

---

## RANCANG BANGUN DAN OPTIMALISASI LENGAN ROBOT BIONIK BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

**Daniel Dwi Prasetyo<sup>1\*</sup>, Juandrew Archadedali Riyanto<sup>2</sup>, Ricky Cahyo Wibowo<sup>3</sup>, Surya Putra Wibisana<sup>4</sup>, Johan Wandi Wicaksono<sup>5</sup>, Anggy Yuandari<sup>6</sup>,**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Teknik Mekatronika

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: daniel.20202017@student.atmi.ac.id

### Abstrak

*Laboratorium Embedded System Teknik Mekatronika Politeknik ATMI Surakarta memiliki alat peraga lengan robot bionik untuk menunjang proses akademis mikrokontroler. Namun, lengan robot bionik saat ini belum berfungsi secara maksimal, penyebab utamanya merupakan senar yang bergesekan satu dengan yang lain sehingga menyebabkan ketidakstabilan sistem pergerakan mekanik, pembacaan sensor yang belum optimal dan catu daya yang kurang saat menyuplai daya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengoptimalkan lengan robot bionik yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino. Lengan robot yang dirancang mengintegrasikan disiplin ilmu seperti mekanik, elektronik, dan informatika. Dalam perancangan lengan ini, terdapat berbagai komponen pendukung, termasuk mekanik lengan dengan motor servo dan kerangka utama yang terbuat dari bahan 3D Printing. Sistem kendali lengan menggunakan Arduino Mega 2560. Sensor otot MyoWare digunakan untuk melakukan pembacaan gerakan otot. Aktuator lengan menggunakan servo motor TowerPro MG996R dan Hitec HS805BB. Human-Machine Interface (HMI) digunakan untuk berinteraksi dengan pengguna. Lengan ini dapat dikendalikan melalui tiga metode: HMI Nextion, Aplikasi Android, dan sensor EMG.*

**Kata kunci:** Lengan Robot, Arduino, MyoWare

## 1. PENDAHULUAN

Mekatronika merupakan ilmu yang menggabungkan beberapa disiplin ilmu yaitu mekanika, elektronika, dan informatika. Ilmu mekatronika digunakan untuk merancang, memproduksi, mengoperasikan serta memelihara sistem dengan tujuan untuk menghasilkan suatu produk atau mesin dengan kinerja yang optimal. Laboratorium *Embedded System* Teknik Mekatronika Politeknik ATMI Surakarta memiliki alat peraga lengan robot bionik untuk menunjang proses akademis mikrokontroler. Namun, lengan robot bionik saat ini belum berfungsi secara maksimal, penyebab utamanya merupakan senar yang bergesekan satu dengan yang lain sehingga menyebabkan ketidakstabilan sistem pergerakan mekanik, pembacaan sensor yang belum optimal dan catu daya yang kurang saat menyuplai daya.

Pengembangan lengan robot bionik dilakukan dengan optimalisasi mekanik, penambahan jumlah sensor, optimalisasi tampilan antarmuka dan optimalisasi sistem catu daya. Tujuannya untuk menghasilkan pergerakan mekanik yang stabil, pembacaan sensor yang optimal, penggunaan lengan robot yang mudah dan catu daya yang cukup saat menyuplai daya. Perealisasi proyek lengan robot bionik diharapkan dapat dijadikan sebagai media pengenalan serta pembelajaran mengenai lengan robot yang menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler diberi masukan dan diolah agar menghasilkan keluaran ke aktuator yang menggerakkan mekanik lengan robot.

