

WEARABLE IOT DEVICE BERBASIS ESP32 UNTUK PEMANTAUAN LUKA PASIEN SECARA KONTINU

Yuli Wahyuni^{1*}, Rio Dwi Yulian², Muhamad Dhiya Avatar³

^{1*,2,3}Progam Studi Teknik Komputer, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Pakuan

^{1*}yuli_wahyuni@unpak.ac.id, ²riodwi_yulian@unpak.ac.id, ³mdhiya_avatar@unpak.ac.id

ABSTRAK

Perawatan luka yang efektif memerlukan pemantauan kondisi luka secara berkala untuk mencegah terjadinya infeksi dan mempercepat proses penyembuhan. Namun, metode pemantauan konvensional masih mengandalkan pemeriksaan manual yang bersifat periodik sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan intervensi medis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pemantauan luka pasien berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem ini dilengkapi sensor suhu dan kelembaban yang ditempatkan pada area luka untuk mendeteksi perubahan kondisi yang mengindikasikan risiko infeksi. Data hasil pengukuran dikirimkan secara real-time melalui koneksi Wi-Fi ke server cloud dan ditampilkan pada aplikasi smartphone atau dashboard berbasis web. Dengan demikian, tenaga medis dapat melakukan pemantauan jarak jauh serta memperoleh informasi terkini terkait perkembangan luka pasien. Metode pengembangan sistem mencakup perancangan perangkat keras, pemrograman ESP32 untuk proses akuisisi dan pengiriman data, serta implementasi platform visualisasi berbasis IoT. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor, kualitas transmisi data, serta tingkat respons sistem dalam menyampaikan notifikasi perubahan kondisi luka. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau suhu dan kelembaban luka secara kontinu dengan tingkat akurasi yang baik serta keterlambatan transmisi data yang rendah. Sistem pemantauan luka pasien berbasis ESP32 dan IoT ini diharapkan dapat menjadi solusi pendukung dalam pelayanan kesehatan, khususnya untuk pasien rawat jalan maupun pasien dengan risiko infeksi tinggi seperti penderita diabetes. Implementasi teknologi ini berpotensi meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan medis, mengurangi komplikasi, serta memperbaiki kualitas hidup pasien sebagai bagian dari pengembangan layanan kesehatan digital.

Kata kunci : ESP32, Internet of Things, Pemantauan Luka, Wearable Device, Monitoring Real-Time.

ABSTRACT

Effective wound care requires regular monitoring of wound conditions to prevent infection and accelerate the healing process. However, conventional monitoring methods still rely on periodic manual examinations, which can potentially cause delays in medical intervention. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based patient wound monitoring system using an ESP32 microcontroller as the control center. This system is equipped with temperature and humidity sensors placed on the wound area to detect changes in conditions that indicate a risk of infection. The measurement data is sent in real-time via a Wi-Fi connection to a cloud server and displayed on a smartphone application or web-based dashboard. Thus, medical personnel can perform remote monitoring and obtain the latest information regarding the development of the patient's wound. The system development method includes hardware design, ESP32 programming for data acquisition and transmission, and the implementation of an IoT-based visualization platform. Testing was conducted to evaluate sensor performance, data transmission quality, and the system's response rate in delivering wound condition change notifications. The test results showed that the system was able to

continuously monitor wound temperature and humidity with a good level of accuracy and low data transmission latency. This ESP32 and IoT-based patient wound monitoring system is expected to be a supporting solution in healthcare services, especially for outpatients and patients with a high risk of infection, such as diabetics. The implementation of this technology has the potential to increase the speed of medical decision-making, reduce complications, and improve the quality of life of patients as part of the development of digital health services.

Keywords: ESP32, Internet of Things, Wound Monitoring, Wearable Devices, Real-Time Monitoring.

