

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Kajian terhadap penelitian terdahulu dilakukan sebagai landasan pendukung dalam pelaksanaan penelitian ini. Beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan robot penyambut tamu, sistem pengaturan kecepatan motor DC, pemanfaatan rotary encoder sebagai sensor umpan balik, pengendalian menggunakan PWM, serta penerapan metode kontrol PID digunakan sebagai referensi dalam merancang sistem pengendalian kecepatan motor pada robot penyambut tamu.

Robot pelayanan (*service robot*) telah banyak dikembangkan untuk membantu aktivitas manusia, salah satunya pada proses penerimaan dan pelayanan pengunjung. Sistem robot penyambut tamu dirancang untuk mampu melakukan beberapa fungsi, seperti memberikan sambutan kepada pengunjung, menyampaikan informasi, serta membantu pekerjaan pada area pelayanan awal. Konsep tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini yang mengembangkan robot penyambut tamu. Perbedaannya terletak pada fokus penelitian, yaitu penelitian ini lebih menitikberatkan pada aspek kestabilan pergerakan melalui pengaturan kecepatan motor penggerak robot. Pengembangan *receptionist robot* sebagai pendukung aktivitas pelayanan telah menunjukkan bahwa robot dapat digunakan untuk membantu proses interaksi dan penyampaian informasi kepada pengunjung (Reddy, 2024).

Kestabilan kecepatan motor DC menjadi salah satu aspek penting pada sistem robot bergerak karena perubahan kecepatan dapat memengaruhi performa pergerakan robot. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi perubahan tersebut adalah penerapan kontrol PID dengan menggunakan rotary encoder sebagai sumber data umpan balik. Sensor encoder berfungsi untuk memperoleh informasi kecepatan aktual motor, kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan nilai target sehingga menghasilkan nilai kesalahan (*error*) yang digunakan dalam proses pengendalian. Penelitian sebelumnya menunjukkan

bahwa kombinasi kontrol PID dan encoder mampu menjaga kecepatan motor DC agar tetap mendekati nilai referensi yang telah ditentukan.

Pengukuran kecepatan motor menggunakan rotary encoder juga telah diterapkan pada sistem pengendalian RPM motor DC. Data hasil pembacaan encoder digunakan sebagai masukan bagi algoritma PID untuk menentukan tindakan koreksi terhadap kecepatan motor. Melalui mekanisme tersebut, sistem dapat melakukan penyesuaian terhadap perubahan kecepatan yang terjadi selama proses operasi. Penelitian terdahulu membuktikan bahwa penggunaan encoder yang dikombinasikan dengan PID controller mampu digunakan untuk mengendalikan RPM motor DC secara lebih stabil sehingga mendukung penerapan sistem kendali berbasis *closed-loop* (Ammar Rasyid et al., 2024).

Selain penggunaan sensor umpan balik, pengaturan nilai PWM juga menjadi bagian penting dalam sistem kendali motor DC. Besarnya sinyal PWM yang diberikan kepada driver motor akan memengaruhi daya yang diterima motor sehingga berdampak terhadap perubahan kecepatan putaran. Penerapan kontrol PID pada sistem pengaturan kecepatan motor DC menunjukkan bahwa metode tersebut mampu meningkatkan performa respons sistem dibandingkan sistem tanpa pengendalian. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan PID dapat memperbaiki karakteristik respons motor dengan menurunkan nilai kesalahan steady-state, mengurangi overshoot, serta mempercepat pencapaian kondisi stabil (*settling time*) (Kuncahyo, 2018).

