

**SISTEM KONTROL *WIRELESS* PADA ROBOT TEMATIK INDONESIA
BERBASIS ESP32 DAN ARDUINO MEGA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar S1 pada Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh:

MUKHAMAD NURUL AZIZ

NIM. 30601900037

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2024

**WIRELESS CONTROL SYSTEM ON THEMATIC INDONESIAN ROBOT
BASED ON ESP32 AND ARDUINO MEGA**

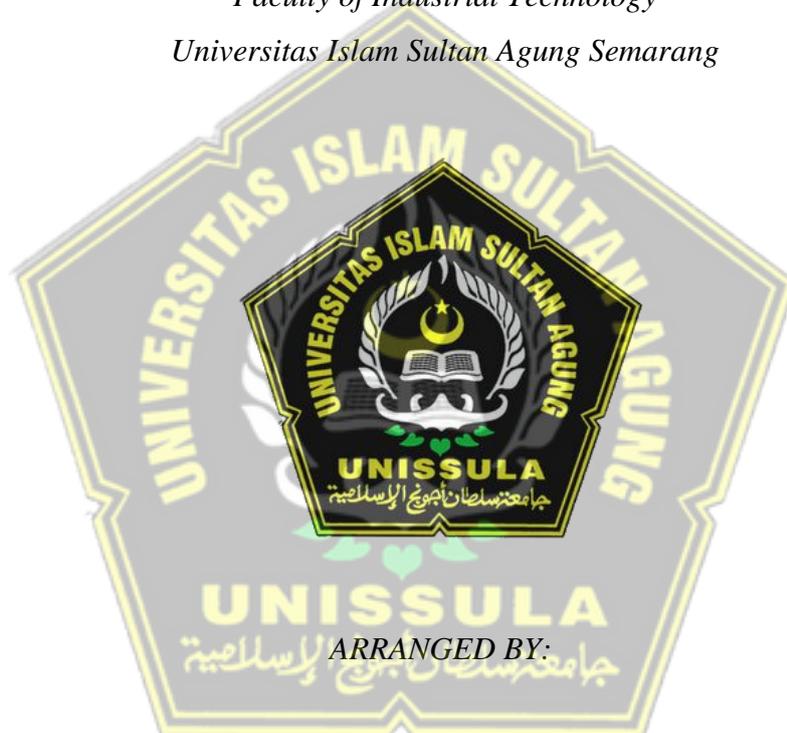
FINAL PROJECT

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at

Departement of Electrical Engineering

Faculty of Industrial Technology

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



MUKHAMAD NURUL AZIZ

NIM 30601900037

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “SISTEM KONTROL *WIRELESS* PADA ROBOT TEMATIK INDONESIA BERBASIS ESP32 DAN ARDUINO MEGA” ini disusun oleh:

Nama : MUKHAMAD NURUL AZIZ
NIM : 30601900037
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Februari 2024

Pembimbing I



Agus Suprayitno, ST., MT.
NIDN : 0602047301

Pembimbing II



Dr. Muhammad Khosyi'in, ST., MT.
NIDN : 0625077901

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul judul “**SISTEM KONTROL WIRELESS PADA ROBOT TEMATIK INDONESIA BERBASIS ESP32 DAN ARDUINO MEGA**” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Februari 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Eka Nurvanto Budisusila, ST., MT.
NIDN : 0619107301
Ketua

Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN : 0607018501
Penguji I

Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN : 0613127302
Penguji II

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mukhamad Nurul Aziz
NIM : 30601900037
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“SISTEM KONTROL *WIRELESS* PADA ROBOT TEMATIK INDONESIA BERBASIS ESP32 DAN ARDUINO MEGA”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 04 Maret 2024

Yang Menyatakan



Mukhamad Nurul Aziz

HALAMAN PERSEMBAHAN



Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikanku kekuatan dan membekaliku dengan ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselasaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Pertama,

Kedua orang tua saya (Bapak Soleh dan Ibu Khomsah) Orang yang hebat yang selalu menjadi penyemangat saya sebagai sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dan selalu memberikan motivasi. Terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan saya. Terimakasih untuk semuanya berkat do'a dan dukungan bapak dan ibu saya bisa berada dititik ini. Semoga Allah SWT memberikan kesehatan dan umur yang panjang kepada kedua orang tua saya. Agar selalu ada dalam setiap perjalanan dan pencapaian hidup saya.

Kedua,

Untuk seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi dalam menyelesaikan studi.

Terakhir,

Untuk diri saya sendiri, terimakasih karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini dan tak pernah menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

HALAMAN MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).
Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap."

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

"Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali."

(HR. Tirmidzi)

"Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu."

(Ali bin Abi Thalib)

"Pendidikan adalah investasi terbaik untuk masa depan."

(Malcolm X)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Nikmatnya sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat, Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. *Aamiin Ya Robbalalamin.*

Penyusunan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini tentunya banyak pihak yang memberikan bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis menyampaikan upacara terima kasih yang tiada hingganya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan ketabahan, kesabaran dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Kedua orang tua, yakni bapak Soleh dan ibu Khomsah yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil dan tidak pernah berhenti mendo'akan disetiap sholatnya.
3. Bapak Prof. Dr. Gunarto SH., MHum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Bapak Agus Suprajitno ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang memberikan ilmu yang bermanfaat, memberikan banyak arahan, dan dengan sabar membimbing, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Muhammad Khosyi'in, ST., MT. selaku dosen pembimbing II dan koordinator Tugas Akhir jurusan Teknik Elektro yang memberikan ilmu yang

bermanfaat, memberikan banyak arahan, dan dengan sabar membimbing, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

8. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Kepada teman-teman elektro 19 serta tim robotic yang telah menjadi penyemangat serta pendamping dalam membantu terselesaikannya tugas akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas segala dukungan, semangat, ilmu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk mencapai hasil yang lebih baik. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak pada terutama Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan dapat menambah wawasan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

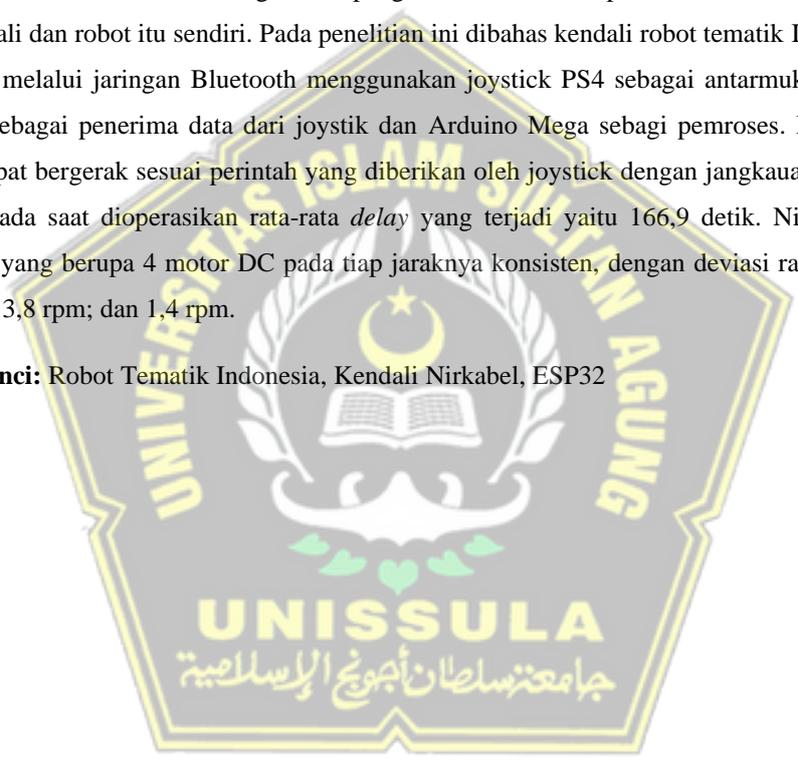
Semarang, 04 Maret 2024

Penulis

ABSTRAK

Kontes Robot Indonesia atau KRI adalah kegiatan kompetisi tahunan mahasiswa dalam bidang rancang bangun dan rekayasa robotika salah satu divisi yang ada pada kontes ini adalah Pada Kontes Robot Tematik Indonesia atau KRTMI. Pada saat kontes, robot dikendalikan dengan kendali jarak jauh atau nirkabel. Saat kontes dimulai kedua robot bergerak mengambil koin di rak, kemudian bergerak membawa koin untuk ditempatkan pada lokasi yang sah pada lapangan. Diajang kompetisi robot sistem kontrol memegang peran yang sangat penting karena bertugas mengatur dan mengendalikan perilaku serta gerakan robot sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Sistem kontrol nirkabel memungkinkan pengendalian robot tanpa koneksi fisik langsung antara pengendali dan robot itu sendiri. Pada penelitian ini dibahas kendali robot tematik Indonesia secara nirkabel melalui jaringan Bluetooth menggunakan joystick PS4 sebagai antarmuka bagi pemain. ESP32 sebagai penerima data dari joystick dan Arduino Mega sebagai pemroses. Hasil penelitian robot dapat bergerak sesuai perintah yang diberikan oleh joystick dengan jangkauan maksimal 9,2 meter. Pada saat dioperasikan rata-rata *delay* yang terjadi yaitu 166,9 detik. Nilai *output* pada aktuator yang berupa 4 motor DC pada tiap jaraknya konsisten, dengan deviasi rata-rata 1,5 rpm; 2,3 rpm; 3,8 rpm; dan 1,4 rpm.

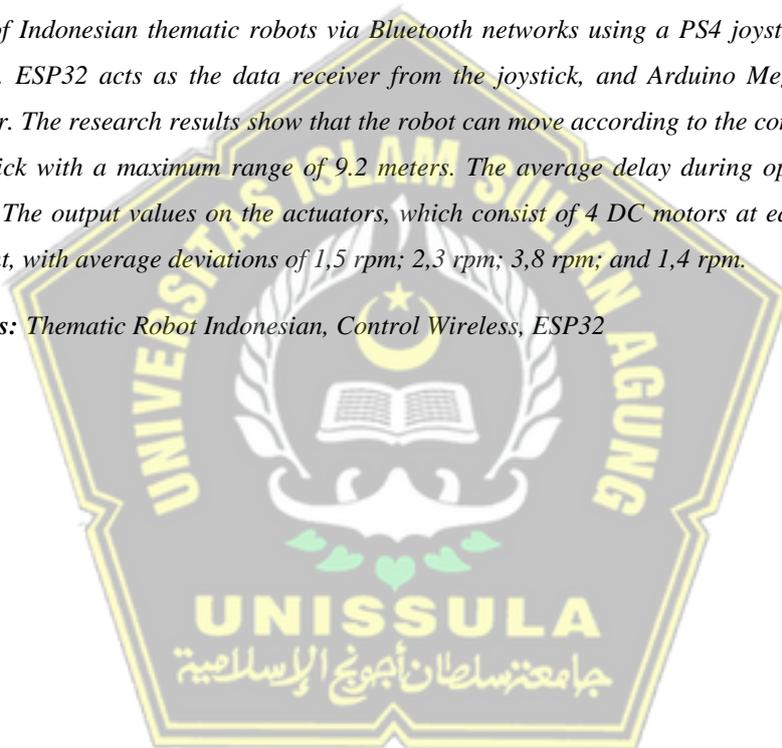
Kata kunci: Robot Tematik Indonesia, Kendali Nirkabel, ESP32



ABSTRACT

The Indonesian Robot Contest or KRI is an annual student competition in the field of robotics design and engineering. One of the divisions in this contest is the Indonesian Thematic Robot Contest or KRTMI. During the robot contest, robots are controlled remotely or wirelessly. At the beginning of the contest, both robots move to collect coins from the shelf and then transport them to be placed at the designated location on the field. In this robot competition, the control system plays a crucial role in regulating and controlling the behavior and movements of the robot according to the desired objectives. Wireless control systems allow robot control without direct physical connection between the controller and the robot itself. This research discusses wireless control of Indonesian thematic robots via Bluetooth networks using a PS4 joystick as the player interface. ESP32 acts as the data receiver from the joystick, and Arduino Mega serves as the processor. The research results show that the robot can move according to the commands given by the joystick with a maximum range of 9.2 meters. The average delay during operation is 166.9 seconds. The output values on the actuators, which consist of 4 DC motors at each distance, are consistent, with average deviations of 1,5 rpm; 2,3 rpm; 3,8 rpm; and 1,4 rpm.

