

## Rancang Bangun *Remote Control* Robot Lengan 6DOF Dengan Protokol ESP-NOW

**Nike Erni Zebua<sup>1\*</sup>, Gogor C. Setyawan<sup>2</sup>, Kristian Juri Damai Lase<sup>3</sup>**  
Informatika, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia  
\*e-mail *Corresponding Author*. nikeernii@gmail.com

### **Abstract**

*A robotic arm is one of the robotic applications that is increasingly developing in various industries. The robotic arm is designed and built with a remot control system using the ESP-Now communication protocol. This system aims to improve the efficiency and precision of controlling robotic arms, which are widely used in various industrial and research applications. The ESP-Now protocol is chosen for its advantages of low latency and minimal power consumption in short-range communication. The design process includes the creation of a mechanical model of the robotic arm, the development of hardware and software for the control system, as well as the integration and testing of the overall system. Test results show that the built-in remot control system can control the robotic arm with high precision and quick response as needed for operational requirements. Therefore, this system is expected to make a significant contribution to the field of automation and robotics and serve as a reference for further development of robotic control technology.*

**Keywords:** *Robotic arm; 6DOF; microcontroller; ESP-Now; wireless control.*

### **Abstrak**

Robot lengan merupakan salah satu aplikasi robotik yang semakin berkembang di berbagai industri. Robot lengan dirancang dan dibangun dengan sistem kendali jarak jauh menggunakan protokol komunikasi ESP-Now. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan presisi pengendalian lengan robot yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan penelitian. Protokol ESP-Now dipilih karena keunggulan latensi rendah dan konsumsi daya minimal dalam komunikasi jarak pendek. Proses perancangan meliputi pembuatan model mekanis lengan robot, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem kendali, serta pengintegrasian dan pengujian keseluruhan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali jarak jauh bawaan dapat mengendalikan lengan robot dengan presisi tinggi dan respon cepat sesuai kebutuhan operasional. Oleh karena itu, sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan di bidang otomasi dan robotika, serta menjadi acuan bagi pengembangan teknologi pengendalian robot lebih lanjut.

**Kata kunci:** *Robot lengan; 6DOF; mikrokontroler; ESP-NOW; pengendalian wireless.*

### **1. Pendahuluan**

Teknologi robot telah menjadi bidang yang sangat penting dalam perkembangan industri dan berbagai bidang lainnya. Robot dengan lengan enam derajat kebebasan (6-DOF) dapat secara fleksibel dan tepat melakukan berbagai tugas kompleks yang tidak dapat diselesaikan oleh robot dengan derajat kebebasan lebih sedikit. Selain itu, penggunaan kendali jarak jauh pada lengan robot 6-DOF memberikan peningkatan kendali dan memungkinkan operator mengendalikan robot dari jarak jauh, sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam berbagai aplikasi.

Namun terdapat beberapa tantangan saat mengimplementasikan kendali jarak jauh pada lengan robot 6-DOF, terutama mengenai protokol komunikasi yang digunakan. Banyak sistem yang masih berbasis pada protokol komunikasi tradisional, sehingga memerlukan infrastruktur yang kompleks dan biaya tinggi. Selain itu, terdapat juga permasalahan mengenai jangkauan komunikasi dan keterbatasan keandalan yang dapat berdampak pada kinerja dan

efektivitas sistem robot. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya solusi yang lebih efisien dan praktis dalam pengembangan kendali jarak jauh lengan robot enam derajat kebebasan.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, penggunaan protokol ESP-NOW memberikan alternatif yang lebih sederhana dan efisien. ESP-NOW adalah protokol komunikasi nirkabel yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah dan latensi minimal. Protokol ini mendukung komunikasi *peer-to-peer* tanpa menggunakan *router*, sehingga mengurangi kompleksitas dan biaya implementasi. Mengintegrasikan ESP-NOW ke dalam sistem kendali jarak jauh robot lengan 6-DOF diharapkan dapat menciptakan solusi yang lebih andal dan mudah diterapkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem kendali jarak jauh robot lengan enam derajat kebebasan dengan menggunakan protokol ESP-NOW. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem yang lebih efisien dengan cakupan lebih luas dan biaya lebih rendah dibandingkan solusi saat ini. Lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang robotika, khususnya pengembangan teknologi kendali jarak jauh yang lebih maju dan terjangkau.

