

Rancang Bangun Alat Elektromiograf (*EMG*) dan Sistem Monitoring Sinyal Otot Berbasis *IoT*

Nova Damayanti¹, Helmy Cahyono², Graend Acyeloedvaera Yulianto^{3*}

^{1,2,3*} Program Studi Ilmu Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika

*Co-author: claudio.juniarto@student.ukdc.ac.id

Informasi Artikel

Tanggal:

Dikirim : 08 Ags 2026
Direvisi : 20 Ags 2026
Diterima : 20 Sep 2026

Kata Kunci:

Elektromiograf, Internet of Things, Sinyal Otot, Codelgniter, ESP-32

Keyword:

Electromyograph, Internet of Things, Muscle Signal, Codelgniter, ESP-32



Abstrak

Kelainan otot merupakan kondisi medis yang mencakup berbagai gangguan pada otot tubuh seperti distrofi otot, cedera otot, peradangan, maupun infeksi yang dapat menyebabkan penurunan kemampuan gerak dan memerlukan diagnosis akurat. Salah satu metode diagnosis yang umum digunakan adalah pengukuran aktivitas listrik otot menggunakan alat Elektromiograf (*EMG*). Namun, alat *EMG* konvensional memiliki keterbatasan serius berupa harga yang sangat mahal mencapai Rp85.000.000, ukuran besar, serta tidak mendukung penyimpanan dan monitoring data secara *real-time* sehingga menyulitkan pemantauan kondisi pasien secara berkelanjutan. Penelitian ini menganalisis rancang bangun alat Elektromiograf dan sistem monitoring sinyal otot berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dikembangkan menggunakan sensor *EMG*, mikrokontroler ESP-32, *framework* Codelgniter, dan database MySQL. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Waterfall* yang terdiri dari lima tahapan yaitu *requirement analysis, system design, implementation, integration & testing*, dan *operation & maintenance*. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* terhadap 12 modul fungsional dengan total 55 skenario uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat *EMG* berbasis *IoT* berhasil dibangun dengan biaya Rp480.000 dan dimensi 17 x 6,5 cm sehingga bersifat *portable* dan jauh lebih terjangkau dibandingkan alat konvensional. Sistem monitoring berbasis web mampu menyimpan dan memvisualisasikan data sinyal otot secara *real-time* dalam bentuk grafik satuan miliVolt (*mV*). Hasil pengukuran menunjukkan nilai rata-rata 800 *mV* pada pasien remaja dan 600 *mV* pada pasien anak-anak. Seluruh 55 skenario pengujian dinyatakan valid dan sesuai harapan. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi sensor *EMG* dengan sistem monitoring berbasis web dalam satu platform *IoT* dapat menjadi solusi alternatif

yang terjangkau dan mudah diakses bagi klinik kecil, institusi pendidikan, maupun kebutuhan pemantauan kesehatan mandiri.

Abstract

Muscle disorders are medical conditions that encompass various disturbances in the body's muscles, such as muscular dystrophy, muscle injury, inflammation, and infection, which can lead to reduced mobility and require accurate diagnosis. One commonly used diagnostic method is the measurement of electrical activity in muscles using an Electromyograph (EMG) device. However, conventional EMG devices have serious limitations, including very high prices reaching IDR 85,000,000, large dimensions, and lack of support for data storage and real-time monitoring, making it difficult to continuously observe patient conditions. This study analyzes the design and development of an Electromyograph device and IoT-based muscle signal monitoring system developed using an EMG sensor, ESP-32 microcontroller, CodeIgniter framework, and MySQL database. The development method used is the Waterfall method consisting of five stages: requirement analysis, system design, implementation, integration & testing, and operation & maintenance. System testing was carried out using the Black Box Testing method on 12 functional modules with a total of 55 test scenarios. The results show that the IoT-based EMG prototype was successfully built at a cost of IDR 480,000 with dimensions of 17 x 6.5 cm, making it portable and far more affordable than conventional devices. The web-based monitoring system is capable of storing and visualizing muscle signal data in real-time in graphical form with millivolt (mV) units. Measurement results show average values of 800 mV in adolescent patients and 600 mV in pediatric patients. All 55 functional test scenarios were declared valid and in accordance with expectations. This study proves that the integration of EMG sensors with a web-based monitoring system in a single IoT platform can serve as an affordable and accessible alternative solution for small clinics, educational institutions, and independent health monitoring needs.