## 2. METODOLOGI

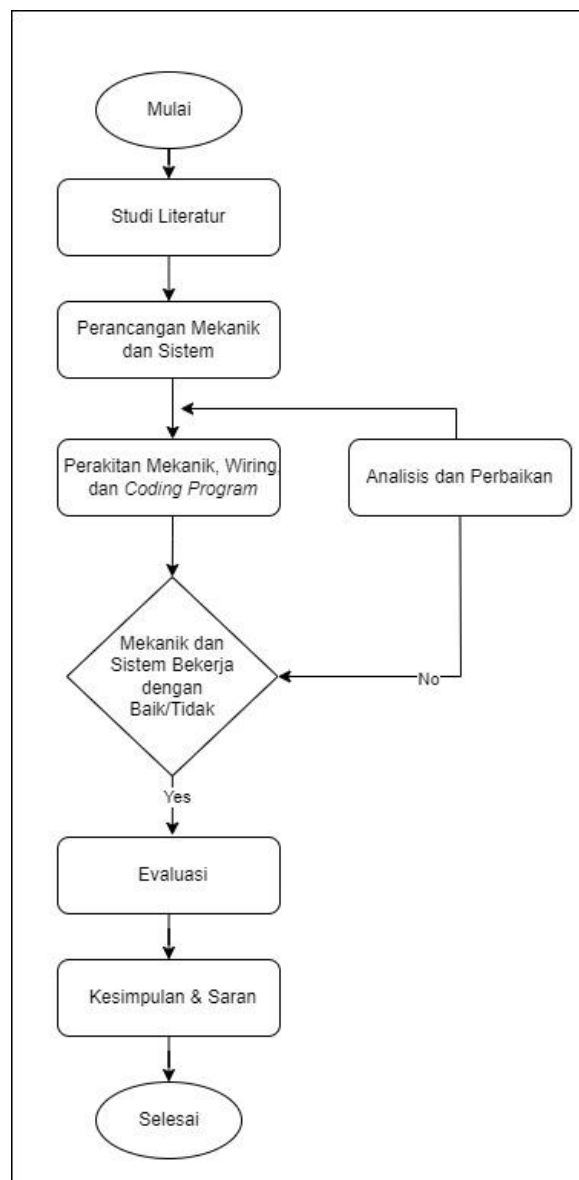
Proses penelitian ini perlu dilakukan secara sistematis dan jelas agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, penelitian ini memerlukan beberapa hal diantaranya adalah metode penelitian dan proses penelitian. Berikut merupakan penjelasan mengenai bagian-bagian yang telah disebutkan :

### 2.1. Metode Penelitian

Dalam pembuatan lengan robot bionik, pendekatan yang digunakan adalah kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan ini dimulai dengan tahap penelitian kualitatif untuk menganalisis kebutuhan pelanggan, melakukan proses desain lengan robot secara mendalam. Hasil dari analisis kualitatif digunakan sebagai dasar untuk melanjutkan ke tahap metode kuantitatif yang mencakup implementasi sistem pada lengan, dengan mengutip data angka dan statistik yang relevan untuk memastikan kualitas dan kinerja lengan robot bionik tersebut.

### 2.2. Tahap

Penelitian optimalisasi lengan robot bionik dilakukan melalui serangkaian tahap yang terstruktur, maka dibuat alur (*flowchart*) seperti berikut ini :



#### 2.2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan studi literatur dan pengumpulan data terkait dengan rancang bangun dan optimalisasi lengan robot bionik berbasis mikrokontroler arduino. Pengumpulan data dilakukan untuk memahami konsep dan teknologi yang digunakan pada lengan robot bionik. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan pelanggan, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain diskusi dengan pelanggan, data penelitian didapatkan dari data pendukung seperti proses observasi berupa pengamatan langsung terhadap objek penelitian untuk memperoleh data yang akurat dan valid, studi pustaka berupa pengumpulan data dari sumber-sumber tertulis, seperti buku, jurnal, dan artikel ilmiah terkait dengan topik penelitian.

### 2.2.2. Pembuatan Matriks Kebutuhan

Pembuatan matriks kebutuhan dilakukan perencanaan terkait dengan rancang bangun dan optimalisasi lengan robot bionik berbasis mikrokontroler arduino. Tahap pembuatan matriks kebutuhan mencakup merancang aspek mekanik, pengaturan kabel dan koneksi, perancangan antarmuka, serta merancang program yang sesuai. Data yang diperlukan termasuk daftar persyaratan yang berasal dari permintaan pelanggan dan karakteristik teknis yang diperlukan untuk memenuhi keinginan pelanggan tersebut.