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian sebelumnya, metode PID terbukti dapat digunakan untuk mengatur serta mempertahankan kestabilan kecepatan motor DC, sedangkan rotary encoder dapat dimanfaatkan untuk memperoleh informasi kecepatan aktual sebagai masukan sistem kontrol. Pengaturan PWM juga berperan dalam menentukan besarnya kendali yang diberikan kepada motor. Meskipun demikian, penerapan kontrol PID pada robot penyambut tamu yang diuji pada berbagai karakteristik permukaan masih memiliki peluang untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode PID pada sistem penggerak robot penyambut tamu dengan pengujian pada beberapa jenis permukaan, yaitu keramik, karpet, paving block, dan aspal, untuk

menganalisis kemampuan sistem dalam mempertahankan kecepatan motor mendekati nilai setpoint.

dasar penelitian ini, rangkuman penelitian tersebut disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitiann Terdahulu		Hasil
1	Judul	Design and Fabrication of Receptionist Robot	Robot dapat membantu menyambut pengunjung, memberikan informasi, mengelola janji temu, mengenali wajah, merespons perintah suara, dan mendukung aktivitas pada bagian penerimaan tamu. Penelitian ini menjadi dasar penggunaan robot untuk mendukung pelayanan awal.
	Penulis/Tahun	(Reddy dan Priyadarshini, 2024)	
	Metodologi	Pengendali utama: Raspberry Pi Pemrograman: Python Metode: Speech recognition, natural language processing, dan facial recognition Perangkat: Kamera, mikrofon, layar, speaker, serta sensor ultrasonik dan inframerah	
2	Judul	Kestabilan Kecepatan Mobile Robot pada Lintasan Mendatar, Tanjakan serta Turunan	Kondisi lintasan memengaruhi kestabilan kecepatan mobile robot. Respons kecepatan berbeda ketika robot bergerak pada lintasan mendatar, menanjak, dan menurun, sehingga karakteristik lintasan perlu diperhatikan
	Penulis/Tahun	Umam, Wahyuni, dan Budiarto (2019)	
	Metodologi	Pengujian mobile robot dilakukan pada kondisi lintasan mendatar, menanjak, dan menurun untuk melihat	

		perubahan respons dan kestabilan kecepatan robot pada masing-masing lintasan.	dalam perancangan sistem kendali.
3	Judul	Sistem Kendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Penggerak Unmanned Ground Vehicle untuk Aplikasi Industri Pertanian	Kontrol PID mampu mengoreksi perubahan kecepatan motor agar tetap mendekati nilai yang ditentukan. Penelitian ini menunjukkan bahwa PID dapat diterapkan untuk menjaga kestabilan kecepatan motor pada kendaraan bergerak.
	Penulis/Tahun	Purbowaskito dan Hsu (2017)	
	Metodologi	Kontrol PID diterapkan pada motor DC penggerak Unmanned Ground Vehicle (UGV) menggunakan sistem kendali tertutup untuk menjaga kecepatan motor tetap mengikuti nilai referensi.	
4	Judul	Kendali Kecepatan Robot Beroda Omni dengan Kemampuan Menuju Posisi dan Orientasi yang Diinginkan Berbasis Pengendali PID	PID dapat digunakan untuk menyesuaikan kecepatan roda sesuai kebutuhan pergerakan robot. Sistem kendali membantu mempertahankan respons roda agar robot dapat mencapai posisi dan orientasi yang ditentukan.
	Penulis/Tahun	Wahab, Zaskie, dkk. (2021)	
	Metodologi	Kontrol PID digunakan untuk mengendalikan kecepatan masing-masing roda pada robot omni agar robot dapat	

		bergerak menuju posisi dan orientasi yang diinginkan.	
5	Judul	Pengendalian RPM pada Motor DC Encoder dengan PID Controller Berbasis Simulink.	Encoder dapat digunakan untuk membaca RPM motor DC dan menyediakan data umpan balik bagi kontrol PID. Pengujian terbaik menghasilkan overshoot 1,07% dan settling time 2,54 detik, sehingga mendukung penggunaan encoder dan PID untuk pengendalian kecepatan motor.
	Penulis/Tahun	Rasyid dkk. (2024)	
	Metodologi	Algoritma: PID; pengendali: Arduino Uno; sensor: encoder; driver: L293D; kendali keluaran: PWM. Data encoder digunakan untuk membaca RPM sebagai umpan balik pada sistem kendali.	