PENDAHULUAN

Luka, baik akibat tindakan bedah, trauma, maupun kondisi kronis seperti ulkus diabetik, merupakan masalah kesehatan global yang signifikan. Proses penyembuhan luka meliputi tahapan hemostasis, inflamasi, proliferasi, dan maturasi apabila salah satu tahap terhambat, maka luka dapat berkembang menjadi luka kronis yang berisiko tinggi terhadap infeksi dan komplikasi lainnya. Penyembuhan yang tidak optimal tidak hanya berdampak negatif bagi kualitas hidup pasien, tetapi juga menimbulkan beban ekonomi yang besar bagi sistem layanan kesehatan [1],[6],[7]. Metode pemantauan luka konvensional umumnya mengandalkan pemeriksaan fisik berkala oleh tenaga medis misalnya penggantian perban, pengukuran suhu luka manual, dan inspeksi visual. Pendekatan ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain frekuensi pemeriksaan yang terbatas, potensi penundaan dalam mendeteksi perubahan kondisi luka, serta ketergantungan pada kunjungan pasien ke fasilitas kesehatan. Akibatnya, intervensi medis mungkin terlambat dilakukan meskipun perubahan kondisi luka sebenarnya sudah terjadi.

Sejalan dengan kemajuan teknologi wearable dan Internet of Things (IoT), muncul peluang untuk melakukan pemantauan luka secara kontinu dan real-time. Perangkat wearable berbasis IoT memungkinkan pengukuran parameter fisik seperti suhu luka, kelembaban, serta indikator infeksi secara langsung di area luka, dan pengiriman data secara nirkabel ke platform cloud atau aplikasi yang dapat diakses oleh dokter atau perawat [2]. Teknologi ini berpotensi meningkatkan kecepatan intervensi medis, mengurangi risiko komplikasi, serta mendukung perawatan luka jarak jauh (remote monitoring) termasuk dalam skenario rawat jalan maupun pasien dengan akses medis terbatas [9]. Salah satu komponen kunci dalam desain sistem wearable IoT adalah mikrokontroler yang memiliki konektivitas Wi-Fi atau Bluetooth, efisiensi daya rendah, ukuran kecil, dan fleksibilitas pemrograman [3],[8]. Platform seperti ESP32 menjadi pilihan menarik karena telah banyak digunakan dalam aplikasi IoT wearables dan kesehatan [3], [10].

Dalam konteks pemantauan luka pasien, parameter seperti suhu permukaan luka dan kelembaban jaringan adalah indikator penting kondisi lingkungan luka yang dapat mempengaruhi penyembuhan maupun risiko infeksi. Studi terkini telah menunjukkan bahwa sensor wearable yang mengukur suhu dan kelembaban secara kontinu dapat memberikan sinyal awal terhadap fase inflamasi atau infeksi pada luka [4]. Namun demikian, tantangan teknis masih cukup banyak: yaitu aspek biokompatibilitas dan kenyamanan pemakaian, keandalan konektivitas nirkabel (termasuk di lingkungan rumah sakit atau area terpencil), manajemen daya untuk pemakaian jangka panjang, serta keamanan dan privasi data medis yang dikirim melalui cloud [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan rancangan dan implementasi sebuah Wearable IoT Device berbasis ESP32 yang dirancang khusus untuk pemantauan luka pasien secara kontinu, dengan pengukuran suhu, kelembaban, dan tingkat infeksi (indikator yang dipilih) dan pengiriman data real-time ke smartphone atau dashboard online untuk digunakan oleh tenaga medis [11],[12],[13],[14],[15]. Tujuan utamanya adalah menyediakan sistem pemantauan luka yang mampu mendukung intervensi lebih cepat, akurat, dan fleksibel, terutama untuk pasien rawat jalan atau di lingkungan dengan akses medis terbatas. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mencakup peningkatan ketepatan waktu intervensi medis melalui

