

# TUGAS AKHIR

## RANCANG BANGUN MODEL ROBOT LENGAN NIRKABEL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**AHMAD FIRMAN ERWIN**  
**2107230006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA  
UTARA MEDAN  
2026**

## Halaman Pengesahan

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Ahmad Firman Erwin  
Npm : 2107230006  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Model Robot Lengan Nirkabel  
Bidang Ilmu : Konversi Manuufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2026

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T

Dosen Penguji II



Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Firman Erwin  
Tempat/Tanggal lahir : Bengkulu / 27 juli 2002  
NPM : 2107230006  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Rancang Bangun Model Robot Lengan Nirkabel”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik

Bila dikemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2026

Saya yang menyatakan



Ahamd Firman Erwin

## **ABSTRAK**

Perkembangan teknologi robotika mendorong kebutuhan akan sistem otomatis yang fleksibel dan efisien. Khususnya dalam bidang industri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun model robot lengan nirkabel yang dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan modul komunikasi tanpa kabel. Sistem dirancang menggunakan Arduino Uno dan aplikasi Blynk sebagai pengendali utama dan modul komunikasi berbasis Bluetooth untuk transmisi data. Robot lengan terdiri dari beberapa derajat kebebasan (Degree of Freedom/ DoF) yang digerakkan oleh motor servo untuk menghasilkan gerakan presisi.

Kata Kunci : Lengan Robot, Nirkabel, Arduino Uno, Motor Servo, Sistem kendali jarak jauh.

## **ABSTRAC**

*The development of robotics technology drives the need for flexible and efficient automated systems, particularly in the industrial sector. This research aims to design and build a wireless robotic arm model that can be controlled remotely using a wireless communication module. The system is designed using an Arduino Uno and the Blynk application as the main controller, and a Bluetooth-based communication module for data transmission. The robotic arm consists of several degrees of freedom (DoF) driven by servo motors to produce precise movements.*

*Keywords: Robotic Arm, Wireless, Arduino Uno, Servo Motor, Remote Control System.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “ RANCANG BANGUN MODEL ROBOTLENGANNIRKABEL”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghanturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Khairul Umurani, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, mendukung dan membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Chandra Amirsyah Putra Siregar, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua yang sudah selalu memberikan doa-doa hebat agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu dan baik.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Galih Jati Wicaksono, Rahmad Daffa Fauzan, Rama Bayu Pranoto dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu Penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Maret 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ahmad Firman Erwin', written over a horizontal line.

Ahmad Firman Erwin

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Robot	4
2.1.1 Landasan Teori	4
2.1.2 Robot <i>Manipulator</i>	5
2.1.3 Robot <i>Humanoid</i>	6
2.2 Konsep Robot Lengan	7
2.2.1 Konsep Dasar Robot Lengan	7
2.2.2 Motor Servo	8
2.2.3 Modul <i>ESP 32</i>	8
2.3 Perancangan Bangun	11
2.3.1 Pendahuluan	11
2.3.2 Perancangan Sistem	11
2.3.3 Prinsip Kerja Sistem	11
2.3.4 Perancangan Mekanik	12
2.4 Teknologi <i>Nirkabel</i>	12
2.4.1 <i>Bluetooth</i>	12
2.4.2 <i>Wi-Fi (Wireless Fidelity)</i>	12
2.4.3 <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i>	13
2.4.4 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	13
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>14</b>
3.1 Tempat dan Waktu	14
3.1.1 Tempat Penelitian	14
3.1.2 Waktu Penelitian	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.2.1 Bahan Penelitian	14
3.2.2 Alat Penelitian	17
3.3 Bagan Alir Penelitian	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.5 Variabel yang diteliti	21

<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>22</b>
4.1 Hasil Rancangan	22
4.1.1 Perancangan <i>Base Bottom</i>	22
4.1.2 Perancangan Robot <i>Arm</i>	26
4.1.3 Perancangan <i>Gripper</i>	28
4.2 Pembahasan	31
4.2.1 <i>Software</i> penelitian	28
4.3 Proses <i>Assembly</i>	34
4.3.1 <i>Part arm</i> robot	34
4.3.2 <i>Base Bottom</i>	35
4.3.3 <i>Base Servo Mount</i>	36
4.3.4 <i>Arm</i> robot	37
4.3.5 <i>Gripper</i>	38
4.4 Pengujian Lengan Robot	39
4.4.1 Hasil Pengujian Kinerja Lengan Robot Pada Berbagai Kondisi Gerakan	47
4.4.2 Pengaruh latensi <i>Blynk</i> terhadap kinerja sistem	49
4.4.3 Evaluasi kinerja lengan robot pada berbagai kondisi gerakan	53
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>SK PEMBIMBING</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR HASIL</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian

Tabel 4. 1 Hasil pengujian latensi pada servo 1

Tabel 4.2 Hasil pengujian latensi pada servo 2

Tabel 4.3 Hasil pengujian latensi pada servo 3

Tabel 4.4 Hasil pengujian letensi pada servo 4

Tabel 4.5 Hasil pengujian gerakan angkat 90° dengan variasi beban

Tabel 4.6 Hasil uji kinerja lengan robot skenario *pick and place* ( A → B)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Robot manipulator	6
Gambar 2.2 Robor humanoid	7
Gambar 2.3 Kerangka lengan robot	7
Gambar 2.4 Motor Servo	8
Gambar 2.5 ESP 32	9
Gambar 2.6 Blok diagram sistem	11
Gambar 2.7 Perancangan alat	12
Gambar 3.1 Filament PLA +	15
Gambar 3.2 Kabel Jumper	15
Gambar 3.3 <i>Breadboard</i>	16
Gambar 3.4 Bantalan ( <i>Bearing</i> )	16
Gambar 3.5 Pin ESP 32	17
Gambar 3.6 Motor servo	17
Gambar 3.7 Printer 3D	18
Gambar 3.8 <i>Arduino Uno</i>	18
Gambar 3.9 <i>Blynk</i>	19
Gambar 3.10 Flowchart penelitian	20
Gambar 4.1 Rancang robot lengan 5 DOF berbasis IoT	22
Gambar 4.2 Base	23
Gambar 4.3 Base Buttom	23
Gambar 4.4 Base <i>cylinder</i>	24
Gambar 4.5 Base top	24
Gambar 4.6 <i>Base bearing</i>	25
Gambar 4.7 <i>Rotating Plate</i>	25
Gambar 4.8 Robot <i>Arm</i>	26
Gambar 4.9 Base servo <i>mount</i>	26
Gambar 4.10 <i>Right Arm</i>	27
Gambar 4.11 <i>left Arm</i>	27
Gambar 4.12 <i>Center Arm</i>	27
Gambar 4.13 <i>Gripper</i>	28

Gambar 4.14 <i>Mounting</i>	28
Gambar 4.15 <i>Gripping Jaw</i>	29
Gambar 4.16 Rod	29
Gambar 4.17 <i>Rod Whit Gear</i>	30
Gambar 4.18 <i>Shaft For Servo</i>	30
Gambar 4.19 <i>Mounting Bracket</i>	31
Gambar 4.20 <i>Solidworks</i>	31
Gambar 4.21 <i>3D Printer</i>	32
Gambar 4.22 <i>Creality CR-10 V3</i>	33
Gambar 4.23 <i>Part Arm robot</i>	34
Gambar 4.24 Base bottom	35
Gambar 4.25 Base servo <i>mount</i>	36
Gambar 4.26 Arm robot	37
Gambar 4.27 <i>Gripper</i>	38
Gambar 4.39 Grafik hasil uji rata-rata latensi servo dalam jarak 1 meter	49
Gambar 4.40 Grafik hasil uji rata-rata latensi servo dalam jarak 3 meter	51
Gambar 4.41 Grafik hasil uji rata-rata latensi servo dalam jarak 5 meter	52
Gambar 4.42 Grafik hasil uji ketinggian (h) terhadap kuat arus (I) pada skenario <i>Pick and place</i>	53
Gambar 4.43 Grafik hasil uji ketinggian (h) terhadap kuat arus (I) pada Skenario angkat 90°	55
Gambar 4.44 Grafik tingkat keberhasilan pengangkatan beban secara horizontal Dan vertikal	57

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Robotika Sudah Menjadi topik penelitian sejak lama sekali hingga periode terakhir ini. Penerapannya pada bidang industri yaitu untuk membebaskan manusia dari pekerjaan melelahkan, beresiko, dan berbahaya. Jika membahas tentang robot industri, hal yang terpikirkan adalah arm robot (robot lengan). Tidak bisa dipungkiri bahwa pemanfaatan robot lengan di bidang industri sangat penting. Robot lengan bisa digunakan untuk berbagai macam hal, seperti penyolderan, penanganan material, dan pemindahan barang dengan material yang berbeda-beda. (Ramadhan, 2018).

Penggunaan robot setiap tahun terus meningkat, hal ini di buktikan dengan kenaikan penjualan robot sebesar 12 % pada tahun 2013, yaitu sebanyak 178.132 unit. Sistem pneumatik yang digunakan sebagai penggerak robot lengan (manipulator) dan sebagai pengendalinya remot kontrol dari jarak jauh. Sistem pneumatik dipilih sebagai penggerak robot lengan karena skala robot yang di rancang merupakan skala kecil dari robot industri jadi membutuhkan gaya yang relatif kecil untuk memindahkan benda atau objek. Penggunaan tekanan udara dalam sistem pneumatik juga lebih murah karena udara diperoleh secara bebas dan lebih bersih dari pada sistem hidrolik yang menggunakan cairan (minyak / oli). (Cesar, 2017).

Dalam penelitian sebelumnya yang dirancang oleh Ahmad Firman Erwin, Galih Jatih Wicaksono, Rahmad Daffa Fauzan dan Rama Bayu Pranoto dari Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara peneliti tersebut menggunakan konsep pengelasan dari jarak jauh dengan lengan robot menggunakan metode kendali otomatis menggunakan sensor jarak jauh ESP32.

Dari peneliti tersebut maka penulis mendapat gagasan untuk merancang sebuah lengan robot dengan metode yang baru yaitu menggunakan sensor jarak jauh ESP32 untuk mendeteksi seberapa jauh jarak yang dapat di peroleh ESP32 itu sendiri. Dengan Memanfaatkan teknologi Internet Of Things (IoT) menggunakan

aplikasi pada panel kontrol dan menggunakan modul ESP32 maka pergerakan robot dapat di monitoring pergerakannya secara langsung lewat aplikasi tersebut serta dapat mengontrol lengan robot dari jarak jauh.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas, maka dapat disimpulkan masalah sebagai beriku:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol yang efektif untuk menggerakkan model robot lengan nirkabel?
2. Bagaimana mengontrol robot lengan dari jarak jauh dan mengetahui pergerakan lengan robot tersebut?

Dari rumusan masalah diatas, maka batasan masalah pada pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas tentang kinematika lengan robot.
2. Tidak membahas mendetail tentang lengan robot.

## 1.3 Ruang Lingkup

### Perancangan Sistem Robot Lengan

1. Fokus pada desain mekanis model robot lengan dengan tingkat kebebasan (*degrees of freedom*) tertentu yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.
2. Pemilihan bahan dan komponen mekanik yang mendukung pergerakan presisi.

### Pengembangan Sistem Kontrol Nirkabel

1. Menggunakan teknologi komunikasi nirkabel, seperti Bluetooth atau Wi-Fi, untuk mengendalikan pergerakan robot lengan.
2. Perancangan perangkat keras (hardware) seperti mikrokontroler dan aktuator.
3. Pengembangan perangkat lunak (software) untuk mengintrgrasikan perangkat kontrol dengan sistem robot.

## Implementasi Dan Integrasi Sistem

1. Menghubungkan sistem kontrol nirkabel dengan komponen mekanik robot lengan.
2. Mengintegrasikan input dari perangkat kontrol (seperti joystick, aplikasi smartphone, atau komputer, dll) untuk menggerakkan robot.

## Pengujian Sistem

1. Menguji kinerja robot lengan dalam berbagai skenario, seperti respons terhadap perintah gerakan, akurasi posisi, dan kecepatan reaksi.
2. Mengevaluasi stabilitas sistem komunikasi nirkabel dalam jarak dan kondisi yang berbeda.

## Batasan Sistem

1. Fokus pada model skala prototipe, bukan aplikasi langsung pada robot industri berskala besar.
2. Sistem dibatasi pada kontrol gerakan dasar ( mengangkat, memutar, atau menjangkau ), tanpa fitur kompleks seperti visi komputer atau kecerdasan buatan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk membangun dan menggerakkan robot lengan secara nirkabel dengan responsivitas tinggi dan mudah dioperasikan.
2. Untuk menguji stabilitas, dan akurasi setiap Titik point nya dalam berbagai kondisi operasional untuk memastikan bahwa Lengan Robot bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah di tentukan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Memudahkan pengendalian robot tanpa kabel sehingga lebih fleksibel dan efisien. Mengurangi resiko kerja pada lingkungan berbahaya dan meningkatkan pemahaman teknologi robotika dan sistem kendali nirkabel.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Robot

##### 2.1.1 Landasan Teori

Kata robot diambil dari bahasa Ceko (*Czech*), yang memiliki arti pekerja (worker). Robot adalah suatu perangkat mekanik yang mampu menjalankan tugas-tugas fisik, baik dibawah kendali dan pengawasan manusia, ataupun yang dijalankan dengan serangkaian program yang telah didefinisikan terlebih dahulu atau kecerdasan butan (*artificial intelligence*). (KBBI, 2015).

Ada banyak definisi yang dikemukakan oleh para ahli mengenai robot. Beberapa ahli robotika berupaya memberikan beberapa definiai, antara lain (Gonzalez,1987) :

- a) Robot adalah sebuah manipulator yang dapat diprogram ulang untuk memindahkan tool, material, atau peralatan tertentu dengan berbagai program pergerakan untuk berbagai tugas dan juga mengndalikan serta mensinkronkan peralatan dengan pekerjaannya, oleh *Robot institute of America*.
- b) Robot adalah sebuah sistem mekanik yang mempunyai fungsi gerak analog untuk fungsi gerak organisme hidup, atau kombinasi dari banyak fungsi gerak dengan fungsi *intelligent*, oleh *official japanes*.

Industrial robot dibangun dari tiga sistem dasar (*Eugene, 1976*):

- a) Struktur mekanis, yaitu sambungan-sambungan mekanis (*link*) dan pasangan-pasangan (*joint*) yang memungkinkan untuk membuat berbagai variasi gerakan.
- b) Sistem kendali dapat berupa kendali tetap (*fixed*) ataupun servo, yang dimaksud dengan sistem kendali tetap yaitu suatu kendali robot yang pengaturan gerakannya mengikuti lintasan (*path*), sedangkan kendali servo yaitu suatu kendali robot yang pengaturan geraknya dilakukan *ponit to point* (PTP) atau titik pertitik.
- c) Unit penggerak (*actuator*), seperti hidrolik, fenumatik, elektrik ataupun kombinasi dari ketiganya, dengan atau tanpa sistem transmisi.