Keywords: *Thematic Robot Indonesian, Control Wireless, ESP32*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Permasalahan.....	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5

2.2. Landasan Teori.....	5
2.2.1. Robot Tematik Indonesia	5
2.2.2. Komunikasi <i>Wireless</i>	7
2.2.3. ESP32 DevKit V1	9
2.2.4. Arduino Mega2560	10
2.2.5. Arduino IDE.....	12
2.2.6. Joystick.....	13
2.2.7. Motor DC	14
BAB III	
METODE PENELITIAN.....	16
3.1. Perancangan <i>Hardware</i>	17
3.1.1. Perancangan Mekanik	19
3.1.2. Perancangan Rangkaian Kontrol <i>Wireless</i> Menggunakan ESP32 dan Arduino Mega	21
3.2. Perancangan <i>Software</i>	21
3.2.1. Perancangan <i>Software</i> Pada ESP32 DevKit V1.....	23
3.2.2. Perancangan <i>Software</i> Pada Arduino Mega 2560.....	27
3.3. Skenario Pengujian.....	29
BAB IV	
PENGUJIAN DAN ANALISA	30
4.1. Pengujian <i>pairing</i> antara joystick dengan ESP3	30
4.2. Pengujian <i>Delay</i> Sistem	32
4.3. Pengujian Aktuator Pada Robot.....	34
4.3.1. Verifikasi Rpm Dari Motor DC	34
4.3.2. Pengujian rpm motor DC	35

BAB V

PENUTUP.....	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran.....	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

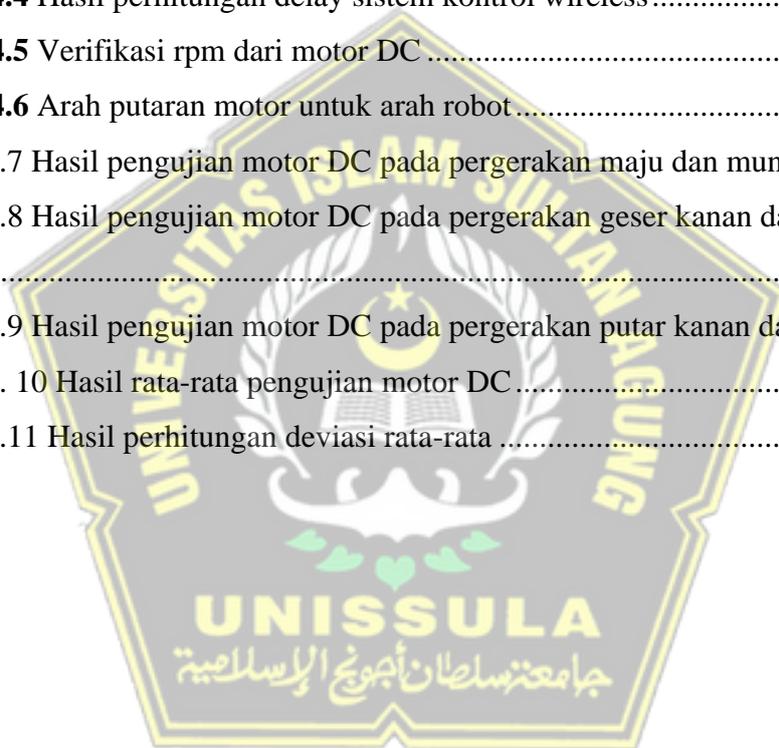


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rancangan konsep lapangan pada divisi KRTMI.....	6
Gambar 2.2 Logo Bluetooth.....	7
Gambar 2.3 Pengiriman bit parity komunikasi Bluetooth	8
Gambar 2.4 Board ESP32 DevKit V1.....	9
Gambar 2.5 Arduino Mega 2560	11
Gambar 2.6 Arduino IDE	13
Gambar 2.7 Joystick PlayStation 4	14
Gambar 2.8 Motor DC	14
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	17
Gambar 3.2 Diagram block sistem.....	18
Gambar 3.3 Robot tematik Indonesia dengan cover/penutup	20
Gambar 3.4 Robot tematik Indonesia dengan cover/penutup	20
Gambar 3.5 Rangkaian kontrol wireless menggunakan ESP32 dan Arduino Mega	21
Gambar 3.6 Flowchart sistem	22
Gambar 3.7 Pengisian variable MAC Address	24
Gambar 3.8 ESP32 sudah terkoneksi dengan joystick PS4	24
Gambar 4.1 Pengujian pairing antara joystick dengan ESP32.....	30
Gambar 4.2 Grafik perbandingan waktu pairing terhadap jarak.....	31
Gambar 4.3 Pengujian delay pada sistem kontrol wireless.....	32
Gambar 4.4 Grafik perbandingan waktu delay terhadap jarak	34
Gambar 4.5 Verifikasi rpm dari motor DC	35
Gambar 4.6 Pengujian rpm motor DC	36
Gambar 4.7 Grafik perbandingan rpm motor terhadap jarak.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Datasheet ESP32 DevKit V1 DOIT.....	10
Tabel 2.2 Spesifikasi dari Arduino Mega 2560	11
Tabel 3.1 <i>Input/output</i> pin pada Arduino Mega 2560.....	19
Tabel 4.1 Hasil Pengujian pairing antara joystick dengan Esp3	31
Tabel 4.2 Waktu pengiriman data	32
Tabel 4.3 Waktu penerimaan data	33
Tabel 4.4 Hasil perhitungan delay sistem kontrol wireless.....	33
Tabel 4.5 Verifikasi rpm dari motor DC	35
Tabel 4.6 Arah putaran motor untuk arah robot.....	36
Tabel 4.7 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan maju dan mundur.....	37
Tabel 4.8 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan geser kanan dan geser kiri	37
Tabel 4.9 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan putar kanan dan putar kiri	37
Tabel 4. 10 Hasil rata-rata pengujian motor DC.....	38
Tabel 4.11 Hasil perhitungan deviasi rata-rata	39



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kontes Robot Indonesia atau KRI adalah kegiatan kompetisi tahunan mahasiswa dalam bidang rancang bangun dan rekayasa robotika yang diselenggarakan oleh Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia. Perlombaan ini diikuti oleh perguruan tinggi seluruh Indonesia baik negeri maupun swasta. Salah satu divisi yang ada pada kontes ini adalah Kontes Robot Tematik Indonesia atau KRTMI yang pada tahun 2023 mengusung tema *Digital Twin*, kontes ini mengadu kecekatan dan keakuratan antara dua Tim dalam menggerakkan robot yang dikendalikan dengan kendali jarak jauh atau nirkabel. Pada saat kontes dimulai kedua robot akan bergerak mengambil koin (roda gigi) di rak dan kemudian bergerak membawa koin untuk ditempatkan pada lokasi yang sah pada lapangan fisik sesuai acuan pada lapangan digital lapangan digital.[1].

Pada ajang kompetisi robot sistem kontrol memegang peran yang sangat penting karena bertugas mengatur dan mengendalikan perilaku serta gerakan robot sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Sistem kontrol nirkabel memungkinkan pengendalian robot tanpa koneksi fisik langsung antara pengendali dan robot itu sendiri. Dengan menggunakan teknologi komunikasi nirkabel, seperti wifi, Bluetooth, atau jaringan seluler, pengguna dapat mengontrol robot dari jarak jauh. Penggunaan sistem kontrol nirkabel pada robot memberikan fleksibilitas dan mobilitas yang lebih tinggi. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan robot tanpa terbatas oleh kabel atau batasan jarak fisik. Sistem kontrol nirkabel pada robot melibatkan penggunaan perangkat pengendali yang terhubung ke robot melalui koneksi nirkabel. Perangkat pengendali ini dapat berupa komputer, *smartphone*, atau perangkat khusus yang dilengkapi dengan antarmuka kontrol robot. Melalui perangkat ini, pengguna dapat mengirim perintah atau instruksi kepada robot.

Dari pengalaman KRI tahun 2022 tim robotic Unissula pada divisi Kontes Robot Abu Indonesia atau KRAI Universitas Islam Sultan Agung ada peraturan yang sama dengan KRI tahun 2023 divisi KRTMI yaitu robot yang digunakan harus dikendalikan secara *wireless*. Pada KRI 2022 ditingkat wilayah tim divisi KRAI menggunakan joystick PS2 *wireless* dengan *reciver* bawaan joystick yang ditancapkan pada robot. Permasalahan yang muncul yaitu terjadinya salah koneksi antara kedua joystick dan kedua robot dikarenakan joystick dapat tersambung ke kedua robot. Permasalahan lain yaitu umur dari *reciver* yang relatif singkat atau cepat rusak karena *supply* tegangan yang terlalu besar.

Solusi dari latar belakang permasalahan yang tersebut adalah merancang sistem kendali nirkabel robot yang fleksibel, responsif, dan mudah dikendalikan oleh pemain. Pada penelitian kali ini dipilih joystick PlayStation 4 sebagai antarmuka dari pemain dan robot, dengan menggunakan komponen-komponen yang lebih mendukung dan terbaru pada robot supaya berjalan lebih efektif dan efisien pada saat pertandingan. Komponen-komponen pada hal ini yaitu joystick PS4 sebagai antarmuka antara pemain dan robot, kemudian ESP32 sebagai penerima data dari joystick, dan Arduino Mega sebagai pemroses data yang diterima dari ESP32 selanjutnya dari kombinasi komponen tersebut akan menggerakkan aktuator pada robot tematik Indonesia yang berupa motor DC dan motor servo.

1.2. Perumusan Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil jangkauan dari sistem kontrol *wireless* pada robot ?
2. Bagaimana *delay* yang terjadi saat robot dioperasikan ?
3. Bagaimana hasil *output* pada robot yang dikendalikan sistem kontrol *wireless* joystick ?

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, telah ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Kontroler yang digunakan adalah joystick PS4 dengan merek Sony tanpa ada perubahan.
2. Tidak membahas mengenai pembuatan kontroler joystick.
3. Mikrokontroler yang digunakan ESP32 devkit v1 dan Arduino Mega 2560
4. Aktuator motor DC 12V/600rpm tanpa *rotary encoder* dengan roda mecanum 60mm sebagai motor penggerak robot.
5. Menggunakan driver motor BTS7960.
6. Perancangan *software* menggunakan Arduino IDE.
7. Pengujian sistem dilakukan di dalam ruangan.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem kendali robot secara nirkabel menggunakan kendali joystick PS4 dengan mikrokontroler ESP32 dan Arduino Mega.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan kendali robot yang lebih fleksibel dan nyaman dalam berbagai aplikasi robotika.
2. Memperoleh pengetahuan teknis dalam pengembangan sistem kendali robot secara nirkabel.
3. Dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya dalam bidang kendali robot yang menggunakan joystick.

1.6. Sistematika Penulisan

Ada beberapa sistematika penulisan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini membahas rujukan-rujukan dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tugas akhir yang dibuat. Selain itu bab ini juga berisikan berbagai teori dan konsep yang mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan dan memaparkan mengenai metode penelitian yang digunakan, tempat dan teknik pengumpulan data, rancangan penelitian dan tahapan untuk dapat merancang sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini memaparkan mengenai pengujian dan analisa hasil pada Perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran. Dari pembahasan dan hasil analisa, maka ditarik beberapa kesimpulan. Selain itu, diberikan juga beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian sebelumnya oleh Sapta Nugraha, tentang sistem kendali navigasi robot manual. Penelitian tersebut diterapkan pada robot dengan penggerak 4 roda omni. Perangkat kendali menggunakan joystick PS2 dan komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI) dengan memanfaatkan perangkat komunikasi modul nRF24L01. Sedangkan penelitian saat ini perangkat kendali menggunakan joystick PS4 dan komunikasi serial UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) dengan memanfaatkan ESP32 [2].

Menurut Ari Novriadi, dalam penelitiannya tentang pengontrolan *overhead crane* menggunakan kabel dan nirkabel berbasis Arduino. Penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang dikombinasikan dengan USB Host Shield kemudian Bluetooth CSR 4.0 Dongle dihubungkan dengan port USB Host Shield untuk media komunikasi data antara Arduino Mega 2560 dengan Bluetooth Joystick PS3. Sedangkan penelitian saat ini menggunakan Arduino Mega dikombinasikan dengan ESP32 untuk media komunikasi dengan joystick PS4 [3].

