

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini, dibutuhkan tinjauan pustaka atau referensi yang berasal dari hasil penelitian sebelumnya. Adapun hasil penelitian yang dimaksud harus berkaitan dengan penelitian yang tengah dilakukan penulis. Berikut adalah tinjauan pustaka atau referensi yang digunakan penulis dalam mendukung penulisan skripsi dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Penulis	Tahun	Judul
1	Reza Murhadian dan Krismadinata	2020	Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroler PID dan Antarmuka Visual Basic
2	Aryono Priyambudi, <i>et al</i>	2018	Kendali Kecepatan Motor pada Robot dengan Empat Roda Omni Menggunakan Metode PID
3	Zuly Budiarmo, <i>et al.</i>	2020	Sistem Kendali Kecepatan Robot Mobil dengan Dua Penggerak Motor DC Berbasis Arduino
4	Wening Kharisma Mawardani <i>et al.</i>	2022	Sistem Pengaturan Kecepatan Motor dengan Metode <i>Fuzzy Logic</i> pada <i>Mobile Robot</i> untuk Menarik Troli Makanan
5	Haryanto Sihombing <i>et al</i>	2022	Sistem Kendali Robot Beroda <i>Wall – Follower</i> pada Tembok Lurus dan Berbelok menggunakan Metode PID

2.1.1 Literatur 1

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Reza Murhadian dan Krismadinata pada tahun 2020 dari Teknik Elektro, Universitas Negri Padang, dengan judul Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroler PID dan Antarmuka Visual Basic. Reza Murhadian dan Krismadinata Melakukan Penelitian ini dengan tujuan untuk menerapkan kontrol PID untuk mengatur kecepatan motor DC dengan menggunakan Arduino UNO dan antarmuka Visual Basic. Dalam alat ini, sistem kontrol PID menggunakan encoder sebagai sumber umpan balik, yang dikelola oleh Arduino UNO. Aplikasi Visual Studio digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk mengatur nilai set point dan parameter PID, serta menampilkan data dalam bentuk grafik secara real-time. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa parameter PID telah disesuaikan dengan metode trial and *error*, menghasilkan $K_p = 0,027$, $K_i = 0,0063$, dan $K_d = 0,0093$. Dari hasil penyesuaian ini, ditemukan bahwa rata-rata overshoot adalah sekitar 11,79%, waktu penyesuaian rata-rata sekitar 4,48%, dan *error steady state* sekitar 2,5%.(Muhardian and Krismadinata, 2020)

2.1.2 Literatur 2

Penelitian yang telah dilakukan oleh Aryono Priyambudi, *et al* pada tahun 2018 Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dengan judul Kendali Kecepatan Motor pada Robot dengan Empat Roda Omni Menggunakan Metode PID. Pada penelitian ini telah dikembangkan sistem penggerak robot beroda empat sebagai basis robot kontes kategori beroda. Pada penelitian ini, sistem pengendalian pergerakan robot menggunakan metode PID untuk mengatur kecepatan rotasi masing-masing roda. Tujuan dari pengendalian ini adalah agar robot dapat bergerak lurus dengan arah hadap yang konsisten. Hasil pengujian menunjukkan bahwa putaran masing-masing roda sesuai dengan nilai set point yang diberikan oleh kontrol PID. Dengan menggunakan parameter PID yang disesuaikan secara manual, ditemukan bahwa galat kecepatan motor sekitar 2,81%. Selain itu, galat simpangan yang dihasilkan dari pergerakan maju dan mundur robot dengan arah hadap yang sama sekitar 0,66%.(Priyambudi *et al.*, 2018)