pemantauan kondisi luka secara real-time, sehingga risiko komplikasi seperti infeksi dan perpanjangan durasi penyembuhan dapat diminimalkan. Selain itu, sistem ini mendukung penerapan model perawatan jarak jauh (tele-wound care) yang berpotensi meningkatkan efisiensi biaya layanan kesehatan. Lebih jauh, perangkat prototipe yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi platform yang fleksibel untuk perluasan pemantauan parameter luka lainnya, seperti pH atau tingkat oksigenasi jaringan, serta memungkinkan integrasi teknologi machine learning untuk prediksi proses penyembuhan secara lebih akurat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (Research and Development atau R dan D) yang bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sebuah prototipe wearable IoT device berbasis ESP32 untuk pemantauan luka pasien secara kontinu. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur terkait teknologi wearable dalam pemantauan luka, parameter fisiologis yang digunakan, serta pemanfaatan IoT dalam sistem monitoring kesehatan. Hasil studi ini menjadi dasar untuk merumuskan kebutuhan fungsional sistem serta spesifikasi teknis perangkat yang akan dikembangkan. Sistem dirancang berbasis arsitektur tiga lapisan utama, yaitu unit wearable yang digunakan pada area luka pasien, platform cloud untuk transmisi dan penyimpanan data, serta antarmuka pengguna yang digunakan oleh tenaga medis dan pasien dalam memantau kondisi luka. Unit wearable mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan konektivitas Wi-Fi atau Bluetooth, serta sensor suhu dan sensor kelembaban yang ditempatkan pada perban atau area sekitar luka. Seluruh rangkaian dirancang berukuran kecil dan fleksibel agar tetap nyaman ketika digunakan dalam jangka waktu yang lama. Sumber daya perangkat menggunakan baterai Lithium Polymer (Li-Po) yang dilengkapi sistem pengisian daya agar dapat dipakai secara berulang.

Perangkat lunak sistem mencakup firmware yang tertanam pada ESP32 dan dashboard pemantauan. Firmware dikembangkan untuk melakukan akuisisi data sensor secara periodik, pemfilteran noise pada sinyal sensor, serta pengiriman data secara real-time ke server cloud melalui protokol nirkabel. Selain itu, dilakukan logika pemrosesan awal untuk mendeteksi adanya indikasi peningkatan suhu atau kelembaban yang berpotensi mengarah pada infeksi. Data yang diterima pada server kemudian ditampilkan pada dashboard berbasis web atau aplikasi seluler yang dilengkapi visualisasi dalam bentuk grafik dan indikator status luka, serta notifikasi otomatis jika terjadi anomali pada kondisi luka. Setelah proses perancangan dan implementasi selesai, dilakukan serangkaian pengujian untuk memastikan sistem berfungsi sesuai tujuan. Pengujian akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi menggunakan analisis kesalahan statistik. Selain itu, diuji pula performa transmisi data, meliputi latensi, kekuatan sinyal pada berbagai kondisi lingkungan, serta ketahanan koneksi selama pemantauan berlangsung. Pengujian durasi baterai dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam bekerja secara kontinu sesuai kebutuhan pemantauan luka di dunia nyata. Seluruh data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk menilai keandalan dan efektivitas pemantauan. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk mengevaluasi apakah sistem telah memenuhi kriteria keberhasilan yang ditetapkan, seperti akurasi sensor yang tinggi, keterlambatan transmisi yang rendah, tampilan data secara real-time, dan kemampuan beroperasi dalam durasi yang memadai tanpa gangguan daya. Dengan demikian, metode penelitian ini memastikan bahwa prototipe yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan klinis dalam mendukung proses pemantauan luka pasien secara kontinu dan jarak jauh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

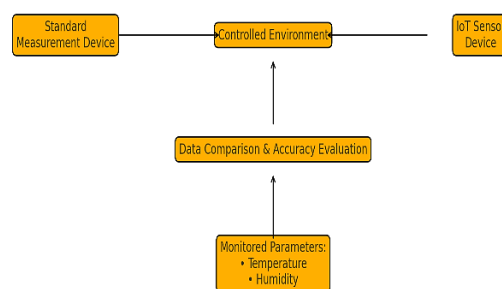
Hasil penelitian ini mencakup realisasi perangkat wearable berbasis ESP32 yang mampu memantau kondisi luka secara kontinu melalui pengukuran suhu dan kelembaban, serta menampilkan data secara real-

time melalui dashboard pemantauan. Tahap pertama yang dicapai adalah keberhasilan integrasi perangkat keras, di mana sensor suhu dan kelembaban dapat ditempatkan pada area yang bersentuhan langsung dengan perban atau kulit di sekitar luka. Perangkat dapat beroperasi dalam bentuk yang ringkas dan nyaman digunakan, tanpa mengganggu kegiatan pasien sehari-hari.