Dari penelitian sebelumnya oleh Akbar Gumilang, tentang *design of Bluetooth wireless transporter mecanum wheeled robot with android smartphone controller for moving item*. Penelitian tersebut menggunakan modul Bluetooth HC-06 untuk komunikasi antara *smartphone* dan Arduino Uno. Sedangkan pada penelitian saat ini menggunakan ESP32 untuk komunikasi antara joystick dan Arduino Mega [4].

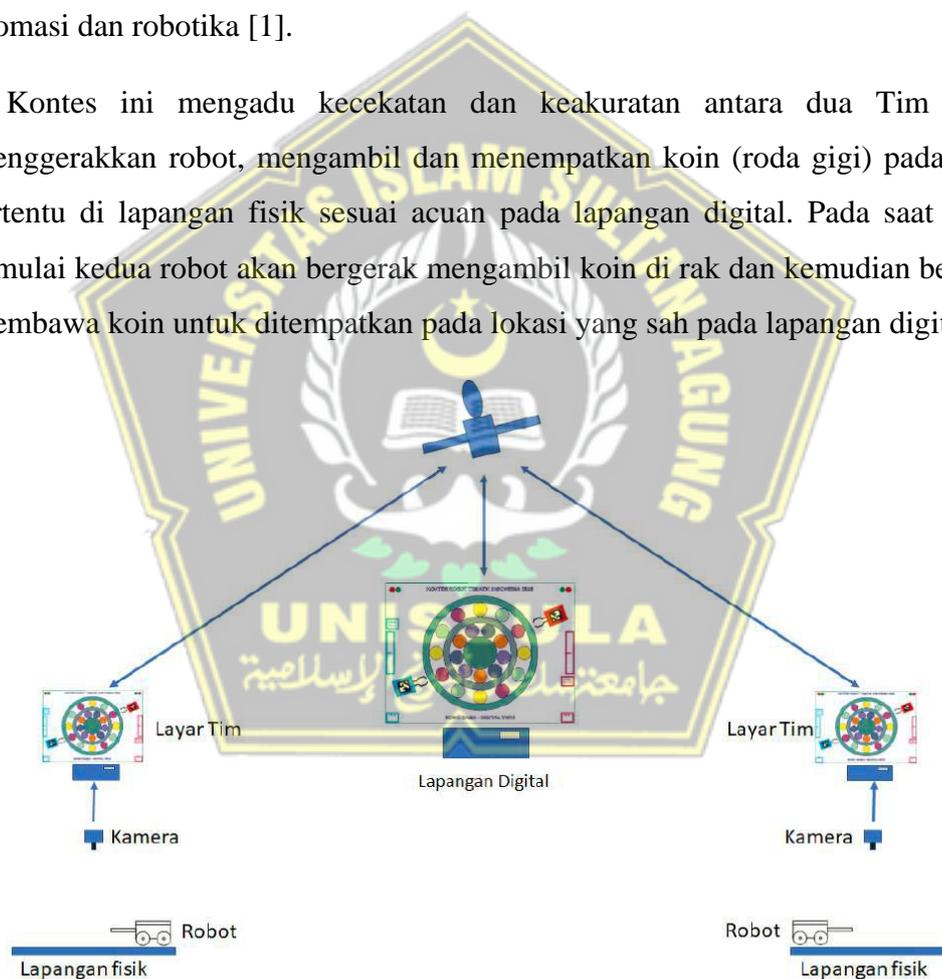
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Robot Tematik Indonesia

Kompetisi Robot Indonesia atau KRI merupakan kegiatan kompetitif yang diselenggarakan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Kemenristek Dikti). KRI memiliki berbagai divisi salah

satunya Kontes Tematik Indonesia atau KRTMI. Pada KRI 2021 dan 2022, Kontes Robot Tematik Indonesia mengambil tema *digital twin*. Tema yang merupakan komponen utama pada Industri 4.0. Pada KRI 2023, tema Kontes Robot Tematik Indonesia 2023 sama dengan tema tahun 2021 dan 2022 yakni Robo Game – *digital twin* dengan permainan yang lebih rumit dengan inspirasi proses perakitan di industri manufaktur. Tema Kontes Robot Tematik Indonesia 2023 ini diharapkan menjadi wadah untuk mengembangkan dan menyemaikan ide-ide dalam memberikan kontribusi pada penerapan konsep Industri 4.0 melalui otomasi dan robotika [1].

Kontes ini mengadu kecekatan dan keakuratan antara dua Tim dalam menggerakkan robot, mengambil dan menempatkan koin (roda gigi) pada posisi tertentu di lapangan fisik sesuai acuan pada lapangan digital. Pada saat kontes dimulai kedua robot akan bergerak mengambil koin di rak dan kemudian bergerak membawa koin untuk ditempatkan pada lokasi yang sah pada lapangan digital.



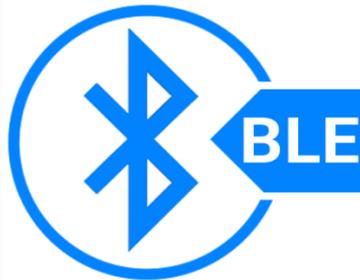
Gambar 2.1 Rancangan konsep lapangan pada divisi KRTMI [1].

2.2.2. Komunikasi *Wireless*

Komunikasi *wireless* merupakan pengiriman informasi atau data melalui gelombang elektromagnetik tanpa menggunakan kabel fisik. Ini berarti data atau informasi dapat dikirim secara nirkabel melalui udara atau media lainnya. Teknologi komunikasi *wireless* memungkinkan pengguna atau operator untuk mengontrol robot dari jarak jauh tanpa menggunakan kabel fisik yang menghubungkan perangkat pengendali dengan robot. Ini memberikan fleksibilitas dan mobilitas yang lebih besar dalam mengoperasikan robot, terutama dalam situasi di mana pengguna perlu menjauh dari robot atau ketika lingkungan kerja tidak memungkinkan penggunaan kabel.

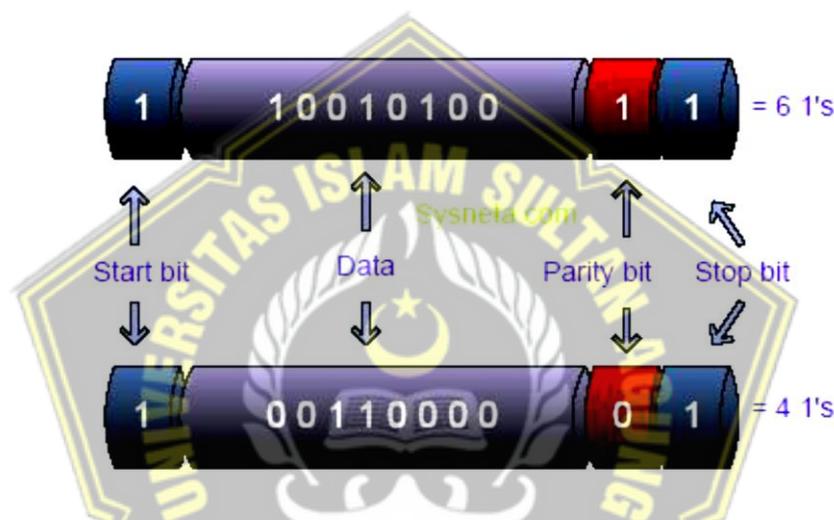
1. Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy (BLE) berkomunikasi pada frekuensi yang sama dengan Bluetooth, yaitu 2.4 GHz, dengan jangkauan transmisi yang serupa, namun dengan konsumsi daya yang lebih rendah. Dalam BLE, data hanya dikirimkan saat koneksi telah dibentuk dengan perangkat lain (*client*) dan telah meminta notifikasi tentang pembaruan nilai data. Proses transmisinya secara singkat yaitu dari server mengkonfirmasi keberadaannya, kemudian perangkat lain melakukan pemindaian perangkat, dan ketika perangkat lain mendeteksi perangkat yang diperlukan maka akan membentuk koneksi dengan server. Sebagai contoh, mikrokontroler ESP32 bertindak sebagai server, sedangkan joystick atau ponsel pintar bertindak sebagai *client*, yang merupakan komunikasi titik ke titik (*point-to-point*) [5].



Gambar 2.2 Logo Bluetooth [6]

Sistem pengiriman data pada Bluetooth melibatkan komunikasi yang mentransfer data digital secara bit per bit secara bergantian melalui antarmuka serial. Pengiriman data melalui antarmuka serial dapat dilakukan dalam format bit per bit, di mana setiap langkah waktu mewakili pengiriman satu bit, atau menggunakan satuan baud. Penting untuk dicatat bahwa 1 baud tidak selalu setara dengan 1 bit per detik; hal ini tergantung pada jumlah data yang ditransfer setiap kali *clock* transfer. Gambar 2.3 di bawah ini menggambarkan proses pengiriman bit paritas dalam komunikasi Bluetooth [7].



Gambar 2.3 Pengiriman bit parity komunikasi Bluetooth [8]

2. MAC Address Bluetooth

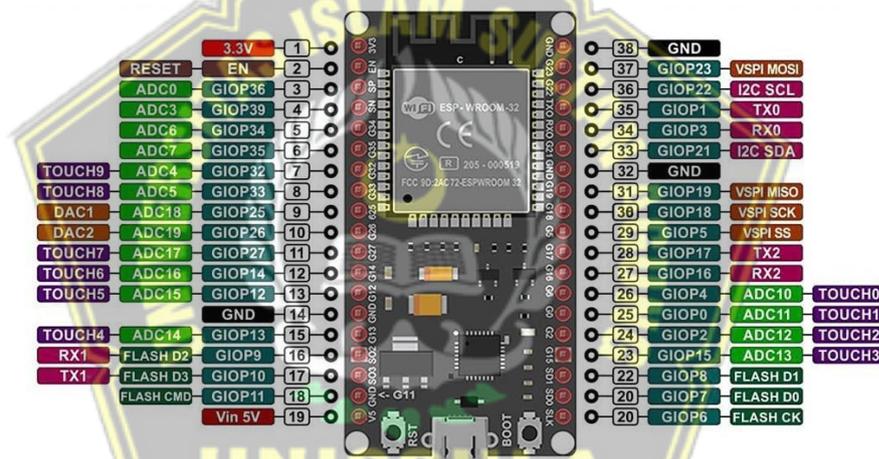
MAC (*Media Access Control*) Address adalah kode identifikasi unik yang digunakan untuk mengidentifikasi perangkat jaringan dalam lapisan fisik pada model OSI (*Open Systems Interconnection*). MAC Address Bluetooth biasanya terdiri dari 48bit atau 6 byte. Format alamat MAC adalah sebuah angka heksadesimal yang dibagi menjadi enam pasang dua digit terpisah oleh tanda titik dua (:) atau tanda strip (-). Contoh format MAC Address Bluetooth adalah seperti berikut:

54:6f:78:1a:2b:3c atau 00-1a-2b-3c-4d-5e

Setiap perangkat Bluetooth harus memiliki alamat MAC yang unik untuk memastikan bahwa tidak ada dua perangkat dengan alamat MAC yang sama beroperasi dalam jarak dekat satu sama lain. Alamat MAC Bluetooth penting dalam proses mengenali dan membangun koneksi antara perangkat Bluetooth yang berbeda.

2.2.3. ESP32 DevKit V1

ESP32 merupakan sebuah jenis keluarga mikrokontroler *system on a chip* berdaya rendah yang diproduksi oleh perusahaan Espressif Systems. ESP32 ini memiliki banyak varian yang beredar di pasaran, seperti salah satu contohnya adalah modul ESP32 DevKit V1 DOIT seperti yang ada pada Gambar 2.4.