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem PID

Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan metode pengendalian berbasis *closed-loop* yang digunakan untuk menjaga keluaran sistem agar tetap mengikuti nilai referensi atau *setpoint*. Cara kerjanya dilakukan dengan membandingkan nilai target dengan nilai aktual yang diperoleh dari sensor. Perbedaan antara kedua nilai tersebut disebut sebagai *error* dan digunakan oleh kontroler untuk menentukan besarnya tindakan koreksi. (Supriadi et al., 2024) menerapkan pengendali PID pada sistem penggerak roda robot dan menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengatur respons kecepatan berdasarkan nilai acuan yang diberikan. Secara umum, error dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$e(t) = \text{Setpoint} - \text{Kecepatan Aktual} \quad 2-1$$

Keterangan:

$e(t)$ = error

Setpoint = kecepatan yang diinginkan

Kecepatan Aktual = kecepatan motor yang terbaca oleh rotary encoder

Secara umum, rumus PID adalah sebagai berikut :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad 2-2$$

Keterangan:

$u(t)$ = output kontrol PID

K_p = konstanta Proportional

K_i = konstanta Integral

K_d = konstanta Derivative

$e(t)$ = error

t = waktu

Bagian Proportional berfungsi memberikan koreksi berdasarkan besar kecilnya error. Bagian Integral berfungsi mengurangi error yang masih tersisa agar kecepatan motor semakin mendekati setpoint. Bagian Derivative berfungsi meredam perubahan error yang terlalu cepat agar gerakan motor lebih stabil dan tidak mudah berosilasi.

Komponen Proportional (P) memberikan koreksi sesuai besar error, komponen Integral (I) membantu mengurangi steady-state error, sedangkan komponen Derivative (D) berfungsi meredam perubahan respons yang terlalu cepat. (Supriadi et al., 2024) menunjukkan bahwa pengaturan parameter PID berpengaruh terhadap kestabilan dan respons sistem.

Pada pengendalian kecepatan motor DC, rotary encoder digunakan sebagai sensor umpan balik untuk membaca kecepatan aktual motor. Data encoder dapat digunakan sebagai umpan balik, sedangkan pengaturan kecepatan dilakukan melalui sinyal PWM. Penerapan PID pada motor DC juga untuk menjaga kecepatan motor agar mengikuti nilai referensi (Latif et al., 2020).

Pada penelitian ini, PID diterapkan pada motor kanan dan kiri robot dengan setpoint 35 RPM. Nilai RPM dari rotary encoder dibandingkan dengan setpoint untuk memperoleh error, kemudian kontroler menyesuaikan PWM pada driver motor. Mekanisme ini digunakan agar kecepatan motor tetap stabil ketika robot bergerak pada permukaan keramik, karpet, paving block, dan aspal.

2.2.2 Respon Kinerja Kecepatan Motor DC

Respons kecepatan motor DC menggambarkan perubahan kecepatan motor sejak diberikan masukan hingga mencapai keadaan stabil. Tahapan perubahan tersebut disebut sebagai transient response. Respons motor dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tegangan masukan, karakteristik kelistrikan motor, beban mekanis, serta metode pengendalian yang diterapkan. Karakteristik dinamis motor DC terbentuk dari interaksi antara bagian elektrik dan mekanis pada motor (Mahfouz et al., 2013).

Pada sisi elektrik, tegangan armatur menghasilkan arus yang digunakan untuk menggerakkan motor. Ketika poros motor mulai berputar, akan timbul gaya gerak listrik balik atau back electromotive force (back EMF) yang nilainya berkaitan dengan kecepatan sudut motor. Hubungan tegangan pada rangkaian armatur dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\omega = \frac{E_a}{k\phi} = \frac{V - I_a R_a}{k\phi} \quad 2-3$$

Keterangan:

E_a : Gaya gerak listrik balik / *Back EMF* (Volt)

V : Tegangan suplai armatur/jangkar (Volt)

I_a : Arus armatur (Ampere)

R_a : Resistansi internal armatur (Ω)

ω : Kecepatan sudut motor (rad/s)

ϕ : Fluks magnetik (Weber)

k : Konstanta konstruksi fisik motor

Respons kecepatan motor DC dipengaruhi oleh tegangan, arus, dan karakteristik mekanis. Dalam pemodelan, motor dapat disederhanakan dengan

mengabaikan induktansi armatur ketika dinamika listrik dianggap lebih cepat daripada dinamika mekanis (Sumbung & Letsoin, 2020).

