



# Perancangan Sistem Kendali untuk Pergerakan Lengan Robot 4-DOF

A. Irmayani Pawelloi<sup>1\*</sup>, Muh. Basri<sup>2</sup>, Irwandi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

\*Email : [airmayani@umpar.ac.id](mailto:airmayani@umpar.ac.id)

**Abstract:** Robotic arms are one of the rapidly developing technologies in the field of robotics, with the need for efficient and reliable control systems. This research designed a robotic arm control system based on the ESP32 microcontroller with Bluetooth connectivity, using seven push buttons to control servo movements on four main components: shoulder, arm, gripper, and base. The purpose of the study is to analyze the performance of servo motion and the effectiveness of Bluetooth communication in controlling robot movement. The research method includes testing the response of servo movement at a certain angle range and evaluating Bluetooth communication capabilities at various distances and conditions. The results show that the servo motor has stable performance with minimal variation in movement time, with the average movement time varying between 1.64-6.82 seconds depending on the component. Bluetooth communication tests revealed 100% reliability at distances up to 15 meters without barriers, but decreased significantly to 40% at distances of 20 meters and only 10% at distances of 15 meters with barriers. The system features a 20x4 LCD for real-time monitoring and supports multiple control modes. This research contributes to the development of a robotic arm control system that is responsive and has potential applications in various industrial fields, with advanced recommendations to optimize Bluetooth communication range and quality.

**Keywords:** robot arm; ESP32; Bluetooth; servo motor; control system

## 1. PENDAHULUAN

Pada masa kini, teknologi robot telah berkembang pesat dalam berbagai aspek kehidupan, dengan tujuan utama untuk memudahkan pekerjaan manusia (Cempaka *et al.*, 2016). Teknologi robot kini telah merambah berbagai bidang, mulai dari militer, perkantoran, industri, kesehatan atau medis, hingga dunia hiburan (Utomo *et al.*, 2020). Dalam bidang robotika, pengembangan semakin intensif dilakukan untuk menghasilkan produk yang dapat meningkatkan efisiensi dalam menyelesaikan tugas manusia (Ekayana *et al.*, 2017). Keunggulan penggunaan lengan robot terletak pada keakuratannya yang tinggi serta kemampuannya untuk bekerja secara kontinu dan stabil (Saefullah *et al.*, 2015).

Robot secara umum adalah suatu sistem yang diatur dan dikendalikan oleh mikrokontroler untuk melaksanakan tugas tertentu melalui pemrograman yang ditanamkan di dalamnya. Secara umum, robot merupakan alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik dan juga merupakan perangkat otomatis dengan sistem yang

sudah tertanam dalam mikrokontroler untuk melaksanakan tugas-tugas sederhana (Abidin *et al.*, 2020).

Seiring dengan berkembangnya minikomputer, seperti smartphone Android yang sudah dilengkapi dengan sistem operasi dan kemampuan untuk terhubung dengan jaringan nirkabel, tercetuslah ide untuk menghubungkan robot dengan smartphone. Dengan demikian, diharapkan robot dapat dikendalikan melalui smartphone atau minikomputer tersebut, sehingga pergerakan robot dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna (Sirmayanti *et al.*, 2021). Salah satu hal utama dalam pengembangan robot lengan adalah sistem kendalinya. Berbagai robot lengan dibuat dengan sistem kendali yang berbeda-beda, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Penggunaan potensiometer dan tombol dalam sistem kendali memungkinkan robot untuk melakukan suatu kegiatan dengan kontrol yang lebih mudah (Irwan *et al.*, 2022).

Penelitian ini akan mengembangkan dan menguji sistem kendali lengan robot yang dapat memudahkan pengontrolan gerakan robot secara nirkabel menggunakan smartphone dan mikrokontroler. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengoptimalkan waktu respons gerakan robot dalam berbagai arah, seperti kiri, kanan, atas, bawah, maju, mundur, serta membuka dan menutup, dengan mengandalkan sistem kendali berbasis tombol dan suara. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan teknologi robot pada aplikasi otomatisasi yang memerlukan presisi dan kemudahan dalam pengoperasian

