menampilkan nilai tegangan yang terbaca saat pengukuran, sementara posisi sensor saat pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 3.

TABEL 1. Hasil pembacaan tegangan pada variasi posisi sensor

Posisi Vertikal (dalam Volt)					Posisi Horizontal (dalam Volt)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0.1955	0.2151	0.1369	0.1564	0.0929	0.0978	0.1026	0.0488	0.0538	0.0440
0.1906	0.2053	0.1320	0.1612	0.0831	0.1075	0.1026	0.0488	0.0489	0.0489
0.1906	0.2102	0.1320	0.1564	0.0978	0.1026	0.1075	0.0538	0.0538	0.0538
0.1955	0.2151	0.1222	0.1466	0.0929	0.0978	0.1026	0.0587	0.0440	0.0440
0.2053	0.2053	0.1222	0.1466	0.0831	0.0978	0.1026	0.0488	0.0391	0.0440
0.1955	0.2102	0.1173	0.1466	0.0880	0.1075	0.1026	0.0488	0.0440	0.0538
0.1955	0.2053	0.1369	0.1564	0.0880	0.1075	0.1075	0.0440	0.0440	0.0489
0.2004	0.2053	0.1271	0.1515	0.0831	0.1026	0.1075	0.0440	0.0440	0.0538
0.1857	0.2053	0.1222	0.1417	0.0978	0.1026	0.1026	0.0488	0.0488	0.0538
0.1955	0.2102	0.1222	0.1417	0.0929	0.0880	0.1026	0.0538	0.0440	0.0489
Rata-rata				0.1543					0.0702



GAMBAR 3. Pengujian variasi posisi sensor (a) secara vertikal, (b) secara horizontal

Berdasarkan hasil di atas diperoleh tegangan keluaran rata-rata pada peletakan sensor 180° secara vertikal yaitu 0.1543V, lebih besar dibandingkan dengan posisi horizontal sebesar 0.0702V. Hal ini dikarenakan penggunaan cahaya inframerah yang menembus kuku ke jaringan kulit lebih baik daripada menembus langsung ke jaringan kulit jari tangan, karena dapat memberikan akses yang lebih baik ke vaskulatur kapiler, dapat mengurangi interferensi dan minim gerakan, serta memberi kenyamanan bagi pengguna. Setelah ditentukan posisi sensor yang ideal maka dilakukan evaluasi respons fotodiode terhadap cahaya inframerah yang dipancarkan oleh NIR-LED pada lima jari tangan, yaitu ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, jari manis, dan jari kelingking. Data tegangan dikumpulkan sebanyak 10 kali pengukuran untuk setiap subjek penelitian. Adapun interpretasi nilai tegangan yang terbaca pada kelima jari ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Interpretasi hasil pembacaan tegangan pada lima jari tangan

\bar{x}	Ibu Jari	Jari Telunjuk	Jari Tengah	Jari Manis	Jari Kelingking
Subjek I	0.1950	0.2449	0.2116	0.2297	0.2033
Subjek II	0.2087	0.3167	0.2234	0.2156	0.1711
Subjek III	0.1271	0.3118	0.2136	0.2243	0.1955
Subjek IV	0.1505	0.2918	0.2537	0.2400	0.3153
Subjek V	0.0900	0.2791	0.2092	0.1911	0.1843
\bar{x} gabungan	0.1543	0.2889	0.2223	0.2201	0.2139

Berdasarkan hasil di atas diperoleh tegangan keluaran rata-rata pada lima jari tangan, yaitu pada ibu jari 0.1543V; pada jari telunjuk 0.2889V; pada jari tengah 0.2223V; pada jari manis 0.2201V; dan pada jari kelingking 0.2139V. Dari hasil tersebut diperoleh bahwa penempatan sensor pada jari telunjuk, jari tengah, maupun jari manis menunjukkan hasil yang baik secara pengujian dan teori. Menurut World Health Organization (WHO), jari tengah dan jari manis direkomendasikan sebagai jari terbaik untuk pengukuran karena memiliki jaringan paling dalam di bawah kulit, memiliki lebih sedikit ujung saraf, dan memiliki lebih banyak darah kapiler. Untuk ibu jari dan jari kelingking tidak menunjukkan hasil yang baik karena ibu jari memiliki lebih banyak ujung saraf, memiliki lebih sedikit darah kapiler, dan memiliki jaringan yang terlalu tebal, sedangkan jari kelingking karena memiliki jaringan yang terlalu tipis. Setelah dilakukan evaluasi respons fotodioda terhadap cahaya inframerah yang dipancarkan oleh NIR-LED pada lima jari tangan, maka bisa ditetapkan jari mana yang paling ideal untuk digunakan dalam pengukuran kadar glukosa dan kolesterol darah pada alat non-invasif.

KESIMPULAN

Telah dilakukan optimasi posisi *Near-Infrared* LED dan fotodioda pada jari tangan dengan lima subjek penelitian. Hasil pengujian diperoleh bahwa peletakan sensor 180° secara vertikal memiliki pembacaan tegangan rata-rata sebesar 0.1543V, lebih besar dibandingkan dengan posisi horizontal sebesar 0.0702V. Adapun hasil pembacaan tegangan pada bagian jari tangan seperti ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, jari manis, dan kelingking diperoleh masing-masing nilai yaitu 0.1543V; 0.2889V; 0.2223V; 0.2201V; dan 0.2139V. Hasil tersebut menunjukkan bahwa posisi peletakan sensor secara vertikal pada jari telunjuk memiliki nilai pembacaan tegangan maksimum. Hasil penelitian ini selanjutnya akan dijadikan acuan dalam penentuan posisi sensor untuk meningkatkan akurasi pada alat ukur kadar glukosa dan kolesterol darah non-invasif yang dirancang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah mewadahi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan pada penulisan paper ini. Semoga paper ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan pihak-pihak terkait lainnya.