Torsi (force) dan kecepatan yang tersedia pada suatu aktuator diperlukan

untuk mengendalikan posisi dan kecepatan. Transmisi diperlukan untuk menggandakan torsi. Seperti diketahui menambah torsi dapat menurunkan kecepatan dan meningkatkan inersia efektif pada sambungan. Untuk mengurangi berat suatu sistem robot maka aktuator tidak ditempatkan pada bagian yang digerakkan, tetapi pada sambungan yang sebelumnya. Ada beberapa jenis transmisi yang banyak dipakai, antara lain *belt*, *cable*, *chain* dan roda gigi.

Jika sebelumnya robot hanya dioperasikan di laboratorium ataupun dimanfaatkan untuk keperluan industri, di Negara-negara maju perkembangan robot mengalami peningkatan yang tajam, saat ini robot telah digunakan sebagai alat untuk membantu pekerjaan manusia. Seiring dengan berkembangnya teknologi, khususnya teknologi elektronik, peran robot menjadi semakin penting tidak saja dibidang sains tapi juga di berbagai bidang lainnya, seperti dibidang kedokteran, pertanian, bahkan militer. Secara sadar atau tidak, saat ini robot telah masuk dalam kehidupan manusia sehari-hari dalam berbagai bentuk dan jenis. Ada jenis robot sederhana yang dirancang untuk melakukan kegiatan yang sederhana, mudah dan berulang-ulang, ataupun robot yang diciptakan khusus untuk melakukan sesuatu yang rumit, sehingga dapat berperilaku sangat kompleks dan secara otomatis dapat mengontrol dirinya sendiri sampai batas tertentu.

Robot memiliki berbagai macam konstruksi. Diantaranya adalah :(KBBI,2015).

a) Robot Manipulator

Sebuah robot industri terdiri dari sebuah manipulator robot seperti pada (Gambar 2.1) , *power supply*, dan pengontrol. Manipulator robot dapat dibagi menjadi dua bagian, masing-masing dengan fungsi yang berbeda yaitu:

Manipulator robot dibuat dari urutan kombinasi link dan sendi. Link yang menghubungkan para anggota sendi, atau gripper. Sumbu adalah komponen bergerak dari robot yang menyebabkan gerakan relative antara link yang berdekatan. Sendi mekanis digunakan untuk membangun manipulator terdiri dari lima jenis utama. Dua dari sendi yang *linear*, dimana gerakan relatif antara *link* yang berdekatan adalah non-rotasi, dan tiga jenis rotasi, dimana gerakan relative melibatkan rotasi antara *link*. Bagian lengan dan tubuh manipulator didasarkan pada salah satu dari empat konfigurasi antara lain:

1. *Gantry* yaitu bagian robot yang memiliki sendi linear dan dipasang overhead.
2. *Cylindrical* yaitu robot anatomi silinder yang dibuat dari sendi linear yang terhubung ke basis bersama rotary.
3. *Joined-Arm* yaitu konfigurasi yang paling populer dalam robot industry. Lengan menghubungkan dengan bersama memutar, dan link di dalamnya dihubungkan dengan sendi putar.



Gambar 2.1 Robot Manipulator (Shreyas Sharma, 2025)

b) Robot Humanoid

Sebuah robot *humanoid* seperti pada (Gambar 2.2), adalah sebuah robot dengan penampilan secara keseluruhan, berdasarkan bahwa tubuh manusia, sehingga interaksi dengan alat yang dibuat untuk manusia atau lingkungan. Dalam robot *humanoid* umumnya memiliki tubuh dengan kepala, dua lengan dan dua kaki, meskipun beberapa bentuk robot *humanoid* mungkin model hanya bagian dari tubuh, misalnya dari pinggang ke atas. Beberapa robot *humanoid* mungkin juga memiliki wajah dengan mata dan mulut.

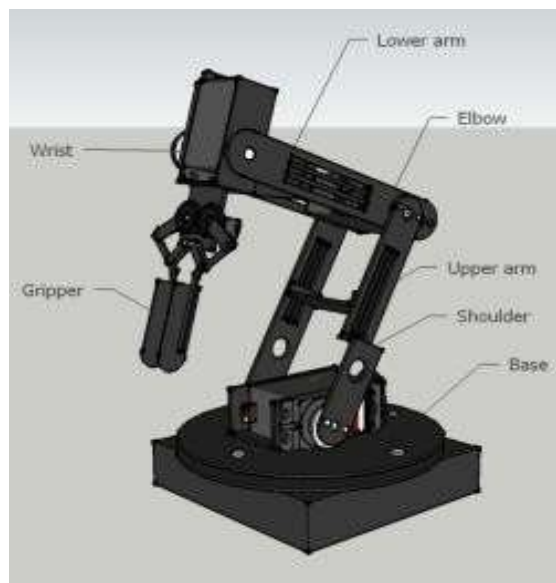


Gambar 2.2 Robot Humanoid (Kumar Priyadarshi, 2024)

## 2.2. Konsep Robot Lengan

### 2.2.1 Konsep Dasar Robot Lengan

lengan robot Seperti pada (Gambar 2.3), merupakan sistem elektronika mekanik yang mampu memeplihatkan pergerakan dari lengan robot. Sistem mekanik lengan robot ini terdiri dari gabungan atau susunan link (rangka) yang digabungkan dengan joint (engsel) yang mampu menunjukkan gerakan-gerakan yang dikontrol, sebagai rangkaian umpan balik terbuka maupun tertutup yang disusun dengan sendi-sendi yang dapat melakukan gerakan-gerakan secara bebas. (Irawan,2017).



Gambar 2.3 Kerangka Lengan Robot (Didit Wahyu, 2020)

### 2.2.2 Motor Servo

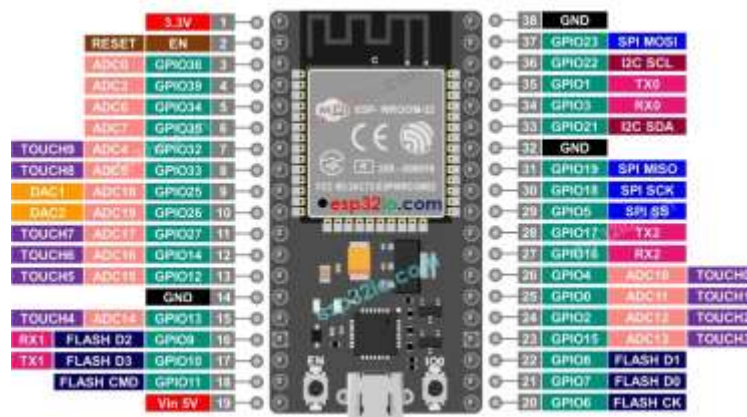
Motor Servo seperti pada (Gambar 2.4) adalah motor Dc yang dilengkapi dengan gear-gear didalamnya dan sebuah sensor posisi yang dapat membaca posisi putaran. Motor Dc servo ini dilengkapi dengan sistem close loop, sehingga bisa mempertahankan horn pada posisinya. Motor servo terdiri dari sebuah motor Dc kecil, sebuah rangkaian kontrol, dan potensiometer. Umumnya motor servo memiliki kemampuan yang amat cukup bagus dalam hal bidang perubahan posisi yang amat cukup cepat, akselerasi dan kecepatan. Motor servo juga amat handal dalam beroperasi dilingkup torsi yang dapat berubah ubah. (Irwan, 2017).



Gambar 2.4 Motor Servo ( Saleh, 2022)

### 2.2.3 Modul ESP32

Modul ESP32 adalah modul yang sangat murah tetapi efektif digunakan untuk berkomunikasi atau kontrol melalui internet baik digunakan secara stand alone ( berdiri sendiri) maupun dengan menggunakan mikrokontroller tambahan dalam hal ini Arduino sebagai pengendaliannya. Dan metode ini sering disebut dengan istilah Internet of Things (IoT). Di pasaran yang beredar ada beberapa tipe dari ESP32, tetapi yang banyak digunakan dan mudah dicari di indonesia yaitu tipe ESP-01,ESP-07, dan ESP-12. Untuk fungsi hampir sama tetapi perbedaannya terletak pada pin GPIO (General Purpose Input Output) pada masing-masing tipe. (Faudin,2017).



Gambar 2.5 Pin ESP 32 (Barrozo, 2023)

Keterangan :

### 1. Pin Power

- 3.3 V (Pin 1) – Output tegangan 3.3 V dari regulator internal. Bisa dipakai untuk memberi daya ke sensor.
- Pin 5 V (Pin 18) – Input daya 5 V dari USB atau power *supply eksternal*.
- GND (Ground) – Pin ground misalnya pin 14, 32, 38.

### 2. Pin Kontrol

- EN (Enable, pin 2) – Untuk reset / *enable chip*. Jika dihubungkan ke LOW, chip akan reset.
- RESET – Tombol reset bawaan board (untuk merestart ESP32).

### 3. Pin ADC (*Analog to Digital Converter*)

ESP32 memiliki ADC 12 – bit (0-4095), Bisa membaca tegangan analog (0-3.3V).

- Contoh: ADC0 (GPIO36), ADC3 (GPIO39), ADC6 (GPIO34), dll.
- Dipakai untuk membaca sensor analog (misal: potensiometer, sensor cahaya, dll).

### 4. Pin DAC (*Digital to Analog Converter*)

- DAC1 (GPIO25) dan DAC2 (GPIO26) – Menghasilkan tegangan analog 0 - 3.3 V. berguna untuk menghasilkan sinyal audio atau kontrol analog.

### 5. Pin Touch (Sensor Sentuh Kapasitif)

ESP32 memiliki pin touch yang bisa mendeteksi sentuhan tanpa tombol fisik.

- TOUCH0 – TOUCH9 ( GPIO4, GPIO0, GPIO2, GPIO15, GPIO13, GPIO12, GPIO14, GPIO27, GPIO33,GPIO32).
- Bisa dipakai sebagai tombol sentuh (misal:*keypad touch*)

#### 6. Pin Komunikasi Serial

- UART0: TX0 (GPIO1), RX1 (GPIO3) – *Default* komunikasi serial USB.
- UART1: TX1 (GPIO10), RX1 (GPIO9).
- UART2: TX2 (GPIO17), RX2 (GPIO16)

Dipakai untuk komunikasi serial dengan modul eksternal ( misal: GPS, sensor, modul komunikasi).

#### 7. Pin SPI (*Serial Peripheral Interface*)

- MOSI (GPIO23)
- MISO ( GPIO19)
- SCK (GPIO18)
- SS (GPIO5)

Dipakai untuk komunikasi SPI ( Misalnya dengan modul display OLED / TFT, sensor kecepatan tinggi).

#### 8. Pin I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*)

- SDA (GPIO21)
- SCL (GPIO22)

Dipakai untuk komunikasi I<sup>2</sup>C (sensor, RTC, LCD, dll).

#### 9. Pin PWM (*Pulse Width Modulation*)

- Hampir semua GPIO ESP32 bisa menghasilkan PWM (servo, kontrol motor DC , LED *brightness*).

#### 10. Pin khusus *Flash*

- GPIO6 – GPIO11 adalah pin internal untuk Flash Memory – Tidak disarankan dipakai.

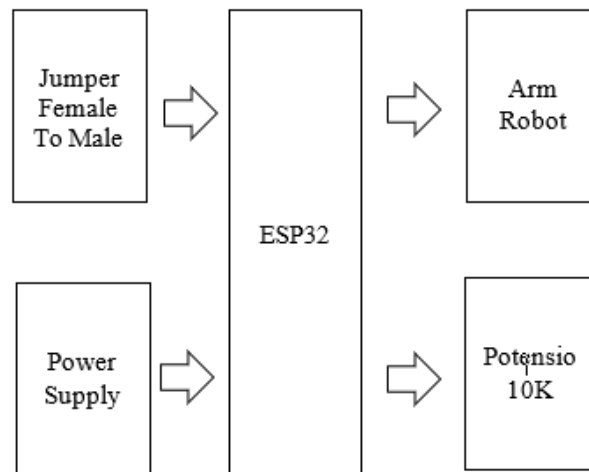
## 2.3. Perancangan Bangun

### A. Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang perancangan sistem, prinsip kerja sistem, perancangan perangkat keras (hardware), dan perancangan perangkat lunak (software). Masing-masing bagian tersebut disusun dengan pemilihan beberapa jenis komponen dengan fungsi sesuai perencanaan, sehingga akan dihasilkan suatu alat dengan fungsi yang sesuai dengan perencanaan awal.

### B. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem, gambaran mengenai perencanaan alat yang akan dibuat akan dijelaskan pada diagram blok berikut:



Gambar 2.6 Blok Diagram Sistem (Susany, 2020)

### C. Prinsip Kerja Sistem

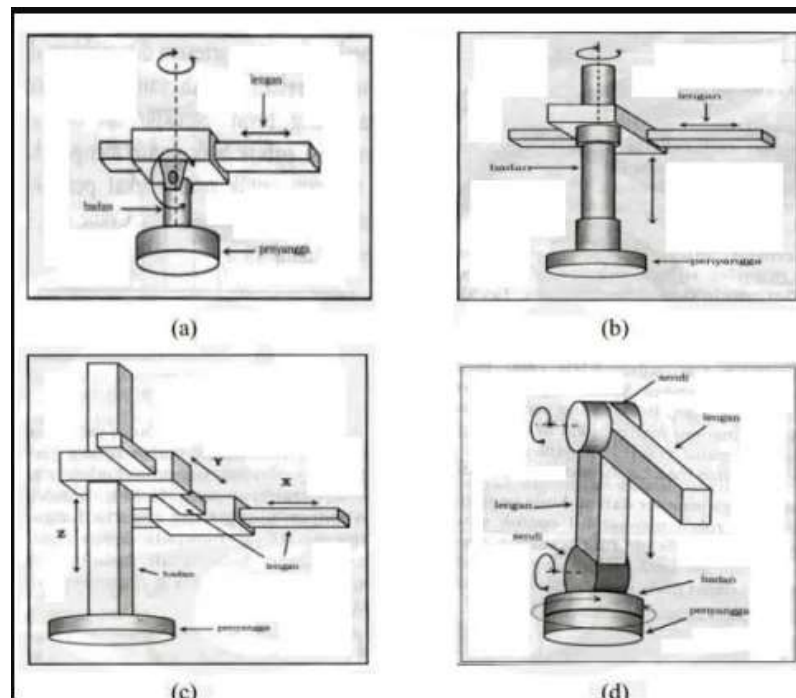
Pada blok diagram sistem (Gambar 2.6) cara kerja sistem adalah dari kabel jumper male to female dan power supply yang berfungsi menghubungkan komponen elektronik ke breadboard dan menyuplai listrik ke perangkat elektronik dan modul ESP32 yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data..

