

## KENDALI JARI ROBOT DENGAN ELECTROMYOGRAPHY

Daniel S Pamungkas<sup>1)</sup>, Sumantri R Kurniawan<sup>2)</sup>, Eko Prasetyo<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Jl Ahmad Yani, 29432

e-mail : <sup>3</sup>[prasetyo.eko47@ymail.com](mailto:prasetyo.eko47@ymail.com)

### ABSTRACT

*Robot fingers can be applied to various activities, one of which is to replace the hands/fingers of someone who lost their hands/fingers. To mobilize the robot can be used several methods one of them is by using muscle sensor. In this study, a pair of electrodes placed on the subject's forearm as well as an artificial finger robot was used. For the open and close the fingers on the robot learning process, the artificial neural network is used. From this research, the proposed system can imitate subject movements with the results are for open and close fingers are 90,2% and 85,4% respectively..*

**Key words :** *finger robot, neural network, electromyography*

### ABSTRAK

Robot jari dapat diaplikasikan pada berbagai kegiatan, salah satunya adalah untuk menggantikan tangan/jari pada seseorang yang kehilangan tangan/jarinya. Untuk menggerakkan robot tersebut dapat digunakan beberapa metoda salah satunya adalah dengan menggunakan sensor otot. Pada penelitian ini, sepasang elektroda diletakan pada lengan bawah subjek serta sebuah robot jari buatan digunakan. Untuk proses learning membuka dan menutup jari pada robot jari maka digunakan jaringan syaraf tiruan. Dari penelitian ini didapatkan bahwa sistem yang diusulkan dapat menggerakkan robot jari sesuai dengan gerakan subjek, yaitu 90,2% dan 85,4% untuk gerakan membuka serta menutup.

**Key words :** *Jari robot, jaringan syaraf tiruan, electromyography*

### PENDAHULUAN

Teknologi robot telah banyak diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari. Salah satu aplikasi adalah untuk membantu penyandang cacat. Robot tangan dapat dimanfaatkan untuk menggantikan tangan dari penyandang cacat yang kehilangan tangannya. Tangan robot dapat dikendalikan dengan beberapa metoda telah dikembangkan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah dengan menggunakan suara (Ángel-López J.P & Arzola de la Peña N., 2017), sinyal otak atau Electroencephalography (EEG) (Miskon A., Thanakodi S., Mazlan M.R., Azhar S., Nooraya S & Tawil M., 2016) dan sinyal otot atau Elektromyography (EMG) (Akhmadeev K., Rampone E., Yu T., Aoustin Y & Carpentier E., 2017). Pengendalian dengan menggunakan sinyal EMG lebih banyak

dipakai dibandingkan dengan metoda lainnya karena elektroda EMG lebih murah dan lebih mudah dipasang.

EMG memerlukan teknik membaca sinyal otot dengan cara merekam aktifitas otot. Untuk membaca sinyal tersebut digunakan elektroda yang diletakkan pada/di dalam kulit manusia (Marco E.B, Andrés G.J, Jonathan A.Z., Andrés P., & Víctor H.A., 2017; Weiss L., Weiss J., & Silver J., 2016). Karena kepraktisannya maka elektroda yang ditempel pada kulit lebih populer dibandingkan dengan metoda yang lain. Untuk mengendalikan robot tangan menggunakan sinyal ini, diperlukan pengenalan sinyal EMG yang diakibatkan oleh pergerakan tangan pengguna. Pengenalan sinyal EMG dapat menggunakan tiga metoda. Metoda tersebut adalah: domain waktu: slope sign changes (SSC), mean absolute value (MAV), waveform length (WL), root mean square (RMS), zero crossing

(ZC) dan Willison amplitude (WAMP), domain frekuensi: mean power frequency (MPF), fast fourier transform (FFT), median frequency (MF), dan domain waktu–frekuensi yaitu wavelet dan wavelet packet transform (WPT). Metoda-metoda tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Sebagai contoh: domain waktu adalah metoda yang paling mudah sedangkan metoda frekuensi waktu adalah metoda yang paling stabil. Sementara metoda gabungan domain waktu–frekuensi adalah metoda yang terbaik untuk mengeluarkan sinyal EMG (Shunzhan H., Chenguang Y., Wang M., Cheng L., & Zedong H., 2017; Arief Z., Indra A.S. & Roby A.A., 2015).