Tabel 2.1 Datasheet ESP32 DevKit V1 DOIT

Item	Spesifikasi
Tegangan Operasi	3.0 – 3.6 VDC
Tegangan <i>Input</i> (dengan regulator AMS1117 3.3)	3.3 – 12 VDC
Arus Operasi Rata-rata	80 mA
Arus <i>Input</i> Minimum (dari sumber daya)	500 mA
Temperatur Operasi	-40 °C ~ +85 °C
Frekuensi Kristal Internal	40 MHz
Periphera	30 GPIO yang dapat diprogram. 12-bit SAR ADC, hingga 18channel. 3 buah interface SPI. 3 buah interface UART. 2 buah interface I2C. 2 buah interface I2S. 16-channel PWM <i>output</i> . 2 buah DAC 8-bit. 10 GPIO capacitive sensing/touch sensor. Sensor hall effect.
Dimensi	23.4 mm × 54.6 mm

2.2.4. Arduino Mega2560

Arduino adalah papan rangkaian elektronik *opensource* yang di dalamnya terdapat komponen utama berupa chip mikrokontroler jenis AVR dari perusahaan ATmel. Mikrokontroler adalah chip atau *Integrated Circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, serta 4 pin sebagai UART (port serial *hardware*), selain itu Arduino Mega 2560 juga memiliki sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ISCP, dan tombol reset [10].



Gambar 2.5 Arduino Mega 2560 [11]

Arduino Mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya eksternal (*non-USB*) berasal dari rectifier atau baterai. Arduino Mega 2560 beroperasi dengan *input* voltage limit sebesar 6 s/d 20 V. Jika tegangan kurang dari 7 V, maka pin 5 V akan menghasilkan tegangan <5V ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Sedangkan jika sumber tegangan menggunakan >12V, regulator tegangan akan panas dan bisa merusak Arduino Mega 2560. Jadi rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 s/d 12V.

Tabel 2.2 Spesifikasi dari Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan Operasi	5 V
Pin Digital I/O	54 (15 pin sebagai <i>output</i> PWM)
Arus DC pin I/O dan pin 3,3 V	40 dan 50 mA
Flash Memory	256 Kb (8 Kb untuk <i>bootloader</i>)
SRAM dan EEPROM	8 KB dan 4 Kb
Clock Speed	16 MHz

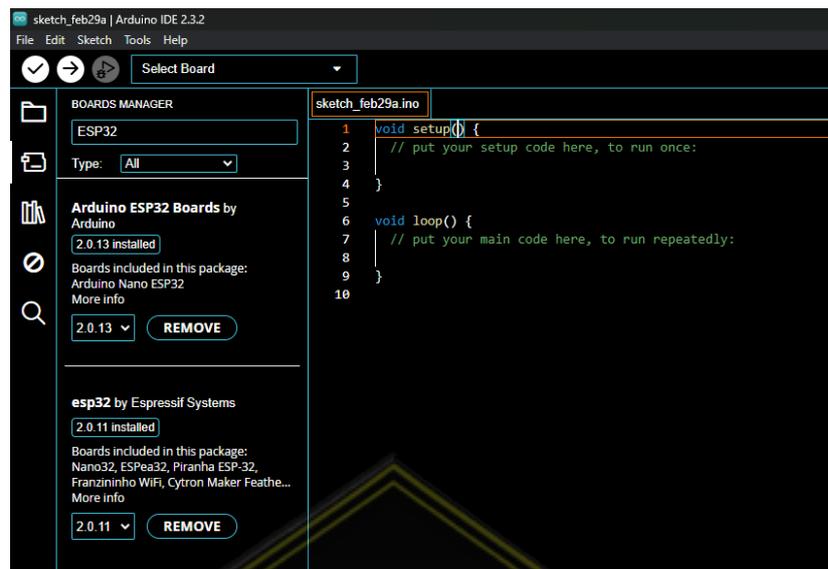
Arduino Mega 2560 memiliki fasilitas untuk komunikasi dengan komputer, Arduino lain, bahkan mikrokontroler lain. Arduino Mega 2560 menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (*Transistor-Transistor Logic*) 5V untuk komunikasi serial. Sebuah chip ATmega16U2 yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM *Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan

perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak Arduino termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB to serial yang terhubung melalui USB komputer tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1 [11].

2.2.5. Arduino IDE

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, mengcompile menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikrokontroler. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino dan berevolusi menjadi sebuah platform karena telah menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi [12].

Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



Gambar 2.6 Arduino IDE

2.2.6. Joystick

Joystick PS4 adalah kontroler permainan yang dirancang untuk digunakan dengan konsol PlayStation 4 dari Sony. Joystick ini digunakan untuk mengontrol karakter atau objek dalam permainan dengan menggerakkan *thumbstick* analog, menekan tombol aksi, dan menggunakan fitur sensor gerak seperti tilt atau gestur. Joystick PS4 juga dilengkapi dengan tombol navigasi, *touchpad*, speaker, dan port audio. Joystick PS4 menggunakan koneksi nirkabel Bluetooth dengan frekuensi 2.4 GHz untuk menghubungkan kontroler ke konsol PS4.

Joystick PS4 menggunakan modul Qualcomm Atheros AR3002 dengan menggunakan protokol komunikasi UART HCI Protokol UART HCI (*Host Controller Interface*) yaitu protokol komunikasi yang digunakan untuk berkomunikasi antara perangkat host (misalnya komputer atau mikrokontroler) dan kontroler nirkabel (seperti Bluetooth atau Wi-Fi). Data yang dikirim berada pada baud rate 3Mbit/s (standar HCI), artinya 8N1 menunjukkan bahwa transmisi data mengikuti konfigurasi 8 data bit. Tanpa bit paritas (*No parity*) untuk deteksi kesalahan dan 1 stop bit tambahan untuk menandakan akhir transmisi data. Report rate setiap 1.3 milidetik dengan *delay* hingga 15 milidetik, *report rate* adalah frekuensi laporan atau data yang dikirim dalam suatu periode waktu. Pernyataan

ini menyatakan bahwa data dikirim setiap 1,3 milidetik (1,3/1000 detik). Namun, terdapat jeda/*delay* antar data yang terkirim dapat mencapai 15 milidetik [13].



Gambar 2.7 Joystick PlayStation 4 [13]

Pada penelitian ini akan diamati *delay* atau jeda waktu pengiriman data dari joystick ke ESP32 yang terjadi ketika sistem dioperasikan. Untuk menghitung *delay* dapat menggunakan persamaan 2.1 berikut :

$$Delay = waktu\ paket\ diterima - waktu\ paket\ dikirim \dots\dots\dots(2.1)$$

2.2.7. Motor DC

Motor DC (Arus Searah) merupakan jenis motor listrik yang memanfaatkan arus searah (DC) sebagai sumber dayanya. Prinsip kerja motor ini didasarkan pada perputaran medan magnet untuk menghasilkan gerakan mekanis.



Gambar 2.8 Motor DC [14]

Motor DC terdiri dari dua komponen utama: rotor (bagian yang berputar) dan stator (bagian yang diam). Rotor terdiri dari kumparan kawat yang terhubung

dengan komutator dan sikat. Sementara itu, stator terdiri dari medan magnet tetap yang dihasilkan oleh kutub tetap dan kumparan kawat yang disusun dalam pola tertentu. Ketika arus listrik dialirkan ke rotor melalui sikat dan komutator, medan magnet pada rotor berinteraksi dengan medan magnet stator, menyebabkan rotor berputar. Arus searah yang mengalir melalui sikat dan komutator berubah arah secara berkala untuk menjaga putaran rotor tetap berlanjut [15].

Pada penelitian ini akan diuji putaran dari motor DC agar diketahui tingkat konsistensi dari motor DC pada robot yang dikendalikan dengan joystick. Untuk mengetahui konsistensi dapat dicari nilai deviasi dari data hasil percobaan menggunakan persamaan 2.2 berikut [16][17] :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\delta = x_n - \bar{x} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

\bar{x} : adalah nilai rata-rata dari jumlah seluruh hasil pengukuran ($\sum x_i$) dibagi dengan jumlah pengukuran (n) yang dilakukan.

x_i : adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan.

δ : adalah nilai deviasi dari pengukuran yang dilakukan (nilai absolute).

BAB III

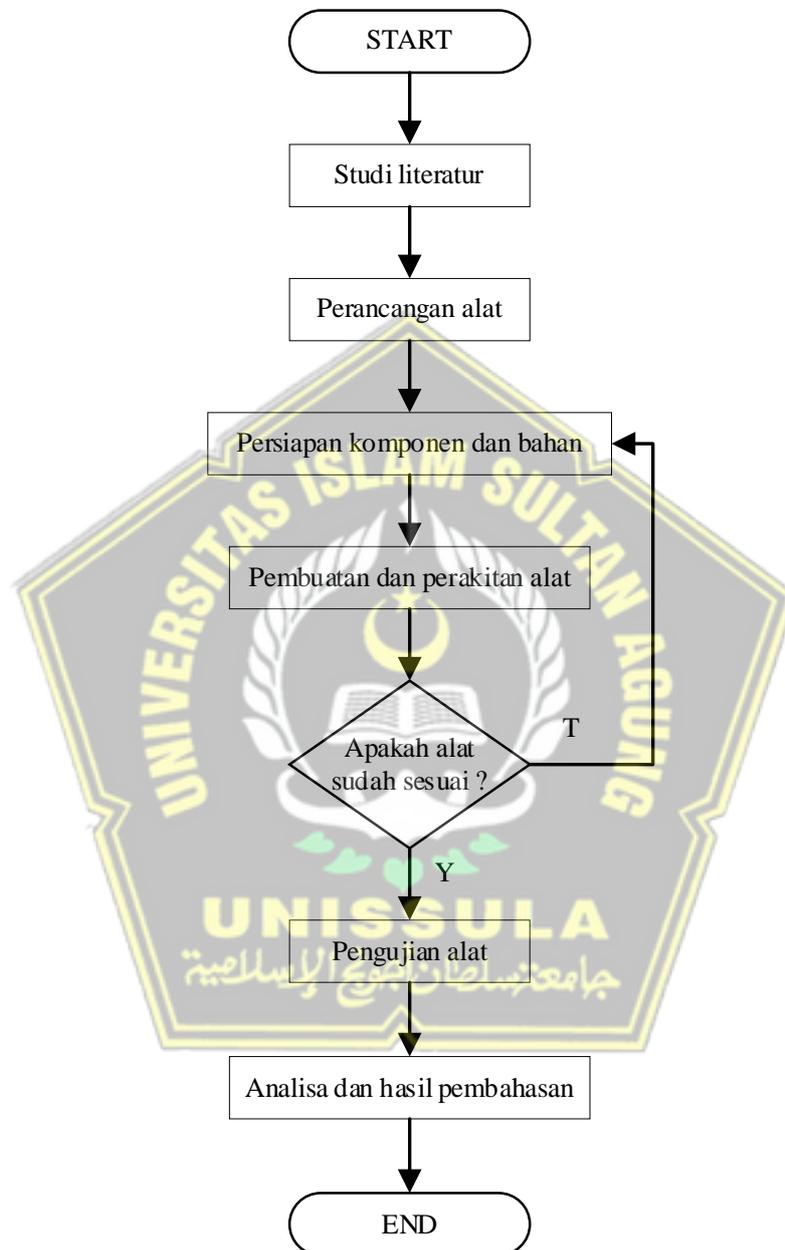
METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas beberapa hal mengenai waktu dan objek penelitian, metodologi penelitian, *flowchart* sistem, perancangan *hardware* dan *software*. Prosedur penelitian dilakukan beberapa pengujian supaya mengetahui kinerja dari perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 dengan objek perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia. Perancangan sistem kendali penelitian ini menggunakan pengontrolan dari Arduino Mega yang dapat mengontrol atau memprogram pergerakan robot dan ESP32 sehingga antar robot dapat berkomunikasi dengan joystick PS4 melalui jaringan Bluetooth.

Terdapat metodologi penelitian perancangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari konsep, ilmu dan teori-teori yang menyangkut tentang penelitian perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 DevKit V1 dan Arduino Mega 2560 yang dapat mendukung penelitian ini. Sumber referensi dari penelitian ini dapat diambil dari jurnal ilmiah, website, paper maupun laporan penelitian.
2. Mempersiapkan tahapan-tahapan perancangan sedemikian rupa guna mendukung penelitian tugas akhir ini.
3. Mempersiapkan komponen dan bahan untuk mendukung penelitian tugas akhir.
4. Tahapan pembuatan dan perakitan mulai dari membuat mekanik untuk kerja, elektronik dan program.
5. Tahapan pengujian alat yaitu untuk mengetahui supaya alat sudah bekerja sebagaimana semestinya atau belum berdasarkan perancangan alat yang telah dibuat. Apabila “Ya” berarti alat sudah bekerja dengan baik dan apabila “Tidak” berarti alat belum bekerja dengan baik. Apabila alat belum bekerja dengan baik maka dilakukan perbaikan lagi pada tahap perancangan alat.