Dengan menggunakan ESP32 kita dapat mendeteksi pergerakan dari jarak jauh, sebagai implementasi IoT yang dapat mengontrol serta memonitor lewat internet maka lengan robot secara terdeteksi dengan potensio yang sudah disediakan serta dapat memonitoring pergerakan lengan robot dari jarak yang sudah kita inginkan sehingga memberikan gerakan yang fungsional dalam sebuah objek

yang ditentukan dengan camera yang berada pada modul ESP32 Cam yang sudah diprogram untuk memantau tiap pergerakan robot.

#### D. Perancangan Mekanik

Pada perancangan ini mekanik membuat gambaran dari alat secara keseluruhan akan dijelaskan pada (Gambar 2.7). Perancangan ini dari sebuah base servo. Lengan robot, untuk mendekteksi objek yang sudah di tentukan, yang berisi mikrokontroller Esp32 .



Gambar 2.7 Perancangan Alat (Pratama., 2015)

## 2.4 Teknologi Nirkabel

### 2.4.1 Bluetooth

Bluetooth adalah sebuah teknologi nirkabel dengan menggunakan media gelombang radio yang terjadi pada frekuensi 2.4 GHz. Teknologi bluetooth mempunyai kecepatan maksimum 1 Mbps. (S. Simanungkalit, 2013).

### 2.4.2 Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)

Istilah Wi-Fi dipakai dalam bahasa inggris umum sebagai sinonim WLAN (*Wireless Local Area Network*). WiFi adalah sebuah teknologi terkenal

yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio).

Wi-Fi dirancang berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11. Sekarang ini ada empat variasi dari 802.11. yaitu : 802.11a, 802.11b, 802.11g dan pertama Wi-Fi. Variasi g dan n merupakan salah satu produk yang memiliki penjualan terbanyak pada tahun 2005. (S. Simanungkalit, 2013).

#### 2.4.3 *Radio Frequency Identification (RFID)*

*Radio Frequency Identification (RFID)* adalah proses identifikasi suatu objek dengan menggunakan frekuensi transmisi radio. Frekuensi radio digunakan untuk membaca informasi dari sebuah *device* kecil yang disebut RFID tag atau transponder (*transmitter responder*). RFID tag akan mengenali diri sendiri ketika mendeteksi sinyal dari *device* yang kompatibel, yaitu RFID *reader* (Ahson & Ilyas, 2017).

#### 2.4.4 *Internet Of Things (IoT)*

*Internet Of Things* adalah struktur dimana kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah anatar manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. Perkembangan *Internet Of Things*, semua peralatan yang kita gunakan dalam kehidupan kita sehari hari dapat di kendalikan dan di pantau menggunakan IoT.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat pelaksanaan perancangan dan proses *printing* lengan robot 5 DOF berbasis IoT dilaksanakan di Lantai 2 Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

##### 3.1.2 Waktu Penelitian

Proses *printing* lengan robot ini dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1. c

Tabel 3.1 Waktu Kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literatur	■	■				
2	Pemilihan Desain		■	■			
3	Melakukan printer 3D			■	■		
4	Rancang / penulisan skripsi				■	■	■
5	Seminar Hasil					■	■
6	Sidang						■

#### 3.4 Bahan dan Alat

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan robot lengan 5 DOF, yaitu :

1. *Filament* PLA +

*Filament* Seperti pada (Gambar 3.1) terbuat dari plastik yang tersedia dalam berbagai jenis seperti PLA (*PolyacticAcid*), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*), dan lainnya. *Filament* merupakan bahan baku dalam proses *printing* 3D robot lenggan dengan cara dilelehkan.



Gambar 3.1 *Filament PLA +*

## 2. Kabel Jumper

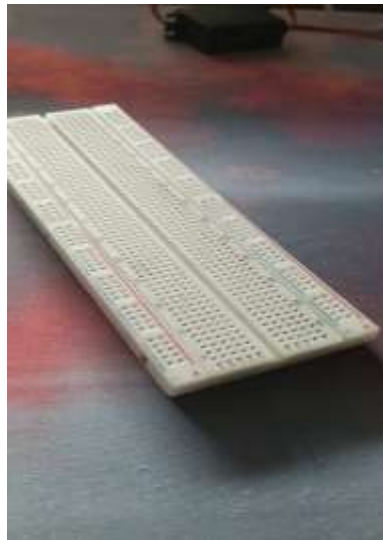
Kabel fleksibel seperti pada (Gambar 3.2) yang digunakan untuk menghubungkan rangkain komponen elektronik. Kabel ini dilengkapi dengan konektor di kedua ujungnya untuk dipasangkan pada *breadboard* atau papan sirkuit lainnya.



Gambar 3.2 Kabel *jumper*

### 3. Breadboard

Salah satu papan *prototype* seperti pada (Gambar 3.3) yang memiliki lubang-lubang kecil yang terhubung secara elektrik didalamnya yang digunakan untuk merakit rangkaian elektronik tanpa perlu menyolder.



Gambar 3.3 Breadboard

### 4. Bantalan (*bearing*)

Bola *Bearing* seperti pada (Gambar 3.4) yang digunakan untuk bantalan penyangga (*base*) Agar dapat mengurangi gesekan dan beroperasi dengan lancar.



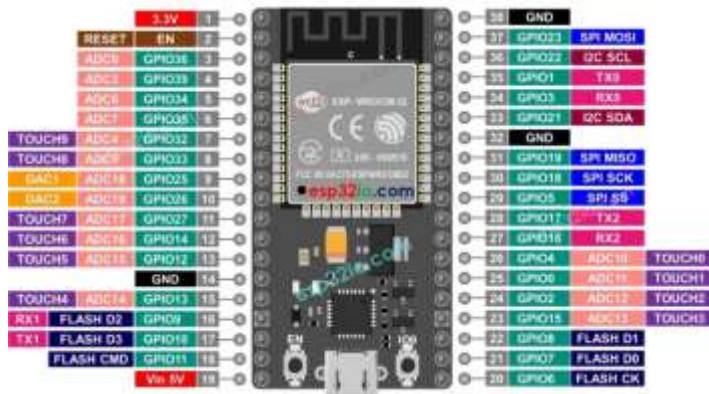
Gambar 3.4 Bantalan (*bearing*)

### 3.2.2 Alat Penelitian

Berikut alat-alat yang digunakan dalam pembuatan robot lengan 6 DOF, meliputi:

#### 1. ESP 32

Mikrokontroler seperti pada (Gambar 3.5) berupa *firmware open sources* berbasis ESP32 yang dilengkapi *wi-fi* dan *bluetooth* untuk membantu pembuatan *prototype* IoT.



Gambar 3.5 Pin ESP 32

#### 2. Motor Servo

Komponen seperti pada (Gambar 3.6) ini merupakan aktuator putar yang bergerak dengan batasan sudut tertentu. Aktuator ini menghubungkan antar sendi (*joint*) yang digunakan pada lengan robot.



Gambar 3.6 Motor servo

### 3. *Printer 3D*

Printer 3D seperti pada (Gambar 3.7) yang digunakan untuk mencetak objek tridimensional melalui desain digital menggunakan filament sebagai bahan dasar.



Gambar 3.7 *Printer 3D*

### 4. *Arduino Uno*

*Arduino Uno* seperti pada (Gambar 3.8) yang merupakan kombinasi dari hardware ,bahasa pemrograman dan *integrated Development Environment (IDE)* dari *physical computing* yang merupakan konsep untuk memahami hubungan antara software dan hardware yang sifatnya interaktif.



Gambar 3.8 *Arduino Uno*

## 5. Platform *Blynk*

Platform IoT seperti pada (Gambar 3.9) antar muka (*interface*) yang digunakan untuk mengendalikan mikrokontroler secara nirkabel dan menampilkan hasil data secara *real time*.



Gambar 3.9 Platform *Blynk*

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.10 *Flowchart* penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimen. Proses dan prosedur yang diikuti dalam penelitian ini disajikan secara sistematis dalam diagram alir (*flowchart*).

### 3.5 Variabel yang Diteliti

Terdapat beberapa variabel yang dapat diidentifikasi. Antara lain sebagai berikut:

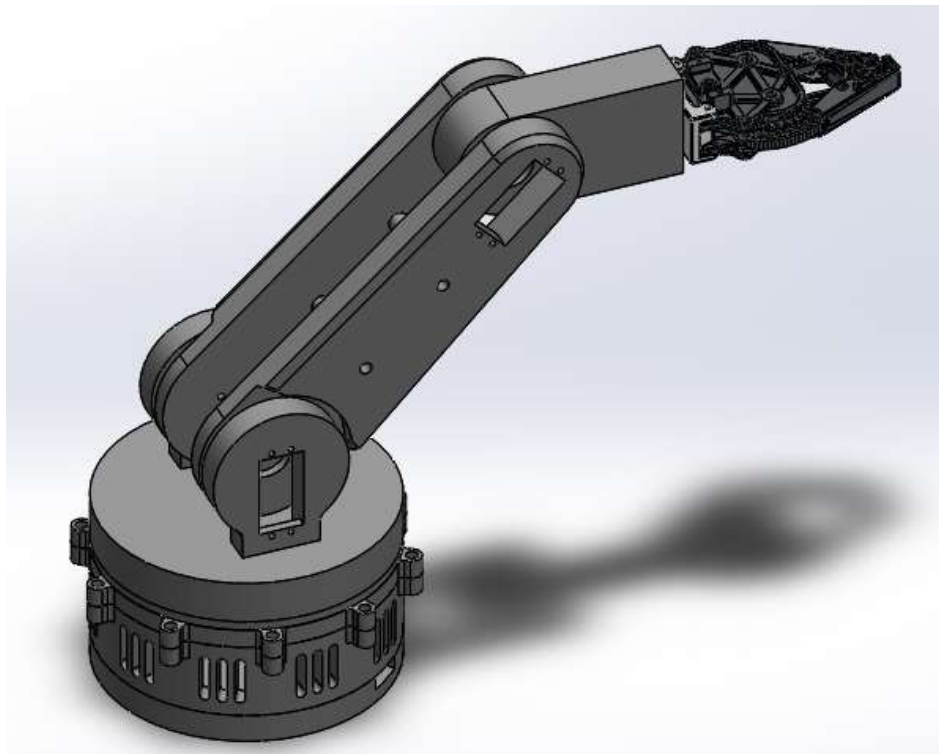
1. Lengan Kontrol adalah komponen mekanis dan sistem pengendali yang dirancang untuk menggerakkan dan mengendalikan posisi serta gerakan dari lengan robot.
2. Gerakan pada robot lengan merujuk pada kemampuan robot untuk berpindah, berputar atau melakukan tindakan tertentu dengan lengan atau bagian-bagian lainnya.
3. Waktu delay pergerakan pada lengan robot.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Rancangan

Perancangan dan model robot lengan berbahan filament PLA + yang di dapat dari pendesaian menggunakan *software Solidworks*. Pemilihan desain didapatkan dengan kesepakatan dan kegunaannya yang di butuhkan dengan desain seperti pada gambar dibawah 4.1.



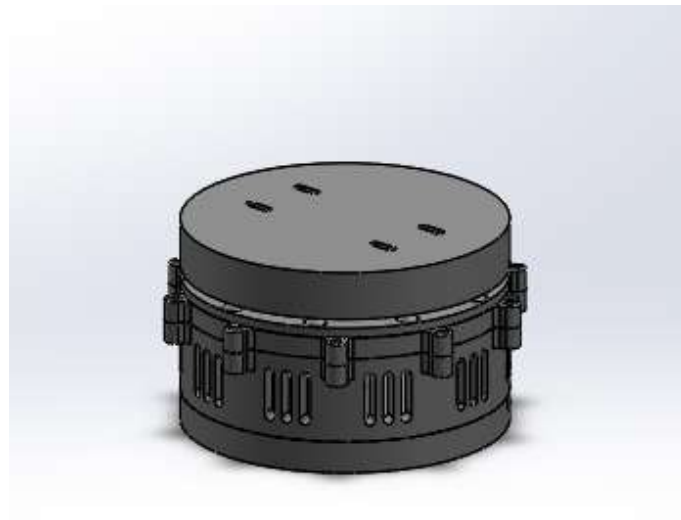
Gambar 4.1 Rancang Robot Lengan 5 DOF Berbasis IoT

Keterangan:

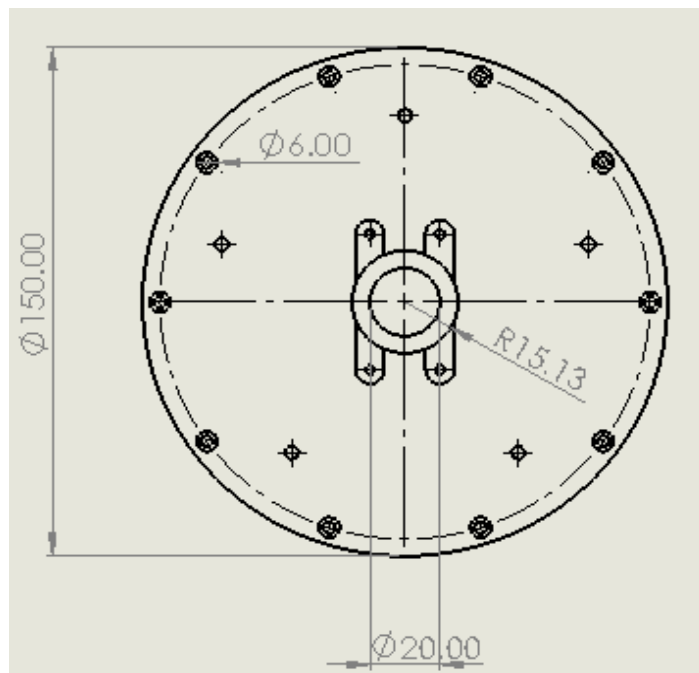
1. *Base*
2. *Bearing*
3. Penghubung (*Link*)
4. *Gripper (joint)*

#### 4.1.1 Perancangan Base Bottom

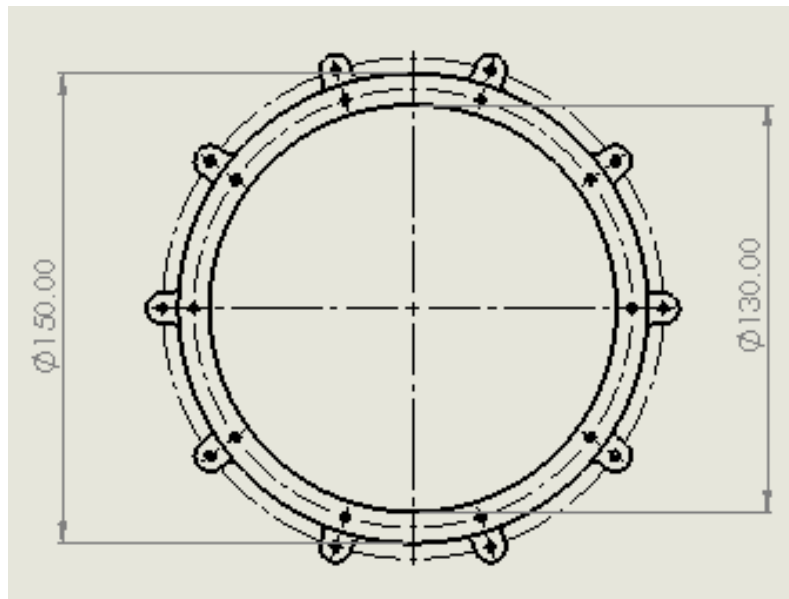
Langkah awal kita memilih *top plane* kemudian kita pilih *sketch*. Pilih *circle* untuk membuat beberapa lingkaran sesuai ukuran yang di tentukan kemudian arahkan kursor ke titik sumbu awal dengan standar panjang 150 mm. setelah itu kita buat ketinggian / tebal dari masing-masing lingkaran dengan cara pilih *extruded boss* , lalu melakukan *assembly* tiap part pemasangan 20 baut ditambah 10 bola *bearing* yang telah di tandai dapat dilihat pada beberapa gambar dibawah.