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

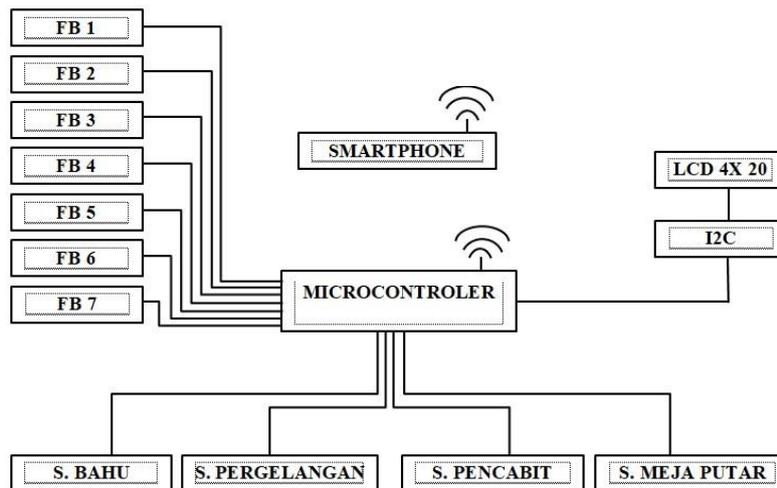
### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen yang bertujuan untuk menguji fungsi rangkaian alat sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian ini juga mengacu pada studi pustaka yang telah dikumpulkan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Maret 2023 di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare. Uraian kegiatan penelitian meliputi perancangan alat, pengadaan alat dan bahan, pemasangan serta instalasi alat, pengujian, dan pembuatan laporan akhir.

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras yang digunakan terdiri dari beberapa komponen dan modul elektronika, yaitu ESP32, push button, motor servo MG90S, motor servo MG99R, baterai VTC 3000mAh, modul step-down LM2596, serta LCD 20 x 4 dengan I2C. Perangkat lunak yang digunakan adalah aplikasi Arduino IDE, yang berfungsi untuk memprogram ESP32, serta aplikasi Arduino Bluetooth Control yang berfungsi untuk mengendalikan robot secara jarak jauh.

### 3.3 Perancangan Sistem



**Gambar 1.** Blok Diagram

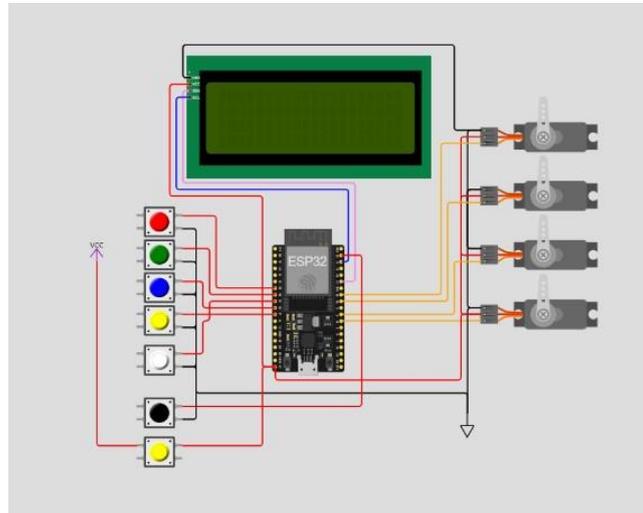
Blok diagram sistem keseluruhan alat ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: Push button, aplikasi Arduino Bluetooth Controller, mikrokontroler, dan pergerakan lengan robot. Pada bagian ini, terdapat tujuh buah tombol yang dapat ditekan untuk mengirimkan perintah atau sinyal ke mikrokontroler. Fungsi masing-masing tombol adalah sebagai berikut:

- Push Button 1: Berfungsi untuk menggerakkan bahu robot, memungkinkan pergerakan maju dan mundur lengan robot.
- Push Button 2: Berfungsi untuk menggerakkan pergelangan robot, memungkinkan pergerakan naik dan turun lengan robot.
- Push Button 3: Berfungsi untuk menggerakkan pencapit, membuka dan menutup gengaman lengan robot.
- Push Button 4: Berfungsi untuk menggerakkan meja putar, memungkinkan robot bergerak ke kiri dan ke kanan.
- Push Button 5: Berfungsi sebagai tombol opsi timbal balik dari Push Button 1 hingga 4.
- Push Button 6: Berfungsi sebagai tombol mode kontrol, yang memungkinkan pemilihan mode kontrol, seperti tombol, terminal, joystick, atau suara.
- Push Button 7: Berfungsi sebagai tombol on/off untuk mengaktifkan atau mematikan alat.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