## 2. Tinjauan Pustaka

Dalam jurnal Rancang Bangun *Prototipe* Pengendalian Lengan Robot (*Robotic Arm*) sebagai Pemindah Barang Berbasis *Internet of Things*, penulis melakukan penelitian tentang desain dan sistem pengendalian lengan robot berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler *NodeMCU* dan aplikasi *Blynk*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan jarak pengendalian, merancang sistem pemindahan barang yang memanfaatkan kamera, dan meningkatkan kecepatan dan daya cengkram lengan robot [1].

Dalam jurnal Pengaplikasian Kontrol Robot 6-Dof untuk *Pick and Place* pada Industri *Souvenir*, seorang peneliti melakukan kegiatan pengenalan dan implementasi robot lengan sederhana dalam proses produksi di *Geevee Galery*, usaha manufaktur *souvenir*. Mereka mempelajari kebutuhan robot lengan untuk mendukung proses produksi, merancang dan merakit komponen mekanik dan elektronik robot lengan, serta memberikan pelatihan mengenai penggunaan robot lengan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkenalkan dan menerapkan teknologi robot lengan dalam usaha dan industri di Indonesia, serta meningkatkan kapasitas produksi pada usaha kecil dan menengah [2].

Penulis dalam jurnal Sistem *Remote Control* Robot Beroda Menggunakan Teknologi *Leap Motion* melakukan penelitian tentang sistem *remote control* untuk robot beroda menggunakan teknologi *Leap Motion*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang dapat mengontrol robot beroda dengan mendeteksi posisi titik koordinat tangan dengan *Leap Motion*, membentuk fitur berdasarkan koordinat yang terdeteksi, dan mengontrol aksi robot berdasarkan bentuk fitur tersebut [3].

Dalam jurnal Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Budidaya Jangkrik Menggunakan Protokol *Esp-Now* Berbasis *Internet of Things*, penulis melakukan penelitian tentang implementasi sistem pemantauan otomatis untuk budidaya jangkrik menggunakan teknologi *Internet of Things*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan budidaya jangkrik berbasis mikrokontroler dan protokol IoT *ESP-Now*. Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sistem pemantauan yang dapat diandalkan dan efisien untuk meningkatkan keberhasilan budidaya jangkrik dan memberikan data *real-time* untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam proses budidaya [4].

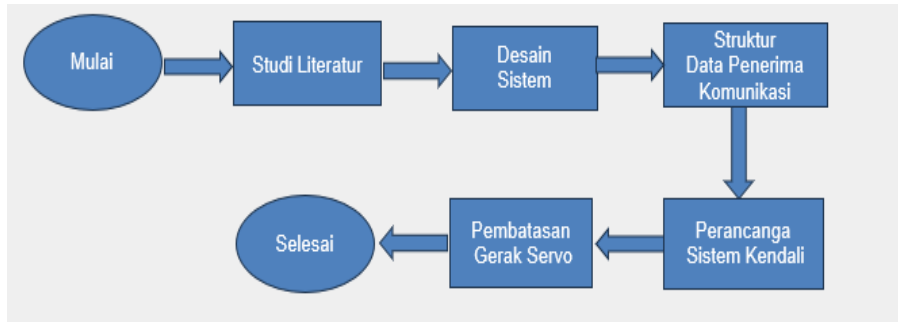
Dalam jurnal *Design of a Robot to Control Agricultural Soil Conditions using ESP-NOW Protocol*, penulis meneliti pengembangan robot berbasis IoT untuk pemeliharaan tanaman dalam kondisi tanah pertanian. Robot ini dapat memantau suhu, kelembaban, dan kondisi tanah, serta secara otomatis menyiram tanaman. Protokol komunikasi yang digunakan adalah ESP-NOW, yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan kecepatan transfer yang relatif cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan robot yang dapat melakukan pemeliharaan tanaman dengan memanfaatkan teknologi IoT, tanpa harus melibatkan instalasi yang rumit[5].

Setelah mengkaji dan melakukan riset terhadap temuan peneliti sebelumnya, maka penulis berupaya mencari dan menemukan perbedaan serta kesamaan dari hasil penelitian terdahulu terhadap penelitian yang sedang dilakukan. Kesamaan dari penelitian ini yaitu mengembangkan robot lengan dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things*.

Sementara yang menjadi pembeda antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada sistem control dan teknologi yang akan digunakan.

**3. Metodologi**

Metodologi penelitian ini menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan implementasi sistem kendali lengan robot 6DOF menggunakan protokol ESP-Now. Penelitian ini mencakup tinjauan literatur, desain sistem, struktur data penerima komunikasi, perancangan sistem kendali, dan pembatasan gerak servo.