- Pengolahan data dan menganalisis hasil pengujian apakah dapat sesuai hipotesa, serta apakah teknologi dapat dikembangkan.

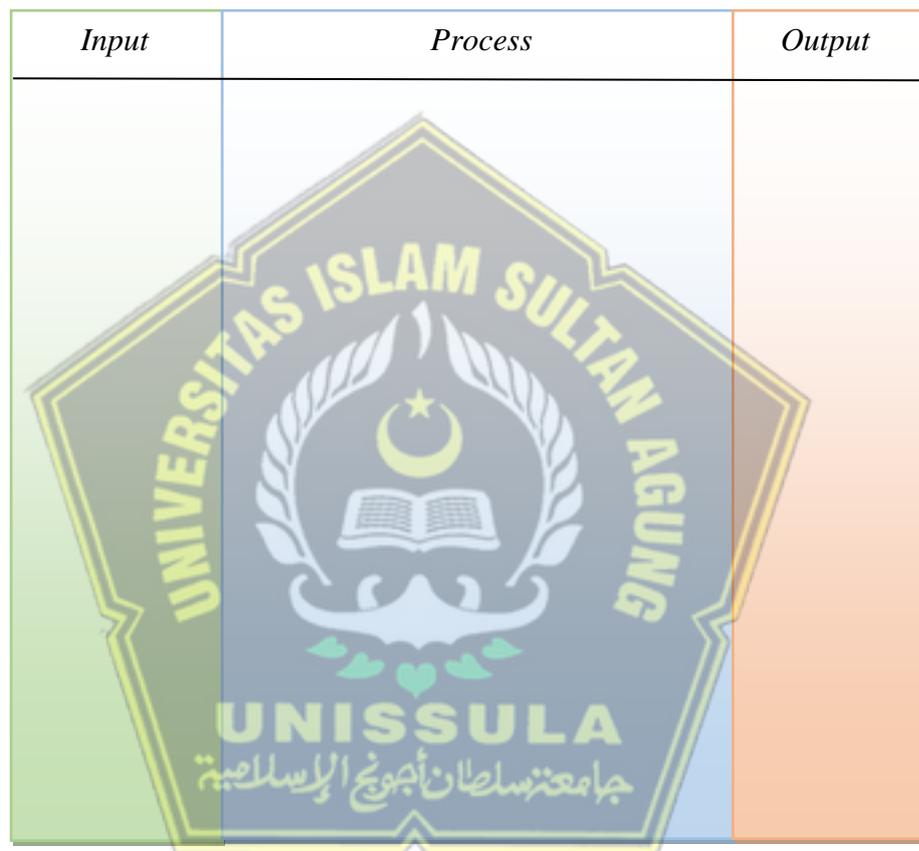


Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.1. Perancangan *Hardware*

Pada tahap ini akan dibahas tentang pembuatan *Hardware* dari kontrol *wireless* robot tematik Indonesia diantaranya yaitu perancangan mekanik pada robot dan

rangkaian kontrol *wireless* menggunakan ESP32 dan Arduino Mega. Pada Perancangan *hardware* sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega ini ada beberapa bagian penting penyusun sistem yaitu *input*, *process*, dan *output*. Bagian-bagian tersebut yang akan menyusun keberhasilan sistem untuk dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Berikut diagram blok sistem pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram block sistem

Pada Gambar 3.2 menjelaskan tentang implementasi perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega. Diagram blok di atas menjelaskan skema hubungan antar perangkat yang ada dalam penelitian ini, berikut penjelasan bagian *input*, *process* dan *output*.

Pada bagian *input* terdapat joystick PS4 yang sekaligus menjadi antarmuka bagi pemain atau driver robot. Joystick sendiri memiliki beberapa tombol yang setiap tombolnya memiliki data yang berbeda dan ada dua jenis data tombol yaitu

data tombol digital dan tombol analog. Dari data-data tombol tersebut sebagai *input* yang nantinya akan dikirim ke ESP32 melalui koneksi Bluetooth.

Pada bagian *process* terdapat ESP32 dan Arduino Mega, untuk ESP32 berfungsi sebagai penerima data dari joystick melalui koneksi Bluetooth kemudian nantinya akan di kirim ke Arduino mega melalui komunikasi serial. Arduino mega akan memprogram data yang diterima dari ESP2 pemrograman yang dipakai menggunakan bahasa C, setelah diproses Arduino nantinya akan dikirim ke driver motor atau OpenCM 904.

Pada bagian *output* terdapat motor DC dan motor servo, motor DC sendiri terhubung dengan driver motor yang akan mengatur kecepatan putaran motor sesuai PWM (*Pulse Width Modulation*) yang sudah diatur pada program Arduino. Pada motor servo terhubung dengan OpenCM yang akan diprogram guna menentukan posisi dari motor servo.

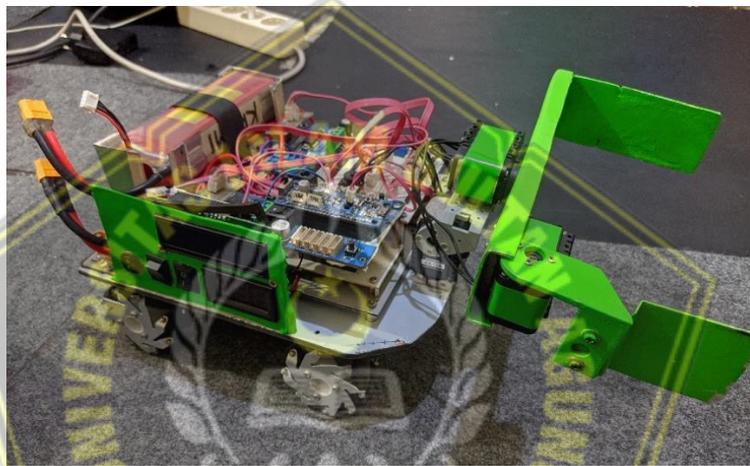
Tabel 3.1 *Input/output* pin pada Arduino Mega 2560

No.	Pin Arduino	Keterangan
1.	Vin	Dihubungkan ke pin positif, sebagai masukan sumber tegangan Arduino
2.	GND	Dihubungkan ke pin negatif untuk kutub negative
3.	3,3V	Dihubungkan ke pin vin ESP32 sebagai sumber tegangan karna bekerja pada tegangan tersebut
4.	14,15(TX, RX)	Dihubungkan ke pin RX, TX ESP32 sebagai komunikasi Serial
5.	12,13	Dihubungkan dengan driver motor MA sebagai kontrol PWM
6.	10,11	Dihubungkan dengan driver motor MB sebagai kontrol PWM
7.	8,9	Dihubungkan dengan driver motor MC sebagai kontrol PWM
8.	6,7	Dihubungkan dengan driver motor MD sebagai kontrol PWM

3.1.1. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanisme dari robot tematik Indonesia di KRI 2023 ini terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian *body* robot dan bagian *gripper* koin dan kedua mekanisme ini dikendalikan oleh pemain secara nirkabel. Pada bagian *body* robot merupakan bagian utama yang terdapat komponen-komponen elektronik

diantaranya Arduino Mega, ESP32, OpenCM, driver motor, baterai, dan motor DC. Rangka atau dasaran yang digunakan pada body robot menggunakan bahan ACP (*Aluminium Composite Panel*) dengan ketebalan 4mm dan *cover/tutup* robot menggunakan bahan alfabord. Kemudian pada *gripper* terdapat tiga buah motor servo Dynamixel AX-12A yang digunakan sebagai pengambil koin dari rak kemudian diletakkan ke lapangan fisik. Bahan rangka yang digunakan pada *gripper* menggunakan plat alumunium. Desain robot yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4.



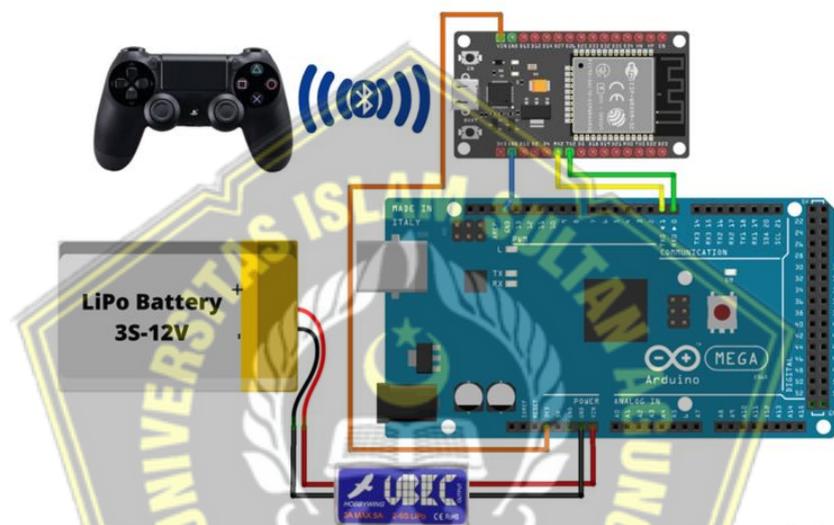
Gambar 3.3 Robot tematik Indonesia dengan cover/penutup



Gambar 3.4 Robot tematik Indonesia dengan cover/penutup

3.1.2. Perancangan Rangkaian Kontrol *Wireless* Menggunakan ESP32 dan Arduino Mega

Pada rangkaian kontrol *wireless* menggunakan suplai baterai LiPo 12V yang disambungkan pada UBEC untuk menurunkan tegangannya ke 5V kemudian masuk ke Vin pada pin Arduino dikarenakan Arduino bekerja pada tegangan itu. Kemudian pin 3,3V pada Arduino masuk ke Vin pada pin ESP2 dikarenakan ESP32 bekerja pada tegangan itu.

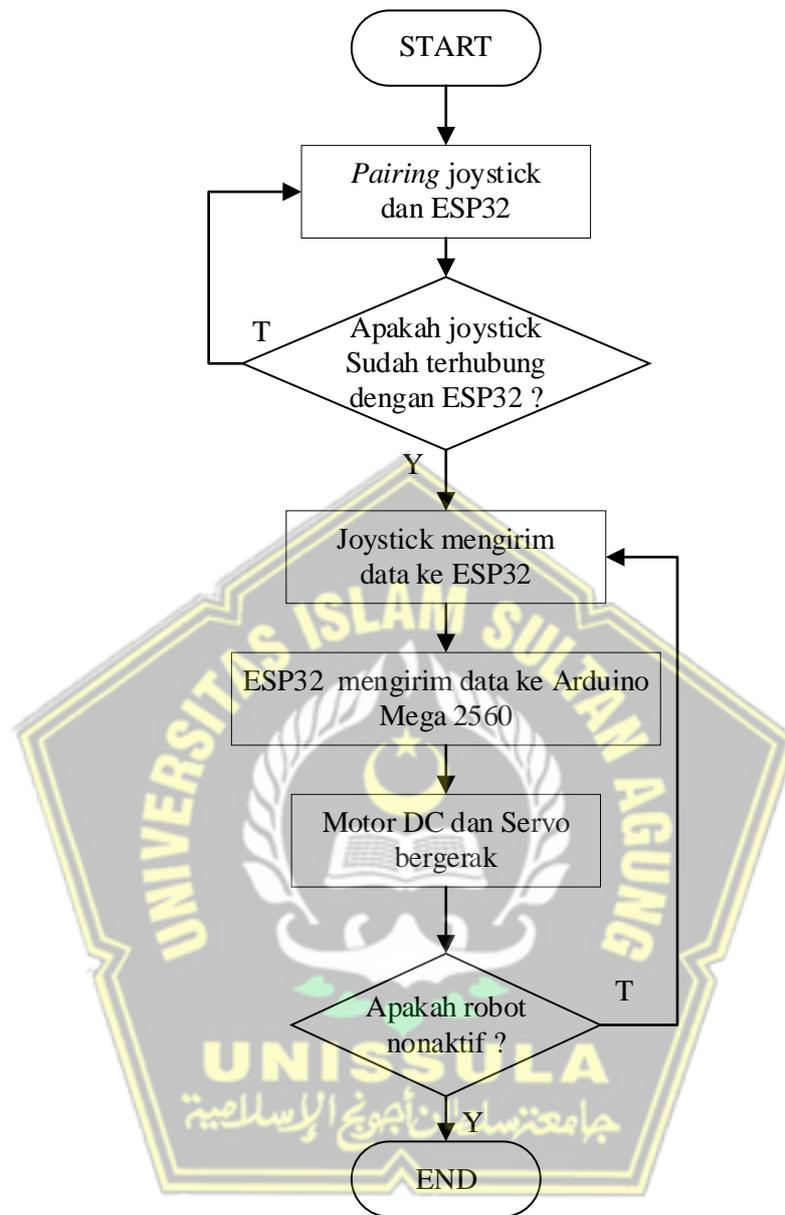


Gambar 3.5 Rangkaian kontrol *wireless* menggunakan ESP32 dan Arduino Mega

Pada sistem komunikasi antara Arduino dan ESP32 menggunakan komunikasi serial melalui pin TX, RX dari kedua mikrokontroler tersebut disambungkan. Sedangkan komunikasi pada ESP32 dan joystick PS4 menggunakan komunikasi Bluetooth yang *mac address* dari kedua perangkat tersebut sudah disamakan.