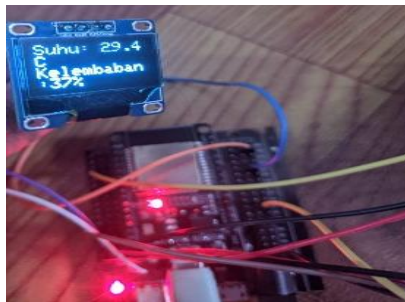
Gambar 1. Gambar Alat Keseluruhan

Pada tahap pengujian akurasi sensor, dilakukan perbandingan terhadap alat ukur standar dalam kondisi lingkungan terkontrol. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki deviasi yang rendah dari nilai acuan sehingga mampu menggambarkan kondisi lingkungan luka dengan presisi yang memadai untuk keperluan pemantauan klinis. Perubahan suhu dan kelembaban dapat terdeteksi secara responsif, terutama ketika terjadi kondisi simulasi inflamasi, seperti peningkatan suhu pada permukaan kulit.



Gambar 2. Diagram Pengujian Akurasi Sensor Berbasis IoT

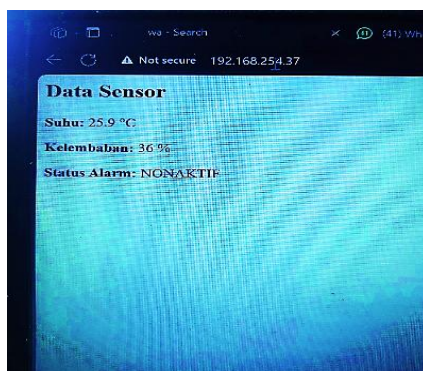
Kinerja transmisi data diuji melalui koneksi Wi-Fi ke platform cloud. Hasil uji menunjukkan bahwa data dapat dikirim dan diterima oleh dashboard monitoring dengan jeda waktu yang sangat singkat, sehingga mendukung pemantauan real-time oleh tenaga medis. Selain itu, tingkat kehilangan data selama transmisi terpantau sangat rendah, menggambarkan keandalan sistem dalam pemantauan berkelanjutan. Pengujian juga dilakukan dalam kondisi berbeda, termasuk variasi jarak dan keberadaan hambatan fisik. Meskipun terjadi sedikit peningkatan latensi pada kondisi tertentu, performa sistem tetap berada dalam batas toleransi untuk aplikasi pemantauan luka. Durasi operasi perangkat menggunakan baterai Li-Po juga diuji untuk mengetahui kelayakan pemakaian dalam konteks klinis. Perangkat mampu beroperasi secara kontinu dalam rentang waktu yang mencukupi untuk pemantauan luka harian tanpa sering dilakukan pengisian ulang. Hal ini menunjukkan potensi implementasi dalam skenario pasien rawat jalan yang membutuhkan mobilitas.



Gambar 2. Pengujian rangkaian prototipe sistem pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan mikrokontroler dan tampilan OLED yang menampilkan hasil pengukuran real-time.

Pada gambar 2 hasil implementasi awal sistem pemantauan suhu dan kelembaban yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler sebagai unit pemroses utama. Rangkaian terdiri atas sebuah papan mikrokontroler yang terhubung ke layar OLED melalui beberapa kabel jumper sebagai antarmuka komunikasi data. Selain itu, sensor suhu dan kelembaban yang telah diprogram sebelumnya mengirimkan data secara real-time untuk ditampilkan pada OLED. Berdasarkan tampilan pada layar, sistem mampu menampilkan parameter lingkungan berupa suhu sebesar 29,4°C dan kelembaban sebesar 37%. Indikasi LED yang menyala pada papan mikrokontroler menandakan bahwa rangkaian memperoleh suplai daya dan program berjalan sesuai dengan fungsinya. Konfigurasi rangkaian pada tahap ini masih bersifat prototipe tanpa casing, sehingga seluruh komponen dapat diamati dengan jelas selama proses pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa modul sensor dan tampilan OLED telah terhubung dengan benar serta mampu memberikan data yang konsisten. Hasil ini menunjukkan bahwa perangkat telah berfungsi sesuai desain awal dan siap untuk dilanjutkan pada tahap integrasi lanjutan, termasuk penambahan casing dan pengembangan konektivitas IoT untuk pengiriman data secara daring.