2.1.3 Literatur 3

Penelitian yang telah dilakukan oleh Zuly Budiarmo, *et al* pada tahun 2020, Teknik Informatika, Universitas Stikubank dengan judul Sistem Kendali Kecepatan Robot Mobil dengan Dua Penggerak Motor DC Berbasis Arduino. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem pengendalian kecepatan pada robot mobil yang menggunakan dua motor DC. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengaturan nilai delay time dalam program memiliki dampak signifikan pada rotasi dan berhenti kedua motor DC dengan kecepatan yang setara. Dalam penelitian ini, delay time sebesar 1000 digunakan untuk mengatur waktu rotasi, sementara delay time 100 digunakan untuk mengatur waktu berhenti. Dengan pengaturan ini, motor akan berputar sejauh 1000 satuan dan berhenti sejauh 500 satuan. Untuk mengatur kecepatan, delay time yang sama diberikan pada rotasi motor kiri dan motor kanan, namun nilai delay time berhenti berbeda antara motor kiri dan motor kanan. Semakin besar perbedaan delay time "LOW" antara motor kiri dan motor kanan, maka kecepatan pergerakan akan semakin lambat dan jari-jari lingkaran yang dihasilkan akan semakin besar. (Zuly, Nurraharjo and Listiyono, 2020).

2.1.4 Literatur 4

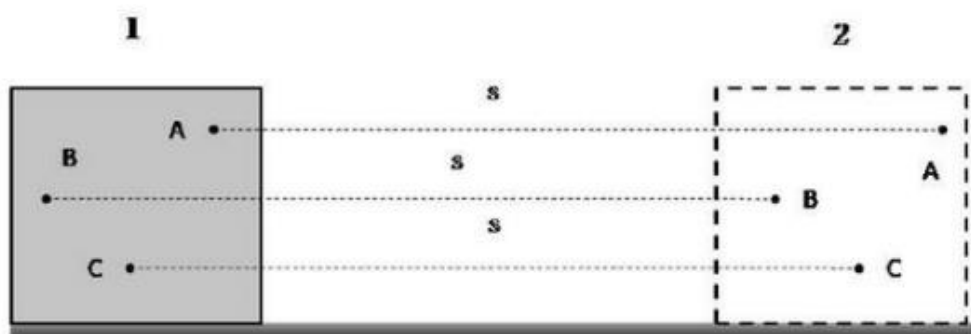
Penelitian yang telah dilakukan oleh Wening Kharisma Mawardani *et al* pada tahun 2022, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul Sistem Pengaturan Kecepatan Motor dengan Metode *Fuzzy Logic* pada *Mobile Robot* untuk Menarik Troli Makanan. Pada penelitian ini dibuat suatu mobile robot untuk menarik troli makanan dan dapat dikontrol dari jarak jauh dengan penambahan kamera untuk komunikasi antara tenaga medis dan pasien. Dari hasil penelitian, MQTT dapat digunakan sebagai protokol komunikasi antara joystick dengan mobile robot. Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan mengatur nilai adc pada joystick menggunakan metode Fuzzy dengan % eror yang dihasilkan sebesar 0.12%. Kemampuan derajat belokan roda hanya berkisar antara 60° -120° . Beban maksimum yang dapat ditarik mobile robot sebesar 63 kg (troli 28kg & beban tambahan 35kg) dengan kecepatan min 15.9 RPM.(Mawardani, Susila and Priambodo, 2022)

2.1.5 Literatur 5

Penelitian yang telah dilakukan oleh Haryanto Sihombing *et al* pada tahun 2022, Teknik Komputer, Universitas Brawijaya dengan judul Sistem Kendali Robot Beroda *Wall – Follower* pada Tembok Lurus dan Berbelok menggunakan Metode PID. Dalam penelitian ini, sebuah sistem kendali dibangun untuk robot beroda dengan tujuan agar dapat mengikuti kontur dinding yang membentuk lorong atau ruangan, yang sering disebut sebagai robot wall follower. Metode yang diterapkan dalam robot wall follower ini adalah metode PID. Penggunaan metode PID bertujuan untuk menjaga kecepatan motor pada nilai yang diinginkan dan membimbing pergerakan robot wall follower. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian implementasi sistem kendali pada robot wall follower dengan metode PID, robot ini mampu mengikuti sisi dinding arena dan menjaga performansinya pada jarak set point sekitar 16 cm, serta tetap berada dalam jarak sekitar 2 cm dari sisi dinding arena. Dalam hal ini, robot menggunakan dua sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditempatkan di bagian depan dan samping kiri untuk mendeteksi keberadaan dinding.(Sihombing, Setiawan and Akbar, 2022).