3.2. Perancangan *Software*

Berikut ini merupakan *flowchart* dari perancangan sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia berbasis ESP32 dan Arduino Mega yang bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.6 Flowchart sistem

Penjelasan *flowchart* dimulai dari dengan sistem dihidupkan, Kemudian joystick akan dikoneksikan melalui jaringan Bluetooth dengan ESP32 yang sebelumnya konfigurasi *MAC address* antara kedua perangkat tersebut sudah sama. Setelah kedua perangkat terhubung, saat tombol pada joystick ditekan maka akan mengirimkan data ke ESP32. Selanjutnya data yang diterima dari ESP32 akan diteruskan ke Arduino Mega melalui komunikasi serial. Arduino Mega nantinya akan memproses masukan tersebut menjadi *output* yang berupa motor

DC dan servo. Langkah selanjutnya saat sistem dimatikan maka robot berhenti, dan saat robot tidak dimatikan maka sistem akan mengulang secara terus menerus.

3.2.1. Perancangan *Software* Pada ESP32 DevKit V1

Berikut ini adalah algoritma yang dipakai agar *input* data yang diterima dari joystick PS4 dapat terbaca oleh ESP32 :

```
#include <PS4Controller.h>
#include "Variable.h"
#define ledPin 2
#define ledON digitalWrite(ledPin, HIGH)
#define ledOFF digitalWrite(ledPin, LOW)
bool btnPress = 0;
```

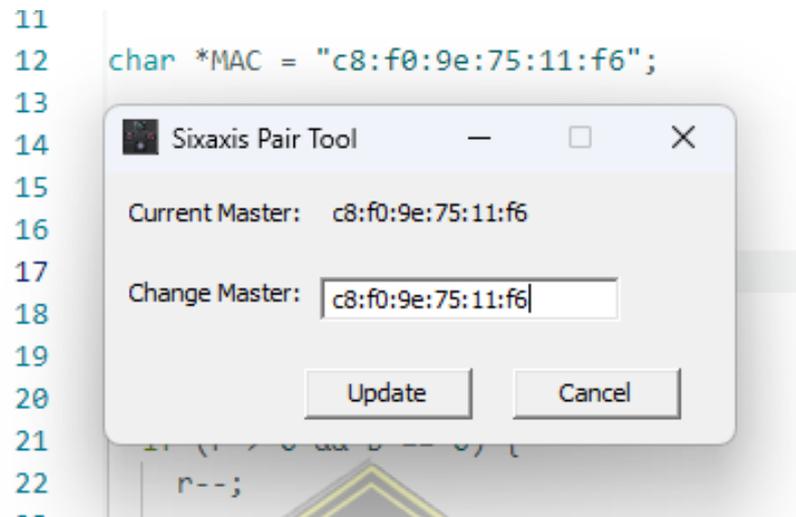
Pernyataan tersebut digunakan untuk mengimpor *library* “PS4Controller” ke dalam program yang memungkinkan untuk berkomunikasi dengan joystick PS4 dan mengambil *input* dari kontroler tersebut. Kemudian pernyataan “variable.h” digunakan untuk mengimpor file header yang berisikan variable atau konstanta yang mendefinisikan *input* pada joystick dan variable lain yang dipakai pada program. Berikut ini merupakan definisi dari variable.h :

```
typedef String str;

int xL=0, yL=0, xR=0, yR=0;
bool X=0,S=0,T=0,C=0;
bool up=0,dw=0,lf=0,rg=0;
bool L1=0,L2=0,L3=0,R1=0,R2=0,R3=0;
int AL2=0,AR2=0;
bool SHARE=0, OPTIONS=0;
uint8_t BATT=0;
uint16_t dataTombol = 0;
bool joyConnect = 0;
unsigned long previousMillis = 0, previousMillis1 = 0;
```

Selanjutnya adalah pendeklarasian variable dari *MAC Address* dengan karakter yang nantinya disamakan dengan kontroler joystick PS4.

```
char *MAC = "c8:f0:9e:75:11:f6";
```



Gambar 3.7 Pengisian variable MAC Address

Format untuk alamat MAC pada joystick dan ESP32 merupakan sebuah angka heksadesimal yang dibagi menjadi enam pasang dua digit terpisah oleh tanda titik dua (:) atau tanda strip (-).

```

void onConnect() {
  Serial.println("Connected!.");
  ledON;
}

```

Penjelasan “void onConnect” adalah algoritma yang mendeteksi apakah joystick saat ini sedang terkoneksi dengan ESP32 atau tidak, apabila kedua perangkat terkoneksi maka ditandai dengan led yang menyala pada ESP32.



Gambar 3.8 ESP32 sudah terkoneksi dengan joystick PS4

```

void notify() {
  xR =PS4.RStickX();
  yR =-PS4.RStickY();
  xL =PS4.LStickX();
  yL = PS4.LStickY();

  X = PS4.Cross();
  S = PS4.Square();
  T = PS4.Triangle();
  C = PS4.Circle();

  up = PS4.Up();
  dw = PS4.Down();
  lf = PS4.Left();
  rg = PS4.Right();

  L1 = PS4.L1();
  L2 = PS4.L2();
  L3 = PS4.L3();
  R1 = PS4.R1();
  R2 = PS4.R2();
  R3 = PS4.R3();

  SHARE = PS4.Share();
  OPTIONS = PS4.Options();
}

```

Penjelasan “void notify” adalah inisialisasi variable-variable yang digunakan untuk membaca *input* dari kontroler PS4.

```

void setup() {
  Serial2.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(pinSetting, INPUT_PULLUP);

  PS4.attach(notify);
  PS4.attachOnConnect(onConnect);

  PS4.begin(MAC);
}
long int timerBlinking = 0;

```

Penjelasan “void setup” adalah algoritma yang dijalankan hanya sekali saat kali dihidupkan atau merestart dan menginisialisasi pengaturan awal perangkat keras yang akan digunakan dalam program.

1. Pada “serial2.begin(9600)” menginisialisasi komunikasi melalui port serial TX, RX ke Arduino Mega 2560 pada baudrate 9600.
2. Pada “PS4.attach(notify)” dan “PS4.attachOnConnect(onConnect)” ini berarti bahwa kedua void tersebut akan dipanggil ketika ada perubahan kondisi dan ESP32 terhubung dengan kontroler PS4.
3. Pada “PS4.begin(MAC)” menginisialisasi komunikasi dengan joystick PS4 dengan menggunakan alamat MAC yang telah ditentukan sebelumnya.
4. Pada variable ”timerBlinking” akan digunakan untuk menghitung waktu dengan menggunakan fungsi “millis()” atau mengukur interval waktu dalam milidetik.

```
void loop() {
  joyConnect = PS4.isConnected();
  if(joyConnect){
    PS4.sendToController();
    if(btnPress == 1){
      timerBlinking = millis();
      btnPress = 0;
    } else if(millis() - timerBlinking > 50){
    }

    dataTombol = L2<<15 | L1<<14 | R2<<13 | R1<<12 | up<<11 | dw<<10
| lf<<9 | rg<<8 | T<<7 | X<<6 | S<<5 | C<<4 | SHARE<<3 | OPTIONS<<2
| L3<<1 | R3;

    if(dataTombol>0){
      btnPress = 1;
    }

    if(Serial2.read()=='*'){
      Serial2.print(str("#") + xL + str("#") + yL + str("#") + xR +
str("#") + yR + str("#"));
      Serial2.print(dataTombol);
      Serial2.println("#$");
    }
  }
}
```

```

} else {
  xL=0; yL=0; xR=0; yR=0;
  X=0; S=0; T=0; C=0;
  up=0; dw=0; lf=0; rg=0;
  L1=0; L2=0; L3=0; R1=0; R2=0; R3=0; AL2=0; AR2=0;
  SHARE =0; OPTIONS=0;
  ledOFF;
}
}
}

```

3.2.2. Perancangan *Software* Pada Arduino Mega 2560

Berikut ini adalah algoritma yang dipakai agar *input* data yang diterima dari ESP32 dapat terbaca oleh Arduino Mega :

```

#define SerialJoystick Serial3

int16_t xL=0, yL=0, xR=0, yR=0;
bool jX=0, jS=0, jT=0, jC=0;
bool up=0, dw=0, lf=0, rg=0;
bool L1=0, L2=0, L3=0, R1=0, R2=0, R3=0;
uint8_t AL2=0, AR2=0;
bool SELECT=0, START=0;
bool parsing = false;
String sData, data[30];

```

Pernyataan “SerialJoystick” berfungsi sebagai inisialisasi serial yang terhubung ke port Serial3, dengan kata lain menggunakan “SerialJoystick” untuk melakukan operasi komunikasi serial pada port Serial3. Kemudian selanjutnya mendeklarasikan beberapa variabel dengan tipe data dan nilai awal yang telah ditentukan.

```

void bacaJoystick(){
  SerialJoystick.write('*');
  delay(1);
  while (SerialJoystick.available()) {
    char inChar = SerialJoystick.read();
    sData += inChar;
    if (inChar == '$') {
      parsing = true;
    }
  }
  if (parsing) {
    int q = 0;

```

```

for (int i = 0; i < sData.length(); i++) {
    if (sData[i] == '#') {
        q++;
        data[q] = "";
    } else {
        data[q] += sData[i];
    }
}

xL = data[1].toInt();
yL = data[2].toInt();
xR = data[3].toInt();
yR = data[4].toInt();
int dataJoystick = data[5].toInt();

L2 = dataJoystick>>15 & 1;
L1 = dataJoystick>>14 & 1;
R2 = dataJoystick>>13 & 1;
R1 = dataJoystick>>12 & 1;
up = dataJoystick>>11 & 1;
dw = dataJoystick>>10 & 1;
lf = dataJoystick>>9 & 1;
rg = dataJoystick>>8 & 1;
jT = dataJoystick>>7 & 1;
jX = dataJoystick>>6 & 1;
jS = dataJoystick>>5 & 1;
jC = dataJoystick>>4 & 1;
SELECT = dataJoystick>>3 & 1;
START = dataJoystick>>2 & 1;
L3 = dataJoystick>>1 & 1;
R3 = dataJoystick & 1;

parsing = false;
sData = "";
}
}
}

```

Penjelasan “void setup” adalah algoritma yang dijalankan hanya sekali saat kali dihidupkan atau merestart dan menginisialisasi pengaturan awal perangkat keras yang akan digunakan dalam program. Fungsi “SerialJoystick.begin(9600)” digunakan untuk menginisialisasi komunikasi serial pada port serial3 dengan kecepatan baud 9600 dan Fungsi “Serial2.begin(57600)” digunakan untuk

menginisialisasi komunikasi serial pada port Serial2 ke OpenCM dengan baudrate 57600.

```
void setup() {  
  SerialJoystick.begin(9600);  
  Serial2.begin(57600);  
}
```

3.3. Skenario Pengujian

Pada tahap ini sistem yang telah dirancang dan dibuat baik *hardware* maupun *software* selanjutnya perlu dilakukan pengujian terhadap sistem komunikasi pada robot, diperlukan suatu skenario pengujian yang dapat mendukung untuk memahami hasil dari kinerja sistem tersebut. Skenario pengujian ini didasarkan pada fungsi sistem dan kondisi pada saat perlombaan yang diperoleh sesuai dengan pedoman yang digunakan pada Kontes Robot Tematik Indonesia pada tahun 2023. Beberapa skenario pengujian telah dirancang untuk menilai kualitas sistem komunikasi pada robot, adapun metode yang akan dilakukan untuk pengujian sistem sebagai berikut.

