

DEVELOPMENT OF AN IOT-ENABLED MYOELECTRIC SIGNAL MONITORING SYSTEM AS AN INTERACTIVE INSTRUCTIONAL TOOL FOR ELECTRICAL ENGINEERING EDUCATION

¹I Gede Made Surya Bumi Pracasitaram, ²I Gede Parta Sindu, ³I Putu Suka Arsa

^{1,2,3} Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha

¹ipracasitaram@undiksha.ac.id, ²partha.sindu@undiksha.ac.id, ³suka.arsa@undiksha.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 1 Mei 2026

Disetujui : 22 Mei 2026

Kata Kunci :

Electromyography, EMG, IoT, Biomedical, Media Pembelajaran.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan sistem pemantauan sinyal *myoelektrik* (EMG) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dalam bidang instrumentasi biomedis. Sistem ini menggunakan sensor EMG untuk menangkap aktivitas otot, dengan mikrokontroler ESP8266 yang mengirimkan data secara real-time ke platform *Blynk* untuk visualisasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, dengan respons linier yang kuat antara beban dan tegangan sinyal EMG. Validasi oleh ahli media dan pengujian oleh mahasiswa menunjukkan bahwa media pembelajaran ini sangat layak digunakan, dengan skor kelayakan rata-rata di atas 90% dan skor kegunaan 71,5 dari 75. Namun, ada beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, perbaikan pada kualitas elektroda dan penambahan *shielding* pada kabel sensor untuk mengurangi interferensi. Kedua, pengembangan fitur penyimpanan data (*data logging*) untuk analisis jangka panjang dan penerapan algoritma *machine learning* untuk klasifikasi pola aktivitas otot secara otomatis. Penerapan fitur-fitur ini akan meningkatkan fungsionalitas dan aplikatif sistem dalam konteks pendidikan teknik dan biomedis.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : May 1, 2026

Accepted : May 22, 2026

Keywords:

Electromyography, EMG, IoT, Biomedical, Learning Media.

ABSTRACT

This study discusses the development of an Internet of Things (IoT)-based myoelectric signal monitoring system using Electromyography (EMG) as an interactive learning medium in biomedical instrumentation education. The proposed system utilizes an EMG sensor to capture muscle activity signals, while an ESP8266 microcontroller transmits the acquired data in real time to the Blynk platform for visualization and monitoring purposes. Experimental results demonstrate that the system operates properly and exhibits a strong linear response between load variation and EMG signal voltage. Validation conducted by media experts and testing involving university students indicate that the developed learning media is highly feasible for educational use, achieving an average feasibility score above 90% and a usability score of 71.5 out of 75. Despite these positive results, several improvements are recommended for future development. These include enhancing electrode quality and adding shielding to the sensor cables to minimize electromagnetic interference. Furthermore, future studies may integrate data logging features for long-term analysis and implement machine learning algorithms for automatic muscle activity pattern classification. The integration of these features is

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kesehatan di era digital berada pada persimpangan antara Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0, di mana integrasi sistem cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) telah menjadi bagian integral dari berbagai sektor, termasuk layanan kesehatan (Ahsan and Siddique, 2022;). Teknologi digital tidak lagi memposisikan perangkat medis sebagai sistem yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari ekosistem terhubung yang memungkinkan pemantauan dan pengolahan data secara real-time (Abdulmalek *et al.*, 2022; Qi, 2025). Transformasi ini mendorong terciptanya layanan kesehatan yang lebih prediktif, efisien, dan berbasis data melalui pemanfaatan konektivitas yang luas (Al-kahtani, Khan and Taekeun, 2022; Yen and Lim, 2023).

Dalam konteks pendidikan teknik, perubahan tersebut menuntut peningkatan literasi teknologi mahasiswa yang tidak hanya terbatas pada pengoperasian perangkat, tetapi juga mencakup pemahaman mendalam mengenai hubungan antara aktivitas biologis manusia dan representasi digitalnya. Kemampuan untuk mengkonversi sinyal analog dari tubuh menjadi data digital yang akurat menjadi kompetensi penting dalam bidang biomedical engineering (Morales-Botello *et al.*, 2021). Seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat *wearable* dan sistem monitoring kesehatan mandiri (sys *et al.*, 2012), mahasiswa dituntut untuk mampu merancang solusi teknologi yang adaptif dan aplikatif (Lowndes *et al.*, 2017; Karthickraja *et al.*, 2020).

Salah satu instrumen penting dalam teknik biomedis adalah *Electromyography* (EMG) (Sarhan, Al-Faiz and Takhakh, 2023), yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas listrik otot. Namun, dalam pembelajaran teknik elektro, pemahaman terhadap sinyal *myoelektrik* seringkali menjadi tantangan karena karakteristik

sinyal yang beramplitudo sangat kecil (mikrovolt) dan rentan terhadap noise (Greenwood *et al.*, 2015). Selain itu, media pembelajaran konvensional di laboratorium umumnya bersifat statis dan terbatas pada pengamatan lokal kahtanimenggunakan osiloskop, sehingga mahasiswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan dinamika sinyal secara interaktif dan berkelanjutan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem berbasis EMG untuk berbagai aplikasi, seperti kendali prostetik dan identifikasi gerakan (Wilson and Vaidyanathan, 2017; Li, Shi and Yu, 2021). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek teknis perangkat keras tanpa mengintegrasikannya ke dalam sistem pembelajaran yang fleksibel. Di sisi lain, penerapan IoT dalam pendidikan teknik terbukti mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa melalui akses data secara jarak jauh (Sakib *et al.*, 2022). Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pengembangan modul EMG yang dirancang secara khusus untuk kebutuhan pedagogis dengan fitur monitoring berbasis *cloud* yang ekonomis (Uppal *et al.*, 2022).