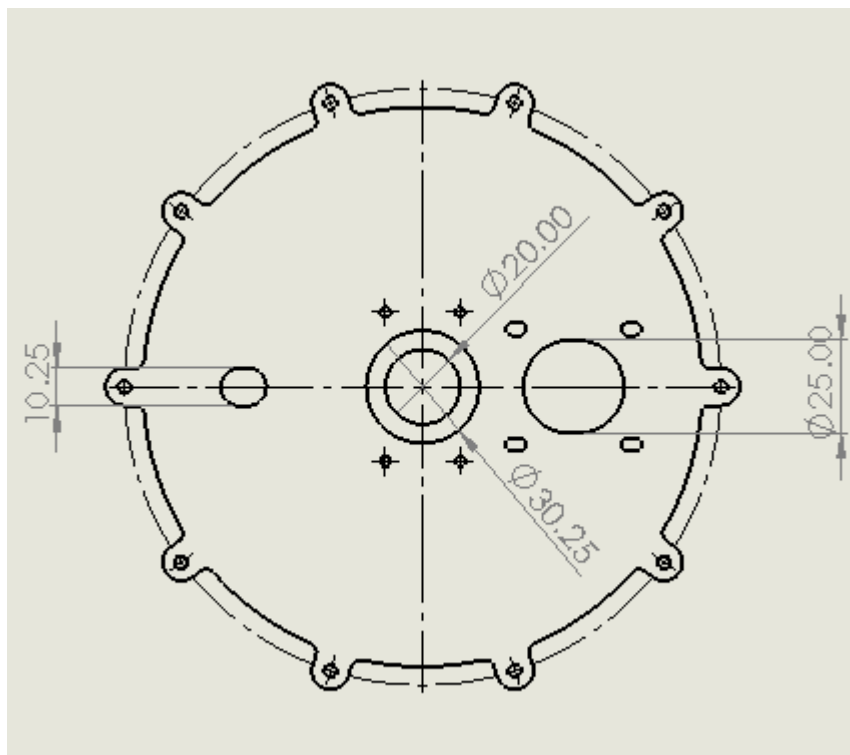
Gambar 4.2 Base



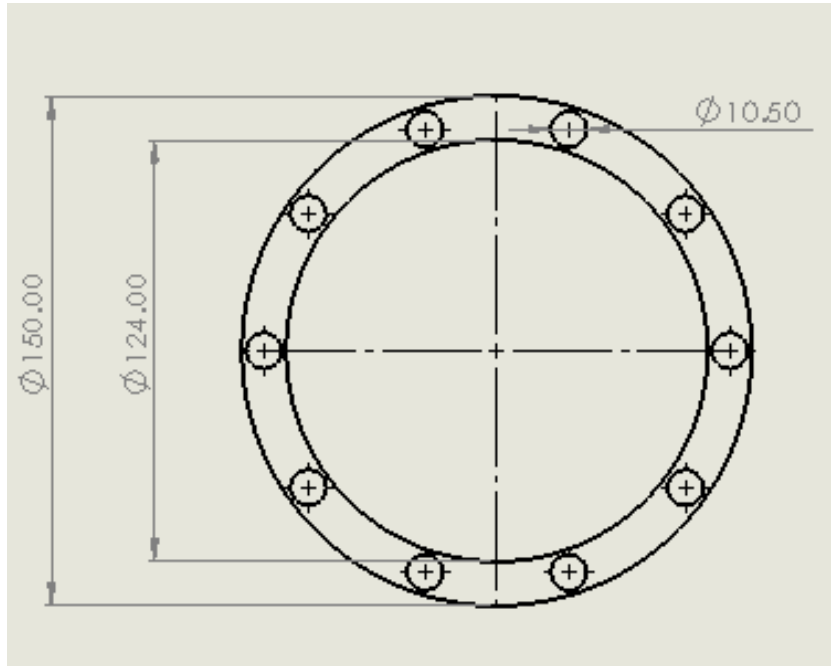
Gambar 4.3 Base bottom



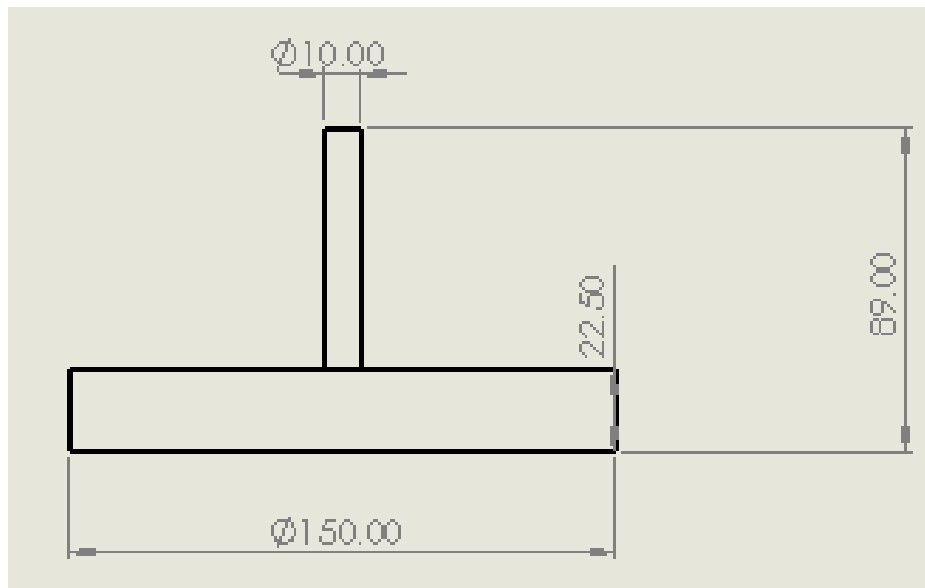
Gambar 4.4 Base cylinder



Gambar 4.5 Base Top



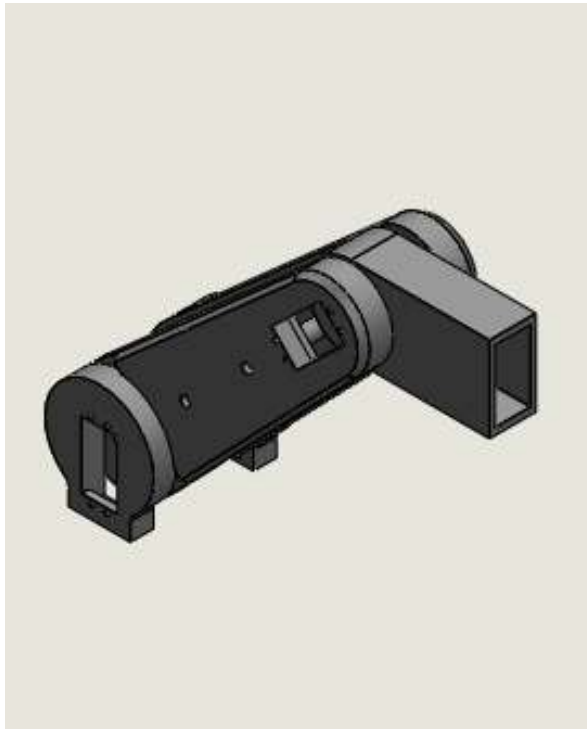
Gambar 4.6 Base Bearing



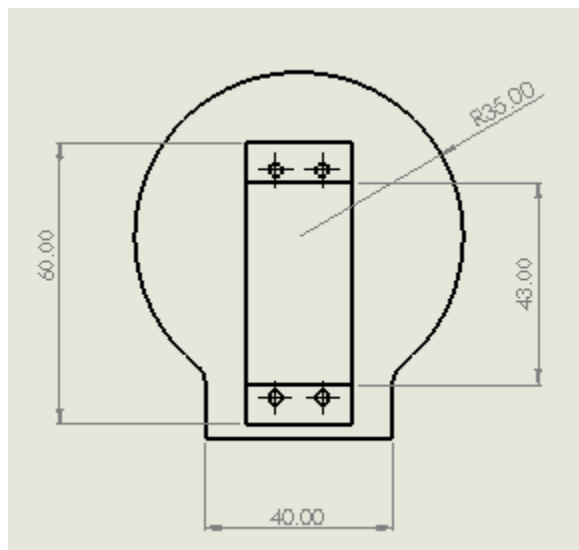
Gambar 4.7 Rotating Plate

#### 4.1.2 Perancangan Robot Arm

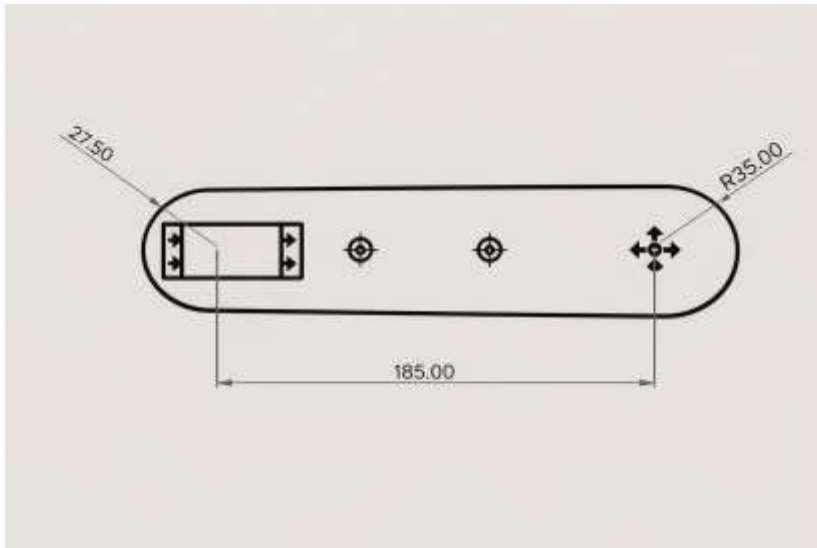
Langkah awal kita memilih *front plane* kemudian kita pilih *sketch*. Pilih menu *Straight Slot* untuk membuat beberapa lingkaran lonjong sesuai ukuran yang di tentukan kemudian arahkan kursor ke titik sumbu awal. setelah itu kita buat tinggi / tebal dari masing-masing part dengan cara pilih *extruded boss* dan *extruded cut*, lalu melakukan *assembly* tiap part pemasangan 12 baut yang telah di tandai dapat dilihat pada beberapa gambar dibawah.