1. Pengujian durasi waktu *pairing* antara joystick dengan ESP32.
2. Pengujian jarak jangkauan sistem.
3. Pengujian *delay* yang terjadi pada saat sistem dioperasikan.
4. Verifikasi rpm dari motor DC untuk memastikan keempat motor memiliki rpm yang sama pada tegangan yang sama.
5. Pengujian rpm motor DC menggunakan *input* dari joystick PS4 dengan variasi gerakan untuk mengetahui konsistensi dari *output* motor DC.

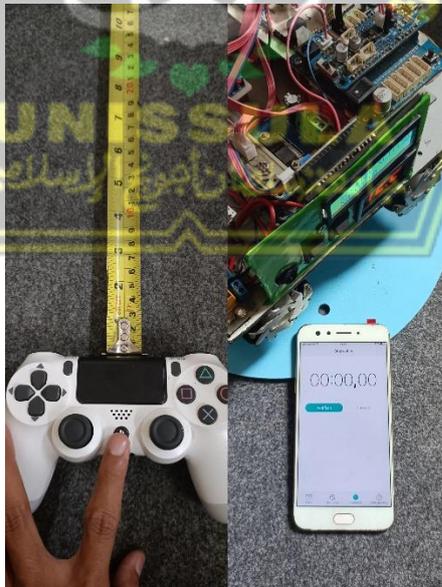
BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini berisi mengenai data hasil pengujian dan analisa terkait proses *pairing*, jangkauan dan *delay* dari sistem kontrol *wireless* pada robot. Akan dilakukan juga pengujian aktuator motor DC untuk mengetahui konsistensi nilai *output* pada setiap jarak ketika sistem digunakan.

4.1. Pengujian *pairing* antara joystick dengan ESP3

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kontroler joystick dapat terhubung dengan robot. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu *pairing* antara joystick dan ESP32 diawal waktu melakukan koneksi sampai kedua perangkat benar-benar terhubung. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan joystick dan robot dengan rentang jarak yang sebelumnya telah ditentukan dan menyiapkan *stopwatch*. Setelah itu suplai tegangan yang masuk ke ESP32 dinyalakan kemudian tombol *pairing* pada joystick ditekan bersamaan dengan *stopwatch*. Berikut Gambar 4.1 pengujian *pairing* antara joystick dan ESP32.

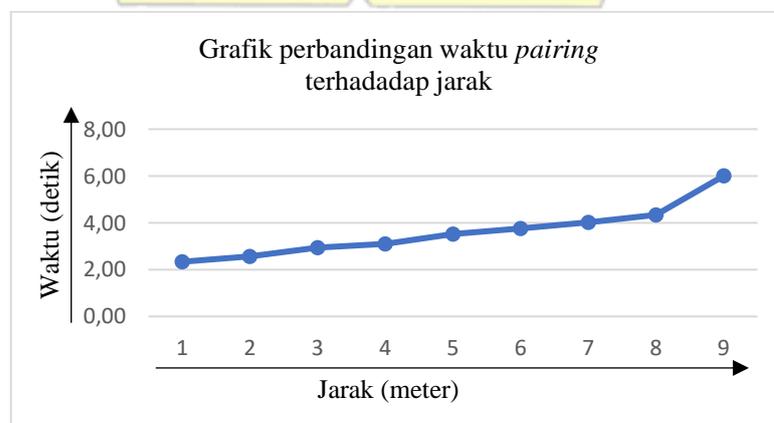


Gambar 4.1 Pengujian *pairing* antara joystick dengan ESP32

Dari pengujian *pairing* yang sudah dilakukan dengan rentang jarak 1 meter sampai 9 meter dengan tiap jarak dilakukan percobaan sebanyak tiga kali dan didapati hasil seperti pada tabel 4.1. Waktu tercepat *pairing* yang didapat yakni pada jarak 1 meter dengan rata-rata waktunya yaitu 2,34 detik sedang waktu terlama yaitu pada jarak 9 meter dengan rata-rata waktu 6,00 detik. Rata-rata keseluruhan waktu yang diperlukan dalam proses *pairing* pada jarak 1 meter sampai 9 meter yaitu 3,62 detik dan jarak maksimal yang dapat dilakukan pada proses *pairing* yakni 9,2 meter.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *pairing* antara joystick dengan Esp3

Jarak (m)	Waktu (s)			Rata-rata (s)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
1	1,88	2,68	2,45	2,34
2	2,61	2,46	2,64	2,57
3	2,57	3,21	3,05	2,94
4	2,78	3,32	3,21	3,10
5	3,90	2,92	3,74	3,52
6	3,87	3,08	4,32	3,76
7	4,02	4,73	3,30	4,02
8	4,49	4,42	4,11	4,34
9	5,41	6,31	6,29	6,00
Rata-rata (s)				3,62



Gambar 4.2 Grafik perbandingan waktu *pairing* terhadap jarak

Grafik pada gambar 4.2 dapat memperlihatkan perbandingan waktu ketika dilakukan *pairing* terhadap jarak joystick ke robot. Dari hasil rata-rata waktu pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak joystick dan robot, maka waktu *pairing* yang dibutuhkan akan semakin lama.

4.2. Pengujian *Delay* Sistem

Pengujian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui *delay* yang terjadi ketika sistem dioperasikan, *delay* yang dimaksud merupakan suatu jeda atau keterlambatan pengiriman data dari joystick ke ESP32.



Gambar 4.3 Pengujian *delay* pada sistem kontrol *wireless*

Pada tabel 4.2 dan tabel 4.3 akan disajikan hasil pengukuran waktu pengiriman data dan waktu penerimaan data.

Tabel 4.2 Waktu pengiriman data

Jarak (m)	Waktu Pengiriman Data		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	12:34:36.254	12:34:40.244	12:34:50.757
2	12:38:21.657	12:38:25.031	12:38:28.881
3	21:28:28.956	21:28:32.540	21:28:36.156
4	21:24:34.852	21:24:54.232	21:24:46.634
5	21:21:16.593	21:21:06.025	21:21:13.156
6	21:17:02.096	21:17:06.088	21:17:09.688
7	12:57:21.605	12:57:25.030	12:57:28.249
8	12:52:43.338	12:52:46.201	12:52:50.070
9	12:48:05.290	12:48:09.025	12:48:17.334

Tabel 4.3 Waktu penerimaan data

Jarak (m)	Waktu Penerimaan Data		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	12:34:36.313	12:34:40.342	12:34:50.773
2	12:38:21.749	12:38:25.115	12:38:28.912
3	21:28:29.066	21:28:32.632	21:28:36.217
4	21:24:34.969	21:24:54.293	21:24:46.761
5	21:21:16.701	21:21:06.138	21:21:13.301
6	21:17:02.267	21:17:06.198	21:17:09.801
7	12:57:21.779	12:57:25.177	12:57:28.378
8	12:52:43.518	12:52:46.533	12:52:50.264
9	12:48:05.754	12:48:09.454	12:48:18.083

Dari hasil waktu pengiriman data dan waktu penerimaan data kemudian dicari waktu *delay* menggunakan persamaan 3.1. Hasil perhitungan *delay* yang disajikan pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil perhitungan *delay* sistem kontrol *wireless*

Jarak (m)	Delay (ms)			Rata-rata (ms)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
1	59	98	16	57,7
2	92	84	31	69,0
3	110	92	61	87,7
4	117	61	127	101,7
5	108	113	145	122,0
6	171	110	113	131,3
7	174	147	129	150,0
8	180	332	194	235,3
9	464	429	749	547,3
Rata-rata (ms)				166,9

Dari pengujian *delay* yang sudah dilakukan didapati hasil yang berbeda pada tiap jaraknya. Pada pengujian terdekat yaitu dijarak 1 meter setelah dilakukan 3 kali percobaan didapati hasil rata-rata 57,7 ms, terpaut selisih yang jauh dengan hasil pengujian pada jarak 9 meter dengan rata-rata *delay* yang terjadi yaitu 547,3 ms. Jarak terjauh yang dapat dijangkau sistem pada pengujian ini adalah 9,20

meter dengan kondisi *output* yang masih stabil tetapi dengan *delay* yang cukup tinggi.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan waktu *delay* terhadap jarak

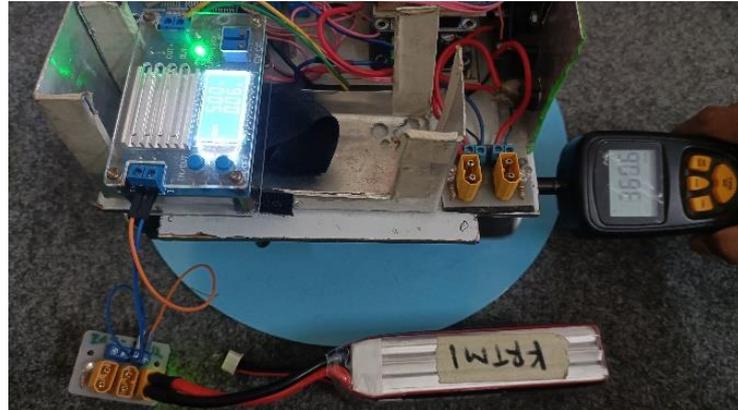
Grafik pada gambar 4.4 memperlihatkan perbandingan waktu *delay* terhadap jarak ketika joystick mengirim perintah gerak maju kepada robot. Dari grafik tersebut bisa disimpulkan bahwa semakin jauh antara joystick dan robot maka waktu *delay* sistem akan semakin lama.

4.3. Pengujian Aktuator Pada Robot

Pada tahapan ini dilakukan untuk menguji aktuator pada robot untuk mengetahui apakah *output* pada robot sesuai dengan *input* yang diberikan dari kontroler joystick. Pada pengujian ini, juga dapat diuji seberapa jauh jarak jangkauan sistem kontrol *wireless* dan konsistensi *output* dari tiap-tiap jarak yang berbeda.

4.3.1. Verifikasi Rpm Dari Motor DC

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui nilai rpm di tiap-tiap motor DC dan memastikan keempat motor memiliki rpm yang sama pada tegangan yang sama. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi tegangan 5 volt pada satu persatu motor DC kemudian diukur nilai rpmnya. Berikut Tabel 4.2 adalah hasil nilai verifikasi.



Gambar 4.5 Verifikasi rpm dari motor DC

Dari hasil verifikasi putaran motor DC yang ada pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa ke empat motor memiliki nilai rpm yang hampir sama pada *input* tegangan 5 volt. Maka dapat dikatakan bahwa keempat motor DC memiliki spesifikasi yang sama dan dapat dijadikan objek observasi untuk pengukuran *output* aktuator pada sistem kontrol *wireless* pada robot.

Tabel 4.5 Verifikasi rpm dari motor DC

Verifikasi motor DC	M1 (rpm)	M2 (rpm)	M3 (rpm)	M4 (rpm)
CW	378,9	378,3	378,7	386,3
CCW	377,2	377,5	376,4	381,0

Keterangan :

CW : *Clockwise* atau searah jarum jam.

CCW : *Counter Clockwise* atau berlawanan arah jarum jam.

4.3.2. Pengujian rpm motor DC

Pada pengujian ini untuk mengetahui nilai rpm pada motor DC ketika dikendalikan menggunakan kontroler joystick. Tujuannya mengetahui konsistensi dari *output* motor DC. Tabel 4.3 merupakan tabel putaran motor terhadap instruksi arah pergerakan robot dengan roda mecanum.