Selain itu, keterbatasan media praktikum yang mampu menampilkan data secara real-time melalui perangkat personal, seperti *smartphone*, berdampak pada rendahnya minat dan literasi teknologi mahasiswa dalam bidang sensor biomedis (Stamenova *et al.*, 2020; Hassan and Tapper, 2025). Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang mampu menjembatani konsep pengkondisian sinyal dengan implementasi IoT dalam konteks biomedical engineering (Zhou, Ho and Javadi, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan, menguji, dan memvalidasi sebuah modul sensor *Electromyography* (EMG) berbasis IoT sebagai media pembelajaran interaktif dalam bidang instrumentasi biomedis.

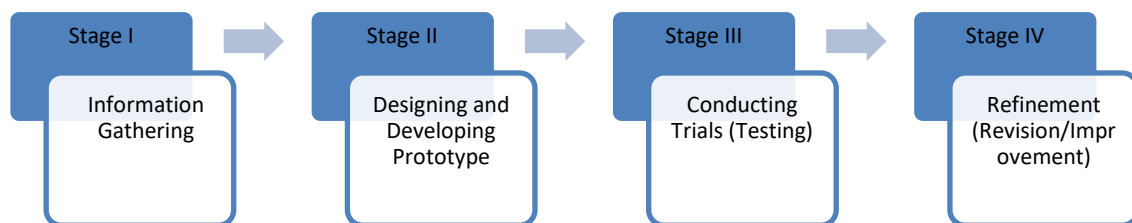
Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan modul EMG berbiaya rendah yang mengintegrasikan akuisisi sinyal biopotensial dengan visualisasi data berbasis *cloud* secara real-time, serta dilengkapi dengan validasi pedagogis untuk mendukung proses pembelajaran teknik. Secara praktis, penelitian ini diharapkan

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi model R&D *Borg and Gall* yang dimodifikasi, yang terdiri dari empat tahapan (detail pada Gambar.1). Penelitian ini difokuskan pada perancangan perangkat keras (hardware) dan integrasi sistem perangkat lunak (software) (Moh Jauhariyanto, Farihin Lazim and Achmad Baijuri, 2025). Pendekatan ini dipilih guna menghasilkan

dapat memberikan solusi media pembelajaran yang adaptif terhadap perkembangan teknologi digital, sementara secara teoritis berkontribusi pada pengembangan pemanfaatan IoT dalam pendidikan teknik, khususnya dalam visualisasi fenomena bio-elektrik.

prototipe monitoring sinyal *myoelectric* berbasis IoT, media pembelajaran berupa instrumen medis (yang mampu melakukan akuisisi data analog dari parameter fisiologis tubuh manusia secara real-time, yang kemudian ditransformasikan menjadi data digital melalui platform Internet of Things (IoT).



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Kerangka kerja penelitian disusun secara sistematis ke dalam empat tahapan utama sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.

Langkah-langkah dalam penelitian ini disusun secara kronologis untuk memastikan setiap tahapan pengembangan terdokumentasi dengan baik. Alur ini mencakup fase pra-desain, pengembangan sistem, hingga evaluasi akhir. Secara mendetail, alur penelitian meliputi: 1) Pengumpulan informasi: Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait sensor, dan *microcontroller* yang akan digunakan pada penelitian ini. Studi

terhadap penelitian-penelitian terdahulu juga dilakukan pada tahap ini. 2) Merancang dan membuat prototype: Berdasarkan analisis kebutuhan pada tahap sebelumnya maka pada tahap ini akan dilakukan perancangan dan pembuatan prototipe alat. 3). Melakukan uji coba prototype: Pada tahap ini akan dilakukan pengujian prototipe yang telah dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang diinginkan. 4). Perbaiki alat: Pada tahap ini akan dilakukan perbaikan pada alat yang telah dibuat jika terjadi kesalahan-kesalahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Hardware

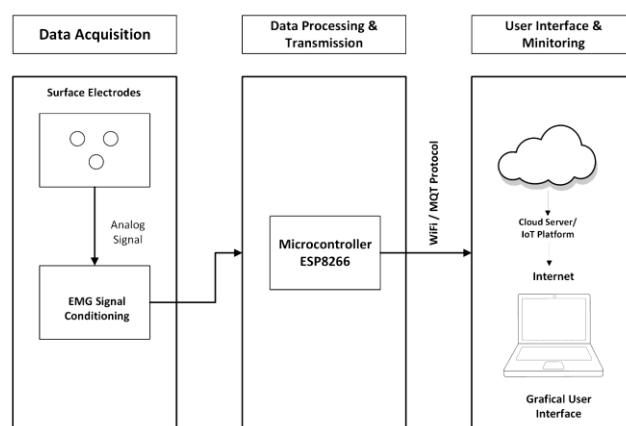
Perancangan perangkat keras pada penelitian ini bertujuan untuk membangun

suatu prototipe media pembelajaran sensor Electromyography (EMG) berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan akuisisi sinyal otot secara real-time,

memproses data, serta menampilkannya melalui platform monitoring berbasis cloud. Secara umum, sistem dirancang dalam tiga subsistem utama, yaitu (1) *Data Acquisition*, (2) *Data Processing and Transmission*, dan (3) *User Interface and Monitoring*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada tahap *Data Acquisition*, sinyal EMG diperoleh melalui *surface electrodes* yang ditempatkan pada permukaan kulit. Elektroda ini menangkap aktivitas listrik

otot dalam bentuk sinyal analog beramplitudo rendah. Karena sinyal EMG sangat rentan terhadap noise, terutama dari sumber artefak gerakan dan interferensi listrik, maka sinyal terlebih dahulu melalui rangkaian EMG signal conditioning. Rangkaian ini meliputi proses penguatan (*amplification*), penyaringan (*filtering*), serta normalisasi sinyal sehingga sinyal yang keluar memiliki rentang yang sesuai untuk dilakukan konversi analog-ke-digital (*ADC*), yakni pada kisaran 0–3.3 V.