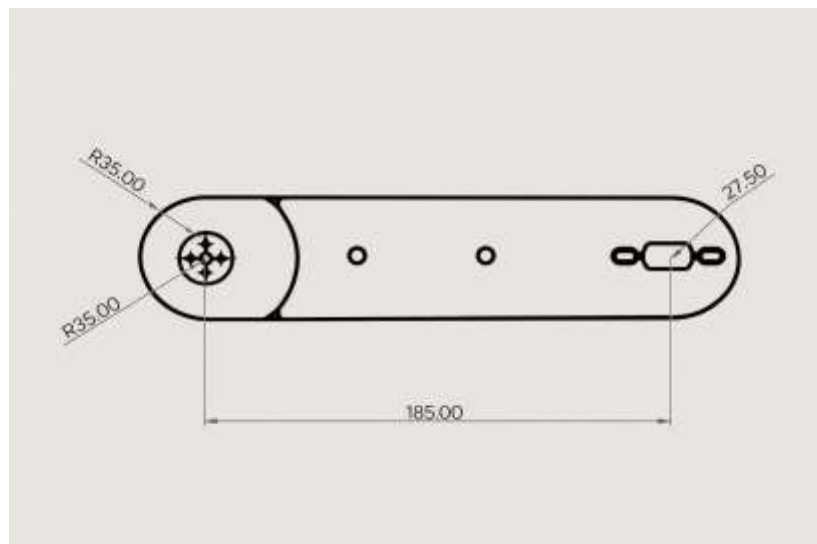
Gambar 4.8 Robot Arm



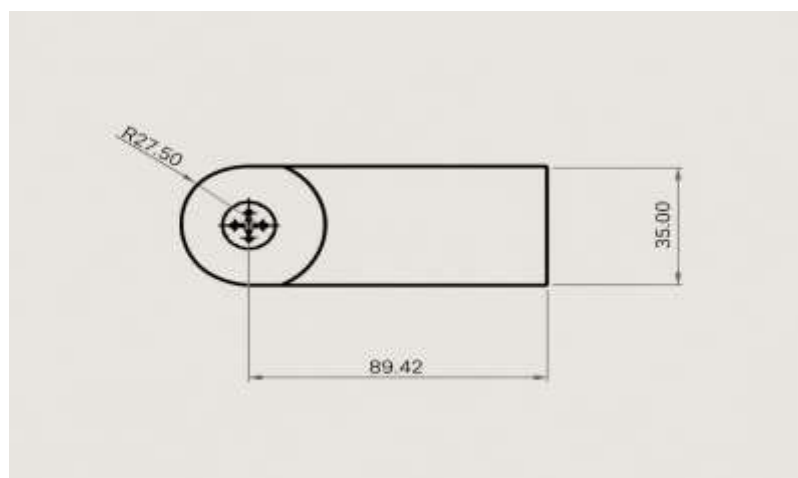
Gambar 4.9 Base servo mount



Gambar 4.10 *right Arm*



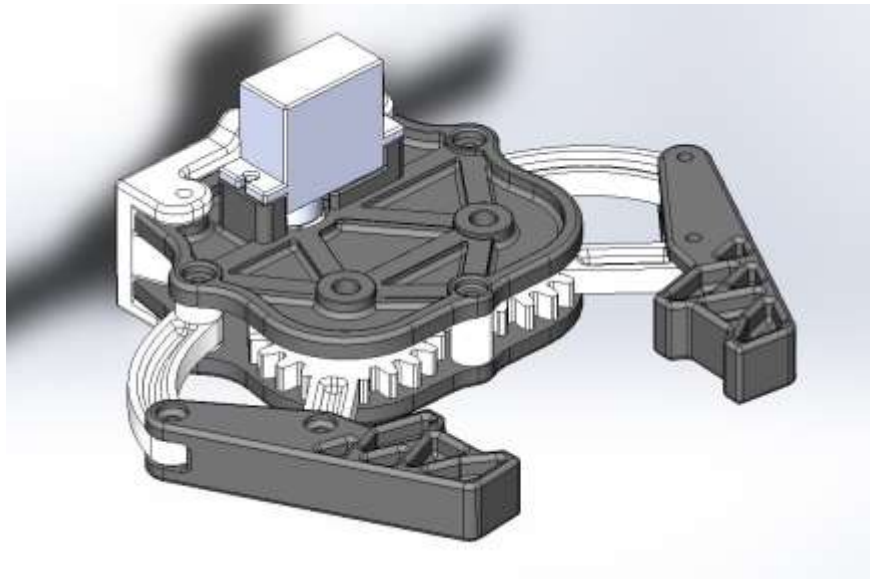
Gambar 4.11 *left Arm*



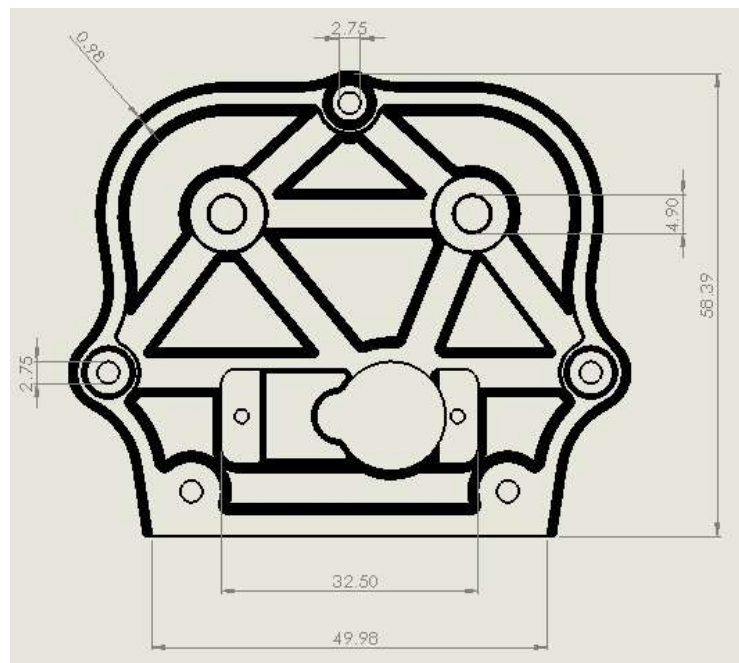
Gambar 4.12 *center Arm*

#### 4.1.3 Perancangan *Gripper*

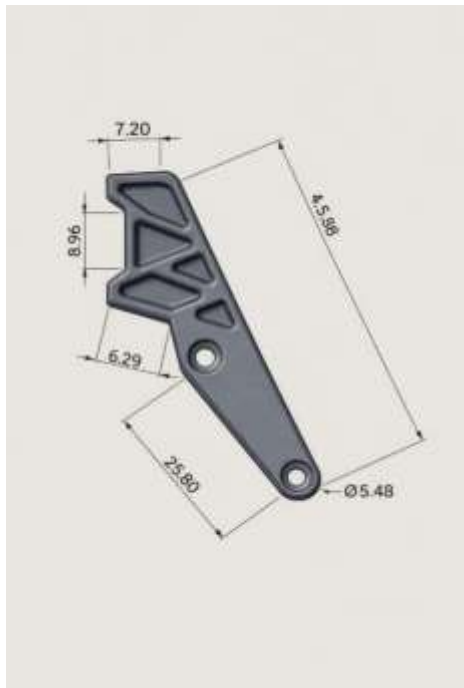
Langkah awal kita memilih *top plane* kemudian kita pilih *sketch*. Pilih menu *Corner Rectangel* untuk membuat kotak persegi sesuai dengan ukuran yang di tentukan, kemudian arahkan kursor ke titik sumbu awal. setelah itu kita buat tinggi / tebal dari masing-masing part dengan cara pilih *extruded boss* dan *extruded cut*. lalu melakukan *assembly* tiap part pemasangan 11 baut yang telah di tandai, dapat dilihat pada beberapa gambar dibawah.



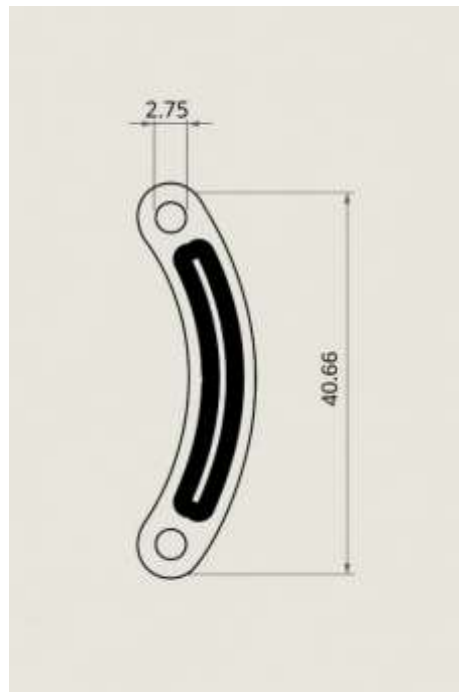
Gambar 4.13 *Gripper*



Gambar 4.14 *Mounting*

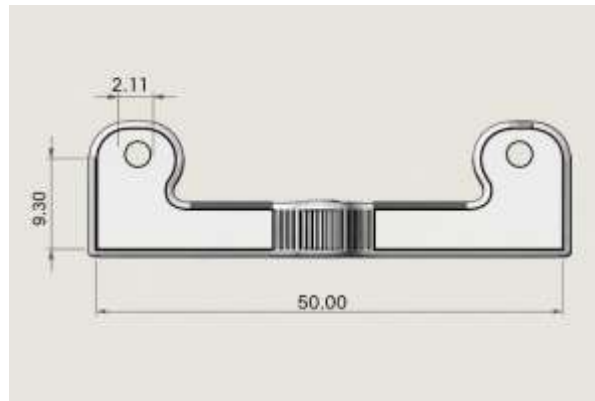


Gambar 4.15 *Gripping Jaw*



Gambar 4.16 *Rod*





Gambar 4.19 *Mounting Bracket*

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 *Software* penelitian

#### a) *Solidworks*



Gambar 4.20 *Solidworks*

*Solidworks* adalah perangkat lunak CAD 3D yang di kembangkan oleh Dassault Systemes. *Software* ini digunakan untuk membuat, memodifikasi, menganalisis, dan mengoptimalkan model 2D maupun 3D.

b) *3D Printer*

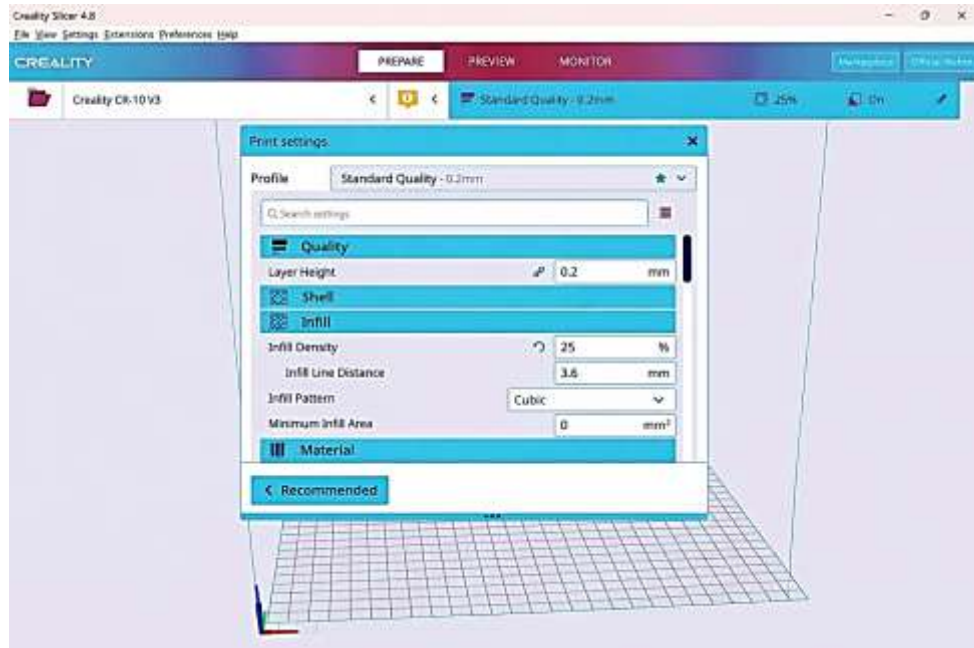


Gambar 4.21 *3D Printer*

*3D Printer* adalah perangkat yang digunakan untuk membuat objek tiga dimensi dari model digital (CAD/3D model). Proses pencetakan dilakukan dengan cara menyusun lapisan demi lapisan dengan menggunakan bahan *filament* PLA + dengan ketentuan suhu awal sebelum panas *extruder* sampai terjadinya pencetakan diantaranya :

- Diameter *Filamet* PLA + : 1.75 mm
- Suhu platform awal : 60 - 80 °C
- Kecepatan cetak : 50 - 100 mm / detik
- Laju aliran lelehan : 9 - 11gram / 10 menit (190 °C )
- Suhu pencetakan : 190 - 230 °C

c) *Creality CR-10 V3*



Gambar 4.22 *Creality CR-10 V3*

*Creality CR-10 V3* adalah *software slicer* 3D printing yang digunakan untuk mengatur, memproses, dan mempersiapkan model 3D ( file, STL OBJ,dsb) agar bisa dicetak menggunakan printer 3D. Software ini mengubah model 3D menjadi G-code, yaitu instruksi yang bisa dibaca oleh printer 3D untuk melakukan pergerakan, pengaturan suhu, kecepatan, dan ekstrusi filament.

### 4.3 Proses *Assembly*

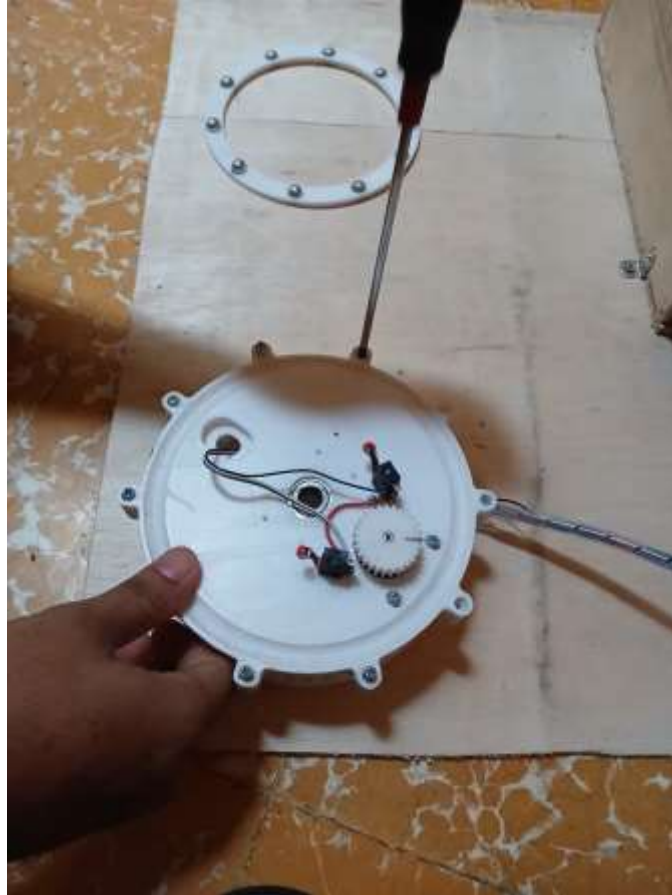
#### a) *Part Arm* robot



Gambar 4.23 *Part Arm* robot

*Part arm* robot dapat dilihat pada (Gambar 4.23) yaitu beberapa part-part yang telah di lakukannya setelah 3D printer dapat dilihat antara nya, *Base bottom / arm robot / center arm / lower arm / base servo mount / gripper*. Dari beberapa part yang sudah ditentukan bagian nya sesuai dengan ukuran masing-masing.

b) *Base Bottom*



Gambar 4.24 *Base Bottom*

Langkah pertama melakukan *assembly* terhadap *Base bottom* dapat dilihat pada (Gambar 4.24), *assembly base* ini memerlukan baut sebanyak 20 ditambah baut servo 4, yang dimana *Base* ini menjadi tumpuan atau dasar berdirinya lengan robot yang dapat berputar  $360^{\circ}$ . Mengikuti gerak servo dengan torsi 20 kg untuk menggerakkan dan memutar lengan robot. Ditambah *bearing ring* atau bola-bola bearing untuk memaksimalkan mutar secara halus.

c) *Base Servo Mount*



Gambar 4.25 *Base servo mount*

Langkah kedua melakukan *assembly* terhadap *base servo mount* dapat dilihat pada (Gambar 4.25), *assembly base servo mount* ini memerlukan baut sebanyak 4 baut ditambah 4 baut untuk servo, Yang diamana *base servo mount* sangat membantu dalam pergerakan lengan robot maju ke depan dan ke belakang mengikuti gerak servo dengan torsi 20 kg untuk mengangkat kedua lengan *arm right* dan *arm left*.

d) *Arm Robot*



Gambar 4.26 *Arm robot*

Langkah ke tiga melakukan *assembly* terhadap *arm robot* dapat dilihat pada (Gambar 4.26), *assembly arm robot* memerlukan baut sebanyak 6 baut ditambah 4 baut untuk servo, Yang dimana *arm robot* bertugas untuk mengerakkan lengan ke dua yaitu *center arm* untuk mengambil dan memindahkan suatu objek ke tempat lain secara otomatis mengikuti gerak servo 12 kg.

e) *Gripper*



Gambar 4.27 *Gripper*

Langkah ke empat melakukan *assembly* terhadap *Gripper* dapat dilihat pada (Gambar 4.27), yang dimana pemasangannya memerlukan baut sebanyak 10 untuk gripper dan 4 baut untuk servo, tugas dari gripper yaitu mengambil dan memindahkan suatu objek sesuai ukuran capit nya.