Kinerja respons motor dapat dianalisis menggunakan *rise time*, *settling time*, *maximum overshoot*, dan *steady-state error*. Parameter tersebut digunakan untuk menilai kecepatan respons, waktu mencapai kondisi stabil, besarnya lonjakan, dan kesalahan pada kondisi tunak (Saad et al., 2021).

Pada penelitian ini, keempat parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi respons motor pada *setpoint* 35 RPM. Kecepatan motor dibaca menggunakan *rotary encoder* dan diuji pada permukaan keramik, karpet, paving block, dan aspal untuk mengetahui kemampuan sistem kendali dalam mempertahankan kestabilan kecepatan.

2.2.3 *Revolutions Per Minute (RPM) dan Rotary Encoder*

Revolutions Per Minute (RPM) merupakan satuan yang menunjukkan jumlah putaran suatu poros dalam waktu satu menit. Pada motor DC, nilai RPM digunakan untuk menggambarkan kecepatan putaran poros motor. Informasi tersebut penting pada sistem *mobile robot* karena perubahan kecepatan putaran motor akan memengaruhi pergerakan roda dan kecepatan robot.

Pengukuran kecepatan motor dapat dilakukan menggunakan *rotary encoder*. *Rotary encoder* menghasilkan sinyal berupa pulsa yang dapat diolah untuk memperoleh nilai kecepatan putaran motor dalam satuan RPM. Hasil penelitian mereka juga menunjukkan bahwa *rotary encoder* memiliki tingkat kesalahan pengukuran yang rendah dalam pembacaan kecepatan motor DC (Aryanto & Sukir, 2023).

Pada penelitian ini digunakan *magnetic rotary encoder* yang terpasang pada motor DC *gearbox* PG45. Encoder magnetik bekerja dengan memanfaatkan perubahan medan magnet akibat putaran poros motor. *Magnetic rotary encoder* pada motor DC dapat menggunakan cincin magnet yang berputar bersama poros dan sensor *Hall Effect* yang berada di dekat magnet. Perubahan medan magnet akan dideteksi oleh sensor dan diubah menjadi pulsa digital dengan frekuensi yang berkaitan dengan kecepatan putaran poros (Palacín & Martínez, 2021).

Pada encoder tipe *quadrature*, informasi putaran diperoleh dari dua kanal sinyal sehingga dapat digunakan sebagai umpan balik pada sistem pengendalian

motor. *Magnetic quadrature encoder* pada motor DC sebagai sensor umpan balik dalam sistem kendali kecepatan untuk aplikasi *mobile robot* (Bitriá & Palacín, 2022).

Secara umum, nilai RPM berdasarkan pulsa encoder dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$RPM = \frac{\text{Jumlah Pulsa}}{PPR} \times \frac{60}{\text{Waktu Pengukuran}} \quad 2-4$$

Keterangan:

RPM = kecepatan putaran motor dalam satuan putaran per Menit.

Jumlah Pulsa = jumlah pulsa yang terbaca oleh rotary encoder.

PPR = jumlah pulsa yang dihasilkan encoder dalam satu putaran penuh.

Waktu Pengukuran = waktu pembacaan pulsa dalam satuan detik.

Perhitungan tersebut dilakukan dengan membandingkan jumlah pulsa yang terbaca terhadap nilai PPR encoder dalam interval waktu tertentu, kemudian dikonversi ke satuan menit. Prinsip pengukuran kecepatan berdasarkan pulsa encoder, yaitu sinyal keluaran encoder diproses untuk memperoleh nilai kecepatan putaran motor. *Incremental rotary encoder* 600 PPR untuk membaca kecepatan motor DC dan menggunakan PWM sebagai bagian dari sistem pengaturan kecepatan (Wibowo, 2020).