2.2 Gerak Translasi

Gerak merupakan perpindahan posisi atau kedudukan suatu titik atau benda terhadap titik acuan tertentu. Berdasarkan bentuk lintasannya gerak dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu gerak translasi dan gerak rotasi. Gerak translasi dapat didefinisikan sebagai gerak pergeseran suatu benda dengan bentuk dan lintasan yang sama di setiap titiknya(Suryati *et al.*, 2019).

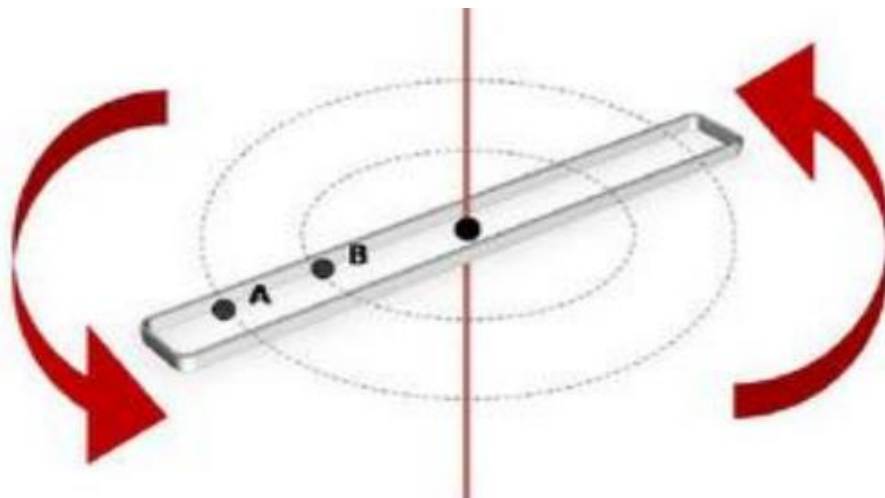


Gambar 2.1. Gerak Translasi Sebuah Balok Dengan Lintasan Lurus

(Sumber : (Suryati *et al.*, 2019)

Gerakan translasi terjadi ketika setiap titik pada benda tersebut bergerak dalam lintasan dengan bentuk dan panjang yang sama, seperti pada gambar 1. Gerak sebuah balok di atas suatu permukaan datar tanpa mengguling, dari kedudukan 1 ke kedudukan 2 pada jarak yang sama.

Gerak rotasi dapat dijelaskan sebagai pergerakan benda dengan bentuk dan jalur yang membentuk sudut rotasi. Suatu benda dikatakan melakukan gerakan rotasi ketika setiap titik pada benda tersebut mengelilingi poros atau titik tertentu, kecuali titik-titik yang terletak pada sumbu putar, yang mengikuti lintasan berbentuk lingkaran. (Suryati *et al.*, 2019).



Gambar 2.2. Gerak Rotasi

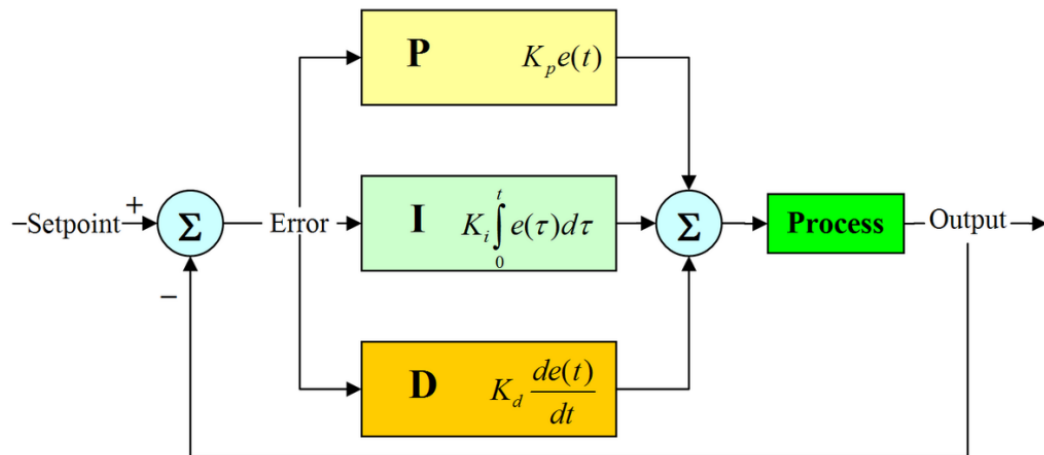
(Sumber : (Suryati *et al.*, 2019)

Penyebab suatu benda mengalami gerak translasi karena adanya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Sedangkan, penyebab suatu benda mengalami gerak rotasi karena adanya momen gaya (torsi) yang bekerja pada benda tersebut.