Gambar 2. Perancangan Hardware

Tahap berikutnya adalah *Data Processing and Transmission*. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ESP8266, yang berfungsi melakukan akuisisi digital terhadap sinyal terkondisi melalui modul ADC internal. Selain melakukan pemrosesan dasar, ESP8266 dipilih karena kelengkapannya dengan modul Wi-Fi terintegrasi, yang memungkinkan pengiriman data secara nirkabel menggunakan protokol HTTP maupun MQTT ke server IoT tanpa memerlukan modul tambahan. Kapabilitas ini menjadikan ESP8266 ideal untuk aplikasi monitoring berbasis cloud dan sistem pembelajaran interaktif.

Tahap ketiga adalah *User Interface and Monitoring*. Data yang telah dikirimkan oleh mikrokontroler diterima oleh Blynk IoT Cloud, yang berfungsi sebagai platform penyimpanan, visualisasi, dan akses data secara daring. Penggunaan Blynk

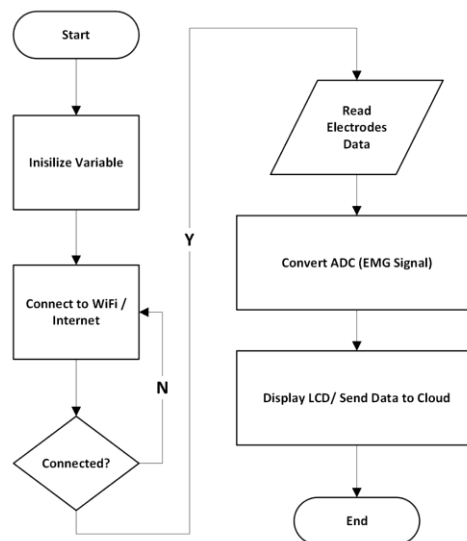
memudahkan integrasi karena mendukung pengembangan *Graphical User Interface (GUI)* secara cepat melalui dashboard berbasis web maupun aplikasi seluler. Dengan demikian, pengguna—dalam hal ini mahasiswa maupun dosen—dapat memantau aktivitas otot secara real-time, melakukan analisis pola kontraksi otot, serta mengamati respon pergerakan melalui grafik atau indikator digital.

Integrasi ketiga subsistem tersebut memungkinkan prototipe bekerja secara end-to-end mulai dari pengambilan sinyal otot, pengolahan data, hingga penyajian informasi secara intuitif. Dengan arsitektur berbasis IoT, media pembelajaran ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemahaman mahasiswa terhadap prinsip kerja sensor EMG, pemrosesan sinyal biopotensial, serta pemanfaatan IoT dalam aplikasi biomedical engineering.

3.2 Perancangan Software

Berikut adalah Flowcat diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3, Flowchart di tersebut menggambarkan proses perancangan software yang terdiri dari beberapa tahapan. Proses dimulai dari langkah Mulai sebagai penanda awal program. Selanjutnya dilakukan inisiasi variabel, port mikrokontroler, dan LCD, karena dalam pemrograman mikrokontroler langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan port mana yang digunakan sebagai input maupun output. Setelah itu, mikrokontroler dihubungkan ke

internet agar dapat mengirim dan menerima data. Tahap berikutnya adalah membaca input dari elektroda sensor EMG, yang berfungsi mendeteksi sinyal otot pengguna. Data hasil pembacaan sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler. Hasil akhir dari proses pengolahan tersebut ditampilkan pada layar LCD dan dikirimkan ke aplikasi Blynk pada platform IoT Cloud untuk pemantauan lebih lanjut. Setelah seluruh proses selesai, program mencapai tahap Selesai sebagai penutup alur kerja.



Gambar 3. Flowcat Diagram

3.3 Pengujian Sistem

Pada tahap ini penelitian mencapai tahap akhir, dimana dilaksanakan pengujian untuk mengetahui kinerja dari masing-masing blok sistem, Adapun beberapa pengujian yang dilakukan

diantaranya adalah sebagai berikut; 1) Pengujian power supply untuk keseluruhan system, 2) Pengujian LCD, 3) Pengujian Port (I/O) Mikrokontroller, 4) Pengujian Sensor Electromyography (EMG).