Pada penelitian ini, nilai RPM aktual dari *rotary encoder* digunakan sebagai sinyal umpan balik pada sistem kontrol PID. Nilai tersebut dibandingkan dengan *setpoint* sebesar 35 RPM sehingga diperoleh nilai *error*. Selanjutnya, *error* diproses oleh kontroler untuk menentukan nilai Pulse Width Modulation (PWM) yang diberikan kepada *driver motor*. Ketika RPM aktual berada di bawah *setpoint*, sistem melakukan koreksi untuk meningkatkan keluaran motor. Sebaliknya, ketika RPM mendekati atau melebihi nilai *setpoint*, PWM disesuaikan agar kecepatan motor tetap stabil.

Penggunaan *rotary encoder* memungkinkan perubahan kecepatan motor kanan dan kiri dipantau selama robot bergerak. Data RPM tersebut digunakan untuk

mengevaluasi kemampuan sistem dalam mempertahankan kecepatan motor ketika robot melewati permukaan keramik, karpet, paving block, dan aspal. Contoh Rotary Encoder PG45 dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sensor Rotary Encoder
(Diadaptasi dari (Palacín dan Martínez, 2021))

2.2.4 Motor DC PG45

Motor DC PG46 digunakan untuk menggerakkan roda utama pada robot. Pemilihan ini, menyesuaikan kebutuhan motor dengan torsi yang besar agar mudah motor menggerakkan robot sampai berat tertentu.

Spesifikasi

- Built-in Planetary Gearbox PG45
- V_{suplai} : DC 24v
- Arus : 4A
- Daya : 60W
- Speed : 500 rpm
- Torsi : 25 kg
- Berat : 800 gr
- Dimensi Body : P 12,5 cm x diameter 4,5 cm.

Contoh Motor DC PG45 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Motor DC PG45
(Diadaptasi dari (Siswoyo dan Arianto, 2022))

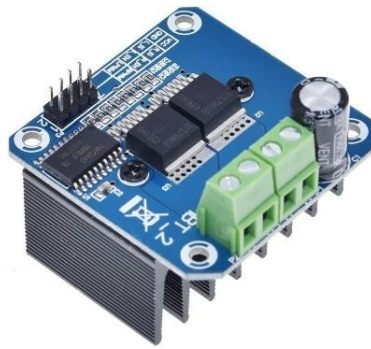
2.2.5 Driver Motor BTS7960

Untuk mengatur arah putaran motor, digunakan modul Motor Driver H-Bridge Module IBT-2. Driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27V DC, sedangkan tegangan input level antara 3,3V - 5V DC. Driver motor ini sudah menggunakan rangkaian full H-Brige dengan IC BTS 7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebih. Berikut detail spesifikasi modul ini.

Spesifikasi

1. Double BTS7960 high current (43A) H-bridge drivers
2. Input voltage: 6V-27V
3. Model: IBT-2
4. Maximum current: 43A
5. Input level: 3.3-5V
6. Control mode: PWM or level

Contoh Motor Driver BTS7960 dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Driver Motor BTS7960
(Diadaptasi dari (Luqman et al., 2025))

Untuk menghubungkan modul ini dengan mikrokontroler, BTS7960 dilengkapi dengan pin kontrol sinyal yang mengatur arah dan kecepatan putaran motor. Pin kontrol utama tersebut terdiri dari pin RPWM (*Right PWM*), LPWM (*Left PWM*), serta pin R_EN (*Right Enable*) dan L_EN (*Left Enable*). Dalam implementasi rangkaian, pin R_EN dan L_EN umumnya digabungkan (*jumper*) untuk dihubungkan langsung ke tegangan 5V (logika HIGH) agar *driver* selalu dalam kondisi aktif dan siap menerima perintah logika arah dari mikrokontroler.