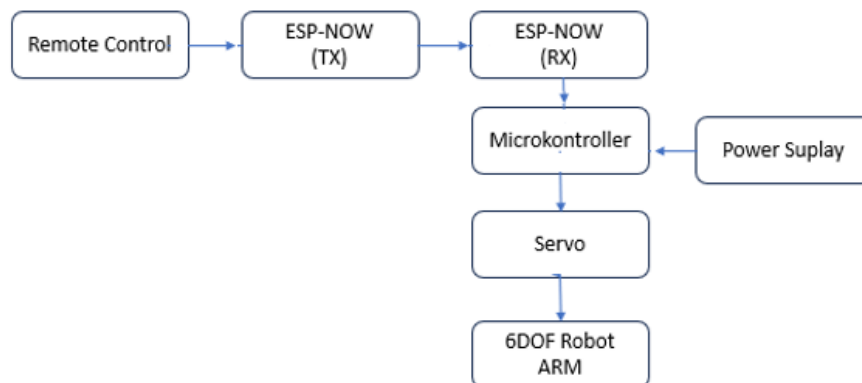
Gambar. 1 Metode penelitian

**3.1. Studi Literatur**

Tujuan dari studi literatur adalah mengkaji teori yang relevan dengan robot lengan 6DOF dan mempelajari teknologi ESP-NOW serta aplikasinya dalam komunikasi nirkabel.

**3.2. Desain Sistem**

**1) Desain Arsitektur Sistem**



Gambar 2. Diagram Blok

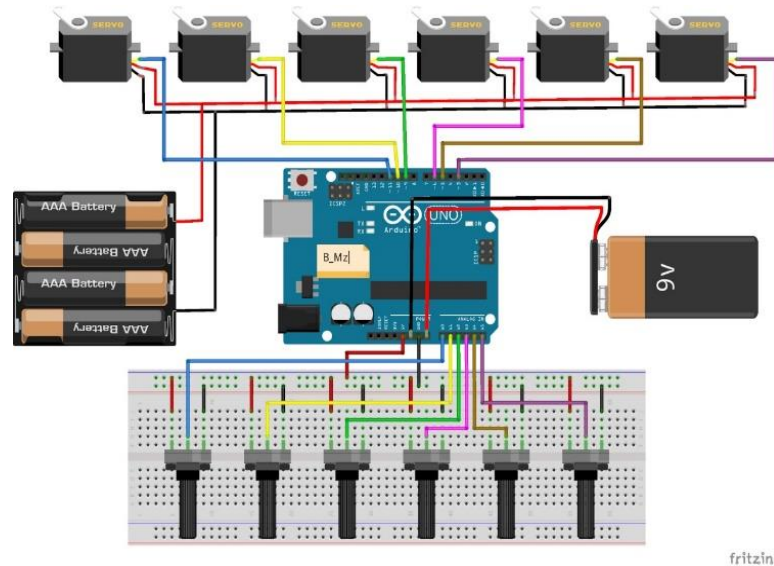
Penjelasan:

1. *Remote control*: Mengirimkan perintah kontrol.
2. *ESP-NOW transmitter*: Modul yang mengirimkan data kontrol dari remote control.
3. *ESP-NOW receiver*: Modul yang menerima data kontrol.
4. *Microcontroller*: Mengolah data yang diterima dan mengirimkan perintah ke servo controllers.
5. *Servo controllers*: Mengatur gerakan servo pada lengan robot.
6. *6DOF robot arm*: Lengan robot dengan enam derajat kebebasan yang bergerak berdasarkan perintah.
7. *Power Suplay*: Menyediakan daya untuk seluruh sistem.

Diagram Gambar 2 menunjukkan alur data dan hubungan antara komponen dalam sistem, memastikan bahwa setiap bagian berfungsi secara terpadu untuk mengendalikan lengan robot dengan efisien.

## 2) Desain Perangkat Keras

Gambar di bawah adalah skema rangkaian dari robot lengan dengan 6 buah servo motor untuk mengendalikan lengan robot menggunakan arduino uno. Setiap servo memiliki tiga kabel yaitu *power*, *ground* dan *sinyal*.



Gambar. 3 Skema Hardware

Penjelasan:

1. Baterai AAA memberi daya ke semua servo melalui *breadboard*
2. Baterai 9V memberi daya ke arduino uno.
3. Kabel *power* (merah) terhubung ke jalur positif pada *breadboard* yang disuplai pada baterai AAA.
4. Kabel *ground* (hitam) terhubung ke jalur ground pada *breadboard*. Kabel sinyal (kuning) terhubung ke pin digital pada arduino (pin 2 hingga 7).