#### 4.4 Pengujian Lengan Robot

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem kendali lengan robot melalui platform Blynk mampu merespons perintah dengan cepat pada kondisi jaringan yang stabil. Waktu respon dari pengiriman perintah hingga servo mulai bergerak relatif singkat, menandakan komunikasi antara Blynk dan ESP32 berjalan efisien. Namun, pada kondisi jaringan yang kurang optimal, seperti sinyal lemah atau adanya hambatan fisik, beberapa perintah mengalami keterlambatan bahkan tidak tersampaikan. Hal ini menunjukkan bahwa performa sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kestabilan jaringan Wi-Fi. Pada penelitian ini, ESP32 terhubung ke platform Blynk melalui *hotspot smartphone* yang telah diprogram sesuai SSID dan *password* pada kode. Dengan demikian, setiap perintah dari aplikasi diproses terlebih dahulu melalui jaringan *hotspot* sebelum dieksekusi oleh ESP32, sehingga hasil pengujian latensi juga mencerminkan keterbatasan koneksi *hotspot* yang digunakan.

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Keterangan:

- $t_1$  (s) : waktu saat perintah untuk menggerakkan servo dikirim (detik)
- $t_2$  (s) : waktu saat servo mulai merespons atau bergerak (detik)
- $\Delta t$  (s) : Selisih waktu atau latensi, dihitung dengan rumus

Secara keseluruhan dapat disimpulkan  $\Delta t = t_2 - t_1$  digunakan untuk menentukan lama waktu yang dibutuhkan suatu proses dari awal hingga akhir. Dalam pengujian latensi servo, rumus ini menunjukkan berapa lama waktu respon servo setelah menerima perintah hingga memberikan responsif.

Tabel 4.1 Hasil pengujian latensi pada Servo 1

No	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	s (m)	$\Delta t$ (s)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	1.06	1.72	1	0.66	Ya
2	0.98	1.55	1	0.58	Ya
3	1.03	1.58	1	0.55	Ya
4	1.02	1.64	3	0.62	Ya
5	1.14	1.87	3	0.73	Ya
6	1.03	1.73	3	0.79	Ya
7	1.05	1.79	5	0.74	Ya
8	1.17	1.95	5	0.78	Ya
9	1.07	1.98	5	0.91	Ya

Pada ( tabel 4.1) , tabel diatas menjelaskan hasil pengujian servo 1 dimana :

a. Jarak 1 Meter

Percobaan 1-3 menunjukkan latensi :

- 0.66 s
- 0.58 s
- 0.55 s

Rata - rata sekitar 0.60 detik. Ini menunjukkan respos servo cukup cepat ketika jarak dekat.

b. Jarak 3 meter

Percobaan 4-6 menunjukkan latensi :

- 0.62 s
- 0.73 s
- 0.79 s

Rata – rata sekitar 0.71 detik. Terlihat sedikit peningkatan waktu respon dibanding jarak 1 meter.

c. Jarak 5 Meter

Percobaan 7-9 menunjukkan latensi :

- 0.74 s
- 0.77 s
- 0.91 s

Rata – rata sekitar 0.81 detik. Latensi semakin besar ketika jarak semakin jauh

Kesimpulan dari tabel diatas : Sistem kontrol servo 1 bekerja dengan baik rata – rata latensi sekitar 0.7 detik, dan performa sedikit menurun ketika jarak pengujian semakin jauh.

Tabel 4.2 Hasil pengujian latensi pada Servo 2

No	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	s (m)	$\Delta t$ (s)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	1.05	1.72	1	0.67	Ya
2	1.02	1.68	1	0.66	Ya
3	1.08	1.53	1	0.45	Ya
4	1.05	1.73	3	0.68	Ya
5	1.06	1.90	3	0.84	Ya
6	1.10	1.82	3	0.72	Ya
7	1.09	1.88	5	0.79	Ya
8	1.15	1.89	5	0.74	Ya
9	1.07	1.95	5	0.88	Ya

Pada ( tabel 4.2) , tabel diatas menjelaskan hasil pengujian servo 2 dimana :

a. Jarak 1 Meter

Percobaan 1-3 menunjukkan latensi :

- 0.67 s
- 0.66 s
- 0.45 s

Rata - rata latensi pada jarak 1 meter sekitar 0.59 detik. hal Ini menunjukkan bahwa servo 2 dapat merespons perintah dengan cukup cepat pada jarak dekat.

b. Jarak 3 meter

Percobaan 4-6 menunjukkan latensi :

- 0.68 s
- 0.84 s
- 0.72 s

Rata – rata latensi pada jarak 3 meter sekitar 0.75 detik. Terlihat adanya peningkatan waktu respon dibandingkan jarak 1 meter.

c. Jarak 5 Meter

Percobaan 7-9 menunjukkan latensi :

- 0.79 s
- 0.74 s
- 0.88 s

Rata – rata latensi pada jarak 5 meter sekitar 0.80 detik. Latensi semakin meningkat seiring bertambahnya jarak pengujian.

Kesimpulan dari tabel diatas : Servo 2 mampu merespons perintah dengan baik rata – rata latensi sekitar 0.71 detik, meskipun terjadi sedikit waktu respon ketika jarak pengujian semakin jauh.

Tabel 4.3 Hasil pengujian latensi pada Servo 3

No	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	s (m)	$\Delta t$ (s)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	1.02	1.91	1	0.89	Ya
2	1.07	1.80	1	0.73	Ya
3	1.05	1.75	1	0.70	Ya
4	1.03	1.89	3	0.86	Ya
5	1.08	1.98	3	0.90	Ya
6	1.01	1.84	3	0.83	Ya
7	1.04	1.86	5	0.82	Ya
8	1.08	1.86	5	0.78	Ya
9	1.06	1.99	5	0.93	Ya

Pada ( tabel 4.3) , tabel diatas menjelaskan hasil pengujian servo 3 dimana :

a. Jarak 1 Meter

Percobaan 1-3 menunjukkan latensi :

- 0.89 s
- 0.73 s
- 0.70 s

Rata - rata latensi pada jarak 1 meter sekitar 0.77 detik. hal Ini menunjukkan bahwa servo 3 dapat merespons perintah dengan cukup cepat pada jarak dekat.

b. Jarak 3 meter

Percobaan 4-6 menunjukkan latensi :

- 0.86 s
- 0.90 s
- 0.83 s

Rata – rata latensi pada jarak 3 meter sekitar 0.86 detik. Terlihat adanya peningkatan waktu respon dibandingkan jarak 1 meter.

c. Jarak 5 Meter

Percobaan 7-9 menunjukkan latensi :

- 0.82 s
- 0.78 s
- 0.98 s

Rata – rata latensi pada jarak 5 meter sekitar 0.84 detik. Nilai ini menunjukkan bahwa Latensi cenderung meningkat ketika jarak semakin jauh.

Kesimpulan dari tabel diatas: Servo 3 memiliki rata – rata latensi sekitar 0.83 detik. Yang menunjukkan bahwa sistem kontrol mampu mengoperasikan servo dengan baik meskipun terjadi sedikit peningkatan waktu respons pada jarak yang lebih jauh.

Tabel 4.4 Hasil pengujian latensi pada Servo 4

No	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	s (m)	$\Delta t$ (s)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	1.09	2.02	1	0.93	Ya
2	1.06	2.16	1	1.10	Ya
3	1.10	1.90	1	0.80	Ya
4	1.02	1.93	3	0.91	Ya
5	1.05	2.09	3	1.04	Ya
6	1.08	1.96	3	0.92	Ya
7	1.06	2.28	5	1.22	Ya
8	1.05	2.21	5	1.16	Ya
9	1.06	2.06	5	1.0	Ya

Pada ( tabel 4.4 ) , tabel diatas menjelaskan hasil pengujian servo 4 dimana :

a. Jarak 1 Meter

Percobaan 1-3 menunjukkan latensi :

- 0.90 s
- 1.10 s
- 0.80 s

Rata - rata latensi pada jarak 1 meter sekitar 0.94 detik. hal Ini menunjukkan bahwa servo 4 dapat merespons perintah dengan cukup cepat pada jarak dekat.

b. Jarak 3 meter

Percobaan 4-6 menunjukkan latensi :

- 0.91 s
- 1.04 s
- 0.92 s

Rata - rata latensi pada jarak 3 meter sekitar 0.96 detik. Nilai ini sedikit lebih besar dibandingkan pengujian pada jarak 1 meter.

c. Jarak 5 Meter

Percobaan 7-9 menunjukkan latensi :

- 1.22 s
- 1.16 s
- 1.00 s

Rata – rata latensi pada jarak 5 meter sekitar 1.13 detik. Terlihat bahwa latensi semakin meningkat ketika jarak pengujian semakin jauh .

Kesimpulan dari tabel diatas : Servo 4 mampu merespons perintah dengan baik rata – rata latensi sekitar 1.01 detik dan tingkat keberhasilan 100%. Meskipun waktu respons meningkat ketika jarak pengujian bertambah.

#### 4.4.1 Hasil Pengujian Kinerja Lengan Robot pada Berbagai Kondisi Gerakan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan beban berpengaruh langsung terhadap kinerja lengan robot. Pada kedua jenis gerakan, baik angkat 90° maupun pick and place (A → B). Pengujian dengan ketinggian yang berbeda dilakukan untuk melihat perbedaan kuat arus serta kinerja lengan robot. Hal ini menegaskan bahwa performa sistem dipengaruhi oleh kombinasi faktor beban, keterbatasan torsi servo, serta kompleksitas gerakan

Tabel 4.5 Hasil pengujian gerakan angkat 90° dengan variasi beban

No	W (gr)	h (cm)	T <sub>t</sub> (s)	P (kWh)	I (A)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	15	0	2.40	0.046	0.046	Ya
2	15	10	2.89	0.046	0.084	Ya
3	15	20	3.40	0.046	0.094	Ya
6	35	0	3.28	0.047	0.094	Ya
7	35	10	3.79	0.047	0.105	Ya
8	35	20	6.32	0.046	0.116	Ya
11	50	0	6.54	0.047	0.105	Ya
12	50	10	9.97	0.047	0.137	Tidak
13	50	20	2.20	0.047	0.147	Tidak

Pada ( tabel 4.5) di atas pengujian beban 50 gram, lengan robot masih mampu menyelesaikan gerakan angkat pada posisi dasar (0 cm), namun gagal ketika diuji pada ketinggian 10 cm dan 20 cm. Hal ini menunjukkan keterbatasan torsi servo dalam melawan gaya gravitasi pada kondisi vertikal dengan beban berat.

Pengaruh ketinggian angkat ( h = 0, 10, dan 20 cm ) juga mempengaruhi waktu gerak. Semakin tinggi posisi pengangkatan, waktu yang diperlukan umumnya semakin lama. Hal ini terjadi karena servo membutuhkan usaha mekanik yang lebih besar untuk mengangkat beban ke posisi yang lebih tinggi.

Ini menunjukkan bahwa sistem satu daya yang digunakan cukup konstan, sehingga perubahan performa lebih dipengaruhi oleh beban dan ketinggian, bukan oleh perubahan sumber daya.

Kesimpulan dari tabel diatas pengujian menunjukkan bahwa peningkatan beban dan ketinggian angkat menyebabkan waktu gerakan bertambah dan arus listrik meningkat. Servo masih mampu bekerja dengan baik pada beban hingga 35

gram, tetapi pada beban 50 gram kemampuan servo mulai menurun dan beberapa percobaan gagal, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapasitas optimal servo berada di bawah 50 gram untuk gerakan angkat  $90^0$ .

Tabel 4.6 Hasil uji kinerja lengan robot skenario *pick and place* (A → B)

No	W (gr)	h (cm)	T <sub>t</sub> (s)	P (kWh)	I (A)	Berhasil (Ya/Tidak)
1	15	0	9.64	0.045	0.105	Ya
2	15	10	11.37	0.044	0.105	Ya
3	15	20	10.28	0.044	0.116	Ya
4	35	0	10.45	0.042	0.116	Ya
5	35	10	12.21	0.042	0.105	Ya
6	35	20	13.99	0.041	0.126	Ya
7	50	0	6.27	0.048	0.116	Ya
8	50	10	6.59	0.048	0.116	Ya
9	50	20	6.46	0.047	0.116	Ya

Pada (Tabel 4.6) diatas hasil uji diatas menjelaskan pada beban 50 gram, skenario *pick and place* (gerakan horizontal) tetap berhasil diselesaikan pada berbagai ketinggian. Hal ini memperkuat bahwa gerakan horizontal lebih stabil dibandingkan gerakan vertikal, karena tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh gaya gravitasi.

Pengaruh berat beban (W), hal ini menunjukkan bahwa perbedaan berat mempengaruhi waktu gerakan dan arus yang digunakan oleh motor lengan robot, meskipun perubahan waktunya tidak terlalu besar.

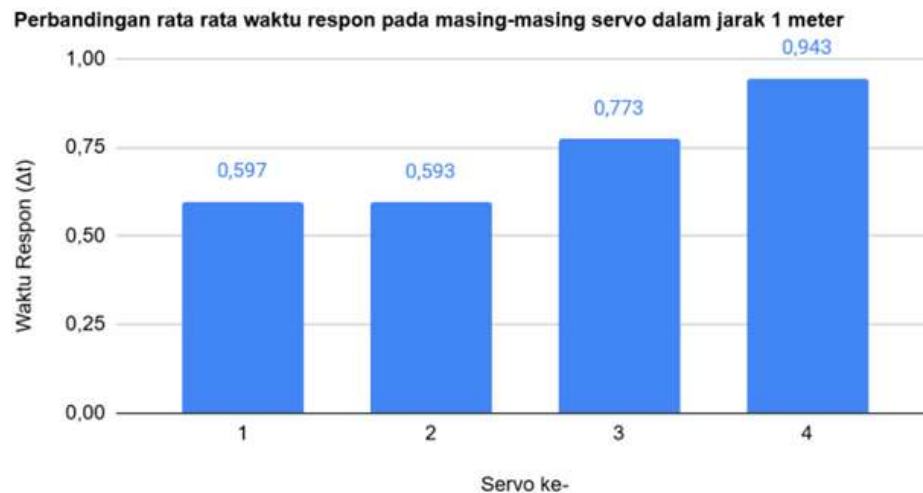
Setiap berat diuji pada tiga ketinggian yaitu 0 cm, 10 cm, dan 20 cm. Secara umum, semakin tinggi posisi (h), waktu operasi cenderung sedikit bertambah, karena lengan robot harus bergerak lebih jauh secara vertikal. Perubahan ketinggian juga menyebabkan perubahan kecil pada konsumsi daya dan arus listrik.