Pada sistem ini, buzzer berfungsi sebagai indikator peringatan dini apabila kondisi lingkungan berada di luar batas aman yang telah ditetapkan. Mekanisme kerja buzzer diatur melalui logika pemrograman pada mikrokontroler. Buzzer akan aktif secara otomatis ketika nilai suhu terukur melebihi 30°C atau ketika kelembaban udara melebihi 70%. Aktivasi buzzer ini memberikan notifikasi audio kepada pengguna agar segera melakukan tindakan yang diperlukan dalam upaya menjaga kondisi lingkungan tetap stabil. Dengan demikian, integrasi buzzer sebagai alarm peringatan pada perangkat ini meningkatkan aspek keselamatan dan responsivitas sistem terhadap perubahan parameter lingkungan yang signifikan.



Gambar 3. Tampilan hasil monitoring suhu, kelembaban, dan status alarm melalui antarmuka web server pada jaringan lokal

Gambar 3 menunjukkan tampilan antarmuka web server yang dihasilkan oleh mikrokontroler pada sistem pemantauan suhu dan kelembaban. Perangkat terhubung ke jaringan lokal dan dapat diakses melalui alamat IP yang ditampilkan di browser, yaitu 192.168.254.37. Antarmuka ini menyajikan informasi hasil

pembacaan sensor secara real-time berupa suhu dan kelembaban udara. Pada tampilan tersebut, nilai suhu terukur adalah 25,9°C dan nilai kelembaban sebesar 36%. Selain itu, halaman web juga memuat informasi mengenai status alarm buzzer. Berdasarkan kondisi parameter sensor yang masih berada dalam rentang aman, status alarm ditampilkan sebagai NONAKTIF. Hal ini membuktikan bahwa fitur monitoring jarak jauh melalui web server telah berjalan dengan baik serta mampu memberikan informasi yang jelas kepada pengguna mengenai kondisi lingkungan secara aktual. Integrasi sistem ini memungkinkan pengguna melakukan pengawasan tanpa harus berada di dekat perangkat, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam proses pemantauan.

Secara keseluruhan, prototipe wearable IoT device yang dikembangkan dalam penelitian ini telah menunjukkan kinerja yang baik terhadap aspek akurasi pengukuran, keandalan konektivitas, dan kenyamanan penggunaan. Teknologi ini dapat mendukung proses perawatan luka yang lebih efisien dengan menyediakan pemantauan yang bersifat kontinu serta meminimalkan keterlambatan dalam deteksi komplikasi. Meskipun demikian, penelitian ini menyadari bahwa masih terdapat ruang pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan indikator biomarker untuk deteksi infeksi yang lebih spesifik, optimasi penggunaan baterai, dan peningkatan keamanan data medis. Dengan demikian, hasil dan pembahasan penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah memenuhi kebutuhan fungsional utama dan memiliki potensi kuat untuk dikembangkan dalam aplikasi layanan kesehatan modern, khususnya dalam manajemen luka kronis dan tele-care yang memerlukan pemantauan jarak jauh.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah perangkat wearable IoT berbasis ESP32 untuk pemantauan luka pasien secara kontinu dengan kemampuan pengukuran suhu dan kelembaban secara real-time. Hasil implementasi menunjukkan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja secara terintegrasi, serta memberikan performa yang baik dari segi akurasi sensor, keandalan transmisi data, serta kenyamanan penggunaan. Sistem monitoring yang dibangun, termasuk dashboard dengan visualisasi data dan notifikasi kondisi abnormal, mampu mendukung proses pemantauan luka yang lebih cepat, efisien, dan dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa ketergantungan penuh pada pemeriksaan manual oleh tenaga medis. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, wearable device ini menunjukkan potensi besar untuk digunakan dalam konteks perawatan luka modern, khususnya pada pasien rawat jalan atau yang memiliki risiko komplikasi lebih tinggi seperti penderita diabetes. Dengan menyediakan pemantauan yang kontinu, sistem ini dapat membantu mendeteksi perubahan kondisi luka lebih awal sehingga memungkinkan intervensi medis dilakukan tepat waktu dan dapat mengurangi risiko terjadinya infeksi atau keterlambatan penyembuhan luka.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian lanjutan. Perbaikan pada aspek efisiensi daya diperlukan agar perangkat dapat digunakan dalam durasi yang lebih panjang tanpa sering melakukan pengisian ulang. Selain itu, penambahan jenis sensor lain seperti sensor pH, oksigenasi jaringan, atau biomarker infeksi dapat memberikan deteksi kondisi luka yang lebih komprehensif. Keamanan dan privasi data medis juga perlu diperkuat dengan penerapan standar enkripsi dan autentikasi yang lebih baik untuk mencegah akses tidak sah.