Tabell. Hasil Pengujian Power Supplay

Test (n)	Voltage (V)	Description
Test 1	4,7	Arduino Active
Test 2	4,65	Arduino Active
Test 3	4,7	Arduino Active
Test 4	4,7	Arduino Active
Test 5	4,7	Arduino Active
Test 6	4,68	Arduino Active

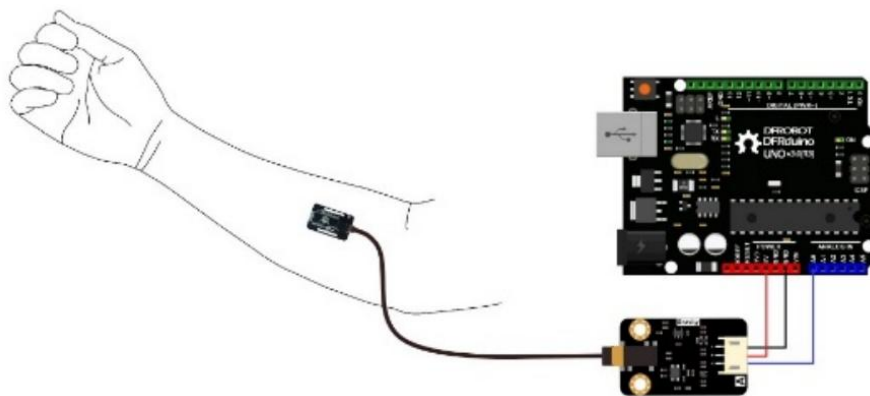
Dari data Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian stabilitas keluaran tegangan (output voltage) pada unit Power Supply/ catu daya yang digunakan untuk menggerakkan Sistem dan mikrokontroler Arduino. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali ($n=6$) untuk memastikan konsistensi performa elektrik sistem. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai tegangan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 4,688 V dengan deviasi yang sangat minim, di mana nilai tertinggi berada pada 4,7 V dan nilai terendah pada 4,65 V.

Fluktuasi tegangan sebesar 0,05 V ini masih berada dalam batas toleransi operasional mikrokontroler, sehingga sistem tetap berada dalam kondisi "Active" (aktif) secara stabil di seluruh percobaan. Konsistensi tegangan ini krusial untuk mencegah terjadinya reboot mendadak atau galat pada proses akuisisi data analog yang dilakukan oleh sensor pada tahap penelitian selanjutnya.



Gambar 4. Tampilan Testing Display LCD OLED.

Hasil pengujian terhadap modul LCD DISPLAY pada prototipe menunjukkan bahwa



Gambar 5. Blok Pengujian Sensor EMG.

Selanjutnya tahap pengujian sensor Electromyography (EMG), ini dilakukan untuk memastikan bahwa rangkaian akuisisi sinyal,

komponen tampilan bekerja secara optimal dan mampu menampilkan informasi sistem dengan stabil. Pengujian dilakukan dengan menyalakan perangkat secara berulang dalam beberapa sesi pengetesan untuk memastikan konsistensi performa tampilan. Berdasarkan hasil observasi yang ditunjukkan pada Gambar 4, seluruh elemen tampilan pada LCD DISPLAY mampu menampilkan data pembacaan sensor dan informasi sistem tanpa mengalami gangguan seperti flicker, delay, maupun distorsi karakter.

Selama pengujian, LCD DISPLAY merespons perintah dari mikrokontroler dengan baik, baik pada saat inisialisasi maupun saat terjadi perubahan nilai input secara dinamis. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara mikrokontroler dan modul display berlangsung stabil serta protokol komunikasi yang digunakan (I2C) berjalan sesuai dengan konfigurasi yang direncanakan. Selain itu, tingkat kecerahan dan kontras tampilan dinilai cukup baik untuk kebutuhan media pembelajaran sehingga informasi yang disajikan dapat dibaca dengan jelas oleh pengguna.

Berdasarkan keseluruhan hasil uji coba tersebut, dapat disimpulkan bahwa LCD DISPLAY berfungsi dengan baik, reliabel, dan layak digunakan sebagai komponen antarmuka utama pada prototipe media pembelajaran Sensor EMG berbasis IoT. Keandalan tampilan ini mendukung efektivitas proses monitoring, terutama saat digunakan dalam kegiatan praktikum dan pembelajaran berbasis demonstrasi.

penempatan elektroda, serta proses pembacaan dan pengolahan sinyal bekerja sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Rangkaian

pengujian disusun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, di mana sensor EMG dihubungkan dengan modul pengkondisi sinyal dan selanjutnya diteruskan ke mikrokontroler untuk proses digitalisasi dan transmisi data. Tahap pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas sinyal EMG yang diperoleh dari berbagai kondisi aktivasi otot.

Pada prosedur pengujian, elektroda ditempelkan pada otot lengan kanan—umumnya pada kelompok otot flexor atau extensor—karena area ini menghasilkan sinyal biopotensial yang cukup kuat dan stabil untuk aktivitas kontraksi dasar. Penempatan elektroda mengikuti prinsip standar pengukuran EMG permukaan, yaitu dua elektroda aktif ditempatkan sejajar dengan serabut otot dan satu elektroda referensi ditempatkan pada area tulang atau jaringan yang minim aktivitas listrik. Dengan konfigurasi tersebut, sensor diharapkan mampu menangkap perubahan potensial listrik yang muncul akibat aktivasi otot, baik dalam kondisi relaksasi maupun kontraksi.

Pengujian dilakukan melalui beberapa skenario. Pertama, pengujian pada kondisi relaksasi, yaitu ketika otot tidak melakukan aktivitas motorik. Tahap ini penting untuk memperoleh sinyal dasar (baseline) dan mengidentifikasi tingkat noise sistem. Sinyal EMG pada kondisi relaksasi idealnya menunjukkan amplitudo yang rendah dan stabil


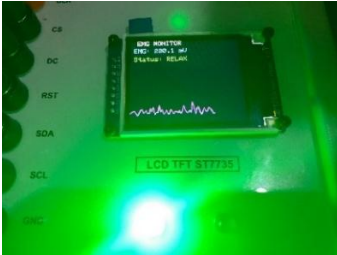
sehingga dapat menjadi acuan pembandingan untuk kondisi aktivasi berikutnya.