2.3 Proportional Integral Derivatif (PID)

Kendali PID merupakan sebuah sistem kendali tertutup menggunakan umpan balik (*feedback*) berupa tingkat kesalahan suatu variabel proses dimana tingkat kesalahan dikalikan dengan proporsional, integral, dan derivatif untuk

menghasilkan *output* yang sesuai dengan nilai variabel proses yang diinginkan. (Purbowaskito and Hsu, 2017)



Gambar 2.3. Blok Diagram PID

(Sumber : (Karnadi, 2018))

Dalam perancangan sistem kendali PID, langkah yang perlu diambil adalah mengatur parameter K_p , K_i , dan K_d agar respons keluaran sistem sesuai dengan masukan yang diinginkan.

2.3.1 Kontrol Proporsional

Kontrol Proporsional (P) melibatkan keluaran yang berkorelasi secara proporsional dengan besarnya kesalahan sinyal. Dalam istilah sederhana, output kontrol P adalah hasil perkalian antara konstanta proporsional (K_p) dengan nilai kesalahan ($e(t)$). Rumus dasar kontrol proporsional adalah

$$P = K_p e(t) \quad (2.1)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

P = Proporsional

K_p = nilai konstanta proporsional

$e(t)$ = nilai yang selalu akan berubah

Karakteristik kontrol proporsional yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Dengan nilai K_p yang kecil, kontrol proporsional hanya dapat melakukan koreksi yang kecil pada kesalahan, mengakibatkan respons sistem yang lambat.
2. Peningkatan nilai K_p mengarah pada respons sistem yang lebih cepat menuju set point dan stabilitas.

3. Jika nilai K_p terlalu besar, sistem dapat menjadi tidak stabil. Kontrol proporsional bertujuan untuk mencapai respons sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil.

2.3.2 Kontrol Integral

Kontrol Integral (I) dapat memperbaiki serta menghilangkan kesalahan tingkat keseimbangan (steady-state), tetapi pemilihan nilai K_i yang tidak tepat dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan K_i yang sangat tinggi dapat menyebabkan osilasi dalam keluaran karena peningkatan orde sistem. Rumus dasar kontrol integral adalah:

$$I = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.2)$$

Dimana :

I = Integral

K_i = nilai konstanta integral

$e(\tau)$ = nilai eror

$d\tau$ = nilai perubahan waktu

Adapun karakteristik kontrol I adalah sebagai berikut :

1. Keluaran kontrol I membutuhkan waktu tertentu dan dapat memperlambat respons sistem.
2. Ketika sinyal kesalahan bernilai nol, keluaran kontrol I akan mempertahankan nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya kesalahan dan nilai K_i .
4. K_i yang besar dapat mempercepat penghilangan kesalahan, tetapi juga dapat menyebabkan osilasi dalam keluaran kontrol.

Kontrol integral tidak dapat berdiri sendiri, maka itu harus digabungkan dengan kontrol proporsional.

2.3.3 Kontrol Derivative

Kontrol Derivatif (D) memiliki sifat operasi diferensial. Ketika masukan kontrol mengalami perubahan yang tiba-tiba, keluaran kontrol D juga akan mengalami perubahan besar dan cepat. Jika masukan tidak mengalami perubahan,

keluaran kontrol D akan tetap konstan. Ketika masukan berubah secara tiba-tiba dan cepat, keluaran dapat menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Rumus dasar kontrol derivatif adalah:

$$D = Kd \frac{de(\tau)}{d\tau} \quad (2.3)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