Pengaturan arah putaran roda, baik searah jarum jam atau CW (*Clockwise*) maupun berlawanan arah jarum jam atau CCW (*Counter-Clockwise*), dikendalikan melalui kombinasi pemberian sinyal digital pada pin RPWM dan LPWM

2.2.6 Lora sx1278

LoRa (*Long Range*) merupakan teknologi komunikasi nirkabel berjangkauan jauh dengan konsumsi daya rendah. Teknologi ini menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) sehingga lebih tahan terhadap gangguan sinyal serta dapat beroperasi tanpa koneksi internet atau Wi-Fi.

Modul LoRa SX1278 bekerja pada frekuensi 433 MHz dan mendukung komunikasi dua arah melalui antarmuka SPI. Pada robot penyambut tamu, modul ini digunakan untuk mengirimkan perintah dari remot, seperti maju, mundur, berbelok, dan berhenti, menuju ESP32 pada robot. Data yang diterima kemudian diproses untuk mengendalikan motor. Contoh modul LoRa SX1278 ditampilkan pada Gambar 2.4.

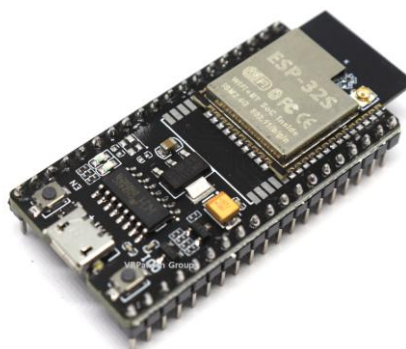


Gambar 2. 4 LoRa SX1278
(Diadaptasi dari (Satyavathi et al., 2022))

2.2.7 Mikrokontroler ESP32 DEV KIT V1

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki fitur Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi. Mikrokontroler ini banyak digunakan pada sistem robotika karena mampu membaca sensor, mengolah data, mengontrol aktuator, serta menghasilkan sinyal PWM.

Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat kendali robot penyambut tamu. ESP32 berfungsi untuk menerima perintah gerak dari joystick PS3 melalui Bluetooth, membaca data kecepatan motor dari rotary encoder, memproses algoritma PID, dan mengirimkan sinyal PWM ke driver motor untuk mengatur kecepatan motor DC gearbox PG45. Dengan kemampuan tersebut, ESP32 sesuai digunakan pada sistem kontrol kecepatan motor robot berbasis PID, sehingga robot dapat bergerak lebih stabil pada berbagai permukaan lantai. Contoh ESP32 Dev Kit V1 dapat dilihat pada gambar 2.5.

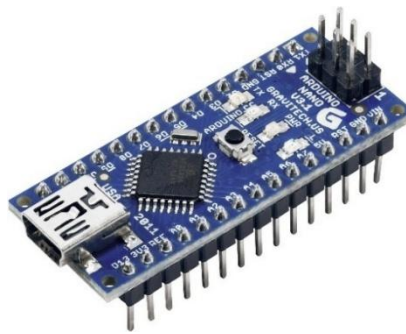


Gambar 2. 5 ESP32 Dev Kit V1
(Diadaptasi dari (Zumhari et al., 2025))

2.2.8 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan mikrokontroler berukuran kecil berbasis ATmega328P yang digunakan untuk membaca masukan dan mengendalikan perangkat keluaran. Papan ini memiliki pin digital dan analog serta mendukung komunikasi UART, SPI, dan I2C. Pemrogramannya dilakukan melalui Arduino IDE menggunakan bahasa berbasis C/C++.

Pada sistem robot penyambut tamu, Arduino Nano berfungsi mengolah data dari perangkat masukan dan meneruskannya menjadi perintah kendali. Ukurannya yang ringkas, konsumsi daya rendah, dan kemudahan integrasi menjadikannya sesuai untuk sistem robot dengan ruang terbatas. Contoh Arduino Nano ditampilkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Arduino Nano
(Diadaptasi dari (Saifanis et al., 2024))

2.2.9 LCD 20x4 I2C

LCD atau Liquid Crystal Display adalah komponen yang digunakan untuk menampilkan tulisan, angka, atau simbol pada suatu alat. Pada sistem berbasis mikrokontroler, LCD biasanya digunakan untuk menampilkan data yang sedang dibaca atau kondisi kerja alat.