## 3) Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak ini mencakup dua bagian utama, pertama perangkat lunak untuk unit kontrol (*Transmitter*) dan perangkat lunak untuk unit robot (*Receiver*). Kedua unit ini akan menggunakan protokol ESP-NOW untuk berkomunikasi.

### 1) Struktur code transmitter

```

ESP32 Dev Module Upload
Transmitter_ESP32.ino
1 #include <esp_now.h>
2 #include <WiFi.h>
3
4 // Address of receiver ESP32
5 uint8_t broadcastAddress[] = {0x24, 0x6F, 0x28, 0xD1, 0x6A, 0x60};
6
7 // Structure to hold data
8 typedef struct struct_message {
9     int x;
10    int y;
11 } struct_message;
12
13 // Create a struct_message called myData
14 struct_message myData;
15
16 // Callback when data is sent
17 void onDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
18     Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
19     Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" : "Delivery Fail");
20 }

```

Gambar. 4 Struktur kode TX

```

44 // Add peer
45 if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK){
46     Serial.println("Failed to add peer");
47     return;
48 }
49 }
50
51 void loop() {
52     // Read the joystick or button values
53     myData.x = analogRead(34); // Example for joystick x-axis
54     myData.y = analogRead(35); // Example for joystick y-axis
55
56     // Send message via ESP-NOW
57     esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *) &myData, sizeof(myData));
58
59     if (result == ESP_OK) {
60         Serial.println("Sent with success");
61     } else {
62         Serial.println("Error sending the data");
63     }
64
65     delay(200);
66 }
    
```

Gambar.5 Lanjutan kode TX

```

22 void setup() {
23     // Init Serial Monitor
24     Serial.begin(115200);
25
26     // Set device as a Wi-Fi Station
27     WiFi.mode(WIFI_STA);
28
29     // Init ESP-NOW
30     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
31         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
32         return;
33     }
34
35     // Register send callback
36     esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
37
38     // Register peer
39     esp_now_peer_info_t peerInfo;
40     memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
41     peerInfo.channel = 0;
42     peerInfo.encrypt = false;
43 }
    
```

Gambar.6 Lanjutan kode TX

2) Struktur code Receiver

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
3 #include <esp_now.h>
4 #include <WiFi.h>
5
6 // Create a struct_message called myData
7 typedef struct struct_message {
8     int x;
9     int y;
10 } struct_message;
11
12 struct_message myData;
13
14 // Create a servo controller object
15 Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();
16
    
```

Gambar.7 Struktur kode RX

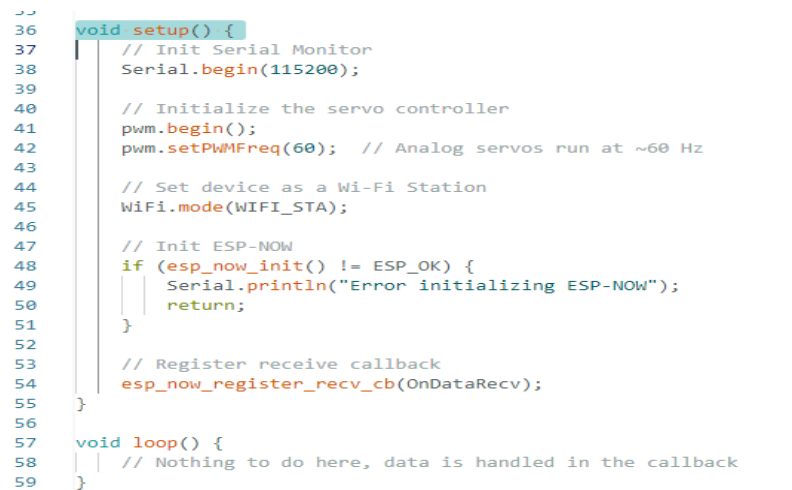


```

16
17 // Callback when data is received
18 void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t *incomingData, int len) {
19     memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
20     Serial.print("Bytes received: ");
21     Serial.println(len);
22     Serial.print("x: ");
23     Serial.println(myData.x);
24     Serial.print("y: ");
25     Serial.println(myData.y);
26
27 // Convert received data to servo angles or positions
28 int servo1_pos = map(myData.x, 0, 4095, 0, 180); // Example conversion
29 int servo2_pos = map(myData.y, 0, 4095, 0, 180); // Example conversion
30
31 // Set servo positions
32 pwm.setPWM(0, 0, servo1_pos);
33 pwm.setPWM(1, 0, servo2_pos);
34 }

```

Gambar.8 Lanjutan kode RX