Beberapa penelitian telah dapat mengenali gerakan-gerakan seperti wave out, wave in, serta menggunakan banyak elektroda untuk membaca gerak otot (Dhito Y. (2017)). Pada penelitian kali ini diusulkan pengenalan gerakan mengengam dan membuka seluruh jari dengan menggunakan satu channel saja. Gerakan ini adalah gerakan dasar yang paling dibutuhkan oleh penderita cacat, dan menggunakan elektroda dengan jumlah yang minimum. Sedangkan untuk pengenalan pola dari gerakan membuka dan menutup, digunakan algoritma jaringan syaraf tiruan. Dengan melihat sinyal dengan domain waktu. Dimana sistem ini akan diujikan pada robot tangan.

## **Tinjauan Pustaka**

### ***Electromyography***

Electromyography adalah sebuah proses yang digunakan untuk mendeteksi, menganalisa dan juga sebagai pemanfaatan sinyal listrik yang berasal dari kontraksi otot. sinyal yang diperoleh disebut dengan myoelectric. Dalam definisi lain dikatakan elektromyography adalah teknik untuk memantau dan merekam aktifitas sinyal otot pada tubuh manusia dengan keluaran berupa sinyal. Otot yang

dipantau adalah otot lurik yaitu otot yang bersifat tidak sadar dan tidak teratur karena aktifitasnya bergantung pada kehendak pelaku (Adi D.I.F., 2017).

Proses untuk memperoleh sinyal EMG dilakukan dengan cara meletakkan elektroda sebagai media penerima. Elektroda dapat diletakkan langsung pada permukaan kulit luar atau dimasukkan ke dalam tubuh. Sinyal yang diperoleh oleh elektroda merupakan sinyal acak dari otot yang berkontraksi maupun relaksi. Karakteristik dari sinyal otot EMG mempunyai rentang frekuensi antara 20 Hz sampai 245 Hz dan rentang tegangan antara 0,4V sampai dengan 5V (Shunzhan H., Chenguang Y., Wang M., Cheng L., & Zedong H.,2017).

Elektroda yang diletakkan pada permukaan kulit merupakan elektroda yang ditempelkan pada otot yang terdapat di dalam kulit. Dimana pergerakan otot akan dijadikan sebuah sumber sinyal EMG untuk diproses selanjutnya. Elektroda ini mengambil tegangan yang dihasilkan oleh kontraksi serat otot (Dhito Y., 2017).

Sinyal EMG adalah sinyal acak atau stokastik yang amplitudonya berkisar dari 0,4 V sampai 5 V dan terdapat amplitudo yang tinggi ketika terjadi kontraksi otot. Serta frekwensi dari sinyal ini mempunyai range antara 20Hz–500Hz. Sinyal elektrik otot memiliki membrane voltage sekitar 90 milivolt. Sedangkan dengan menggunakan electromyograph terukur antara 50 mikrovolt sampai dengan 20 ke 30 milivolt yang tergantung dari jenis otot yang dimonitor. Sedangkan laju pengulangan dari otot gerak adalah sekitar 7–20 Hz, tergantung dari ukuran otot, kerusakan saraf dan faktor lainnya (Marco E.B, Andrés G.J, Jonathan A.Z., Andrés P., & Víctor H.A., 2017).