LCD 20x4 memiliki 20 kolom dan 4 baris, sehingga dapat menampilkan informasi lebih banyak. LCD ini menggunakan modul I2C agar pemasangan kabel menjadi lebih mudah. Dengan modul I2C, LCD hanya membutuhkan dua pin utama, yaitu SDA untuk jalur data dan SCL untuk jalur clock.

Pada penelitian ini, LCD 20x4 I2C digunakan sebagai tampilan informasi pada robot penyambut tamu. LCD menampilkan data seperti setpoint, RPM aktual motor, nilai PWM, dan status kerja PID. Dengan adanya LCD, kondisi robot dapat

dipantau secara langsung tanpa harus selalu menggunakan serial monitor. Contoh Lcd 20x4 I2c dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Lcd 20x4 I2c
(Diadaptasi dari (Santoso et al., 2024))

2.2.10 *Joystick Dual Axis*

Joystick Dual Axis merupakan perangkat masukan yang mendeteksi gerakan tuas pada sumbu X dan Y melalui dua potensiometer. Perubahan posisi tuas menghasilkan sinyal analog yang dibaca dan diproses oleh mikrokontroler sebagai perintah kendali.

Pada remot robot penyambut tamu, sumbu Y digunakan untuk mengatur gerakan maju dan mundur, sedangkan sumbu X mengendalikan arah belok kiri dan kanan. Data tersebut kemudian dikirimkan menuju robot melalui modul LoRa. Contoh *Joystick Dual Axis* ditampilkan pada Gambar 2.8.



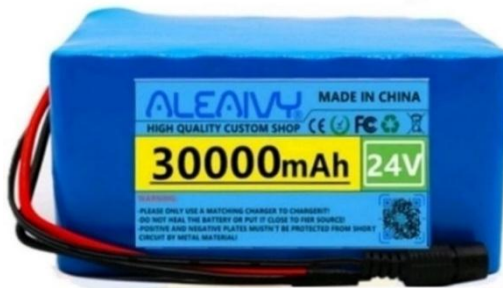
Gambar 2. 8 Joystick Dual Axis
(Diadaptasi dari (Nisa et al., 2025))

2.2.11 *Baterai 24 V*

Baterai 24 V berfungsi sebagai sumber energi utama pada sistem robot sehingga perangkat dapat beroperasi secara mandiri tanpa terhubung langsung

dengan listrik eksternal. Kapasitas baterai menentukan lama waktu penggunaan, sedangkan kemampuan arusnya disesuaikan dengan kebutuhan beban.

Pada robot penyambut tamu, baterai ini menyuplai daya ke motor DC *gearbox*, *driver* motor, mikrokontroler, dan komponen elektronik pendukung. Penggunaan baterai 24 V mendukung mobilitas serta kestabilan operasi robot selama proses pengendalian dan pergerakan. Contoh baterai 24 V ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Baterai 24 V
(Diadaptasi dari (Otoo, 2024))

2.2.12 Roda 5 inci

Roda berfungsi sebagai penopang sekaligus penggerak robot. Putaran motor diteruskan ke roda sehingga robot dapat bergerak maju, mundur, dan berbelok. Pemilihannya perlu disesuaikan dengan berat robot, kondisi lintasan, serta kestabilan gerak yang dibutuhkan.

Roda berdiameter 5 inci dipilih karena mampu menopang beban dan membantu robot bergerak lebih stabil pada permukaan yang kurang rata. Lapisan karetnya meningkatkan daya cengkeram terhadap lantai sehingga risiko selip dapat dikurangi.

Pada robot penyambut tamu, roda 5 inci dihubungkan dengan motor DC *gearbox* untuk mendukung proses navigasi. Penggunaan roda tersebut menghasilkan sistem mobilitas yang lebih efektif dan stabil. Bentuk roda 5 inci ditampilkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Roda 5 Inci
(Diadaptasi dari (Syahdani et al., 2024))