Tabel 4.6 Arah putaran motor untuk arah robot

Pergerakan Robot	M1	M2	M3	M4
Maju	CW	CCW	CCW	CW
Mundur	CCW	CW	CW	CCW
Geser Kanan	CCW	CCW	CW	CW
Geser Kiri	CW	CW	CCW	CCW
Putar Kanan	CCW	CW	CW	CCW
Putar Kiri	CW	CCW	CCW	CW

**Gambar 4.6** Pengujian rpm motor DC

Pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan cara mengirim perintah melalui joystick sesuai dengan arah pergerakan robot pada tabel 4.3 dimana kondisi robot pada saat diuji dalam keadaan *stay* dan sudah terhubung dengan kontroler joystick. Tegangan suplai baterai yang dipakai ketika pengujian yaitu antara 12,4 volt sampai 12,2 volt dan *input* pwm sebesar 150.

Tabel 4.7 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan maju dan mundur

Jarak (m)	Maju 9 (rpm)				Mundur (rpm)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
1	561,9	551,3	552,6	573,1	540,9	568,3	564,1	557,9
2	558,9	536,9	553,1	577,4	540,3	563,6	562,4	563,2
3	560,0	555,2	558,3	578,8	546,4	565,2	558,3	563,4
4	563,7	547,9	556,6	581,4	539,6	564,3	570,4	562,7
5	567,5	554,3	555,5	583,4	542,4	551,8	573,7	560,6
6	560,4	532,8	544,1	578,7	549,0	563,2	550,8	557,2
7	559,7	531,3	544,2	580,1	538,2	569,7	562,1	551,9
8	566,4	561,7	569,5	578,0	546,6	564,9	556,5	555,5
9	559,6	546,6	565,7	575,1	538,9	561,8	549,2	559,4

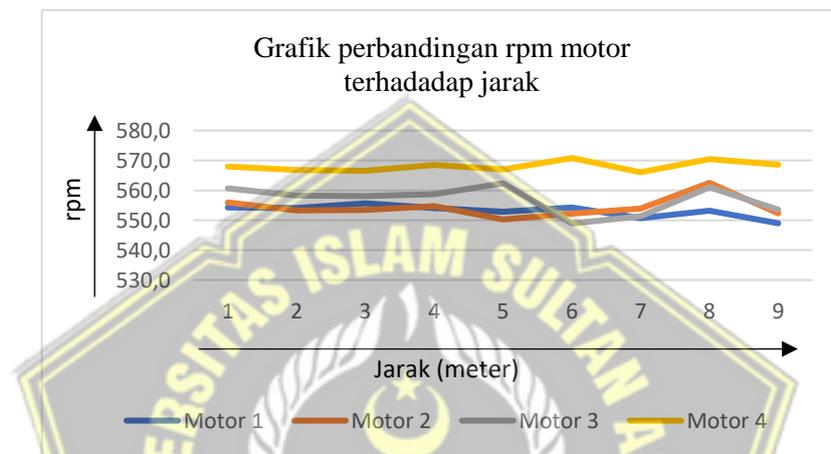
Tabel 4.8 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan geser kanan dan geser kiri

Jarak (m)	Geser kanan (rpm)				Geser kiri (rpm)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
1	548,7	531,8	572,8	569,6	556,5	579,5	558,9	570,3
2	550,1	540,1	563,4	556,7	557,6	572,3	556,6	576,2
3	558,8	541,7	563,8	564,4	554,3	568,7	553,7	570,5
4	551,2	538,6	569,3	561,5	553,3	575,0	552,0	574,7
5	552,4	530,7	576,8	569,5	548,1	564,7	551,5	566,6
6	549,5	535,0	560,8	574,6	547,7	570,7	539,3	574,3
7	555,7	533,8	564,5	572,1	548,4	580,8	537,7	561,5
8	549,9	544,4	569,3	571,5	557,6	575,9	554,8	574,8
9	547,9	531,1	557,9	575,4	549,7	570,8	546,7	563,0

Tabel 4.9 Hasil pengujian motor DC pada pergerakan putar kanan dan putar kiri

Jarak (m)	Putar kanan (rpm)				Putar kiri (rpm)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
1	551,1	531,1	544,1	564,3	566,7	573,8	571,3	572,4
2	553,2	542,4	547,7	555,0	564,4	564,5	566,3	572,6
3	555,5	533,6	546,6	554,4	559,0	556,5	567,8	567,7
4	555,6	540,7	542,9	559,9	561,1	561,5	561,1	570,8
5	553,3	543,2	543,4	559,3	553,5	556,9	573,1	562,3
6	546,9	531,9	540,5	567,4	571,9	579,5	558,0	572,7
7	551,6	529,7	538,4	560,1	550,5	578,3	561,1	570,7
8	550,1	555,3	550,4	567,6	548,3	572,9	565,7	575,1
9	547,7	530,4	540,7	561,2	550,1	573,0	561,3	577,4

Dari pengujian *output* yang telah dilakukan pada pergerakan perintah maju, mundur, geser kanan, geser kiri, putar kanan, dan putar kiri dengan rentang jarak dari 1 meter sampai 9 meter dapat dilihat pada tabel hasil pengujian motor DC. Bahwasanya hasil dari pengukuran nilai rpm ke empat motor pada tiap jarak tidak terdapat perbedaan yang begitu signifikan. Nilai terendah yang terukur yaitu 529,7 rpm, sedangkan nilai tertinggi yaitu 583,4 rpm.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan rpm motor terhadap jarak

Gambar 4.7 merupakan grafik perbandingan rata-rata rpm motor terhadap jarak, dilihat dari grafik bahwa *output* putaran motor konsisten pada setiap jarak yang berbeda. Dengan menggunakan persamaan 2.2 dihitung rata-rata pengujian *output* pada robot disetiap jarak dan perintah gerakan, dapat dilihat ada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil rata-rata pengujian motor DC

Jarak (m)	Motor 1 (rpm)	Motor 2 (rpm)	Motor 3 (rpm)	Motor 4 (rpm)
1	554,3	556,0	560,6	567,9
2	554,1	553,3	558,3	566,9
3	555,7	553,5	558,1	566,5
4	554,1	554,7	558,7	568,5
5	552,9	550,3	562,3	567,0
6	554,2	552,2	548,9	570,8
7	550,7	553,9	551,3	566,1
8	553,2	562,5	561,0	570,4
9	549,0	552,3	553,6	568,6
Rata-rata	553,1	554,3	557,0	568,1

Hasil rata-rata pada pengujian *output* pada robot disetiap jarak dan perintah gerakan dengan hasil pada motor 1 = 553,1 rpm, motor 2 = 554,3 rpm, motor = 3 557,0 rpm, dan motor 4 = 568,1 rpm. Berdasarkan dari data hasil pengujian aktuator robot akan dihitung nilai deviasi dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3. Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil perhitungan deviasi rata-rata

Jarak (m)	Motor 1 (rpm)	Motor 2 (rpm)	Motor 3 (rpm)	Motor 4 (rpm)
1	1,2	1,7	3,6	0,7
2	1,0	1,0	1,3	1,7
3	2,5	0,8	1,1	2,1
4	1,0	0,4	1,7	0,1
5	0,3	4,0	5,3	1,6
6	1,1	2,1	8,1	2,2
7	2,4	0,4	5,7	2,5
8	0,0	8,2	4,0	1,8
9	4,1	2,0	3,4	0,0
Deviasi rata-rata	1,5	2,3	3,8	1,4

Setelah dilakukan perhitungan didapati nilai deviasi rata-rata :

Motor 1 : 1,5 rpm.

Motor 2 : 2,3 rpm.

Motor 3 : 3,8 rpm.

Motor 4 : 1,4 rpm.

Dengan nilai deviasi rata-rata yang mendekati nol, maka dapat dikatakan bahwa nilai *output* pada motor DC memiliki nilai yang konsisten pada pengukuran disetiap jarak yang berbeda-beda.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jangkauan maksimal yang dapat dilakukan joystick untuk mengendalikan robot yaitu 9,2 meter. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk proses *pairing* antara joystick dan robot yaitu 3,62 detik. Semakin jauh jarak robot dengan joystick maka waktu *pairing* yang dibutuhkan semakin lama.
2. Joystick PS4 dapat mengontrol pergerakan robot tematik Indonesia dengan waktu *delay* rata-rata yang terjadi yaitu 166,9 detik dengan waktu *delay* terlama pada jarak 9 meter sebesar 547,3 detik. *Delay* ini berkaitan dengan respon robot maka semakin dekat jarak robot dengan joystick maka respon robot dalam menjalankan perintah yang diberikan oleh joystick akan semakin cepat.
3. Ketika sistem dioperasikan nilai putaran pada motor DC pada tiap jarak yang berbeda dapat konsisten dengan deviasi rata-rata 1,5 rpm; 2,3 rpm; 3,8 rpm; 1,4 rpm.

5.2. Saran

Saran yang dapat ditarik pada penelitian sistem kontrol *wireless* pada robot tematik Indonesia ini untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem kontrol *wireless* ini menggunakan dua buah mikrokontroler alangkah baiknya cukup menggunakan satu mikrokontroler yaitu ESP32 agar proses pengolahan data bisa lebih cepat.
2. *Wiring* suplai tegangan antara mikrokontroler dengan aktuator robot sebaiknya dipisah, supaya pemrosesan data pada mikrokontroler tidak dipengaruhi oleh aktuator yang digunakan pada robot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Pengembangan Talenta, I. Pusat, P. Nasional, K. Pendidikan, and D. Teknologi, “Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (KRI) Tahun 2023.” Accessed: Jul. 11, 2023. [Online]. Available: <https://pusatprestasinasional.kemdikbud.go.id>
- [2] S. Nugraha, “Sistem Kendali Navigasi Robot Manual,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1.1, pp. 91–95, 2019.
- [3] A. Novriadi, “Perancangan Pengontrolan Overhead Crane Menggunakan Kabel dan Nirkabel Berbasis Arduino,” *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 7, no. 2, pp. 76–84, 2019.
- [4] Y. S. A. Gumilang, K. Krisdianto, H. Haitsam, M. A. R. Fahreza, and A. Alfayid, “Design of Bluetooth Wireless Transporter Mecanum Wheeled Robot with Android Smartphone Controller for Moving Item,” *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 61–66.
- [5] N. Cameron and N. Cameron, “Microcontrollers,” *Electronics Projects with the ESP8266 and ESP32: Building Web Pages, Applications, and WiFi Enabled Devices*, pp. 611–639, 2021.
- [6] Bluetooth, “Bluetooth Technology Overview,” Bluetooth. Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>
- [7] Y. Yulia and L. W. Santoso, “Studi dan Uji Coba Teknologi Bluetooth Sebagai Alternatif Komunikasi Data Nirkabel,” *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 106–114, 2004.
- [8] Ashari Riyan Fauzi, “Perancangan Sistem Komunikasi Pada Robot Humanoid Penari Dengan Audio Bluetooth Dongle Dan Bluetooth Hc 05 Menggunakan Arduino Pro Micro,” Semarang, 2022.

- [9] grobotronics, "ESP32 Development Board - DEVKIT V1," grobotronics. Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: <https://grobotronics.com/esp32-development-board-devkit-v1.html?sl=en>
- [10] I. Rudiantmaja, "Rancang Bangun Dan Monitoring Charger Baterai Dengan Metode Charging Otomatis Menggunakan Rangkaian Sensor Tegangan Dan Regulator Arus Berbasis Arduino Mega 2560," 2018.
- [11] Arduino, "Arduino Mega 2560 Rev3." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us>
- [12] F. Djuandi, "Pengenalan arduino," *E-book*. *www.tobuku*, vol. 24, 2011.
- [13] Dev WiKi, "DS4-BT." Accessed: Jul. 26, 2023. [Online]. Available: https://www.psdevwiki.com/ps4/DS4-BT#UART_HCI
- [14] eBay, "Motor DC 12V 600rpm," eBay. Accessed: Feb. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.ebay.com/itm/385542066442>
- [15] N. Thongpance and P. Chotikunnan, "Design and Construction of Electric Wheelchair with Mecanum Wheel," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 4, no. 1, pp. 71–82, 2023.
- [16] Maulana, Ittaqi, Muhammad Khosyi'in, and Bustanul Arifin, "Rancang Bangun Alat Ukur Debit Air Jarak Jauh Berbasis Arduino.," *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, 2020.
- [17] Fadhly, Guntur Noor, Muhammad Khosyi'in, and Agus Suprayitno, "Rancang Bangun Pemantauan Jarak Jauh Suhu Dan Kelembaban Udara Kandang Anak Ayam Berbasis Arduino Dan Borland Delphi 7.0.," *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, vol. 1, no. 1, 2021.