```

35
36 void setup() {
37     // Init Serial Monitor
38     Serial.begin(115200);
39
40     // Initialize the servo controller
41     pwm.begin();
42     pwm.setPwmFreq(60); // Analog servos run at ~60 Hz
43
44     // Set device as a Wi-Fi Station
45     WiFi.mode(WIFI_STA);
46
47     // Init ESP-NOW
48     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
49         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
50         return;
51     }
52
53     // Register receive callback
54     esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
55 }
56
57 void loop() {
58     // Nothing to do here, data is handled in the callback
59 }

```

Gambar. 9 Lanjutan kode RX

Keterangan:

- 1) *Setup*: Inisialisasi ESP32 dan komponen yang diperlukan untuk komunikasi ESP-NOW dan kontrol servo.
- 2) *Callback*: Fungsi yang dipanggil setiap kali data dikirim atau diterima.
- 3) *Loop*: Di *transmitter*, *loop* utama membaca input dan mengirim data. Di *receiver*, *loop* utama kosong karena semua pekerjaan dilakukan dalam *callback*.

#### 4) **Flowchart Alur Kerja**

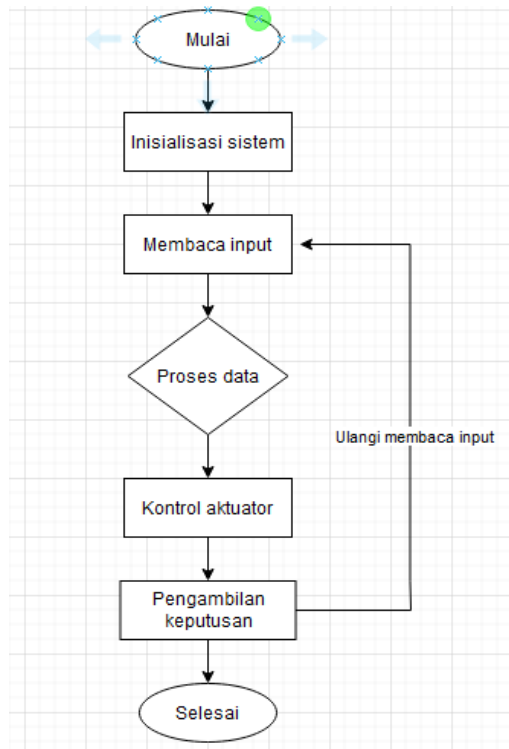
*Flowchart* Gambar 10 menggambarkan siklus operasi berulang dari sistem robot, mulai dari inisialisasi hingga keputusan.

Berikut alur kerja untuk sistem robot menggunakan ESP32:

1. Mulai  
Titik awal dari sistem robot
2. Inisialisasi Sistem  
Inisialisasi ESP32 dan konfigurasi protokol ESP-Now untuk komunikasi.
3. Membaca input  
Menghitung posisi servo motor yang diinginkan berdasarkan perintah yang diterima.
4. Mengelola data yang diperoleh dari sensor untuk menilai lingkungan disekitar robot. Proses bisa berupa filter data, analisis dan pengambilan kesimpulan.
5. Kontrol aktuator

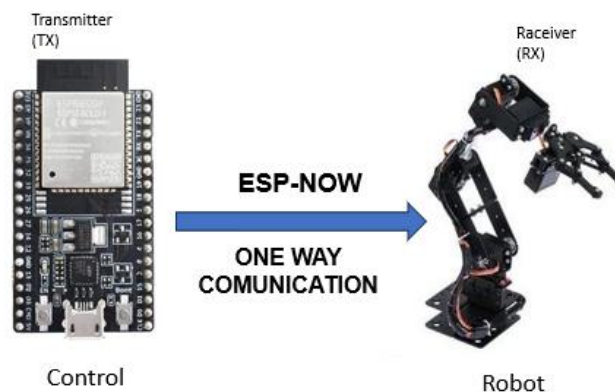
Mengirimkan sinyal keaktuator seperti servo untuk melakukan gerakan berdasarkan hasil pemrosesan data.

6. Pengambilan keputusan  
Menilai data yang telah diproses untuk menentukan gerakan selanjutnya
7. Ulangi dari membaca input
8. Selesai  
Titik akhir dari proses jika sistem robot dimatikan atau berhenti beroperasi.



Gambar.10 Flowchart alur kerja

### 3.3. Struktur Data Penerima Komunikasi



Gambar 11. Struktur Komunikasi

Tahapan pengembangan struktur data sangat penting untuk menerima komunikasi dan menerjemahkannya menjadi aksi robot ketika menerima data. Gambar di bawah

menunjukkan skema komunikasi satu arah menggunakan teknologi ESP-NOW antara modul kontrol (Tx) dan robot (Rx). Dalam sistem ini, data dikirim dan diterima melalui modul ESP32 menggunakan protokol ESP-NOW. Pengguna memberikan input pada kontrol, data diproses dan dikirimkan secara nirkabel oleh *transmitter* (ESP32) ke *receiver* (ESP32) pada robot lengan. *Receiver* kemudian memproses data tersebut dan menggerakkan servo motor sesuai dengan instruksi yang diterima. Proses ini memungkinkan kontrol yang efisien dan *real-time* terhadap robot lengan.

### 3.4. Perancangan Sistem Kendali

Untuk mengendalikan pergerakan robot lengan ini maka, diperlukan sebuah alat yang efektif dan efisien sebagai pengontrol gerakan robot. Gambar di bawah adalah gambar *joystick* menggunakan ESP32 sebagai kontroler utama. Terdapat dua module *joystick* yang terpasang di sisi kiri dan kanan dan memiliki dua sumbu (Y dan X).

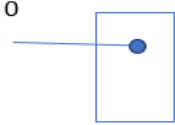
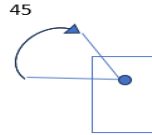


Gambar.12 Joystick

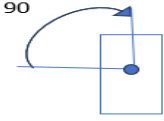
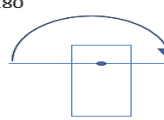