**Tabel 1. Matriks Kebutuhan**

No	Permintaan	Solusi	Spesifikasi
1	Optimalisasi desain mekanik lengan robot bionik	Menggunakan robot Inmoov sebagai basis desain dari pengembangan lengan robot	Pergerakan 7 Axis Bahan Plastik PLA
2	Optimalisasi pembacaan sensor otot	Menggunakan 2 sensor serta penentuan penempatan sensor dan gerakan tangan	Membaca 2 gerakan tangan
3	Optimalisasi wiring komponen dan penggunaan baterai	Memperbaiki dan merapikan wiring komponen	Menggunakan base untuk penempatan komponen sehingga wiring dapat rapi
4	Optimalisasi desain <i>user interface</i> dan penambahan pengontrol aplikasi android	Membuat desain user interface dan pengontrolan aplikasi android menggunakan HC-05 untuk gerakan lengan robot	Pergerakan lengan robot per Axis

### 2.2.3. Tahap Pembentukan Prototipe

Tahap pembentukan prototipe, dilakukan pembentukan prototipe rancang bangun dan optimalisasi lengan robot bionik berbasis mikrokontroler arduino. Prototipe lengan robot bionik dibuat sebagai representasi awal dari sistem yang akan dikembangkan, bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi fungsionalitas sistem secara praktis sebelum mengembangkan versi finalnya.

### 2.2.4. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi, dilakukan evaluasi terhadap rancang bangun dan optimalisasi lengan robot bionik berbasis mikrokontroler arduino. Evaluasi dilakukan untuk mengukur sejauh mana sistem ini dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan efektif dalam mengatasi masalah yang dihadapi. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan harapan dan dapat berfungsi secara optimal sebelum diproduksi atau diimplementasikan secara lebih luas.

### 2.2.5. Tahap Implementasi

Tahap implementasi, dilakukan implementasi rancang bangun dan optimalisasi lengan robot bionik berbasis mikrokontroler arduino. Proses implementasi mencakup langkah-langkah seperti pemasangan komponen mekanik, instalasi kabel dan koneksi, pelatihan bagi pengguna untuk menggunakan sistem, serta perawatan rutin untuk menjaga kualitas mekanik dan koneksi kabel. Tujuan dari tahap implementasi adalah untuk mengaktifkan sistem secara praktis dan memastikan bahwa lengan robot bionik berfungsi dengan baik dalam kondisi penggunaan sehari-hari.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan implementasi lengan robot bionik ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu keberhasilan fungsi mekanik, kesesuaian pembacaan sensor otot pada lengan tangan dan komunikasi data dari HMI dapat terhubung pada arduino. Berikut ini hasil pengujian lengan robot bionik :

- a) Pengujian mekanik lengan robot bionik

**Tabel 2. Percobaan Gerak Mekanik**

No	Gerakan	Jumlah Percobaan	Jumlah Gagal	Persentase Keberhasilan
1	Ibu Jari	20	0	100%
2	Jari Telunjuk	20	0	100%
3	Jari Tengah	20	0	100%
4	Jari Manis	20	0	100%
5	Jari Kelingking	20	0	100%
6	Pergelangan Tangan	20	0	100%
7	Siku/ <i>Elbow</i>	20	0	100%

**Tabel 3. Interval Minimal Gerakan Buka dan Tutup Ibu Jari**

Interval Minimal Gerakan Buka dan Tutup								
No	Gerakan	Waktu (ms)						
		400	410	420	430	440	450	460
1	Ibu Jari							

**Tabel 4. Interval Minimal Gerakan Buka dan Tutup Jari**

Interval Minimal Gerakan Buka dan Tutup															
No	Gerakan	Waktu (ms)													
		660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790
2	Jari Telunjuk														
3	Jari Tengah														
4	Jari Manis														
5	Jari Kelingking														
6	Pergelangan Tangan														
7	Siku/Elbow														

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian terkait kinerja sistem gerak pada mekanik lengan robot. Pengujian dilakukan pada seluruh *axis* untuk menguji apakah mekanik dapat bergerak sesuai perintah. Gerakan yang diuji dapat dilakukan dengan berhasil, ditandai dengan mekanik lengan robot mampu melakukan gerakan secara tepat dan sesuai dengan perintah yang diberikan pada Serial Monitor Arduino. Interval pemanggilan gerakan diatur minimal sesuai dengan tabel 3 dan 4 agar gerakan dapat dilakukan dengan berhasil. Warna hijau menandakan gerakan dapat dilakukan dengan berhasil dan warna merah menandakan gerakan tidak dapat dilakukan dengan berhasil.