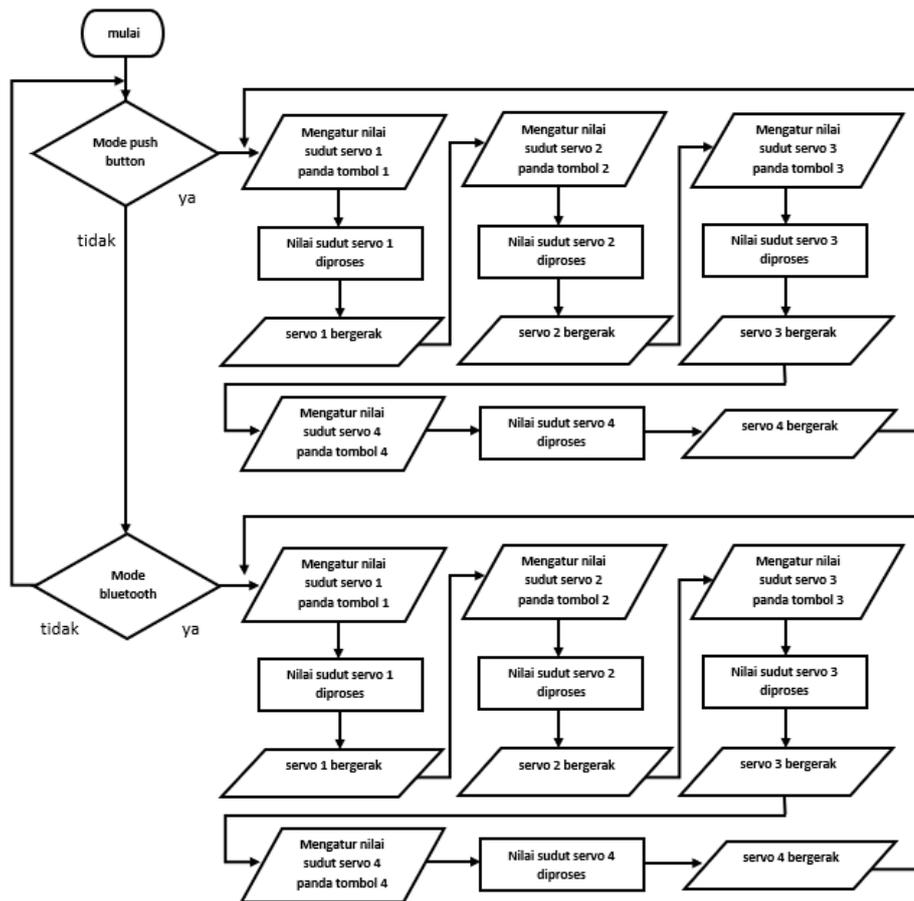
Perangkat keras pada konstruksi lengan robot berfungsi sebagai penerima (Rx). Bagian ini berfungsi untuk menerima data kontrol yang dikirimkan dari aplikasi Arduino Bluetooth Control dan Push Button, yang berfungsi sebagai pengirim (Tx). Rangkaian penerima terdiri dari ESP32, LCD 20x4, motor servo, dan push button.



**Gambar 2.** Rangkaian Penerima Data Kontrol (Tx)

#### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan mengatur berbagai mode kontrol pada aplikasi yang akan diimplementasikan pada lengan robot. Data kontrol dari aplikasi akan dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses, dan motor servo pada setiap bagian lengan robot akan bergerak sesuai perintah. Hasilnya akan ditampilkan melalui LCD yang menunjukkan pergerakan sudut derajat setiap motor servo pada robot, serta menampilkan pilihan berbagai mode kontrol.



**Gambar 3.** Flowchart Sistem Kendali melalui Push Button dan Bluetooth

### 3.3 Pengujian Sistem

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan mengatur berbagai mode kontrol pada aplikasi yang akan diimplementasikan pada lengan robot. Data kontrol dari aplikasi akan dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses, dan motor servo pada setiap bagian lengan robot akan bergerak sesuai perintah. Hasilnya akan ditampilkan melalui LCD yang menunjukkan pergerakan sudut derajat setiap motor servo pada robot, serta menampilkan pilihan berbagai mode kontrol.

#### 1) Pengujian Kendali melalui Push Button

##### a. Uji Respon Pergerakan Servo Bahu

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah pergerakan pada servo bahu pada lengan robot. Pergerakan servo yang diberikan berada pada rentang  $90^{\circ}$ - $170^{\circ}$ . Pada pengujian ini dilakukan pengamatan waktu respon untuk setiap pergerakan.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Pergerakan Servo Bahu

No	Waktu Pergerakan (detik)	
	Ke Depan 90°	Ke Belakang 170°
1	3,21	3,19
2	3,18	3,18
3	3,20	3,15
4	3,15	3,16
5	3,19	3,18
<b>Rata-rata</b>	3,18	3,17

Pada gerakan ke depan 90°, waktu tercepat yang dicapai adalah 3,15 detik dan waktu terlama 3,21 detik dengan rata-rata waktu 3,18 detik. Sementara untuk gerakan ke belakang 170°, waktu tercepat adalah 3,15 detik dan waktu terlama 3,19 detik dengan rata-rata 3,17 detik. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa performa servo bahu sangat stabil dengan selisih waktu yang minimal antara gerakan ke depan dan ke belakang (0,01 detik). Variasi waktu antar pengujian juga relatif kecil, menunjukkan konsistensi yang baik dalam pergerakan servo bahu.

b. Uji Respon Pergerakan Servo Lengan

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah pergerakan pada servo lengan pada lengan robot. Pergerakan servo yang diberikan berada pada rentang 30°-150°. Pada pengujian ini dilakukan pengamatan waktu respon untuk setiap pergerakan.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Pergerakan Servo Lengan

No	Waktu Pergerakan (detik)	
	Ke Atas 30°	Ke Bawah 150°
1	4,47	4,46
2	4,45	4,48
3	4,43	4,45
4	4,46	4,44
5	4,42	4,40
<b>Rata rata</b>	4,44	4,44

Pengujian gerakan ke atas 30°, waktu tercepat adalah 4,42 detik dan terlama 4,47 detik dengan rata-rata 4,44 detik. Pada gerakan ke bawah 150°, waktu tercepat 4,40 detik dan terlama 4,48 detik dengan rata-rata yang sama yaitu 4,44 detik. Kesamaan rata-rata waktu untuk kedua arah gerakan menunjukkan bahwa servo lengan memiliki performa yang sangat seimbang dan stabil. Variasi waktu antar pengujian juga minimal, mengindikasikan kehandalan sistem servo lengan dalam melakukan pergerakan.

## c. Uji Respon Pergerakan Servo Gripper

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah pergerakan pada servo gripper pada lengan robot. Pergerakan servo yang diberikan berada pada rentang 45°-90°. Pada pengujian ini dilakukan pengamatan waktu respon untuk setiap pergerakan.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Pergerakan Servo Gripper

No	Waktu Pergerakan (detik)	
	Membuka 45°	Menutup 90°
1	1,90	1,66
2	1,86	1,64
3	1,72	1,63
4	1,71	1,65
5	1,71	1,63
<b>Rata-rata</b>	1,78	1,64

Pada pengujian gerakan membuka 45°, terjadi penurunan waktu yang signifikan dari percobaan pertama (1,90 detik) hingga percobaan terakhir (1,71 detik) dengan rata-rata 1,78 detik. Sementara untuk gerakan menutup 90°, waktu yang dibutuhkan lebih konsisten dengan rentang antara 1,63-1,66 detik dan rata-rata 1,64 detik. Perbedaan rata-rata waktu sebesar 0,14 detik antara membuka dan menutup menunjukkan bahwa gerakan menutup gripper lebih efisien dibandingkan gerakan membuka.