### ***Supervised Backpropagation Neural Network***

Untuk pengenalan pola gerakan, maka digunakan metoda Supervised Backpropagation Neural Network. Backpropagation merupakan sebuah metoda yang sistematis dimana menggunakan algoritma pembelajaran yang terawasi (supervised) dan biasanya digunakan pada perceptron untuk mengubah nilai dari bobot-bobot pada hidden layer. Backpropagation termasuk jaringan multi-Layerperceptron yaitu jaringan yang terdiri dari dua lapisan atau lebih dengan bobot yang dapat diatur antara unit input dengan unit tersembunyi serta antara unit tersembunyi dengan unit output. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 1

Gambar 1. Multi-Layerperception

Multi-Layerperceptron terdiri dari beberapa layer node dan pada setiap node terhubung dengan node layer yang berbeda. Fungsi pada input layer adalah menerima sinyal input dari luar, kemudian mendistribusikannya ke semua neuron yang ada pada hidden layer. Fungsi pada hidden layer adalah untuk mendeteksi berat (bobot), hidden yang memiliki maksud 'menyembunyikan' output yang dikehendakinya. Fungsi output layer adalah menerima sinyal output dari hidden layer dan menetapkan pola output bagi keseluruhan jaringan.

Pada gambar 2 terlihat jaringan backpropagation dimana X1, X2, X3 merupakan input, sedangkan Z1 dan Z2 adalah hidden layer dan Y adalah output. Terdapat bobot  $w_{ij}$  yang merupakan nilai bobot antara layer input dengan hidden layer dan bobot  $w_{ij}$

adalah bobot antara hidden layer dengan layer output,  $b_1$  dan  $b_2$  adalah bias dimana berfungsi untuk mempercepat pelatihan.

Gambar 2. Struktur Pembelajaran Backpropagation

Fungsi aktivasi sigmoid memiliki persamaan sebagai berikut:

$$Y^{\text{sigmoid}} = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $e$  merupakan bilangan *epsilon* dan  $x = \sum_{i=1}^n X_i(p) \cdot W_{ij}(p)$ . Untuk menghitung *output* aktual dari *neuron* pada *hidden layer*:

$$Y_i(p) = \text{sigmoid} [\sum_{i=1}^n X_i(p) \cdot W_{ij}(p) - \theta_i] \dots (2)$$

Dimana  $\theta$  adalah nilai threshold dan  $n$  adalah jumlah neuron input  $j$  pada hidden layer. Untuk menghitung output aktual dari neuron pada layer output:

$$Y_i(p) = \text{sigmoid} [\sum_{j=1}^m X_{jk}(p) \cdot W_{jk}(p) - \theta_k] \dots (3)$$

Dimana  $m$  adalah jumlah neuron input  $k$  pada output layer. Untuk memperbaharui nilai bobot dari nilai error yang dirambatkan ke arah belakang (backward) yang sesuai dengan nilai dari neuron output digunakan persamaan:

$$\delta_k(p) = Y_k(p) \cdot [1 - Y_k(p)] \cdot e_k(p) \dots \dots \dots (4)$$

$$e_k(p) = Y_{d,k}(p) - Y_k(p) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana  $\delta = \text{gradient error}$  ( $\delta_{ell}$ ). Untuk memperbaharui bobot dari *neuron output layer* digunakan persamaan:

$$w_{ji}^{(s)}(k+1) = w_{ji}^{(s)}(k) + w^{(s)} \delta_j^{(s)} X_{out,i}^{(s-1)} \dots \dots (6)$$

Menghitung *gradient error* dari *neuron* di *hidden layer* digunakan persamaan:

$$\delta_j(P) = Y_j(P) \cdot [1 - Y_j(P)] \cdot \sum_{k=1}^l \delta_k(P) \cdot w_{jk}(P) \dots (7)$$

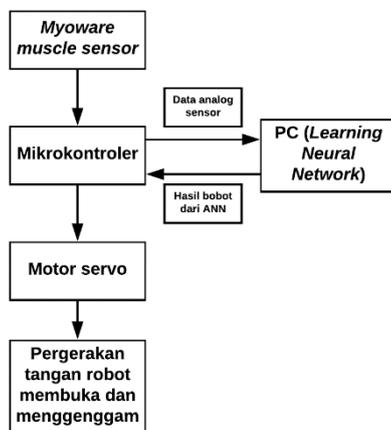
Untuk memperbaharui nilai bobot dari *neuron hidden layer* digunakan persamaan:

$$v_{ji}^{(s)}(k+1) = v_{ji}^{(s)}(k) + w_j^{(s)} \delta_j^{(s)} X_{out,i}^{(s-1)} \dots (8)$$