### 3.5. Pembatasan Gerak Servo

Pada tahap ini, peneliti menetapkan batasan gerak servo untuk mengatur dan membatasi gerakan servo agar tidak melampaui batasan yang ditentukan untuk menghindari kerusakan dan memastikan operasi yang aman dan efisien. Batasan gerak servo ditentukan dengan menetapkan nilai minimum dan maksimum sudut yang dapat dicapai oleh servo. Misalnya, servo hanya bergerak dari -90 derajat hingga 90 derajat. Kecepatan pergerakan servo juga diperhitungkan berdasarkan input *joystick*. Servo bergerak lebih cepat untuk nilai *joystick* yang lebih tinggi dan lebih lambat untuk nilai yang lebih rendah, memastikan pergerakan yang lebih halus dan terkendali.

Tabel 1. Pengaturan Posisi Servo

Servo Write	Sudut Servo
Servo.write(0): Mengatur servo motor ke posisi 0°, yang ditunjukkan dengan diagram servo berada di posisi paling kiri.	0 
Servo.write(45) Mengatur servo motor ke posisi 45°, yang ditunjukkan dengan diagram servo berada pada sudut 45°.	45 



Servo Write	Sudut Servo
<p><code>Servo.write(90)</code>                      Mengatur servo motor ke posisi 90°, yang merupakan posisi tengah atau netral.</p>	
<p><code>Servo.write(180)</code>                      Mengatur servo motor ke posisi 180°, yang ditunjukkan dengan diagram servo berada di posisi paling kanan.</p>	

Dalam robot lengan 6DOF, servo motor digunakan untuk mengontrol masing-masing derajat kebebasan (DOF). Setiap DOF bisa menggerakkan segmen lengan pada sudut tertentu. Perintah `Servo.write (angle)` digunakan untuk mengatur sudut setiap servo, yang pada gilirannya menentukan posisi dan orientasi segmen lengan robot. Dengan mengirim perintah ini melalui protokol `ESP-NOW`, pengguna dapat mengontrol posisi servo motor secara nirkabel, memungkinkan robot lengan untuk melakukan berbagai gerakan sesuai dengan perintah dari pengontrol (*joystick*). Secara keseluruhan, gambar ini menjelaskan bagaimana perintah `Servo.write` digunakan untuk mengatur sudut servo motor, yang sangat penting dalam mengendalikan gerakan robot lengan 6DOF. Perintah ini akan diteruskan dari pengontrol ke robot melalui `ESP-NOW` untuk mengatur posisi servo secara *real-time*.

**4. Hasil dan Pembahasan**

Setelah robot lengan 6 DOF dengan protokol `ESP-Now` selesai di rancang, maka perlu dilaksanakan pengujian terhadap robot untuk mengetahui apakah robot lengan yang dirancang sesuai dengan target peneliti. Pengujian ini dilakukan pada keseluruhan robot yang melibatkan pengujian akurasi, ketepatan lintasan, ketepatan mengambil objek, dan ketepatan memasukan objek. Hasil pengujian masing-masing di sajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Servo

No	Jenis Pengujian	Target	Hasil Pengujian
1	Akurasi sudut	90°	89,5°
2	Kecepatan Respon	0° ke 90°	0,5 detik
3	Beban maksimum (500 gram)	90°	89,3°
4	Stabilitas Posisi	90°	89,5°-89,7°

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada tabel 1, servo di uji untuk mencapai 90° sesuai target yang diinginkan. Hasilnya menunjukkan sedikit deviasi sebesar 0,5° dari target, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Artinya, servo mampu mencapai hampir semua sudut yang diinginkan dengan kesalahan minimal.

Kecepatan respon, membutuhkan waktu selama 0,5 detik untuk bergerak dari posisi 0° ke 90°. Hasil menunjukkan bahwa servo membutuhkan 0,5 detik untuk mencapai sudut 90° dari posisi awal 0°.

Kemudian, pengujian untuk beban maksimum dilakukan dengan memberikan beban 500gram pada servo dan memeriksa kemampuan servo untuk mencapai sudut 90°. Hasilnya menunjukkan sedikit deviasi sedbesar 0,7°.