b) Charge dan discharge baterai

Dalam proyek ini, digunakan komponen charging ISDT Q6 yang berfungsi untuk mengisi daya baterai saat daya baterai melemah. Untuk itu, dilakukan pengujian terhadap lama waktu saat proses discharge dan charge baterai

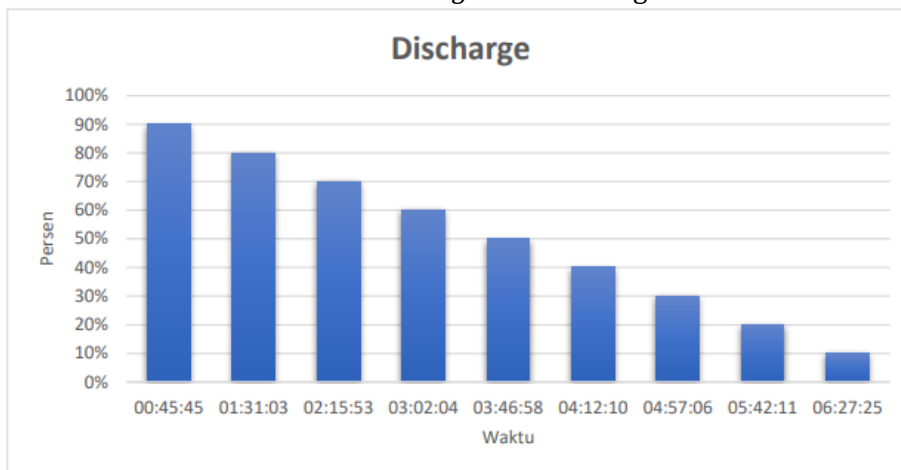
**Tabel 5. Waktu *Discharge* Baterai Lengan Robot Bionik**

Discharge		
Kapasitas (mah)	Persen	Waktu
5670	90%	00:45:45
5040	80%	01:31:03
4410	70%	02:15:53
3780	60%	03:02:04
3150	50%	03:46:58
2520	40%	04:12:10
1890	30%	04:57:06
1260	20%	05:42:11
630	10%	06:27:25

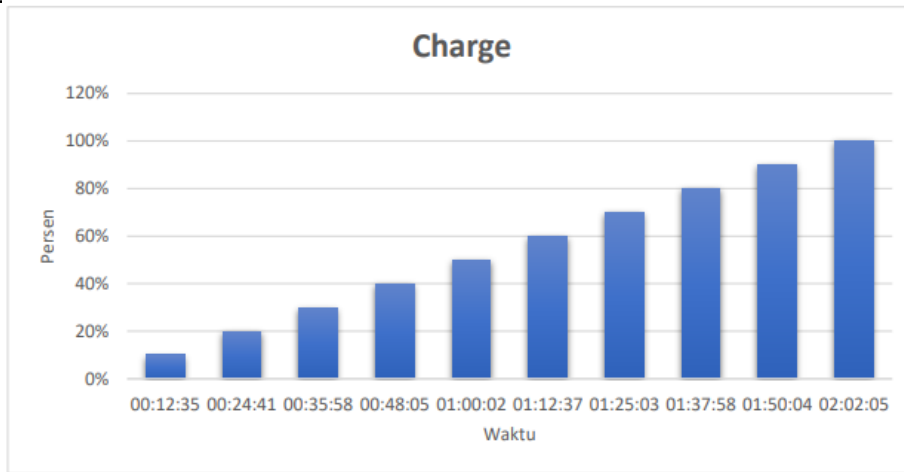
**Tabel 6.** Waktu *Charge* Baterai Lengan Robot Bionik

Charge		
Kapasitas (mah)	Persen	Waktu
630	10%	00:12:35
1260	20%	00:24:41
1890	30%	00:35:58
2520	40%	00:48:05
3150	50%	01:00:02
3780	60%	01:12:37
4410	70%	01:25:03
5040	80%	01:37:58
5670	90%	01:50:04
6300	100%	02:02:05