Kedua, pengujian pada kondisi kontraksi otot. Pada tahap ini, peserta diminta melakukan aktivasi otot secara bertahap. Pengujian dibagi menjadi dua kategori, yaitu kontraksi tanpa beban dan kontraksi dengan beban. Pada kontraksi tanpa beban, otot diaktifkan secara volunter tanpa tambahan gaya eksternal. Pengujian ini digunakan untuk melihat respons dasar sensor terhadap aktivitas otot ringan hingga sedang. Selanjutnya, pada pengujian kontraksi dengan beban, digunakan variasi beban yang berbeda untuk menghasilkan intensitas kontraksi yang beragam. Peningkatan beban secara teoritis akan meningkatkan amplitudo sinyal EMG seiring meningkatnya perekrutan unit motorik pada otot.



Melalui rangkaian pengujian tersebut, diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai performa sensor EMG dalam mendeteksi aktivitas otot pada berbagai kondisi. Hasil pengukuran dari setiap skenario menjadi dasar evaluasi reliabilitas sistem serta keefektifan rangkaian pengkondisi sinyal dan mekanisme transmisi data pada prototipe media pembelajaran berbasis IoT ini.

Pada tahap ini merupakan kondisi dimana pengujian tegangan pada otot lengan kanan atas pada kondisi kontraksi relaksasi tanpa beban.

Tabel 2. Hasil Pengujian Saat Otot Kondisi Relaksasi

Kondisi Relaksasi	Grafik	Tegangan
		<p style="text-align: center;">280,1 mV</p>

Tabel 3. Hasil Pengujian Saat Otot Kondisi Kontraksi (tanpa beban)

Kondisi Kontraksi	Grafik	Tegangan
		<p style="text-align: center;">1133,4 mV</p>

Dari hasil pembacaan sensor pada Tabel 2 saat otot relaksasi lampu indikator hijau menyala dan hasil pembacaan tegangan yang dihasilkan sensor sebesar 280,1 mV. Data pada Tabel 3

mengindikasikan hasil pembacaan sensor saat otot kontraksi lampu indikator kuning menyala dan hasil pembacaan tegangan yang dihasilkan sensor sebesar 1133,4 mV.

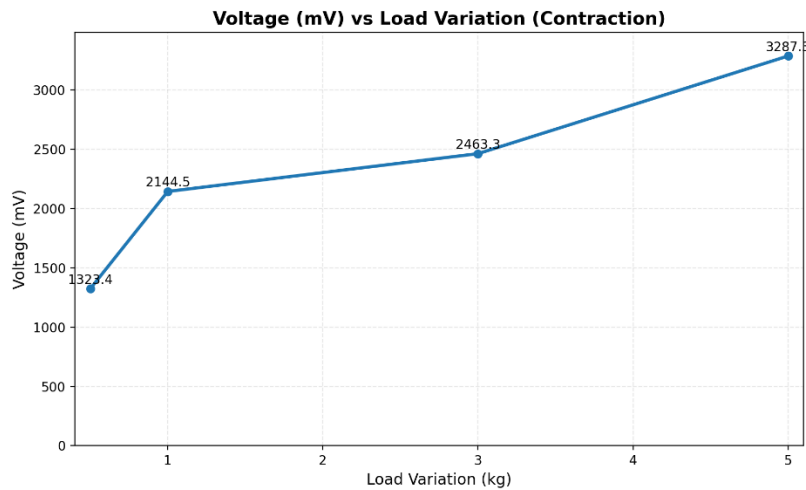
Tabel 4. Hasil Pengujian Variasi Beban Saat Kontraksi

Load Variation	Condition	Voltage (mV)
0,5 kg	Contraction	1323,4
1 kg	Contraction	2144,5
3 kg	Contraction	2463, 3
5kg	Contraction	3287,3

Pengujian sensor EMG pada kondisi kontraksi dengan beban dilakukan untuk mengevaluasi respons sinyal otot terhadap peningkatan intensitas kerja otot. Pada tahap ini, subjek diminta melakukan kontraksi otot lengan kanan bagian atas (umumnya otot biceps brachii) dengan menggunakan variasi beban 0,5 kg, 1 kg, 3 kg, dan 5 kg. Beban diberikan menggunakan barbel untuk memastikan kestabilan massa dan kemudahan pengulangan gerakan selama proses pengukuran. Variasi beban ini dirancang untuk

mengamati hubungan antara besarnya beban dan amplitudo sinyal EMG yang dihasilkan.

Secara fisiologis, peningkatan beban pada aktivitas kontraksi otot menyebabkan meningkatnya perekrutan motor unit sehingga menghasilkan sinyal biopotensial dengan amplitudo yang lebih tinggi. Kondisi ini dapat diamati melalui nilai tegangan yang diperoleh dari sensor EMG. Hasil pengujian pada masing-masing variasi beban ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 6. Blok Pengujian Sensor



Gambar 7. Pengujian Aplikasi Blynk IoT Cloud

Dari data Grafik Gambar 6. hasil pengujian keseluruhan modul EMG yang dikembangkan dapat beroperasi dengan baik. Saat pengujian dengan beban 0,5 kg, hasil pembacaan sensor menunjukkan tegangan sebesar 1323,4 mV. Pengujian dengan beban 1 kg pembacaan sensor menunjukkan tegangan sebesar 2144,5 mV. Saat pengujian dengan beban 3 kg pembacaan sensor menunjukkan tegangan sebesar 2463, 3 mV; dan Pengujian dengan beban 5 kg pembacaan sensor menunjukkan tegangan sebesar 3287,3 mV.