Konsumsi energi dan arus, nilai daya ( P ) berada pada kisaran 0.041-0.048 kWh, nilai arus ( I ) berkisaran antara 0.105-0.126 A. ini menunjukkan bahwa lengan robot bekerja dengan kebutuhan energi yang relatif stabil meskipun terdapat variasi berat dan ketinggian. Tingkat keberhasilan lengan robot mampu melakukan proses *pick and place* dari titik A ke B dengan sukses pada semua variasi pengujian. Sistem kontrol dan mekanisme *gripper* bekerja secara stabil dan konsisten.

Dapat di simpulkan berdasarkan tabel pengujian diatas , lengan robot mampu melakukan operasi *pick and place* secara konsisten pada berbagai variasi berat ( 15- 50 g ) dan ketinggian (0-20 cm) dengan waktu operasi sekitar 6-14 detik, konsumen energi yang relatif satbil, serta tingkat keberhasilan 100%

#### 4.4.2 Pengaruh Latensi Blynk terhadap Kinerja Sistem.

Latensi sistem lengan robot diukur untuk menilai respons kendali jarak jauh melalui platform Blynk. Waktu tunda sistem,  $\Delta t$  (delta t), didefinisikan sebagai selisih antara  $t_1$ , waktu perintah dikirim dari Blynk, dan  $t_2$ , waktu lengan robot mulai bergerak.  $\Delta t$  merepresentasikan waktu tunda awal, yaitu periode dari pengiriman perintah hingga gerakan pertama terlihat, bukan total waktu gerakan.



Gambar 4.28 Grafik hasil uji rata-rata latensi servo dalam jarak 1 meter

Berdasarkan (Gambar 4.28) grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata waktu respon sebagai berikut :

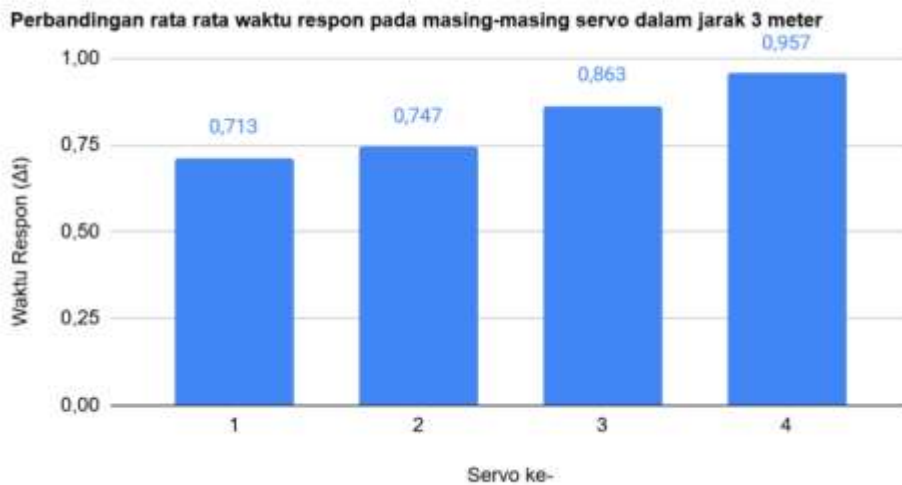
- a. Servo 1 : 0,597 detik
- b. Servo 2 : 0,593 detik
- c. Servo 3 : 0,773 detik
- d. Servo 4 : 0,943 detik

Dari data diatas menjelaskan nilai rata-rata waktu respon , diantaranya :

- 1) Servo 2 memilih waktu respon tercepat yaitu sekitar 0,593 detik, diikuti oleh servo 1 dengan waktu respon 0,597 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kedua servo tersebut memiliki performa gerakan yang relatif cepat dan stabil.

- 2) Servo 3 memiliki waktu respon lebih lambat yaitu sekitar 0,773 detik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh beban kerja yang lebih besar atau posisi servo yang membutuhkan pergerakan mekanik lebih kompleks.
- 3) Servo 4 memiliki waktu respon paling lama, yaitu sekitar 0,943 detik. Hal ini dapat terjadi karena servo tersebut berada pada bagian akhir lengan robot yang biasanya membawa beban tambahan seperti *gripper*, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai posisi yang diinginkan.

Secara keseluruhan diatas dapat disimpulkan, grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi nomor servo, waktu respon cenderung meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa servo yang berada lebih jauh dari pangkalan lengan robot atau yang menanggung beban lebih besar memiliki waktu respon yang lebih lama. Meskipun demikian, seluruh servo masih menunjukkan waktu respon dibawah 1 detik, sehingga sistem lengan robot dapat melakukan pergerakan pada jarak 1 meter.



Gambar 4.29 Grafik hasil uji rata-rata latensi servo dalam jarak 3 meter

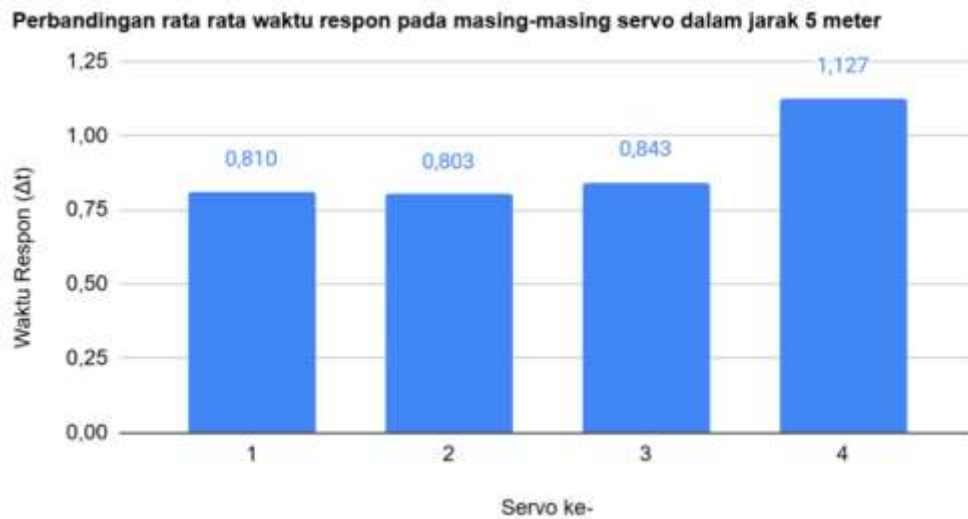
Berdasarkan (Gambar 4.29) grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata waktu respon sebagai berikut :

- a. Servo 1 : 0,713 detik
- b. Servo 2 : 0,747 detik
- c. Servo 3 : 0,863 detik
- d. Servo 4 : 0,957 detik

Dari data diatas menjelaskan beberapa hal, diantaranya:

- 1) Terjadi peningkatan waktu respon dari servo 1 hingga servo 4. Servo 1 memiliki waktu respon paling cepat yaitu sekitar 0,713 detik, sedangkan servo 4 memiliki waktu respon paling lama yaitu sekitar 0,957 detik.
- 2) Perbedaan latensi antar servo menunjukkan adanya variasi kinerja aktuator. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beban mekanik pada masing-masing servo, posisi servo pada lengan robot, serta urutan eksekusi perintah dari sistem kontrol.
- 3) Semakin besar nilai waktu respon, semakin lama servo merespons perintah, pada pengujian jarak 3 meter, servo yang berada pada bagian akhir sistem (servo 3 dan servo 4) menunjukkan waktu respon yang lebih besar dibandingkan servo awal.
- 4) Secara keseluruhan sistem masih berada pada rentang waktu yang respon kurang dari 1 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja sistem lengan robot masih tergolong cukup responsif meskipun dikendalikan pada jarak 3 meter.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan, grafik menunjukkan bahwa latensi rata-rata lengan robot masih tergolong cukup secara bertahap dari servo 1 hingga servo 4 pada jarak pengujian 3 meter, dengan servo 1 sebagai yang tercepat dan servo 4 sebagai yang paling lambat dalam merespons perintah.



Gambar 4.30 Grafik hasil uji rata-rata waktu latensi dalam jarak 5 meter

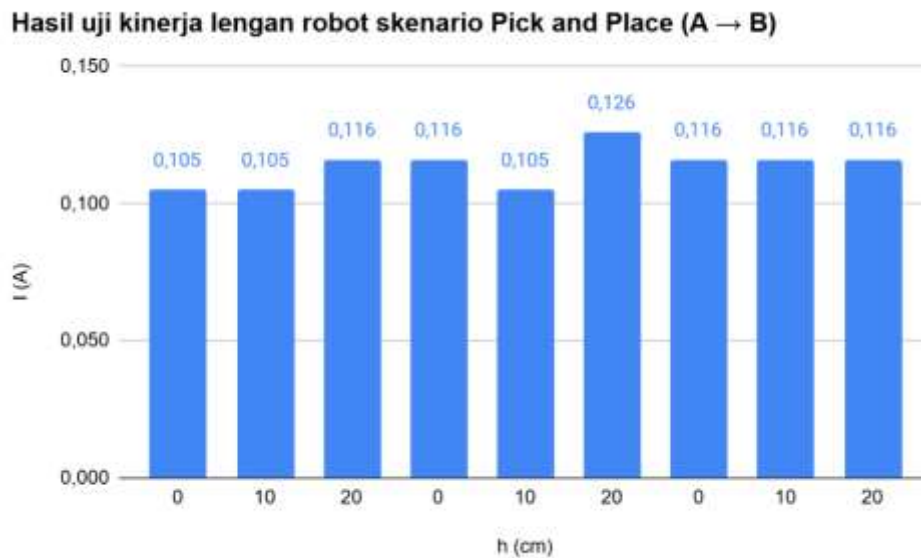
Hasil pengujian menunjukkan bahwa latensi sangat dipengaruhi oleh kualitas jaringan *WiFi*. Sistem merespons dengan cepat ketika jaringan stabil pada jarak dekat hingga menengah, namun kinerjanya menurun saat jarak lebih jauh atau terdapat hambatan sinyal. Temuan utama meliputi:

- Waktu respon rata-rata berada pada kisaran 0,5–0,9 detik saat jaringan stabil dan pengendali berada dekat dengan robot.
- Pada jarak sekitar 5 meter atau ketika sinyal terhalang, waktu respon meningkat hingga lebih dari 1 detik, dan sebagian perintah tidak berhasil dijalankan.
- Semakin jauh jarak dan semakin besar hambatan sinyal, nilai latensi semakin tinggi.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem sangat bergantung pada kestabilan jaringan *WiFi*. Latensi rendah hanya tercapai pada kondisi sinyal yang kuat dan stabil, sedangkan pada jaringan lemah, sistem mengalami keterlambatan bahkan gagal mengeksekusi perintah.

#### 4.4.3 Evaluasi Kinerja Lengan Robot pada berbagai Kondisi Gerakan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja lengan robot bervariasi pada tiap jenis gerakan. Faktor yang memengaruhi antara lain beban yang diangkat, jarak lintasan pada papan uji selebar 60 cm. Berikut grafik hasil pengujian pada pengujian pick and place dan gerakan angkat 90



Gambar 4.31 Grafik hasil uji ketinggian (h) terhadap kuat arus (I) pada skenario *pick and place*

Pada (Gambar 4.31) di atas grafik tersebut menunjukkan hubungan antara ketinggian (h) terhadap kuat arus listrik (I) pada lengan robot dalam skenario pick and place (A → B). Sumbu horizontal menunjukkan variasi ketinggian objek (h) dalam cm, yaitu 0 cm, 10 cm, dan 20 cm pada dua siklus pengujian. Sementara itu, sumbu vertikal menunjukkan besar kuat arus (I) dalam Ampere (A) yang digunakan oleh sistem lengan robot selama proses pengambilan dan pemindahan objek.

Berdasarkan grafik, nilai arus yang tercatat berada pada kisaran 0,105 A hingga 0,126 A. Pada pengujian pertama, arus yang digunakan pada ketinggian 0 cm dan 10 cm sebesar 0,105 A, sedangkan pada 20 cm meningkat menjadi 0,116 A. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian objek menyebabkan kebutuhan arus sedikit lebih besar, karena motor servo harus bekerja lebih keras untuk mengangkat objek ke posisi yang lebih tinggi.

Pada pengujian berikutnya, arus sempat mencapai nilai tertinggi sebesar 0,126 A pada ketinggian 0 cm, yang kemungkinan disebabkan oleh beban awal saat

proses pengambilan objek atau pergerakan awal lengan robot. Setelah itu, pada ketinggian 10 cm dan 20 cm, arus kembali stabil di sekitar 0,116 A.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan, grafik menunjukkan bahwa perubahan ketinggian tidak memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap konsumsi arus, karena perbedaannya relatif kecil dan masih berada pada rentang sekitar 0,105 A hingga 0,126 A. Hal ini menandakan bahwa kinerja sistem lengan robot cukup stabil dan efisien dalam melakukan proses pick and place pada berbagai variasi ketinggian.



Gambar 4.32 Grafik hasil uji ketinggian (h) terhadap kuat arus (I) pada skenario angkat 90°

Berdasarkan (Gambar 4.32) diatas menjelaskan kenaikan arus seiring bertambahnya ketinggian secara umum terlihat bahwa kuat arus mengingkat ketika ketinggian (h) bertambah, pada ketinggian 0 cm, arus yang digunakan paling kecil, 0,046 A. saat ketinggian meningkat hingga 10 cm dan 20 cm, arus juga meningkat hingga sekitar 0,084-0,094 A.

Pengaruh variasi beban, diamana grafik menampilkan tiga kelompok data yang menunjukkan pengujian dengan beban yang berbeda. Pada setiap kelompok, pola yang sama terlihat semakin tinggi posisi angkat, arus yang dibutuhkan semakin besar, pada kelompok terakhir (beban terbesar), arus mencapai nilai tertinggi yaitu sekitar 0,137 A pada 10 cm dan 0,147 A pada 20 cm.