Terakhir, Pengujian stabilitas posisi mengukur kemampuan servo untuk mempertahankan posisi 90° selama waktu tertentu. Hasil menunjukkan bahwa servo mampu mempertahankan sudut dalam rentang 89,5° hingga 89,7° yang menunjukkan stabilitas posisi yang baik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Akurasi	80%	Akurasi baik pada semua posisi
2	Ketepatan Lintasan	80%	Ketepatan baik dalam lintasan
3	Ketepatan Mengambil Objek	75%	Ketepatan baik dalam mengambil objek
4	Ketepatan Memasukan Objek	85%	Ketepatan tinggi dalam memasukan objek

Berdasarkan tabel 2, pengujian yang dilakukan mencakup keseluruhan dari robot setelah di rancang dan diimplementasikan. Pengujian akurasi yang dilakukan setelah 30 kali percobaan mendapat hasil 80% akurat. Artinya, keakuratan akurasi robot tersebut masih tergolong sangat baik pada semua posisi. Dalam konteks robot lengan, akurasi ini menunjukkan seberapa tepat ujung lengan robot mencapai titik-titik yang diinginkan.

Ketepatan lintasan pada robot juga mendapat hasil 80%, baik dalam lintasan lurus, lintasan melingkar dan juga lintasan menekuk. Ini menunjukkan kemampuan robot dalam bergerak sepanjang jalur yang dirancang dengan akurat. Ketepatan lintasan penting untuk tugas-tugas yang memerlukan pergerakan halus dan presisi.

Pengujian ketepatan mengambil objek, hasil yang di dapat adalah 75% menurut pengamatan setelah mekukan 50 kali percobaan. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor, salah satunya, objek berada pada posisi yang sulit dijangkau oleh robot atau faktor lain seperti beban yang dimiliki suatu objek memiliki massa yang berbeda-beda.

Terakhir ketepatan memasukkan objek, tingkat keberhasilan dalam memasukkan objek adalah 85%, dengan penyimpangan rata-rata yang kecil.

## 5. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul Rancang Bangun *Remote Control Robot Lengan 6DOF Dengan Protokol ESP-NOW* maka, beberapa temuan utama yang dapat disimpulkan yaitu sistem *remote control* menggunakan ESP-NOW berhasil diimplementasikan dengan baik. Protokol ini terbukti mampu menyediakan komunikasi nirkabel yang handal dan praktis. Kemudian, Robot lengan 6 derajat kebebasan dapat dikendalikan dengan akurasi tinggi melalui *remote control* berbasis esp32. Penggunaan *joystick* sebagai input *control* juga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan robot.

Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang robotika dan otomatisasi. Sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan lebih banyak sensor atau mengimplementasikan algoritma kecerdasan buatan untuk meningkatkan kemampuan dan fleksibilitas robot dalam menjalankan tugas-tugas yang lebih kompleks. Secara keseluruhan, penggunaan protokol ESP-Now pada sistem kontrol robot lengan 6DOF ini memberikan solusi yang efektif dan efisien untuk aplikasi industri dan rumah tangga. Penelitian ini membuka peluang untuk inovasi dan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi robotika dan otomatisasi.

## Daftar Referensi

- [1] S. Alam, G. Tjahjadi, N. R. Yenita, and S. Supriyadi, "Rancang Bangun Prototype Pengendalian Lengan Robot (Robotic Arm) Sebagai Pemindah Barang Berbasis Internet Of Things," *Faktor Exacta*, vol. 14, no. 3, pp. 140-149, Oct. 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v14i3.9807.