1. PENDAHULUAN

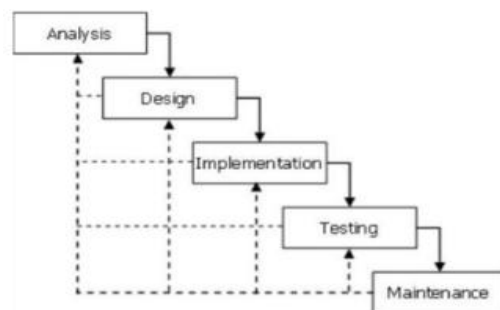
Kelainan otot merupakan kondisi medis yang mencakup berbagai gangguan pada otot tubuh, seperti distrofi otot, cedera otot, peradangan, maupun infeksi yang dapat menyebabkan penurunan kemampuan gerak dan memerlukan diagnosis akurat. Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi kondisi otot adalah dengan mengukur aktivitas listrik pada otot menggunakan alat Elektromiografi (EMG), yang terbukti mampu membedakan kondisi kontraksi dan relaksasi otot secara signifikan [1]. Namun, alat EMG konvensional memiliki keterbatasan serius berupa harga yang sangat mahal mencapai Rp85.000.000, ukuran besar, serta tidak mendukung penyimpanan dan monitoring data secara *real-time* [2][3]. Kemajuan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah membuka peluang pengembangan perangkat kesehatan yang terjangkau dan

terhubung, di mana data dapat dikirim, disimpan, dan diakses secara jarak jauh [4]. Beberapa penelitian telah membuktikan potensi penerapan *IoT* pada perangkat biomedis berbasis *EMG*, baik untuk monitoring sinyal otot secara *real-time* [5], pemantauan gerak otot pada penderita stroke [6], maupun sebagai media pembelajaran interaktif [7]. Penerapan *IoT* juga telah berkembang pada berbagai bidang monitoring lainnya seperti sistem monitoring suhu pada gudang penyimpanan [16] dan sistem berbasis ESP32 dengan integrasi web [15]. Namun demikian, masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan sensor *EMG* dengan sistem monitoring berbasis web secara lengkap dalam satu platform *IoT* yang portable dan berbiaya rendah. Penelitian ini menganalisis rancang bangun alat *Elektromiograf* dan sistem monitoring sinyal otot berbasis *IoT* menggunakan sensor *EMG*, mikrokontroler ESP-32, framework *CodeIgniter*, dan database *MySQL* sebagai solusi alternatif yang terjangkau dan mudah diakses, khususnya bagi klinik kecil, institusi pendidikan, maupun kebutuhan pemantauan kesehatan mandiri. Penelitian ini juga mengisi gap yang teridentifikasi dalam literatur terkait minimnya sistem yang mengintegrasikan *EMG* dengan monitoring berbasis web secara lengkap dalam satu platform *IoT*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membangun prototipe alat *Elektromiograf (EMG)* berbasis *IoT* yang portable dan berbiaya rendah sebagai alternatif alat *EMG* konvensional? Kedua adalah bagaimana merancang sistem monitoring sinyal otot berbasis web menggunakan *CodeIgniter* dan *MySQL* yang mampu menyimpan serta memvisualisasikan data secara *real-time*? Dan terakhir bagaimana hasil pengujian fungsional sistem monitoring sinyal otot yang telah dibangun dalam memenuhi kebutuhan pengukuran dan penyimpanan data pasien?