**Tabel 7.** Grafik Waktu *Discharge* Baterai Lengan Robot Bionik



**Tabel 8.** Grafik Waktu *Charge* Baterai Lengan Robot Bionik



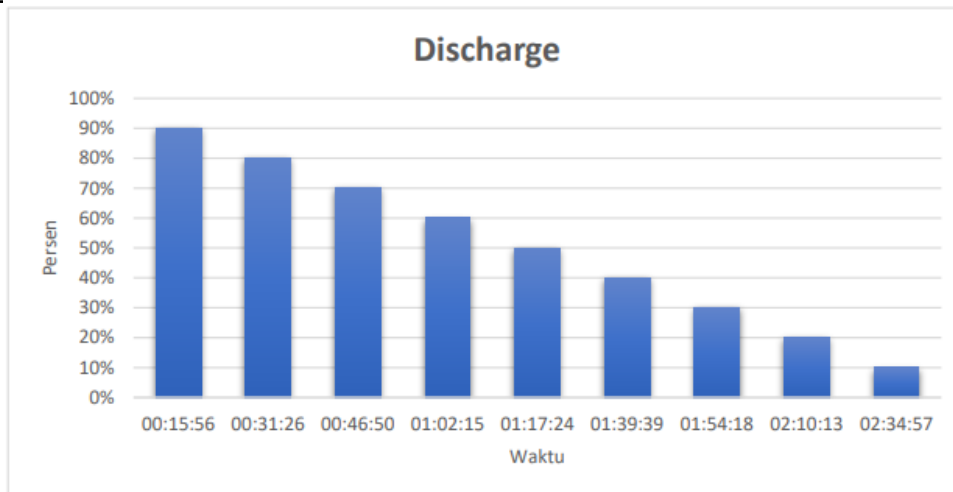
**Tabel 9.** Waktu *Discharge* Baterai Kalibrator

Discharge		
Kapasitas (mah)	Persen	Waktu
1980	90%	00:15:56
1760	80%	00:31:26
1540	70%	00:46:50
1320	60%	01:02:15
1100	50%	01:17:24
880	40%	01:39:39
660	30%	01:54:18
440	20%	02:10:13
220	10%	02:34:57

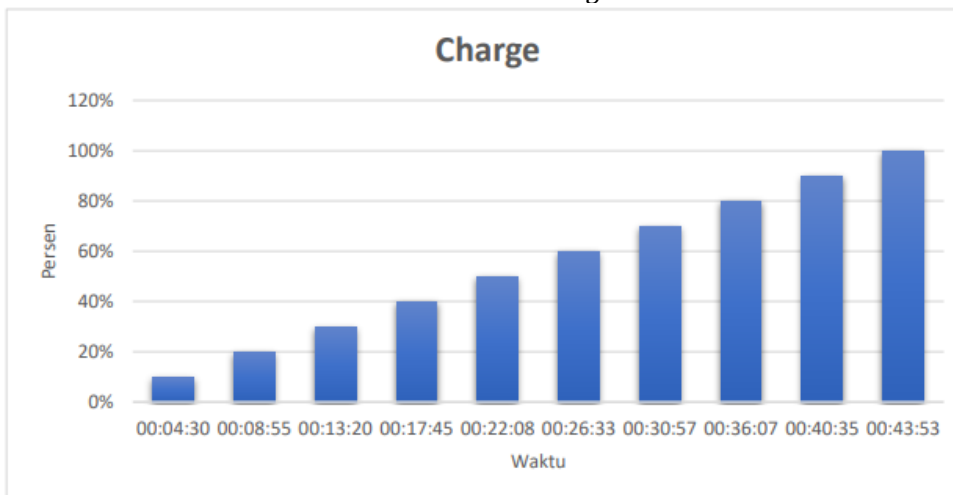
**Tabel 10.** Waktu *Charge* Baterai Kalibrator

Charge		
Kapasitas (mah)	Persen	Waktu
220	10%	00:04:30
440	20%	00:08:55
660	30%	00:13:20
880	40%	00:17:45
1100	50%	00:22:08
1320	60%	00:26:33
1540	70%	00:30:57
1760	80%	00:36:07
1980	90%	00:40:35
2200	100%	00:43:53