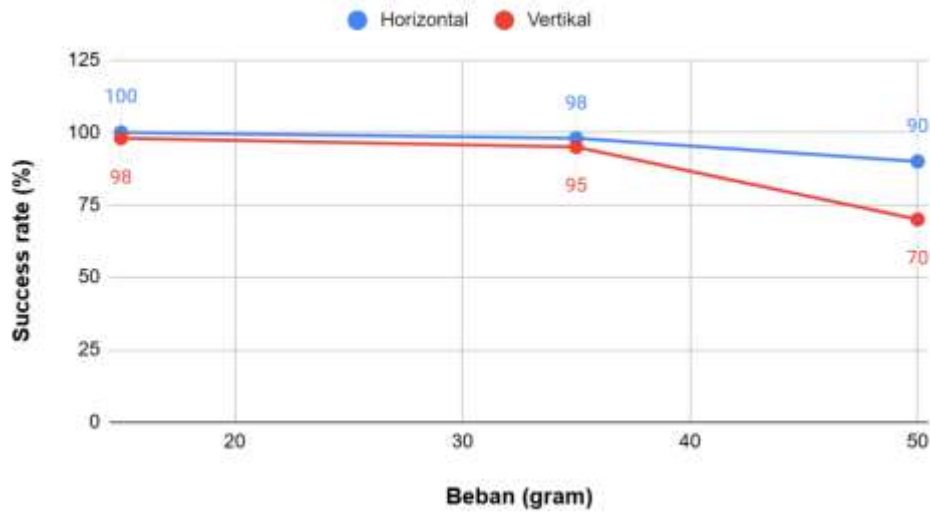
Peningkatan arus terjadi karena motor atau aktuator membutuhkan energi listrik yang lebih besar untuk. Mengangkat beban lebih tinggi dan mengatasi gaya gravitasi dan momen yang lebih besar pada sudut 90°. Semakin besar beban dan semakin tinggi posisi angkat, torsi yang dibutuhkan meningkat, sehingga arus listrik yang ditarik oleh motor juga bertambah.

Beberapa temuan dapat dirangkum sebagai berikut:

- A. Pada gerakan horizontal, waktu respon lebih singkat karena kebutuhan gaya lebih kecil.
- B. Gerakan vertikal mempengaruhi waktu respon sebab cenderung lebih lama, terutama saat beban mendekati batas kemampuan servo.
- C. Konsumsi arus meningkat seiring bertambahnya beban, khususnya pada gerakan vertikal. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital.
- D. Keberhasilan gerakan dicapai ketika beban sampai di titik tujuan, sedangkan kegagalan terjadi jika lengan terhenti di satu posisi dan tidak mampu mengangkat lebih lanjut.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan, grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa ketinggian angkat ( $h$ ) berbanding lurus dengan kuat arus ( $I$ ) pada gerakan angkat  $90^\circ$ . Selain itu, penambahan beban juga menyebabkan peningkatan arus yang signifikan, karena sistem memerlukan daya yang lebih besar untuk melakukan proses pengangkatan.

Tingkat keberhasilan pengangkatan beban secara horizontal dan vertikal



Gambar 4.33 Grafik tingkat keberhasilan pengangkatan beban secara horizontal dan vertikal

Pada (Gambar 4.33) Secara umum, lengan robot bekerja cukup baik pada beban ringan hingga menengah, khususnya pada gerakan horizontal. Namun, pada beban yang lebih berat dan gerakan vertikal, performa mulai menurun dari segi kecepatan, konsumsi daya, maupun tingkat keberhasilan.

Pengangkatan horizontal pada beban ringan (sekitar 10 gram ), tingkat keberhasilan mencapai 100%. Ketika beban meningkat menjadi 40 gram, keberhasilan sedikit menurun menjadi 98%. Dan pada 50 gram, tingkat keberhasilan turun lagi menjadi 90%. Metode horizontal menunjukkan penurunan yang relatif kecil ketika bebena bertambah. Hal ini menandakan sistem atau alat masih mampu mengangkat beban dengan cukup stabil meskipun beratnya meningkat.

Pengangkatan vertikal pada beban 10 gram, tingkat keberhasilan 98%, pada 40 gram, turun sedikit menjadi 95% dan pada 50 gram terjadi penurunan cukup besar menjadi 70%. Pengangkatan secara vertikal mengalami penurunan keberhasilan yang lebih signifikan saat beban bertambah. Hal ininkemungkinan disebabkan oleh. Pengaruh gaya gravitasi yang lebih besar pada arah vertikal, kapasitas motor atau mekanisme pengangkat yang lebih terbebani dan stabilitas sistem yang lebih sulit dipertahankan ketika mengangkat beban ke atas.

Perbedaan horizontal dan vertikal terlihat pada semua variasi beban, horizontal memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi dibanding vertikal. Sedangkan selisih paling besar terjadi pada beban 50 gram (90% horizontal dan 70% vertikal).

Hasil pengujian pada menunjukkan bahwa pada variasi beban ringan hingga menengah, lengan robot mampu menyelesaikan perintah dengan tingkat keberhasilan mendekati 100%. Pada posisi horizontal, success rate relatif stabil, yaitu sekitar 100% pada beban 15 gram hingga 35 gram, kemudian sedikit menurun menjadi 90% pada beban 50 gram. Sementara itu, pada posisi vertikal.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan, semakin besar yang diangkat maka tingkat keberhasilan menurun. Namun, penurunan lebih drastis pada pengangkatan vertikal dibanding horizontal, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem lebih efektif dan stabil dalam mengangkat beban secara horizontal.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan terhadap rancang bangun robot lengan, Beberapa kesimpulan antaranya sebagai berikut:

1. Rancangan ini cukup representatif untuk diaplikasikan pada sistem kontrol nirkabel, karena gerakan tiap joint dapat diprogram sesuai kebutuhan, dengan potensi penggunaan di bidang edukasi, penelitian maupun industri ringan.
2. Dari segi perancangan, posisi servo/aktuator yang tertanam dalam struktur menambah kekompakan desain sekaligus melindungi komponen dari benturan luar.

#### 5.2 Saran

##### 1. Penguatan Material

Gunakan material yang lebih kokoh seperti PLA + agar lengan robot mampu mengangkat beban yang lebih berat dibanding bahan ringan.

##### 2. Pengembangan sistem kendali

Tambahkan fitur kontrol berbasis komputer untuk memudahkan pengguna dan sertakan sistem pengaman seperti emergency stop.

##### 3. Efisiensi Energi

Gunakan sistem satu daya lebih efisien sehingga waktu operasi robot lebih lama dan stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Susany & Rotar, 2020Akhir, T., & Saleh, S. N. (2022). *Rancang bangun robot pengambil dan pemindah barang berbasis qr-code*.
- Amalia Yunia Rahmawati. (2020). *Pengantar Jaringan Komunikasi Nirkebal* (Issue July).
- Anggraini, D. (2022). *Mengenal Jenis dan Cara Baca Kode Aki (Accu)*. <https://www.monotaro.id/blog/artikel/mengenal-jenis-dan-cara-baca-kode-aki-accu>
- Barrozo, J. (2023). *ESP32 Pinout: Everything You Need to Know*.
- Caleb, F. (2024). *Understanding Blynk IOT*. Electronic Ideas.
- Didit Wahyu, D., Aryuanto, S., & I Komang, S. (2020). Rancang Bangun Lengan Robot Pemilah Barang Berdasarkan Berat dengan Pemanfaatan Internet Of Things (IoT) Sebagai Kontrol Dan Monitoring Jarak Jauh. *Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang*, 21(1), 1–2.
- Hidayat, J. S., Rizal, A., & Nugraha, R. (2021). Perancangan Lengan Robot Dengan 4 Derajat Kebebasan Untuk Sistem Kendali Berbasis Sensor Kinect. *E-Proceeding of Engineering*, 8(2), 983–991.
- Irtiza, M. E. (2025). *Types of jumper wires (male to male, male to female 2025)*. <https://www.yamanelectronics.com/types-of-jumper-wires/>
- Kumar Priyadarshi. (2024). *Year of the Humanoid – How 2024 will be the year for robotics*.
- Makassar, U. I. N. A. (2016). *Rancang Bangun Lengan Robot Pada Kendaraan Pengangkut Sampah Berbasis Arduino*.
- Misah, F. R., Sompie, S. R. U. A., Putro, M. D., Eng, M., & Elektro-ft, J. T. (2015). Pengendalian Lengan Robot Pemindah Objek Dengan Smartphone Android. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(5), 44–50.
- Pratama, Clinton, & Segara. (2015). *Perancangan Sistem Penggerak Lengan Robot Dengan (Pulse Width Modulation) Pada Fpga (Field Programable Gate Array)*.
- Renhat Baathinnur A. R. (2018). *Rancang Bangun Lengan Robot Pemilah Paket Barang Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification ( Rfid ) Barang*

*Otomatis Berbasis Radio Frequency.*

<https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/3521/>

Rizki, P., Al, F., Subekti, M. F., Mufti, M. A., Wibowo, S., & Kunci, K. (2025). *Pengembangan Platform Gerak Simulator Pesawat Udara : Implementasi Sistem Listrik Dan Elektronika.* 208–214.

Shreyas Sharma. (2025). What are manipulator robots? Understanding their Design, Types, and Applications. *Wevolver.*

<https://www.wevolver.com/article/robot-manipulator>

Siebeneicher, H. (2024). *Device to Device Communication with ESP-NOW.* Arduino Documentations. <https://docs.arduino.cc/tutorials/nano-esp32/esp-now/>

Simanungkalit, S. (2013). Studi Komparasi Pengontrol Robot Mobil Pada Smartphone Android Berbasis. *Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, UNIKOM*, 1–7.

[https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/651/jbptunikompp-gdl-sitiuransi-32533-13-unikom\\_s-1.pdf](https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/651/jbptunikompp-gdl-sitiuransi-32533-13-unikom_s-1.pdf)

## LAMPIRAN



Dokumentasi: Proses pengujian gerakan angkat 90° pada ketinggian 20 cm



Dokumentasi: Proses pengujian gerakan angkat 90° pada ketinggian 10 cm



Dokumentasi: Proses pengujian gerakan angkat  $90^\circ$  pada ketinggian 0 cm



Dokumentasi: Proses pengujian gerakan vertikal  $90^\circ$



Dokumentasi: Proses pengujian *pick and place* untuk ketinggian 0 - 20 cm



Dokumentasi: Proses pengujian *pick and place* untuk ketinggian 0 - 10 cm



Dokumentasi: Proses pengujian *pick and place* untuk ketinggian 0 - 0 cm



Dokumentasi: Beban uji 15 gram dengan air sebagai pemberat

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Rancang Bangun Model Robot Lengan Nirkabel  
 Nama : Ahmad Firman Erwin  
 NPM : 2107230006  
 Dosen Pembimbing : Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pembacaan & penulisan tugas akhir	ke
		- Perbincangan pembalokan	ke
		- Perbincangan masalah & tugas	ke
		- Perbincangan tugas partikel	ke
		- Perbincangan Metode	ke
		- Perbincangan Orisinal	ke
		- Aca, seminar proposal	ke
		+ Perbincangan hasil & pembalokan	ke
		- Perbincangan Kesimpulan	ke
		- Aca, seminar hasil	ke



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1345/K/BA4-PT/AK/55/05/2025  
Pusat Administrasi: Jln. Mukhtar Basri No. 3 Medan 20223 Telp. (061) 6622400. Fax. (063) Fax. (061) 6615866 - 6617956  
Website: <http://pifaak.umsu.ac.id> Email: [ftw@umsu.ac.id](mailto:ftw@umsu.ac.id) Instagram: @umsumedan Facebook: umsumedan Twitter: umsumedan YouTube: umsumedan

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGAJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 521/11.3AU/MSU-07/FT/2026

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 02 Maret 2026 dengan Ini semi Menetapkan :

Nama : AHMAD FIRMAN ERWIN  
Npm : 210723006  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : 7 ( TUJUH )  
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN MODEL ROBOT LENGAN NIRKABEL

Pembimbing : Dr KHAIRUL UMURANI ST,MT

1. Bila Judul Tugas Akhir kurang sesuai, terkait adukan oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penentuan Pembimbing dan menetapkan untul Judul Tugas Akhir Ini delapat dilaksanakan sebagaimana mestinya mestinya.

Medan, 13 Ramadhan 1447 H  
02 Maret 2026 M



**Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D**  
NIDN: 0713209703




**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Ahmad Firman Erwin

NPM : 210720006

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Lengan Kontrol Untuk Menggerakkan Model Robot Lengan Nirkabel

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
<b>Pembimbing - I</b>	:	Dr. Khairul Ummami ST.MT	
<b>Pemanding - I</b>	:	Ahmad Marabi Siregar ST.MT	
<b>Pemanding - II</b>	:	Arya Rudi Nst ST.MT	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Ahmad Firman Erwin  
NPM : 210720006  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Lengan Kontrol Untuk Menggerakkan Model Robot Lengan Nirkabel

Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabi Siregar ST.MT  
Dosen Pembanding - II : Arya Rudi Nst ST.MT  
Dosen Pembimbing - I : Dr. Khairul Ummarni ST.MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana / colloquium
- Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan

*N. Sinambing natak dymblikan  
puli at sud reshah dymfoban-99  
rekomendasi Utramat. 99*

2. Perbaikan seminar kembali:

1. ....
2. ....
3. ....

Medan, 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

Diketahui :



Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding - I

Chandra A Siregar ST.MT

Ahmad Marabdi Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Ahmad Firman Erwin  
NPM : 210720006  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Lengan Kontrol Untuk Menggerakkan Model Robot Lengan Nirkabel

Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabi Siregar ST.MT  
Dosen Pembanding - II : Arya Rudi Nst ST.MT  
Dosen Pembimbing - I : Dr Khairul Ummarni ST.MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana / collogium)
- Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan


*• Perbaiki pembukaan seminar gambar*

.....  
.....

2. Perbaiki seminar kembali:

1. ....
2. ....
3. ....

Medan, 20 Rabiul Awal 1447 H  
13 September 2025 M

 Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding - II



Arya Rudi Nst ST.MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Ahmad Firman Erwin  
NPM : 2107230006  
Tempat/ Tanggal Lahir : Bengkulu / 27 Juli 2002  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Belum kawin  
Alamat : Jln. Karya  
Kecamatan : Medan Barat  
Kabupaten : Kota Medan  
Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 082164761899  
E-mail : [afe27072002@gmail.com](mailto:afe27072002@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : Erwin Ramli  
Ibu : Yannirwaty Nasution

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2010-2015 : SD Negeri 060849 Medan  
2015-2018 : Yayasan Perguruan Karya Bhakti  
2018-2021 : SMK Negeri 5 Medan  
2021-2026 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara