



Perbandingan Aktivasi Otot Trisept pada Kondisi Kontraksi dan Relaksasi Menggunakan Elektromiografi (EMG) Portabel Berbasis Android

Hani Nur Endah^{1*}, Heni Sumarti², Hamdan Hadi Kusuma³

¹⁻³Fakultas Sains dan Teknologi Fisika, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia

Jl. Walisongo No.3-5, Tambakaji, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50185

Korespondensi penulis: haninurendah59@gmail.com*

Abstract. *EMG is a method widely used to estimate muscle activity and can help understand how muscles interact with each other that affects human movement control. In this study to detect muscle interaction during contraction and relaxation of the triceps elbow muscle. Non-invasive techniques are used in this study to characterize muscle electrical activity. In this study, additional loads were added to the contraction movement to observe whether there was a relationship between changes in muscle activity and the load carried by the muscle in male and female subjects. Signal changes can be read by the microcontroller ADC and then sent to Blynk. This study shows that during the relaxation movement, the subject has an average Vpp value of 0.007 V. When performing the contraction movement, the average Vpp value increases to 0.024 V. When a 2 kg load is added, the average Vpp value increases to 0.027 V. The heavier the load carried, the Vpp value of muscle activity also increases.*

Keywords: *Electromyography (EMG), BLYNK, and Ticep Muscle.*

Abstrak. EMG adalah metode yang banyak digunakan untuk memperkirakan aktivitas otot dan dapat membantu memahami bagaimana otot berinteraksi satu sama lain yang memengaruhi kontrol gerakan manusia. Pada penelitian ini untuk mendeteksi interaksi otot selama kontraksi dan relaksasi siku otot trisept. Teknik non-invasif digunakan pada penelitian ini untuk mengkarakterisasi aktivitas listrik otot. Dalam penelitian ini, "beban tambahan ditambahkan pada gerakan kontraksi untuk mengamati apakah terdapat hubungan antara perubahan aktivitas otot dengan beban yang ditanggung oleh otot tersebut dilakukan pada subjek laki-laki dan perempuan. Perubahan sinyal dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler lalu di kirimkan ke Blynk. Penelitian ini menunjukkan bahwa saat gerakan relaksasi, subjek memiliki nilai rata-rata Vpp sebesar 0,007 V. Saat melakukan gerakan kontraksi, nilai rata-rata Vpp meningkat menjadi 0,024 V. Ketika beban 2 kg ditambahkan, nilai rata-rata Vpp naik menjadi 0,027 V. Semakin berat beban yang dibawa, nilai Vpp dari aktivitas otot juga meningkat.

Kata kunci: Elektromiografi (EMG), BLYNK, dan Otot Tisept.

1. LATAR BELAKANG

Sensor elektromiografi (EMG) memberikan data mengenai aktivitas otot untuk mendiagnosis gangguan neuromuskular (Gohel, 2020). Gangguan neuromuskular dapat mengubah durasi dan amplitudo, karenanya menyebabkan perubahan karakteristik sinyal EMG (Jose, 2020). Sensor EMG memiliki sifat invasif atau non-invasif. Sensor EMG non-invasif menjadi alat yang sangat berguna dalam menilai kekuatan otot (Bawa and Banitsas, 2022). Elektromiograf (EMG) adalah alat yang merekam sinyal listrik dari otot ketika berkontraksi dan berelaksasi. Elektromiograf menangkap perubahan potensial listrik ini dan memanfaatkannya untuk memantau kegiatan otot (Sitanya, 2019).

Sinyal elektromiografi (EMG) dianggap merangkum informasi penting yang berkaitan dengan gerakan anggota tubuh dan otot (Osman, 2017). Peran otot bagi manusia penting dalam menjalankan kegiatan dan aktivitas sehari-hari, terutama pada anggota tubuh bagian lengan. Aktivitas seperti mengangkat dan menurunkan benda, memegang dan melepaskan, serta berbagai aktivitas lainnya sangat bergantung pada otot-otot lengan. Otot yang ada di lengan terdiri dari jenis otot rangka atau otot lurik, yang menempel pada tulang lengan. Otot-otot di lengan terbagi menjadi beberapa kelompok sesuai dengan fungsinya masing-masing, seperti otot bicep dan otot trisep. Saat melakukan berbagai aktivitas, relaksasi dan kontraksi dialami otot bicep dan otot trisep (Maulana and Putri, 2018).

EMG mendeteksi dan merekam perubahan listrik ini, memungkinkan analisis mendalam terhadap aktivitas elektrik otot selama berbagai kondisi otot bekerja yang dapat diinterpretasikan oleh seorang spesialis (Khokhar, 2010). EMG adalah alat yang dirancang untuk merekam aktivitas listrik otot, yang berfungsi untuk menganalisis apakah otot sedang mengalami kontraksi atau relaksasi. Sinyal EMG direkam dari permukaan kulit dan digunakan untuk melakukan gerakan seperti fleksi tangan, ekstensi tangan, genggam tangan, dan penutupan tangan (Shehata, 2021). Perangkat ini sangat berguna untuk memantau aktivitas listrik pada otot bicep dan trisep. Otot bergerak karena berkontraksi dan kembali rileks. Proses ini dimulai dari sinyal listrik yang dikirimkan oleh saraf (Rusli, 2017). Umumnya, rekaman EMG diambil dengan menggunakan elektroda yang ditempelkan pada kulit (Yang, 2021). Elektroda ini berperan sebagai transduser untuk mendeteksi sinyal listrik dari otot (Fahmi et al., 2021). Sebuah sinyal EMG berasal dari sinyal serabut otot pada jarak tertentu dari elektroda (Luttmann dkk, 1996).

Alat yang saat ini tersedia, seperti EMG invasive (Kamen, 2010). Biasanya, alat ini memiliki biaya tinggi dan memerlukan orang yang terlatih untuk menggunakannya dan menginterpretasinya. Sinyal EMG yang diperoleh dari otot memerlukan metode untuk mendeteksi, pemrosesan, dan klasifikasi (Chowdhury, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut dengan menciptakan EMG yang dapat dijangkau secara finansial dan mudah dibawa ke mana-mana (Garouche and Otot, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Yulhanapis (2021), dimana peneliti membuat rancang bangun alat EMG gerakan lengan secara non-invasif menggunakan IC OP07. Sinyal yang dipancarkan dari keluaran alat ukur EMG kemudian ditangkap oleh osiloskop digital. Hasilnya pada otot bicep, baik dalam kondisi normal maupun setelah beraktivitas, tegangan kontraksi tercatat lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan saat relaksasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Fahmi (2021) tentang gerakan otot bisep menghasilkan nilai pada saat relaksasi, dengan subjek memiliki Vpp rata-rata 0,326 V. Nilai rata-rata Vpp naik pada saat kontraksi adalah 0,384 V. Ketika beban yang ditambahkan 3 kg, nilai rata-rata Vpp juga meningkat menjadi 0,441 V. Semakin berat beban yang dibawa berbanding lurus dengan kenaikan nilai Vpp dari aktivitas otot, saat melakukan gerakan kontraksi dengan beban yang lebih berat, yakni 5kg, nilai rata-rata Vpp meningkat menjadi 0,477 V.

Oleh karena itu, pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai otot bisep dihasilkan bahwa saat dilakukan gerakan kontraksi nilai tegangan akan meningkat dibandingkan gerakan relaksasi, dan jika ditambahkan beban nilai tegangan akan lebih tinggi dibandingkan gerakan kontraksi maka dari itu tujuan dari penelitian ini merancang EMG untuk mengukur tegangan pada otot trisep yang dideteksi oleh elektromiografi. Penelitian ini akan mendapatkan hasil uji tegangan elektromiograf selama fase relaksasi kontraksi dan beban 5 kg menggunakan elektroda permukaan Argentum klorida (Ag/AgCl) secara portabel berbasis android dengan aplikasi BLYNK.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. NodeMCU

NodeMCU merupakan papan elektronik *open source* yang menggunakan chip ESP8266 sebagai basisnya. NodeMCU hadir dalam kit yang mencakup chip untuk mengaktifkan konektivitas WiFi. Platform ini menggunakan modul berbasis SPIFFS (*Serial Peripheral Interface Flash File System*). Implementasi NodeMCU dilakukan dalam bahasa pemrograman C dengan kelas yang diekspos melalui NON-OS-SDK (Parihar, 2019). Penggambaran NodeMCU ESP8266 seperti Gambar 1 (Nurmar'atin, 2021).



Gambar 1. NodeMCU ESP8266

b. Software Arduino IDE 1.8.19

Software ini digunakan untuk mengakses dan mengubah program yang akan dimuat ke papan Arduino, dengan tujuan mempermudah pembuatan berbagai program aplikasi. Toolbar yang terletak di bagian atas memfasilitasi navigasi cepat dengan menyertakan tombol-tombol untuk fungsi umum seperti membuat, membuka, menyimpan, mengunggah, dan membuka monitor serial. *Software* ini sangat disarankan untuk pemula karena memiliki bahasa

pemrograman yang sederhana (Junaidi,2018). Berikut adalah deskripsi tampilan umum dari Arduino IDE versi 1.8.19 seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Arduino 1.8.19

c. Kabel Elektroda 3 Pin

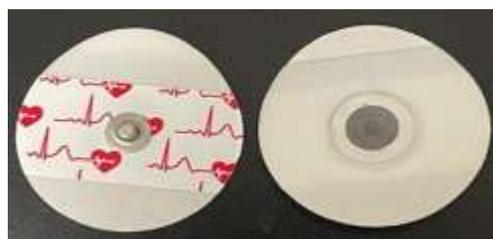
Kabel elektroda dengan 3 pin memiliki konektor berjenis snap dan panjang kabel sekitar 1,5 meter dengan material isolasi berkualitas tinggi. Adapun kabel penghubung dengan elektroda ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kabel Elektroda

d. Elektroda

Elektroda permukaan dengan sensor Ag/Agcl yang telah dilapisi dengan gel khusus sebelumnya, memiliki diameter 50 mm yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Elektroda Ag/Agcl

e. Blynk

Blynk adalah layanan server yang menyediakan dashboard digital yang dilengkapi antarmuka grafis. Layanan server Blynk tersedia untuk pengguna perangkat seluler Android dan iOS. Salah satu keunggulan utama Blynk adalah kemampuannya untuk menyimpan data dan menyajikannya secara visual dalam bentuk angka, warna, dan bagan (A. F. Prasetyo, 2018).

f. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) dimana IoT merupakan the next big thing pada ranah teknologi informasi, dikarenakan didalamnya terdapat suatu perangkat yang mampu mentransfer data secara langsung hingga sampai di server cloud. Kemudian, data tersebut akan dianalisis oleh pengguna akun dan selanjutnya didistribusikan ke media komunikasi melalui internet yang telah tersambung dengan IoT. Selain itu, IoT juga dapat digunakan untuk komunikasi 2 pihak antara perangkat dengan user maupun antara user dengan perangkat. Realisasi dari sistem IoT antara lain, seperti sistem pada lalu lintas, keamanan industri, sistem pemantauan bidang kesehatan melalui aplikasi medis, pil navigasi, serta metode lainnya yang memanfaatkan internet dalam mengakses info terkait kesehatan ataupun pada sistem pengendali perangkat menggunakan ponsel cerdas. Untuk penerapan Internet of Things dalam ranah medis, dapat dilakukan melalui kegiatan seperti konsultasi antara pasien dengan dokter melalui jarak jauh atau tanpa melalui tatap muka yaitu dengan memanfaatkan jaringan internet dan WLAN (Ramadhani, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem

Studi ini merupakan Research and Development (R&D), desain penelitian yang membangun efektivitas suatu produk khusus. Studi ini memiliki tujuan untuk membangun sistem yang dapat mengidentifikasi aktivitas otot non-invasif berbasis android. Penelitian ini dengan mengumpulkan data dalam bentuk numerik dengan statistik (Abdullah et al., 2017).

Adapun diagram alir dapat dilihat pada ilustrasi pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Tahapan prosedur penelitian meliputi:

1. Studi Literatur dan Referensi

Studi melibatkan pencarian pustaka yang relevan dari sumber-sumber seperti jurnal, buku dan perpustakaan yang berkaitan dengan kelelahan otot, sensor EMG, dan android.

2. Rancang Bangun Rangkaian Elektromiografi

Rancang Bangun sistem yang terbagi menjadi dua tahap tambahan, yakni:

a. Perancangan *Hardware*

Tahap perancangan peneliti memilih dan merangkai peralatan serta bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Ini melibatkan pengembangan sistem EMG untuk mendeteksi kelelahan otot, termasuk pemahaman cara kerja komponen dan desain fisik.

b. Perancangan *Software*

Tahap perancangan perangkat lunak melibatkan pengembangan cara kerja keseluruhan alat, penulisan kode sumber dalam Arduino IDE dan pengiriman data ke BLYNK melalui modul WiFi NodeMCU8266.

3. Pemasangan Elektroda

Data sinyal elektromiografi diperoleh dengan menggunakan elektroda non-invasif atau permukaan yang terbuat dari Ag/AgCl.

4. *Software* Akusisi Data

Setelah elektroda Ag/AgCl dipasang pada kulit otot trisep sinyal diperkuat melalui rangkaian elektromiografi, dan data sinyal elektromiografi otot tersebut dikumpulkan menggunakan perangkat lunak seperti Arduino Ide dan BLYNK.

5. Pengukuran Sinyal Elektromiografi

Pengukuran data dilakukan di Kampus III Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang di ruang Fisika Modern.

6. Data Hasil dan Analisis

Pada tahap keenam, data yang diperoleh dianalisis dengan harapan dapat memberikan hasil yang sesuai sehingga laporan yang disusun menjadi optimal.

7. Kesimpulan

Pada tahap terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan pengolahan dan analisis data yang dilakukan, serta dibuat usulan penelitian selanjutnya.

Desain Prototipe

Desain prototipe perangkat keras untuk sistem pengukur EMG kelelahan otot yang ditunjukkan pada Gambar 6.



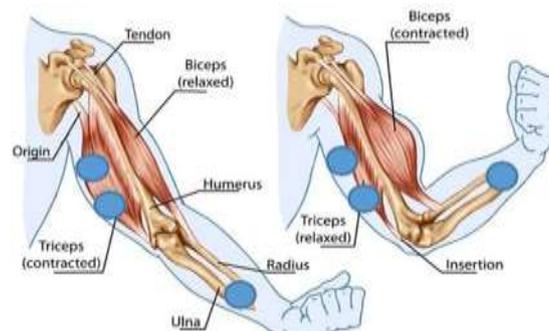
Gambar 6. Rancangan Prototipe EMG portabel

Studi ini bertujuan untuk mengukur aktivitas otot dengan menggunakan otot triseps sebagai objek deteksi menggunakan sensor EMG. Proses ini melibatkan pendeteksian objek otot triseps pada sensor menggunakan elektroda Ag/AgCl. Power Bank menyuplai daya setelah perangkat dihidupkan ke semua rangkaian pemancar. Data tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno R3 yang kemudian mengirimkan data tersebut secara online melalui layanan Blynk sebagai data logger. Hasil pengukuran aktivitas otot dikirimkan oleh modul wifi NodeMCU 8266 ke Blynk yang dapat diakses langsung melalui perangkat Android.

Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu dengan mengukur sinyal pada beberapa subjek yang telah ditentukan. Ada beberapa kriteria yang digunakan untuk subjek dan objek penelitian, di antaranya:

- 1) Subjek pada penelitian ini terdiri dari 4 orang perempuan dan 2 orang laki-laki.
- 2) Subjek penelitian tidak memiliki riwayat penyakit kelainan otot.
- 3) Elektroda ditempelkan pada tempat yang telah ditentukan seperti Gambar 7.



Gambar 7. Peletakan Elektroda

- 1) Subjek penelitian diminta untuk melakukan dua gerakan dasar, yaitu gerakan otot saat relaksasi dan kontraksi. Gerakan relaksasi ditunjukkan pada Gambar 10 (a), sedangkan gerakan kontraksi ditunjukkan pada Gambar 8 (b).



Gambar 8. (a) Gerakan Relaksasi Otot Trisep dan (b) Gerakan Kontraksi Otot Trisep

- 2) Pada gerakan kontraksi, ditambahkan beban sebagai pembanding. Beban yang digunakan adalah beras seberat 2 kg.

Perhitungan Data

Proses konversi nilai ADC Arduino menjadi nilai V_{pp} dilakukan melalui persamaan yang diberikan persamaan 1 (Fahmi et al., 2021).

$$V_{pp} = \frac{(\text{nilai ADC maks} - \text{nilai ADC min}) \times 5}{1024} \quad (1)$$

Keterangan:

V_{PP} = tegangan puncak ke puncak (Volt)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah masing-masing komponen dirangkai menjadi kesatuan dari mikrokontroler NodeMCU8266, Sensor V3, Sensor Dc To Ct, yang terhubung dengan pin masing-masing. Hasil desain dari lata EMG dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) Tampilan alat EMG dari depan (b) Bagian dalam alat

Penampilan Hasil

Penampilan hasil mendeteksi kontraksi dan relaksasi otot trisep menggunakan aplikasi BLYNK. Aplikasi BLYNK merupakan perangkat tambahan sebagai monitoring sensor jarak jauh. Untuk hasil dalam aplikasi BLYNK ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan hasil blynk

Proses pengujian gerakan otot triseps menggunakan EMG

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah rangkaian elektromiografi (EMG) dapat mendeteksi gerakan pada otot trisep serta untuk menganalisis sinyal yang dihasilkan oleh otot trisep tersebut. Selanjutnya, nilai pembacaan dari ADC (*Analog-to-Digital Converter*) Arduino untuk setiap gerakan diolah untuk memperoleh nilai tegangan puncak ke puncak (V_{pp}).

Gerakan kontraksi Otot Trisep dengan beban 2kg

Pengujian pertama melibatkan gerakan kontraksi otot trisep dengan tambahan beban 2kg. Tujuannya adalah untuk mengukur aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otot trisep saat melakukan kontraksi, serta untuk memahami bagaimana beban tambahan mempengaruhi sinyal EMG seperti Gambar 11.

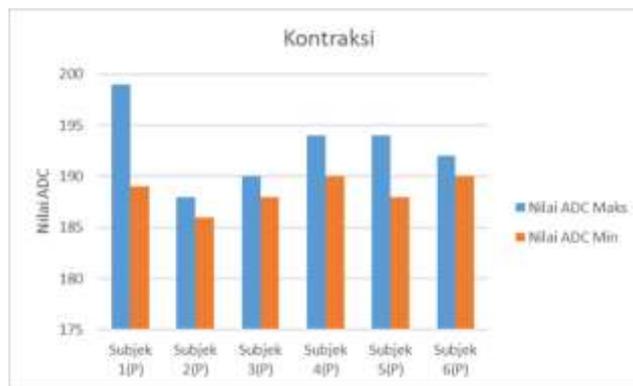


Gambar 11. Grafik daerah gerakan kontraksi dengan beban 2kg

Dari Gambar 11, terlihat bahwa nilai Vpp setiap subjek meningkat saat otot berkontraksi dengan beban tambahan. Secara khusus, Vpp saat otot berkontraksi dengan beban 2kg lebih tinggi dibandingkan saat tanpa beban. Nilai Vpp untuk keenam subjek ketika melakukan kontraksi otot dengan tambahan beban 2kg adalah 0,027 V.