3.4 Pengujian Oleh Ahli Media dan Uji Coba Oleh Mahasiswa

Setelah diuji secara sistem kemudian dilakukan validasi oleh ahli media dan serta uji

Pada pengujian IoT Cloud (Blynk IoT Cloud) yang ditampilkan pada Gambar 7. menunjukkan sistem telah berhasil terkoneksi ke Blynk IoT Cloud dan User Interface menunjukkan saat sensor membaca otot dalam kondisi "relax" dan pada saat otot dalam kondisi "kontraksi". Dalam pengujian ini mengabaikan beban yang diberikan saat otot dalam kondisi kontraksi, hanya berfokus pada pengujian user interface bahwa sistem IoT Cloud sudah berhasil menampilkan pembacaan dari sensor EMG.

coba oleh mahasiswa untuk mengetahui kelayakan media pembelajaran. Data validasi ahli media diperoleh melalui instrumen kuesioner evaluasi yang secara khusus

mengukur aspek media pembelajaran Sensor EMG berbasis IoT untuk mata kuliah Sensor dan Aktuator. Secara paralel, validasi konten

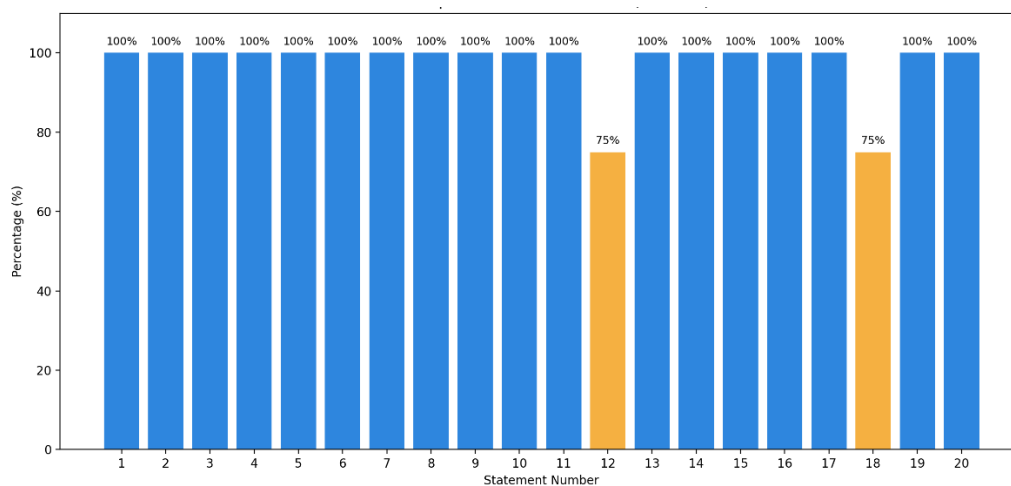
dilakukan menggunakan kuesioner 20 butir pernyataan yang diisi oleh pakar materi dan Ahli Media.



Gambar 8. Modul Electromyography (EMG)



Gambar 9. Dokumentasi Pengujian Modul EMG



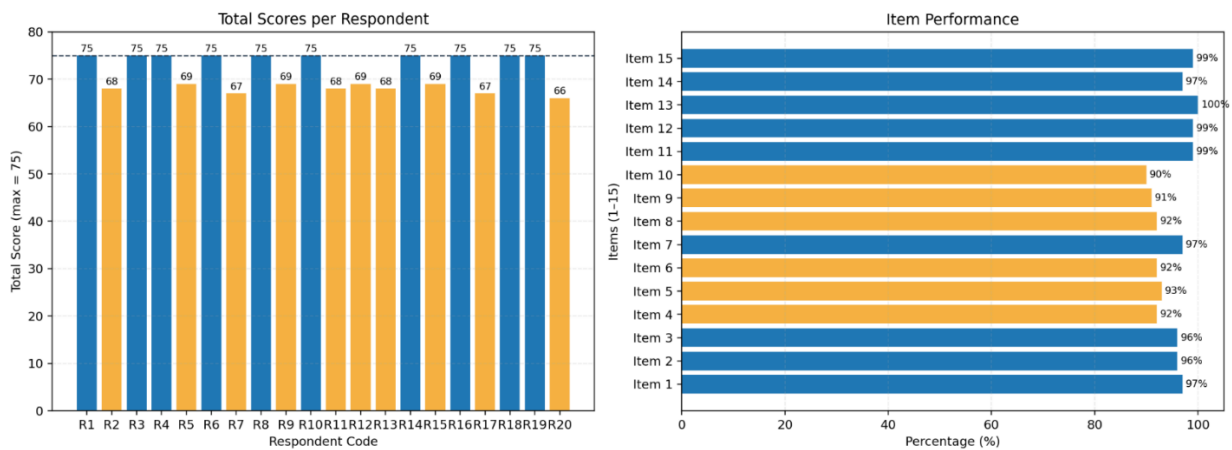
Gambar 10. Media Expert Validaton

Berdasarkan hasil validasi ahli media yang disajikan pada grafik, terlihat bahwa sebagian besar dari 20 pernyataan memperoleh persentase kelayakan sebesar 100%, menunjukkan bahwa

hampir seluruh aspek media pembelajaran dinilai sangat layak oleh validator. Hanya dua pernyataan, yaitu pernyataan nomor 12 dan 18, yang memperoleh persentase 75%, namun nilai

tersebut masih berada dalam kategori layak sehingga tidak mengurangi kualitas keseluruhan media secara signifikan. Secara agregat, total persentase kelayakan mencapai 97,5%, yang mengindikasikan bahwa media pembelajaran telah memenuhi standar kelayakan baik dari sisi tampilan, konstruk, keamanan, kemudahan penggunaan, maupun efektivitas dalam mendukung proses pembelajaran. Dengan