REFERENSI

- [1] Martiningsih and A. Wulandari, "Peningkatan peran kader kesehatan dalam deteksi dini risiko penyakit kardiovaskuler dengan Jakarta Kardiovaskuler Skor," *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 13–22, May 2020, doi: 10.12928/jp.v3i1.1431.
- [2] A. P. Setiadi and S. V. Halim, *Penyakit kardiovaskular seri pengobatan rasional*, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2018.
- [3] I. A. Widiastuti, R. Cholidah, G. W. Buanayuda, and I. B. Alit, "Deteksi Dini Faktor Risiko Penyakit Kardiovaskuler pada Pegawai Rektorat Universitas Mataram," *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, vol. 4, no. 1, pp. 137–142, 2021.
- [4] D. N. Hafila, Wisudawan, S. Darma, Nurhikmah, and Dahlia, "Prevalensi Penyakit Kardiovaskular pada Masa Pandemic Tahun 2020-2021 di RS Arifin Nu'mang Kabupaten Sidrap," *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, vol. 3, no. 10, pp. 710–719, 2023.
- [5] Febby, Arjuna, and Maryana, "Dukungan keluarga berhubungan dengan kualitas hidup pasien gagal jantung," *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, vol. 5, no. 2, pp. 691–702, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP>

- [6] S. I. Ketut, W. Kiki, and Y. Pratama, "Infark miokard akut dengan elevasi segmen ST (IMA-EST) anterior ekstensif: laporan kasus," *Ganesha Medicina Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 22–32, 2022.
- [7] W. Arumsari, D. N. Marchamah, F. J. Dilaga, and R. A. Putri, "Strategi Pencegahan dan Pengendalian Faktor Risiko Penyakit Kardiovaskular melalui Peningkatan Pengetahuan dan Pengukuran Kesehatan," *Adi Widya: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 7, no. 1, pp. 131–140, 2023.
- [8] D. Y. Hasanah *et al.*, "Gangguan Kardiovaskular pada infeksi COVID 19," *Indonesian Journal of Cardiology*, pp. 59–68, May 2020, doi: 10.30701/ijc.994.
- [9] B. Alsunaidi, M. Althobaiti, M. Tamal, W. Albaker, and I. Al-Naib, "A review of non-invasive optical systems for continuous blood glucose monitoring," *Sensors*, vol. 21, no. 20, Oct. 2021, doi: 10.3390/s21206820.
- [10] E. Susana, K. Ramli, H. Murfi, and N. H. Apriantoro, "Non-Invasive Classification of Blood Glucose Level for Early Detection Diabetes Based on Photoplethysmography Signal," *Information (Switzerland)*, vol. 13, no. 2, Feb. 2022, doi: 10.3390/info13020059.
- [11] M. S. Arefin, A. H. Khan, and R. Islam, "Non-invasive Blood Glucose Determination using Near Infrared LED in Diffused Reflectance Method," in *10th International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2018, pp. 93–96.
- [12] T. Nurmar'atin, H. Sumarti, and A. Wulandari, "Validasi Alat Ukur Kadar Gula Darah secara Non-Invasive Menggunakan Sensor TCRT5000 untuk Mengurangi Limbah Medis," *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, vol. 9, no. 1, pp. 51–61, 2022.
- [13] S. Savira, I. Abdi Bangsa, and L. Nurpulaela, "Implementasi Sistem Monitoring Risiko Peningkatan Kadar Glukosa Darah Secara Non-Invasive Menggunakan Photodiode dan LED," *Jurnal Elektro Luceat*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [14] A. Masnun *et al.*, "Prototype Pengukur Kadar Gula Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 31–39, 2023.
- [15] W. V. Gonzales, A. T. Mobashsher, and A. Abbosh, "The progress of glucose monitoring—A review of invasive to minimally and non-invasive techniques, devices and sensors," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 4, MDPI AG, Feb. 02, 2019. doi: 10.3390/s19040800.
- [16] M. Sulehu and A. H. Senrimang, "Program Aplikasi Alat Pengukur Kadar Glukosa Dalam Darah Non-Invasive Berbasis Desktop," *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 8, pp. 16–24, Jun. 2018.
- [17] P. Jain, S. Pancholi, and A. M. Joshi, "An IoMT based non-invasive precise blood glucose measurement system," in *Proceedings - 2019 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, iSES 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2019, pp. 111–116. doi: 10.1109/iSES47678.2019.00034.
- [18] P. Daarani and A. Kavithamani, "Blood glucose level monitoring by noninvasive method using near infrared sensor," *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, pp. 141–147, 2017, doi: 10.21172/1.ires.19.
- [19] S. Haxha and J. Jhoja, "Optical Based Noninvasive Glucose Monitoring Sensor Prototype," *IEEE Photonics J*, vol. 8, no. 6, Dec. 2016.
- [20] J. Yadav, A. Rani, V. Singh, and B. M. Murari, "Prospects and limitations of non-invasive blood glucose monitoring using near-infrared spectroscopy," *Biomed Signal Process Control*, vol. 18, pp. 214–227, 2015, doi: 10.1016/j.bspc.2015.01.005.
- [21] Clinical Nursing Policy Team, "Procedure Capillary Blood Sampling (Heel and Finger Prick)," Australia, Jul. 2019.
- [22] J. Lenicek Krleza, A. Dorotic, A. Grzunov, and M. Maradin, "Capillary blood sampling: national recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine," *Biochem Med (Zagreb)*, vol. 25, no. 3, pp. 335–58, 2015, doi: 10.11613/BM.