## METODE PENELITIAN

### Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini akan dibuat sistem pengontrolan pergerakan tangan robot dengan diagram blok seperti pada gambar 3 sebagai berikut:



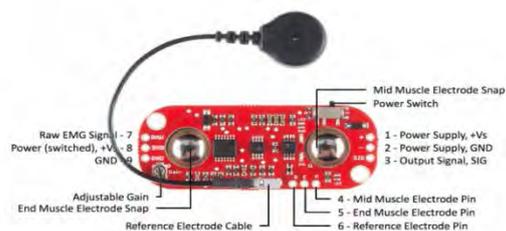
Gambar 3. Diagram Blok Perangkat Keras Pergerakan Tangan Robot

Input tangan robot dari sensor otot dimana keluarannya adalah sinyal EMG. Keluaran sinyal tersebut diproses dengan mikrokontroler dan diubah menjadi data analog. Kemudian data tersebut akan diproses dengan program Artificial Neural Network (ANN) untuk memilah data dan mencari bobot yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini metoda pembelajaran Jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah metoda supervised dengan algoritma backpropagation dan output adalah sigmoid activation. Setelah nilai bobot yang sesuai dengan target telah didapat maka data tersebut akan diproses kembali ke dalam mikrokontroler agar

dapat menjalankan motor servo sehingga menghasilkan output pergerakan tangan robot berupa membuka dan mengenggam.

Sensor otot yang digunakan adalah Myoware Muscle Sensor keluaran Advancer Technologies dengan seri (AT-04-001). Dimana sensor ini mampu menangkap sinyal EMG yang dihasilkan oleh otot. Sinyal ini dapat diproses langsung oleh sebuah mikrokontroler. Sensor ini harus dihubungkan dengan 3 buah elektroda untuk dapat mengambil sampel sinyal otot (mid-end-reference electrode) (Brent, n.d). Gambar dari sensor ini dapat dilihat pada gambar 4.

Sedangkan mikrokontroler yang digunakan adalah arduino AT Mega 250. Mikrokontroler ini juga dipakai untuk mengerjakan robot. Robot tangan yang digunakan adalah robot yang diproduksi sendiri. Desain tangan robot diambil dari inmoov project dan dibuat dengan menggunakan proses 3D printing. Tangan robot digerakan menggunakan motor servo yang diikatkan dengan senar. Senar-senar ini berfungsi untuk menggerakkan jari-jari tangan dari robot. Sehingga, robot ini dapat mengerjakan seluruh jari dengan digerakkan oleh lima buah servo. Gambar robot tangan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Myoware Muscle Sensor [7]

dan menggenggam. Gerakan ini dilakukan dengan variasi kekuatan dan gerakan pergelangan tangan. Pengambilan data selama masa percobaan dilakukan masing-masing sebanyak 20 kali percobaan. Semua data percobaan tersebut akan dimasukkan kedalam program jaringan syaraf tiruan lalu diberikan nilai threshold yang berfungsi sebagai pembanding nilai dari bobot yang akan dikalkulasikan dan nilai target sebagai acuan.

Bagian kedua dari sistem ini adalah proses pergerakan tangan robot/pengujian, setelah nilai bobot telah didapat dari proses sebelumnya yaitu proses learning. Pada proses ini ketika kondisi tangan subjek membuka maka, robot juga diharapkan ikut membuka serta ketika pada keadaan tangan subjek menggenggam, tangan robot juga akan ikut menggenggam. Flowchart proses dari awal hingga akhir ditunjukkan pada gambar 6

Gambar 5. Tangan Robot

### **Perancangan Perangkat Lunak**

Pada perancangan perangkat lunak akan dijelaskan mengenai proses kerja dari sistem yang diusulkan. Proses dibagi menjadi dua bagian, bagian pertama merupakan proses learning dengan metoda Jaringan syaraf tiruan dimana menggunakan input berupa sinyal EMG. Sinyal EMG diperoleh dari percobaan yang dilakukan pada tangan subjek dengan melakukan gerakan membuka

Gambar 6. a. Flowchart Pelatihan b. Flowchart Pembuktian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Myoware Muscle Sensor diambil sebanyak 120 data dengan dua kondisi yaitu kondisi pertama ketika tangan menggenggam dan kondisi kedua ketika tangan membuka. Pengambilan data pada tangan menggenggam terdapat tiga macam keadaan yaitu tangan menggenggam biasa, kuat dan tangan

menggenggam dengan pergelangan tangan digerakan. Begitu pula pada pengambilan data ketika tangan membuka digunakan keadaan yang sama.

Pengambilan data pada setiap kondisi sebanyak 60 kali yaitu dengan setiap keadaan sebanyak 20 data. Data yang diambil berupa data analog dengan range range 0–255. Tabel 1 menunjukkan nilai hasil percobaan.

Tabel 1 Nilai yang dikeluarkan oleh elektroda

No	Membuka			Menutup		
	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Pergelangan Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Pergelangan Tangan Digerakkan
1	24	49	58	45	110	157
2	22	56	60	66	133	167
3	20	42	59	60	122	167
4	19	46	46	53	132	167
5	29	45	60	45	102	167
6	24	44	59	52	111	161
7	19	43	46	47	135	165
8	21	46	54	55	133	129
9	20	43	54	45	149	131
10	19	48	53	44	130	153
11	16	40	60	63	156	163
12	25	32	58	52	148	150
13	25	39	54	46	160	141
14	18	38	63	45	114	112
15	32	30	61	53	109	119
16	30	40	52	52	124	126
17	22	40	47	58	155	117
18	26	39	44	54	151	145
19	25	41	53	62	142	127
20	21	40	62	67	120	135

Hasil percobaan tersebut kemudian dimasukan dalam proses learning yang dilakukan pada sebuah Komputer. Bobot-bobot yang dihasilkan dari proses pembelajaran tersebut kemudian dimasukan dalam mikrokontroler. Untuk menguji keberhasilan sistem ini, maka dicobakan pada seorang subjek 5

kali percobaan. Dimana tangan subjek sebagai input untuk mengerakkan tangan robot. Subjek melakukan 10 kali membuka dan menutup dengan variasi kekuatan dan gerakan dari pergelangan tangan.

Hasil percobaan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2

dan tabel 3 dengan tanda (v) berarti gerakan tangan robot berhasil mengikuti gerakan tangan subjek. Sedangkan tanda (x) berarti sebaliknya. Dari hasil percobaan tersebut maka tangan robot berhasil mengikuti pergerakan subjek

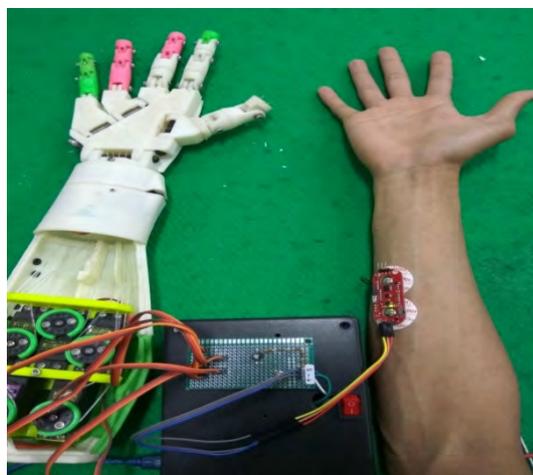
sebesar 90% untuk pergerakan tangan membuka dan 85.34% untuk pergerakan tangan menggenggam. Gambar 7 dan 8 menunjukkan gerakan membuka dan menutup yang berhasil ditiru oleh robot tangan.

Tabel 2. Membuka pada robot

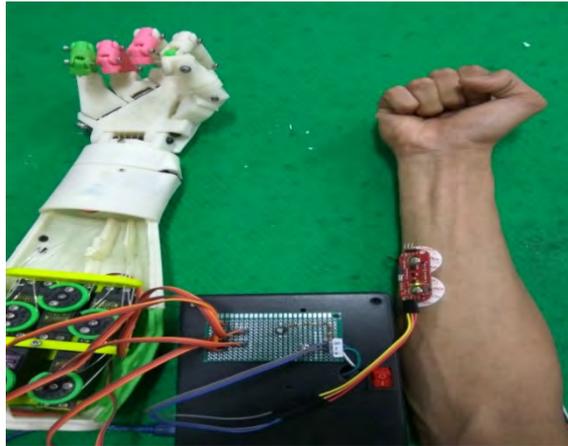
No	1			2			3			4			5		
	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan
1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
2	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x
3	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v
4	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v
5	v	v	x	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	x	v
6	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v
7	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	x	x
8	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
9	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
10	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Tabel 3. Menutup pada robot

No	1			2			3			4			5		
	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan	Kondisi Biasa	Kondisi Kuat	Kondisi Lengan Bawah Tangan Digerakkan
1	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v	v	v	v	v
2	x	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v	v	x	v	v
3	x	v	v	x	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v
4	v	v	v	x	v	v	x	v	x	v	v	v	x	v	v
5	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	v	v	v	x
6	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
7	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
8	v	v	v	v	v	x	v	v	v	v	x	x	v	v	v
9	v	v	v	v	v	v	v	x	v	x	v	v	v	v	v
10	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v



Gambar 7. Posisi Tangan Membuka



Gambar 8. Posisi Tangan Menggenggam

## KESIMPULAN

istem yang diusulkan dengan hanya menggunakan satu buah sensor yang memiliki 3 elektroda, serta menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan mempunyai keberhasilan untuk meniru gerakan sederhana yaitu membuka dan menutup. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dikembangkan untuk gerakan yang lebih rumit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

enutup. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dikembangkan untuk gerakan yang lebih rumit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ángel-López J.P & Arzola de la Peña N. (2017) Voice Controlled Prosthetic Hand with Predefined Grasps and Movements. In: Torres I., Bustamante J., Sierra D. (eds) VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016, Bucaramanga, Santander, Colombia, October 26th -28th, 2016. *IFMBE Proceedings*, vol 60. Springer, Singapore
- [2] Miskon A., Thanakodi S., Mazlan M.R., Azhar S., Nooraya S & Tawil M. (2016) Viability of Controlling Prosthetic Hand Utilizing Electroencephalograph (EEG) Dataset Signal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* vol 160 012114
- [3] Akhmadeev K., Rampone E., Yu T., Aoustin Y & Carpentier E (2017). A real-time gesture classification using surface EMG to control a robotics hand. *ENOC 2017, Budapest, Hungary*
- [4] Marco E.B, Andrés G.J, Jonathan A.Z., Andrés P., & Víctor H.A. (2017) “Hand Gesture Recognition Using Machine Learning and the Myo Armband.”, in *25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*.
- [5] Weiss L., Weiss J., & Silver J., (2016) “Easy EMG”, Elsevier.
- [6] Shunzhan H., Chenguang Y., Wang M., Cheng L., & Zedong H.(2017). Hand Gesture Recognition using MYO Armband., in *Chinese Automation Congress (CAC)*.
- [7] Arief Z., Indra A.S. & Roby A.A. (2015). “Comparison of Five Time Series EMG Features Extraction Using Myo Armband.”, International Electronics Symposium (IES), Politeknik Negeri Surabaya (PENS), Surabaya, 2015

- [8] Dhito Y. (2017) Muscle Fatigue Detection Using Emg Signal And Force Detector On The Basic Movement Of Extention And Flexion Knee-Joint For Evaluating Use Of Functional Electrival Stimulation On The Lower Limb Rehabilitation System., Final Project – TE 141599, Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya
- [9] Adi D.I.F., (2017). Klasifikasi Sinyal EMG dari Otot Lengan Sebagai Media Kontrol Menggunakan Naives Bayes., M.A. thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [10] brent. "Myoware Muscle Sensor Kit", Retrieved from <https://learn.sparkfun.com/tutorials/>  
[s/](https://learn.sparkfun.com/tutorials/s/)