Sistem ini juga berpotensi untuk diintegrasikan dengan teknologi kecerdasan buatan dalam melakukan analisis prediktif terhadap proses penyembuhan luka. Dengan demikian, perangkat tidak hanya berperan sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan klinis. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa wearable IoT device berbasis ESP32 mampu menjadi solusi inovatif dalam perawatan luka berbasis teknologi digital (smart wound care) dan layak untuk dikembangkan menuju tahap implementasi klinis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Patel, F. Ershad, M. Zhao, R. R. Isseroff, B. Duan, Y. Zhou, Y. Wang, and C. Yu, "Wearable electronics for skin wound monitoring and healing," *Soft Sci.*, vol. 2, no. 2, Art. no. 9, Jun. 2022, doi: 10.20517/ss.2022.13.
- [2] T. Noushin, N. I. Hossain and S. Tabassum, "IoT-Enabled Integrated Smart Wound Sensor for Multiplexed Monitoring of Inflammatory Biomarkers at the Wound Site," *Frontiers in Nanotechnology*, vol. 4, May 2022.
- [3] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntič, and O. Težak, "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, art. 6739, 2023, doi: 10.3390/s23156739.
- [4] D.-K. Vo and K. T. L. Trinh, "Advances in Wearable Biosensors for Wound Healing and Infection Monitoring," *Biosensors*, vol. 15, no. 3, art. no. 139, Feb. 2025, doi: 10.3390/bios15030139.
- [5] P. Wu, L. Jin, W. Jiang, Y. Zhou, L. Lin, H. Lin, and H. Chen, "Smart bandages for wound monitoring and treatment," *Biosensors and Bioelectronics*, vol. XX, no. YY, pp. ZZ–ZZ, 2025.
- [6] S. Bao et al., "Research trends and hot topics of wearable sensors in diagnostics and healthcare," *Sensors and Actuators A: Physical*, 2024.
- [7] E. Shirzaei Sani et al., "A stretchable wireless wearable bioelectronic system for continuous monitoring of the wound bed," *Sci. Adv.*, 2023.
- [8] S. Abdulmalek et al., "IoT-Based Healthcare-Monitoring System towards Improving Healthcare Services," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022.
- [9] P. Wu et al., "Smart bandages for wound monitoring and treatment," *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2025.
- [10] S. M. R. Islam, D. Kwak, M. H. Kabir, M. Hossain, and K. S. Kwak, "The Internet of Things for health care: A comprehensive survey," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678-708, 2015.
- [11] Wahyuni, Y., Zaddana, C., Maesya, A. and Izzuddin, A., 2022. Early detection model of normal and abnormal blood flow using pulse Oximetry non-invasive of pregnant heart rate. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, 7(3), pp.2125-2133.
- [12] Wahyuni, Y. and Pany, M.A., 2022. Heart Rate Detection of Stress Levels for Pregnant Women. *Indonesian Journal of Applied Research (IJAR)*, 3(1), pp.46-55.
- [13] Wahyuni, Y. and Maulana, I., 2021, December. Smart Identification of Heart Rate in Pregnant Women. In *International Conference on Global Optimization and Its Applications 2021* (Vol. 1, No. 1, pp. 15-15).
- [14] Wahyuni, Y., Ammar, F. and Anggraeni, I., 2022. Application of Pregnant Mom's Diet Based on Raspberry PI Using Telegram Chatbot. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), pp.209-214.
- [15] Wahyuni, Y., Suryadi, A., Alfrieda, N.S.A.L., Puspita, A. and Nugroho, A.A., 2023. Digital Kalkulator Lingkar Lengan Atas Ibu Hamil. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 17(1), pp.1-7.