- [2] A. F. Riyadi and G. Nugroho, "Pengaplikasian Kontrol Robot 6-Dof Untuk Pick and Place Pada Industri Souvenir," In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2020, Vol. 1, pp. 22-31
- [3] N. Fahmi, T. Informatika, P. Negeri Bengkalis, J. Bathin Alam, and S. Bengkalis, Supria, "Sistem Remote Control Robot Beroda Menggunakan Teknologi Leap Motion", *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 1, pp. 1-11, 2018
- [4] Muhamad, C. A. Prabowo, S. Kusumastuti, F. A. Busono, and E. P. Wardani, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Budidaya Jangkrik Menggunakan Protokol ESP-NOW Berbasis Internet of Things," *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, vol. 20, no. 1, pp. 52-59, 2024.

- [5] R. Rizal Isnanto, Y. Eko Windarto, J. Imago Dei Gloriawan, and F. Noerdiyan Cesara, "Design of A Robot to Control Agricultural Soil Conditions Using Esp-Now Protocol," International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2020, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIC50835.2020.9288575.
- [6] M. Arif, N. Huda, H. Susilo, and P. M. Adhi, "Implementation of Inverse Kinematic and Trajectory Planning On 6-Dof Robotic Arm for Straight-Flat Welding Movement," *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 22, no. 1, pp. 51-61, 2022.
- [7] B. K. Rama Krishna Teja, R. Venkata Kiran, T. Suraya Prasad, O. Manikanta Reddy, and A. Professor, "Gesture Controlled Six Degrees of Freedom Robotic Arm", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2724, p. 012006, 2024.
- [8] G. Tri Wardana, D. Eko Setiawan, A. Rahman, and Prasetya, "Robot Lengan Pemindah Barang Berdasarkan Ukurannya Berbasis Mikrokontroler," *Eprints Journal. Vol. 5 no, 2*, pp. 1-5, 2014.
- [9] R. Rendyansyah, A. P. P. Prasetyo, K. Exaudi, S. Sembiring, B. A. Tarigan, and M. A. Amaria, "Pergerakan Robot Lengan Pengambil Objek Dengan Sistem Perekam Gerak Berbasis Komputer," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, pp. 230-240, Jun. 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.113147.
- [10] A. Syah and D. P. Caniogo, "Rancang Bangun Robot Mobile Pengawasan Berbasis IoT (Internet of Things) Menggunakan Kamera ESP-32," *Jurnal Quacom: Quantum Computer Jurnal*, vol. 1, no. 2, pp. 16-20, 2023.
- [11] B. Widyatmoko *et al.*, "Rancang Bangun Prototipe Robot Mobile Manipulator dengan Wireless Kontrol" *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 1, no. 3, pp. 2302–6219, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7886392.
- [12] Z. Hidayat, M. Sahal, Y. Bilfaqih, R. Eak, and D. C. Sirait, "Perancangan Jaringan Saraf Tiruan untuk Menyelesaikan Kinematika Balik Manipulator Robot Denso 6-DoF," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 2, pp. 227-234, 2023.
- [13] Y. Sofyan, M. Ihsan, and S. Fitriani, "Pengontrolan Robot Bulu Tangkis Menggunakan Mikrokontroler Atmega128 Berbasis Android Mobile," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 3, pp. 501–510, May 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i3.3527.
- [14] W. Cahyadi, A. R. Chaidir, "Pengendali Wireless Mobile Robot Arm (WMRA) Berdasarkan Gestur Lengan Menggunakan Sensor Accelerometer dan Logika Fuzzy," *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 13, no. 2, pp. 195-206, Oct. 2023, doi: 10.22146/ijeis.77125.
- [15] P. Prasetyawan, Y. Ferdianto, S. Ahdan, and F. Trisnawati, "Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 7, no. 2, pp. 104–109, Jul. 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133715.