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Waterfall* yang merupakan pendekatan sistematis dan sekuensial dalam membangun perangkat lunak. Metode *Waterfall* dipilih karena tahapan pengembangannya yang terstruktur dan mudah dipantau, sehingga cocok diterapkan pada sistem yang kebutuhannya telah terdefinisi dengan jelas sejak awal [1]. Pendekatan ini dinilai lebih sesuai dibandingkan metode prototype pada kasus pengembangan sistem yang spesifikasinya sudah jelas dan tidak memerlukan banyak perubahan selama proses pengembangan berlangsung [2]. Tahapan metode *Waterfall* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar.1 Tahapan Waterfall

Berikut adalah penjabaran aktivitas peneliti dalam setiap tahapan, seperti terlihat dalam tabel 1 dibawah ini.

A. Requirement Analysis

Dilakukan analisis kebutuhan sistem berdasarkan identifikasi permasalahan keterbatasan alat *EMG* konvensional, dengan merumuskan kebutuhan fungsional untuk dua aktor utama yaitu admin dan operator. Hasil analisis kebutuhan fungsional sistem disajikan pada Tabel 1.

Tabel.1 **Aktivitas dalam Metode *Waterfall***

Kode	Fungsi	Aktor
EMG001	Sistem mampu melakukan login	Sistem
EMG002	Sistem mampu menampilkan data master admin	Admin
EMG003	Sistem mampu melihat detail data admin	Admin
EMG004	Sistem mampu mengedit data admin	Admin
EMG005	Sistem mampu menghapus data admin	Admin
EMG006	Sistem mampu menambahkan data admin	Admin
EMG007	Sistem mampu menampilkan data master pekerjaan pasien	Admin
EMG008-EMG011	Sistem mampu mengelola data pekerjaan pasien	Admin
EMG012-EMG016	Sistem mampu mengelola data dokter	Admin
EMG017-EMG021	Sistem mampu mengelola data spesialis dokter	Admin
EMG022-EMG026	Sistem mampu mengelola data ruang	Admin
EMG027-EMG031	Sistem mampu mengelola data penyakit	Admin
EMG032-EMG040	Sistem mampu mengelola data pasien dan riwayat pasien	Operator
EMG041-EMG045	Sistem mampu mengelola data operator	Admin
EMG046-EMG048	Sistem mampu melakukan monitoring sinyal otot	Operator

B. System Design

Dilakukan perancangan arsitektur sistem meliputi ERD dengan 11 entitas, perancangan antarmuka, dan perancangan hardware menggunakan sensor *EMG*, ESP-32, breadboard, elektroda, dan baterai 9V [3][4]. Pengembangan perangkat sensor medis berbasis *IoT* telah terbukti efektif dalam berbagai konteks *smart medical devices* [18].

C. Implementasi

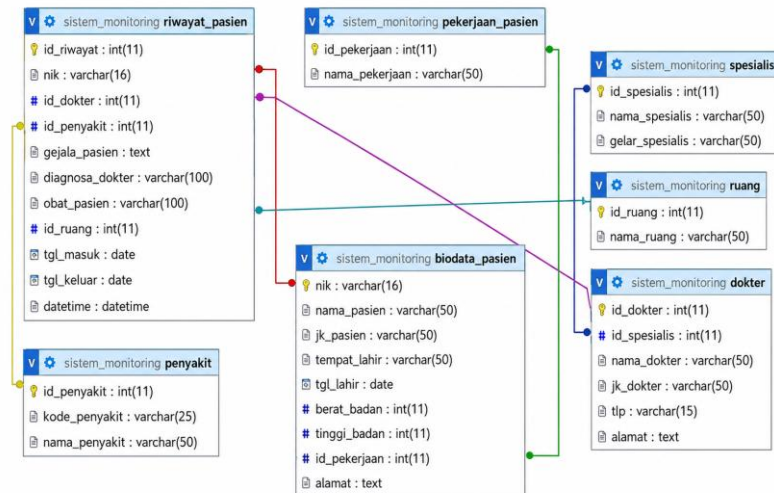
Sistem dibangun menggunakan *framework CodeIgniter* dengan pola MVC [5]. Hardware dirangkai dengan menghubungkan port SIG sensor *EMG* ke port D32 pada ESP-32 untuk mengirimkan data sinyal otot melalui WiFi secara *real-time* [6].