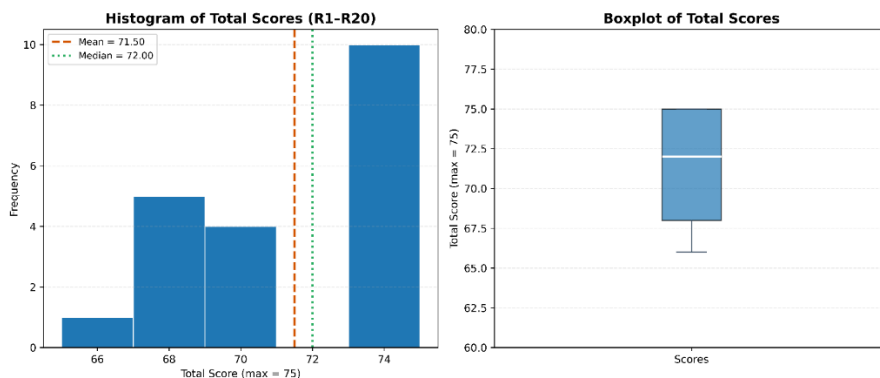
demikian, hasil validasi ini menegaskan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan sangat layak digunakan pada proses pembelajaran dan dapat diimplementasikan pada tahap uji coba berikutnya tanpa memerlukan revisi mayor, sesuai dengan kriteria kelayakan yang lazim digunakan dalam penelitian pengembangan media pendidikan



Gambar 11. Distribution of Respondent Evaluation Scores

Hasil penilaian oleh 20 orang responden dari mahasiswa menunjukkan tren positif dengan skor total rata-rata sebesar 71,5 dari skor maksimal 75. Konsistensi penilaian yang berada

pada rentang 66-75 membuktikan bahwa prototipe ini memiliki tingkat usability yang tinggi dan reliabel untuk digunakan sebagai media pembelajaran.



Gambar 12. Histogram & Boxplot Distribution of Respondent Evaluation Scores

Grafik histogram dan boxplot menunjukkan distribusi skor total hasil uji coba terhadap 20 responden mahasiswa, di mana skor maksimum adalah 75. Histogram memperlihatkan bahwa mayoritas skor berada pada rentang 68 hingga 75, dengan kecenderungan frekuensi yang lebih tinggi pada skor 75, menunjukkan performa peserta yang relatif konsisten dan tinggi. Nilai rata-rata (mean) sebesar 71,50 dan median 72 mengindikasikan bahwa distribusi skor sedikit

condong ke arah nilai yang lebih tinggi. Boxplot mendukung temuan ini dengan menunjukkan rentang skor yang sempit antara nilai minimum 66 dan maksimum 75, tanpa adanya outlier yang signifikan. Secara keseluruhan, kedua grafik ini menggambarkan bahwa performa peserta dalam uji coba kelompok besar cenderung baik, stabil, dan tidak menunjukkan variasi ekstrem, menegaskan kelayakan media pembelajaran yang diuji.

3.5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada LPMPP Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan dana dengan dengan skema penelitian Dosen

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem pemantauan sinyal myoelectric (EMG) berbasis Internet of Things (IoT) yang diintegrasikan sebagai media pembelajaran interaktif. Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian, beberapa temuan utama dapat disimpulkan sebagai berikut.

Pertama, dari aspek validitas media dan materi, hasil evaluasi oleh para ahli menunjukkan tingkat kelayakan yang sangat tinggi dengan skor rata-rata di atas 90%. Hal ini mengindikasikan bahwa modul yang dikembangkan telah memenuhi standar teknis sebagai perangkat monitoring bioelektrik sekaligus memenuhi kriteria pedagogis sebagai media pembelajaran yang efektif.

Kedua, dari aspek performa teknis, integrasi sensor MyoWare dengan mikrokontroler ESP8266 mampu mengakuisisi sinyal aktivitas otot secara real-time dengan kinerja yang stabil. Pemanfaatan platform Blynk IoT Cloud memungkinkan visualisasi data yang responsif dan akses jarak jauh melalui perangkat seluler, sehingga mendukung fleksibilitas dalam proses pembelajaran berbasis teknologi.

Ketiga, dari aspek fungsionalitas sistem, hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan linier antara intensitas kontraksi otot dan keluaran tegangan, yang mencerminkan sensitivitas sistem yang baik. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan berupa kerentanan terhadap motion artifacts (gangguan akibat pergerakan), yang berpotensi memengaruhi kualitas sinyal.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulmalek, S. *et al.* (2022) “IoT-Based Healthcare-Monitoring System Towards Improving Quality of Life: A Review,” *Healthcare*, 10(10), p. 1993. Available at:

Pemula No. Kontrak Penelitian Nomor: 766/UN48.16/PT/2025. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada semua pidak yang telah mendukung penelitian ini sampai akhir.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan terbukti andal secara teknis dan efektif secara pedagogis dalam membantu mahasiswa memahami konsep sinyal bioelektrik. Penelitian ini juga berkontribusi dalam menjembatani kesenjangan antara konsep biomedis teoritis dan implementasi praktis berbasis IoT dalam pendidikan teknik.

4.2. Saran

Beberapa saran konstruktif sebagai berikut:

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut dapat disampaikan sebagai berikut.

Pertama, pada aspek perangkat keras, disarankan untuk menggunakan elektroda dengan daya rekat yang lebih baik serta menambahkan *shielding* pada kabel sensor guna mengurangi interferensi elektromagnetik dan meningkatkan kualitas sinyal yang diperoleh.

Kedua, pada aspek pengujian, penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan melibatkan jumlah responden yang lebih besar dan menggunakan pendekatan *experimental design* untuk mengevaluasi secara kuantitatif pengaruh penggunaan sistem terhadap peningkatan hasil belajar dan literasi teknologi mahasiswa.

Ketiga, pada aspek pengembangan sistem, integrasi basis data berbasis cloud yang lebih kompleks perlu dipertimbangkan untuk mendukung penyimpanan data jangka panjang (data logging). Selain itu, penerapan algoritma *machine learning* dapat dikembangkan untuk klasifikasi pola aktivitas otot secara otomatis, sehingga meningkatkan nilai fungsional dan aplikatif sistem.

<https://doi.org/10.3390/healthcare10101993>.

Ahsan, M.M. and Siddique, Z. (2022) “Industry 4.0 in Healthcare: A systematic review,” *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(1), p. 100079. Available at:

- <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100079>.
- Al-kahtani, M.S., Khan, F. and Taekeun, W. (2022) “Application of Internet of Things and Sensors in Healthcare,” *Sensors*, 22(15), p. 5738. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22155738>.
- Greenwood, D.A. *et al.* (2015) “Overcoming Clinical Inertia: A Randomized Clinical Trial of a Telehealth Remote Monitoring Intervention Using Paired Glucose Testing in Adults With Type 2 Diabetes,” *Journal of Medical Internet Research*, 17(7), p. e178. Available at: <https://doi.org/10.2196/jmir.4112>.
- Hassan, A. and Tapper, E.B. (2025) “Patient-Centered Treatment of Cirrhosis,” *Seminars in Liver Disease* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1055/a-2684-6289>.
- Karthickraja, R. *et al.* (2020) “COVID-19 Prediction and Symptom Analysis Using Wearable Sensors and IoT,” *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 18(5), pp. 499–507. Available at: <https://doi.org/10.1108/ijpcc-09-2020-0146>.
- Li, W., Shi, P. and Yu, H. (2021) “Gesture Recognition Using Surface Electromyography and Deep Learning for Prostheses Hand: State-of-the-Art, Challenges, and Future,” *Frontiers in Neuroscience*, 15. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.621885>.
- Lowndes, B.R. *et al.* (2017) “Iterative Implementation of a Remote Cardiac Patient Monitoring Device Using Qualitative Analysis and Human Factors Engineering,” *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), pp. 1081–1085. Available at: <https://doi.org/10.1177/1541931213601874>.
- Moh Jauhariyanto, Farihin Lazim and Achmad Bajjuri (2025) “IMPLEMENTASI AUTOMATIC FISH FEEDER DI KERAMBA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER,” *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 4(3), pp. 242–249. Available at: <https://doi.org/10.55123/storage.v4i3.5853>.
- Morales-Botello, M.L. *et al.* (2021) “Chronic Patient Remote Monitoring Through the Application of Big Data and Internet of Things,” *Health Informatics Journal*, 27(3). Available at: <https://doi.org/10.1177/14604582211030956>.
- Patel, S. *et al.* (2012) “A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation,” *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Available at: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-21>.
- Qi, K. (2025) “Advancing Hospital Healthcare: Achieving IoT-based Secure Health Monitoring Through Multilayer Machine Learning,” *Journal of Big Data*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/s40537-024-01038-w>.
- Sakib, S. *et al.* (2022) “Deep Learning Models for Magnetic Cardiography Edge Sensors Implementing Noise Processing and Diagnostics,” *Ieee Access*, 10, pp. 2656–2668. Available at: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3138976>.
- Sarhan, S.M., Al-Faiz, M.Z. and Takhakh, A.M. (2023) “A review on EMG/EEG based control scheme of upper limb rehabilitation robots for stroke patients,” *Heliyon*, 9(8), p. e18308. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18308>.
- Stamenova, V. *et al.* (2020) “Technology-Enabled Self-Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease With or Without Asynchronous Remote Monitoring: Randomized Controlled Trial,” *Journal of Medical Internet Research*, 22(7), p. e18598. Available at: <https://doi.org/10.2196/18598>.
- Uppal, M. *et al.* (2022) “Cloud-Based Fault Prediction for Real-Time Monitoring of Sensor Data in Hospital Environment Using Machine Learning,”

- Sustainability*, 14(18), p. 11667. Available at: <https://doi.org/10.3390/su141811667>.
- Wilson, S. and Vaidyanathan, R. (2017) “Upper-limb prosthetic control using wearable multichannel mechanomyography,” *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. IEEE, pp. 1293–1298. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICORR.2017.8009427>.
- Yen, J.M. and Lim, J.H. (2023) “A Clinical Perspective on Bespoke Sensing Mechanisms for Remote Monitoring and Rehabilitation of Neurological Diseases: Scoping Review,” *Sensors*, 23(1), p. 536. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23010536>.
- Zhou, J., Ho, V. and Javadi, B. (2022) “New Internet of Medical Things for Home-Based Treatment of Anorectal Disorders,” *Sensors*, 22(2), p. 625. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22020625>.