Gerakan Kontraksi Otot Trisep

Pengujian kedua melibatkan gerakan kontraksi. Dalam kondisi ini, tangan subjek diangkat dan siku ditekuk dengan kekuatan penuh. Grafik yang menunjukkan hasil pengukuran aktivitas otot saat melakukan gerakan kontraksi pada keenam subjek dapat dilihat pada Gambar 8.

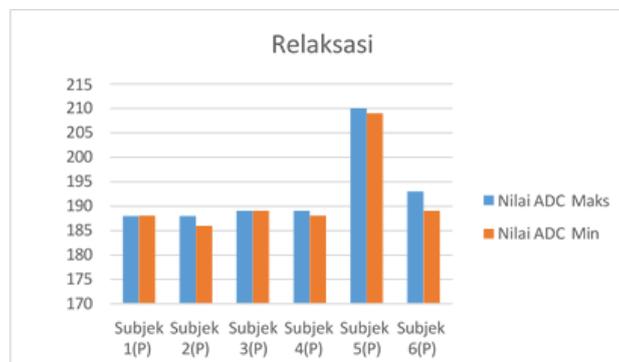


Gambar 12. Grafik gerakan kontraksi otot trisep

Dari Gambar 12, diperoleh nilai Vpp masing-masing subjek saat berkontraksi. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai Vpp saat otot berkontraksi lebih tinggi dibandingkan saat relaksasi, namun lebih rendah dibandingkan saat mengangkat beban 2kg. Rata-rata, subjek memiliki nilai Vpp sebesar 0,024 V saat berkontraksi.

Gerakan Relaksasi Otot Trisep

Pengujian kedua melibatkan gerakan relaksasi, di mana tangan subjek berada dalam keadaan rileks tanpa melakukan gerakan apa pun. Grafik yang menunjukkan hasil pengukuran aktivitas otot saat gerakan relaksasi pada keenam subjek dapat dilihat di Gambar 13.



Gambar 13. Grafik gerakan relaksasi otot trisep

Dari Gambar 13, terlihat bahwa nilai Vpp setiap subjek tetap saat otot relaksasi. Secara khusus, Vpp saat otot relaksasi lebih rendah dibandingkan saat otot kontraksi. Nilai Vpp untuk keenam subjek ketika melakukan relaksasi otot sebesar 0,007 V. Berikan pembahasan ke tiganya dan dikaitkan dengan penelitian sebelumnya

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari perancangan sistem elektromiografi (EMG) portabel menggunakan IoT berprotokol blynk telah berhasil dirancang dengan berbagai rancangan didalamnya. Ketika subjek melakukan gerakan relaksasi didapatkan nilai Vpp rata-ratanya sebesar 0,007 V. Kemudian pada gerakan selanjutnya kontraksi didapatkan nilai Vpp rata-ratanya sebesar 0,024 V. Percobaan terakhir subjek membawa beban 2 kg didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,027 V. Kenaikan nilai tegangan puncak ke puncak pada gerakan kontraksi dibandingkan dengan gerakan relaksasi terjadi karena adanya peningkatan aktivitas otot yang signifikan. Pemberian beban tambahan pada otot menyebabkan nilai Vpp pada EMG meningkat secara substansial. Hal ini terjadi karena semakin tingginya aktivitas unit otot dalam upaya untuk melakukan gerakan yang diminta. Dengan kata lain, semakin besar beban yang ditambahkan, semakin tinggi pula nilai Vpp yang tercatat. Peningkatan beban berbanding lurus dengan peningkatan aktivitas otot, yang tercermin dari kenaikan nilai Vpp pada EMG.

DAFTAR REFERENSI

- A. W. Shehata, H. E. Williams, J. S. Hebert, & P. M. Pilarski. (2021). Machine learning for the control of prosthetic arms: Using electromyographic signals for improved performance. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38(4), 46–53. <https://doi.org/10.1109/MSP.2021.3075931>
- Abdullah, K., et al. (2017). *Metodologi penelitian kuantitatif*. [Book].
- Bawa, A., & Banitsas, K. (2022). Design validation of a low-cost EMG sensor compared to a commercial-based system for measuring muscle activity and fatigue. *Sensors*, 22(15). <https://doi.org/10.3390/s22155799>
- Chowdhury, R. H., Reaz, M. B. I., Ali, M. A. B. M., Bakar, A. A. A., Chellappan, K., & Chang, T. G. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors*, 13, 12431–12466. <https://doi.org/10.3390/s130912431>
- Fahmi, N. A., et al. (2021). Rancang bangun elektromiograf untuk identifikasi gerakan otot bisep. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 609–618.
- Garouche, M., & Otot, A. (2023). Pengembangan berbiaya rendah EMG portabel untuk mengukur aktivitas otot pekerja di pengembangan EMG portabel berbiaya rendah untuk mengukur.

- Glen Sitanaya, J., Tasripan, T., & Arifin, A. (2019). Pengolahan sinyal EMG sebagai perintah kontrol untuk kursi roda elektrik. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.30957>
- Gohel, V., & Mehendale, N. (2020). Review on electromyography signal acquisition and processing. *Biophysical Reviews*, 12(6), 1361–1370. <https://doi.org/10.1007/s12551-020-00770-w>
- Jose, S., George, S. T., Subathra, M. S., et al. (2020). Robust classification of intramuscular EMG signals to aid the diagnosis of neuromuscular disorders. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, 1, 235–242. <https://doi.org/10.1109/OJEMB.2020.3017130>
- Kamen, G., & Gabriel, D. A. (2010). *Essentials of electromyography*. Kinetika Manusia.
- Khokhar, Z. O., Xiao, Z. G., & Menon, C. (2010). Surface EMG pattern recognition for real-time control of a wrist exoskeleton. *Biomedical Engineering Online*, 9, 41. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-9-41>
- Maulana, R., & Putri, R. R. M. (2018). Pengkondisian sinyal electromyography sebagai identifikasi jenis gerakan lengan manusia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(3), 297. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201853829>
- Nurmar'atin, T. (2021). Deteksi kadar kolesterol dalam darah secara non-invasive menggunakan sistem telemedika berbasis IoT (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Walisongo). <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/16263/>
- Ramadhani, B. (2023). Perancangan sistem elektromiografi (EMG) portabel menggunakan Internet of Things (IoT) berprotokol Message Queuing Telemetry Transport. *Implementasi SMK3*, 4(2), 1–46. <https://www.slideshare.net/mmufidluthfi/laporan-kerja-praktek-tokopedia-muhammad-mufid-luthfi>
- Rusli, R. H. (2017). Perancangan electromyograph (EMG) untuk identifikasi gerakan jari pada lengan bawah anterior. [Thesis].
- S. Jose, et al. (2020). Robust classification of intramuscular EMG signals to aid the diagnosis of neuromuscular disorders. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, 1, 235–242. <https://doi.org/10.1109/OJEMB.2020.3017130>
- Ulkır, O., Gokmen, G., & Kaplanoglu, E. (2017). EMG signal classification using fuzzy logic. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 5(2), 97–101. <https://doi.org/10.17694/bajece.337941>
- Yulhanapis, A. (2021). Rancang bangun dan analisis elektromiografi dengan menggunakan elektroda Ag|AgCl. *Repository UIN Jakarta*. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/56211>
- Zhou, Y., Chen, C., Cheng, M., et al. (2021). Comparison of machine learning methods in sEMG signal processing for shoulder motion recognition. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102577. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102577>