D. Integration & Testing

Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing terhadap 12 modul fungsional sistem untuk memverifikasi kesesuaian fungsi sistem dengan kebutuhan yang telah didefinisikan [7][8]. Pendekatan serupa juga diterapkan pada pengembangan perangkat medis berbasis *IoT* lainnya [17].

E. Operation & Maintenance

Tahap akhir berupa evaluasi sistem yang telah dibangun dan identifikasi kekurangan untuk perbaikan lebih lanjut, termasuk potensi penambahan fitur cetak hasil monitoring dan peningkatan spesifikasi hardware.



Gambar.4 Relasi Antar Tabel

2. Perancangan Database

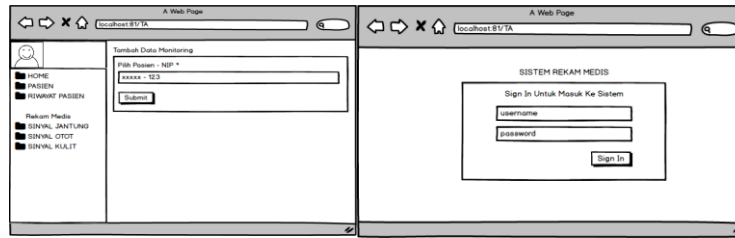
Perancangan *database* sistem terdiri dari 11 tabel yang saling berelasi [3]. Struktur tabel utama sistem ada pada Tabel 2.

Tabel.2 Struktur Tabel Utama Sistem

Nama Tabel	Primary Key	Field	Keterangan
Admin	id-Admin	5	Menyimpan data master admin
Operator	id-operator	5	Menyimpan data master operator
Biodata-Pasien	NIK	9	Menyimpan data biodata pasien
Pekerjaan-Pasien	id-Pekerjaan	2	Menyimpan data pekerjaan pasien
Dokter	id-Dokter	4	Menyimpan data dokter
Spesialis	id-Spesialis	2	Menyimpan data spesialis dokter
Ruang	id-Ruang	2	Menyimpan data ruang
Penyakit	id-penyakit	3	Menyimpan data penyakit
Riwayat-Pasien	id-Riwayat	7	Menyimpan riwayat pasien
Otot	id-Otot	4	Menyimpan data sinyal otot
Aktivitas-Otot	id-Aktivitas	3	Menyimpan aktivitas otot pasien

3. Perancangan Interface

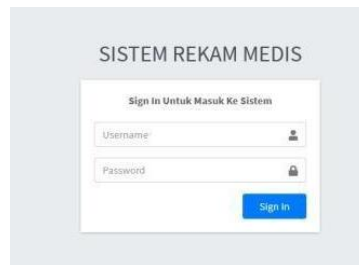
Perancangan antarmuka sistem terdiri dari dua sisi yaitu antarmuka admin dan antarmuka operator. Halaman utama sistem adalah halaman login yang digunakan oleh kedua aktor untuk mengakses sistem sesuai hak aksesnya. Selain halaman login, operator juga memiliki halaman monitoring sinyal otot yang menampilkan data sinyal dalam bentuk grafik secara *real-time*. Rancangan halaman login dan halaman monitoring sinyal otot ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar.5 Rancangan Halaman Login dan Monitoring Sinyal Otot

C. Implementasi Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Halaman login digunakan untuk mengakses sistem oleh admin maupun operator dengan menggunakan username dan password yang sesuai. Tampilan implementasi halaman login ditunjukkan pada Gambar 6.



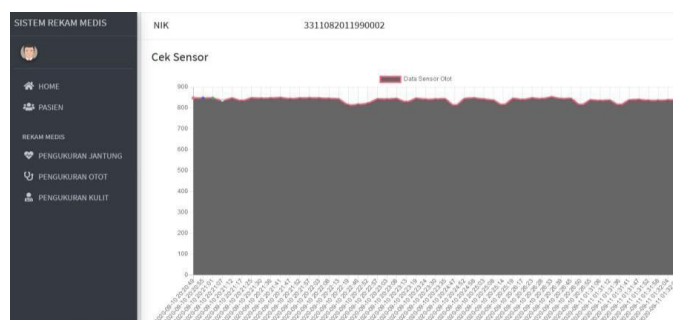
Gambar.6 Halaman Login

Halaman pengukuran otot digunakan operator untuk memilih NIK pasien sebelum melakukan monitoring agar data sinyal otot tersimpan sesuai identitas pasien. Tampilan halaman pengukuran otot ditunjukkan pada Gambar 7.



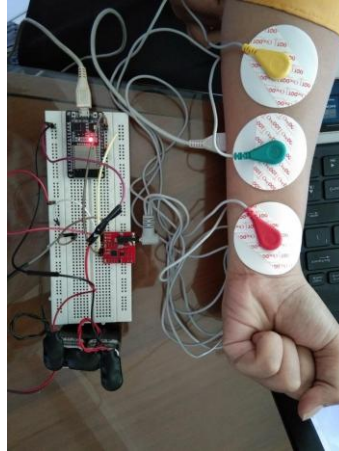
Gambar.7 Halaman Pengukuran Otot

Halaman data sinyal otot menampilkan hasil monitoring dalam bentuk grafik dengan satuan miliVolt (mV). Sistem mampu menampilkan data sinyal otot secara *real-time* setelah operator memasang elektroda pada lengan pasien dan menjalankan Arduino IDE. Tampilan halaman data sinyal otot ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar.8 Halaman Data Sinyal Otot

Implementasi pada sisi hardware menggunakan ESP-32 yang terhubung ke sensor EMG untuk mendeteksi sinyal listrik pada otot. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan ke database melalui jaringan WiFi secara real-time [4]. Penggunaan ESP-32 sebagai komponen utama IoT telah banyak diterapkan pada berbagai sistem monitoring kesehatan berbasis Android [19] maupun sistem berbasis WiFi lainnya [20]. Gambar 9 menunjukkan implementasi alat Elektromiografi yang telah dibangun.



Gambar.9 Implementasi Alat Elektromiografi

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing terhadap 12 modul fungsional. Metode ini dipilih karena mampu memverifikasi kesesuaian fungsionalitas sistem dengan kebutuhan yang telah didefinisikan tanpa perlu memahami struktur kode internal [7]. Hasil pengujian secara keseluruhan disajikan pada Tabel 3.

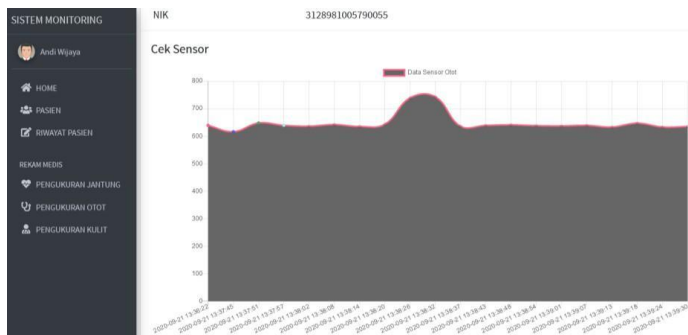
Tabel.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fungsional

No	Modul Pengujian	Perangkat	Pelaku/Target	Skenario	Hasil
1	Pengujian Hardware	Sensor EMG, ESP-32, elektroda	Peneliti	3	Valid
2	Pengujian Login	Laptop, Browser	Admin, Operator	8	Valid
3	Pengujian Data Admin	Laptop, Browser	Admin	5	Valid
4	Pengujian Data Pekerjaan	Laptop, Browser	Admin	4	Valid
5	Pengujian Data Dokter	Laptop, Browser	Admin	5	Valid
6	Pengujian Spesialis	Laptop, Browser	Admin	4	Valid
7	Pengujian Data Penyakit	Laptop, Browser	Admin	4	Valid
8	Pengujian Ruang	Laptop, Browser	Admin	4	Valid
9	Pengujian Data Operator	Laptop, Browser	Admin	5	Valid
10	Pengujian Pasien	Laptop, Browser	Operator	5	Valid
11	Pengujian Riwayat Pasien	Laptop, Browser	Operator	5	Valid
12	Pengujian Monitoring Otot	Sensor EMG, ESP-32, Laptop	Operator, Pasien	3	Valid
Total				55	Valid

Berdasarkan Tabel 3, seluruh 55 skenario pengujian dari 12 modul fungsional sistem dinyatakan valid dan sesuai harapan. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dibangun telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah didefinisikan pada tahap analisis [8]. Pada pengujian sinyal otot, sistem berhasil merekam dan menampilkan data sinyal otot dalam bentuk grafik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sinyal otot pada pasien remaja berkisar pada angka 800 mV, sedangkan pada pasien anak-anak berkisar pada angka 600 mV. Perbedaan nilai sinyal ini menunjukkan bahwa aktivitas listrik otot dipengaruhi oleh usia dan kondisi fisik pasien, sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa besaran sinyal otot bervariasi tergantung kondisi dan aktivitas otot yang diukur [1]. Hasil pengukuran sinyal otot pada kedua kelompok pasien ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar.10 Sinyal Otot Remaja



Gambar.11 Sinyal Otot Anak-Anak

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa Prototipe alat Elektromiograf (*EMG*) berbasis *IoT* berhasil dirancang menggunakan sensor *EMG* dan mikrokontroler ESP-32 dengan biaya produksi sebesar Rp480.000, jauh lebih terjangkau dibandingkan alat *EMG* konvensional yang mencapai Rp85.000.000, serta memiliki dimensi yang jauh lebih kecil yaitu 17 x 6,5 cm dengan berat 480 gram sehingga bersifat portable dan mudah digunakan. Kemudian, sistem monitoring sinyal otot berbasis web berhasil diimplementasikan menggunakan *framework CodeIgniter* dan *database MySQL* dengan 11 tabel yang saling berelasi, serta mampu menyimpan dan memvisualisasikan data sinyal otot secara *real-time* dalam bentuk grafik dengan satuan miliVolt (mV). Dan terakhir adalah hasil pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing terhadap 12 modul sistem dengan total 55 skenario uji menunjukkan bahwa seluruh skenario dinyatakan valid dan sesuai harapan, membuktikan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan data sinyal otot tidak dapat dimanipulasi. Hasil pengukuran sinyal otot menunjukkan nilai rata-rata 800 mV pada pasien remaja dan 600 mV pada pasien anak-anak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. A. Kurniyanti and D. Murdiani, "Perbandingan Model *Waterfall* Dengan Prototype Pada Pengembangan System Informasi Berbasis Website," *Jurnal Syntax Fusion*, vol. 2, no. 08, pp. 669–675, 2022.
- [2] W. Ningsih and H. Nurfauziah, "Perbandingan Model *Waterfall* Dan Metode Prototype Untuk Pengembangan Aplikasi Pada Sistem Informasi," *Jurnal Ilmiah METADATA*, vol. 5, no. 1, pp. 83–95, 2023.
- [3] E. Setyaningsih, Y. Calvinus, and L. Arifandi, "Perancangan Sistem *Database* untuk Pengontrol Sensor Suhu dan Kelembapan Melalui Web untuk Ruang Laboratorium LED," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, 2023.
- [4] R. S. P. Wahyudi, "Sistem Monitoring Jadwal dan Jumlah Pakan Ikan Berbasis *Internet of Things* Menggunakan ESP32," *Jurnal Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 1, no. 2, pp. 38–43, 2026.
- [5] M. R. Arianto, "Implementasi Sistem Informasi Pendaftaran Pasien Rawat Inap Menggunakan *Codeigniter* 4.0 Pada Puskesmas Gunungsari," *Explore*, vol. 13, no. 2, pp. 68–73, 2023.
- [6] C. Austin, M. Mulyadi, and S. Octaviani, "Implementasi *IoT* dengan ESP 32 Untuk Pemantauan Kondisi Suhu Secara Jarak Jauh Menggunakan MQTT Pada AWS," *Jurnal Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 46–55, 2022.
- [7] F. K. S. Dewi, S. P. Adithama, and A. T. Suhardi, "Pengujian Aplikasi Doctor to Doctor Menggunakan Metode Black Box Testing," *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 1, pp. 61–72, 2023.
- [8] D. Mardiaty and Y. Saputra, "Implementasi Sistem Informasi Manajemen Klinik Menggunakan Metode Black Box Testing," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, 2025.
- [9] H. N. Endah, H. Sumarti, and H. H. Kusuma, "Perbandingan Aktivasi Otot Trisep pada Kondisi Kontraksi dan Relaksasi Menggunakan Elektromiografi (*EMG*) Portabel Berbasis Android," *Polygon: Jurnal Ilmu Komputer Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 2, no. 5, pp. 80–91, 2024.
- [10] G. Arunsankar, B. Gopi, R. Sampathrajan, S. Sasikala, A. Vanathi, and C. Srinivasan, "*IoT* Controlled Device to Manage the *EMG* Signals of the Patient and Alert in Real Time," in *2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, pp. 1365–1370, IEEE, 2023.
- [11] R. Hanapi, I. Hikmah, and A. T. Hidayat, "Monitoring Human Muscle Signal Using Electromyography Sensor Based on Internet of Things," in *2023 IEEE International Biomedical Instrumentation and Technology Conference (IBITeC)*, pp. 187–192, IEEE, 2023.
- [12] I. G. M. S. B. Pracasitaram, I. G. P. Sindu, and I. P. S. Arsa, "Development of an *IoT*-Enabled Myoelectric Signal Monitoring System as an Interactive Instructional Tool for Electrical Engineering Education," *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 2, pp. 174–187, 2026.
- [13] H. Muchtar, S. Bahri, H. Isyanto, and A. Darmawan, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Perkembangan Gerak Otot pada Penderita Stroke Berbasis *IoT*," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 33–36, 2023.
- [14] I. W. Ramadhan and S. Adinandra, "Penerapan *IoT* dalam Sistem Monitoring Kesehatan: Inovasi dan Implementasi," *Techno.com*, vol. 23, no. 4, 2024.
- [15] M. F. Alfarezy, M. R. Pasri, Y. J. Indah, and D. Febriyanti, "Sistem Absensi Berbasis *IoT* Menggunakan ESP32 dengan Integrasi Web," *Jurnal SINTIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 24–31, 2026.
- [16] R. Santosa, P. A. Sari, and A. T. Sasongko, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis *IoT* pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 4, pp. 391–400, 2023.
- [17] S. Ramadhan, F. Bina, and W. A. Prasetyanto, "Integrasi Perangkat Fetal Doppler Dan Aplikasi Berbasis *IoT* Untuk Pemantauan Kesehatan Janin: Studi Pengembangan Dan Uji Kinerja," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 9, no. 3, pp. 606–613, 2025.
- [18] R. Rulaningtyas, A. P. Putra, O. N. Rahma, K. Katherine, I. M. M. D. P. Wibawa, and K. S. I. Ryadi, "Pelatihan Pembuatan Sensor Medis Berbasis *IoT* Sebagai Pengenalan Smart Medical Devices," *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 102–111, 2023.

- [19]A. R. F. Utama and S. Sitohang, "Prototype Sistem Monitoring Kesehatan Tubuh Menggunakan *IoT* Berbasis Android," *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, vol. 12, no. 4, pp. 31–40, 2025.
- [20]W. Tulummah, "Pengembangan Sistem Kunci dan Bell Pintu Berbasis WiFi Menggunakan ESP32-CAM Terintegrasi Telegram," *Journal Electric Field*, vol. 1, no. 2, pp. 70–78, 2024.