## d. Uji Respon Pergerakan Servo Base

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah pergerakan pada servo base pada lengan robot. Pergerakan servo yang diberikan berada pada rentang 0°-180°. Pada pengujian ini dilakukan pengamatan waktu respon untuk setiap pergerakan.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Pergerakan Servo Base

No	Waktu Pergerakan (detik)	
	Ke Kiri 0°	Ke Kanan 180°
1	6,83	6,81
2	6,81	6,82
3	6,83	6,81
4	6,84	6,80
5	6,82	6,83
<b>Rata-rata</b>	6,82	6,81

Pada pengujian gerakan ke kiri 0°, waktu bervariasi antara 6,81-6,84 detik dengan rata-rata 6,82 detik. Pada gerakan ke kanan 180°, variasi waktu antara 6,80-6,83 detik dengan rata-rata 6,81 detik. Selisih rata-rata waktu yang sangat kecil (0,01 detik) antara kedua arah gerakan menunjukkan bahwa base servo memiliki

performa yang sangat stabil dan seimbang, meskipun harus melakukan rotasi dalam rentang sudut yang cukup besar.

2) Pengujian Kendali melalui Bluetooth

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon lengan robot terhadap instruksi yang diberikan melalui aplikasi *bluetooth control terminal* yang terpasang pada handphone. Aplikasi dan lengan robot terhubung melalui media Bluetooth untuk memberikan instruksi pergerakan. Pengujian ini dilakukan pada beberapa variasi jarak dengan kondisi dengan penghalang dan tanpa penghalang.

**Tabel 5.** Uji Respon Sistem Kendali Aplikasi *Bluetooth Control Terminal*

No	Jarak Respon Tanpa Penghalang (m)				Jarak Respon dengan Penghalang (m)		
	5	10	15	20	5	10	15
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
2	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
4	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
5	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
8	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
9	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
<b>Rata-rata</b>	100%	100%	100%	40%	100%	100%	10%

Dalam kondisi tanpa penghalang, sistem menunjukkan kehandalan 100% hingga jarak 15m, namun mengalami penurunan signifikan pada jarak 20m dengan tingkat keberhasilan hanya 40%. Saat terdapat penghalang, sistem masih menunjukkan performa optimal (100%) hingga jarak 10m, tetapi mengalami penurunan drastis pada jarak 15m dengan tingkat keberhasilan hanya 10%. Data ini menunjukkan bahwa keberadaan penghalang secara signifikan mempengaruhi jarak efektif komunikasi bluetooth, dengan pengurangan jarak efektif sekitar 5m dibandingkan kondisi tanpa penghalang.

**4. KESIMPULAN**

Penelitian ini mengembangkan sistem kendali lengan robot berbasis dengan menggunakan perintah melalui push button dan Bluetooth. Hasil pengujian menunjukkan kinerja servo motor yang sangat stabil dengan variasi waktu pergerakan minimal pada setiap komponen (bahu, lengan, gripper, dan base). Sistem mampu beroperasi dengan kehandalan 100% pada jarak hingga 15 meter tanpa penghalang,

namun mengalami penurunan signifikan pada jarak 20 meter dan dalam kondisi dengan penghalang, di mana keberhasilan komunikasi menurun menjadi 40% tanpa penghalang dan hanya 10% dengan penghalang.

## REFERENSI

- Abidin, M., & Suprianto, B. (2020). Trainable Servo Robotic Arm 4 Dof (Degree of Freedom). *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2).
- Cempaka, F., Muid, A., & Ruslianto, I. (2016). Rancang Bangun Lengan Robot Sebagai Alat Pemindah Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Fotodiode. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 4(1).
- Ekayana, A. G. (2017). Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Lengan Robot Pemindah Barang Menggunakan Interface Wireless 2.4 GHz. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 6(1).
- Irwan, M., & Alauddin, Y. (2022). Sistem Kendali Lengan Robot 4-DOF untuk Pemindah Barang. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 16-25.
- Saefullah, A., Immaniar, D., & Juliansah, R. A. (2015). Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno. *Creative Communication and Innovative Technology Journal*, 8(2), 45-56.
- Sirmayanti, S. (2021). Rekayasa Sistem Kendali Gripper melalui Robot Transporter menggunakan WiFi Module ESP8266. *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, 11(1), 51-64.
- Utomo, B., Setyaningsih, N. Y. D., & Iqbal, M. (2020). Kendali Robot Lengan 4 Dof Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Mpu-6050. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), 89-96.