**Tabel 11.** Grafik Waktu *Discharge* Baterai Kalibrator



**Tabel 12.** Grafik Waktu *Charge* Baterai Kalibrator



c) Klasifikasi data sensor

Proses pemetaan data sensor memiliki 2 gerakan yang dapat dideteksi dan dipanggil adalah sebagai berikut:

Gerakan yang dapat dideteksi adalah sebagai berikut :

- *Wrist extension*
- *Open palm*

Gerakan yang dapat dipanggil adalah sebagai berikut :

- *Open palm*



**Tabel 13.** Pembacaan Sensor Gerakan *Wrist Extension*

Nama	Sensor 1	Sensor 2
Daniel Dwi P	388-223	342-211
Juandrew Archadedali R	202-153	209-167
Ricky Cahyo W	199-159	208-160
Surya Putra W	261-155	273-171

**Tabel 14.** Pembacaan Sensor Gerakan *Open Palm*

Nama	Sensor 1	Sensor 2
Daniel Dwi P	151-67	153-57
Juandrew Archadedali R	144-42	142-34
Ricky Cahyo W	149-42	159-34
Surya Putra W	139-53	140-50

Berdasarkan tabel yang diberikan di atas, terdapat perbedaan nilai pembacaan sensor dalam dua jenis gerakan. Gerakan wrist extension pada lengan tangan dapat mengendalikan gerakan closed fist lengan robot bionik, dengan rentang nilai Sensor 1 antara 388 hingga 153 dan Sensor 2 antara 343 hingga 160. Gerakan lengan tangan open palm dapat menggerakkan lengan robot bionik open palm dengan rentang nilai Sensor 1 antara 151 hingga 42 dan Sensor 2 antara 159 hingga 34. Nilai-nilai sensor tersebut, lengan robot bionik dapat bergerak open palm dan closed fist secara presisi.

Perbedaan nilai antara sensor-sensor tersebut menunjukkan perbedaan karakteristik gerakan pada kedua jenis gerakan. Gerakan wrist extension memiliki rentang nilai yang lebih tinggi dibandingkan gerakan open palm pada kedua sensor.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa lengan robot bionik dapat berfungsi dengan baik. Dalam pengujian mekanik, semua gerakan yang diuji berhasil dilakukan dengan persentase keberhasilan 100%. Selain itu, pengujian baterai menunjukkan waktu discharge dan charge yang efisien. Klasifikasi data sensor menunjukkan perbedaan nilai pembacaan sensor untuk dua jenis gerakan, yaitu wrist extension dan open palm, yang memungkinkan lengan robot

bionik bergerak dengan presisi. Terakhir, pengujian pergerakan lengan robot yang di kontrol oleh nextion dan aplikasi android dapat berfungsi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Culkin, J., & Hargan, E. (2017). "Learn Electronics with Arduino : An Illustrated Beginner's Guide to Physical Computing)." . *Maker Media*.
- TowerPro. (2022). MG996R. Dokumen Teknis. Diakses dari <https://www.towerpro.com.tw/product/mg996r/>, pada 20 November 2022.
- Hussein, M. (2014). 3D Printed Myoelectric Prosthetic Arm. Tesis. School of Aeronautical, Mechanical and Mechatronic Engineering, University of Sydney. Diakses dari <https://static1.squarespace.com/static/5fdf30e82dcd53187f20b7f4/t/5fe09c7ef5f64226567c5b9e/1608555676841/Low+Cost+Prosthetic+Arm+Thesis.pdf>, pada 20 November 2022.
- Langevin, G. Finger Starter. Diakses dari <https://inmoov.fr/finger-starter/>, pada 20 November 2022.
- Rogers Hobby Center. A Guide to Understanding LiPo Batteries. Diakses dari <https://www.rogershobbycenter.com/lipoguide>, pada 20 November 2022.
- MyoWare. (n.d.). 3-lead Muscle / Electromyography Sensor for Microcontroller Applications. Dokumen Teknis. Diakses dari <https://cdn.sparkfun.com/assets/a/3/a/f/a/AT-04-001.pdf>, pada 20 November 2022.
- Langevin, G. Inmoov Hand. Diakses dari <https://inmoov.fr/inmoov-hand/>, pada 15 Januari 2023.