D = derivatif

Kd = konstanta derivatif

$de(t)$ = nilai perubahan *error*

dt = nilai perubahan waktu

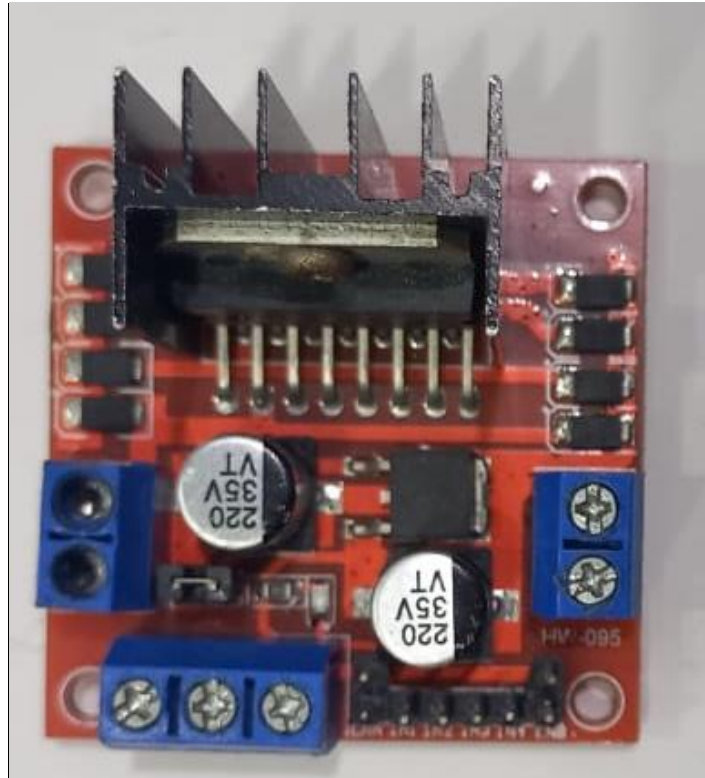
Adapun karakteristik dari control D yaitu sebagai berikut :

1. Kontrol D tidak akan menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan pada masukan.
2. Keluaran kontrol D tergantung pada perubahan waktu dan tingkat perubahan sinyal kesalahan jika sinyal kesalahan mengalami perubahan seiring waktu.
3. Kontrol D memiliki kemampuan untuk mendahului, sehingga dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum kesalahan menjadi sangat besar.
4. Meningkatkan stabilitas sistem.

Kontrol derivatif tidak berfungsi saat kesalahan statis hadir, dan oleh karena itu, sering kali digunakan bersamaan dengan kontrol proporsional dan integral untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam sistem kendali.. (Karnadi, 2018)

2.4 Driver Motor

Motor DC memiliki kebutuhan arus listrik yang besar sedangkan arus keluaran pada mikrokontroler sangat kecil, sehingga motor DC tidak dapat dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler, untuk itu dibutuhkan driver motor yang digunakan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan pada motor DC (Zuly, Nurraharjo and Listiyono, 2020).

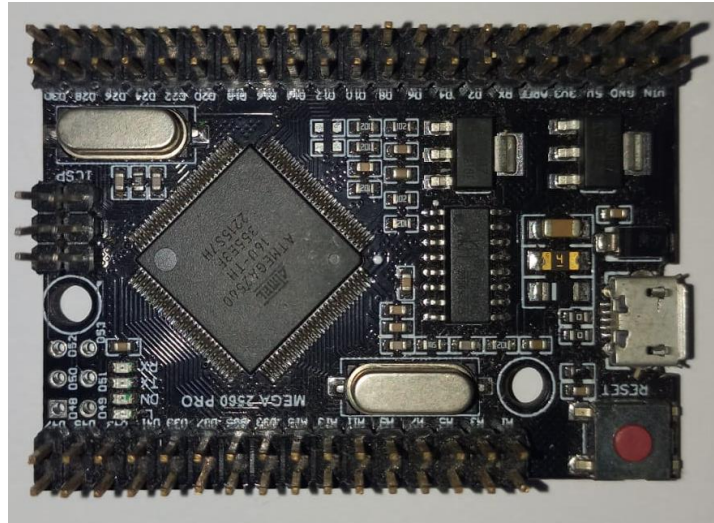


Gambar 2.4. Driver Motor L298

Pada penelitian kali ini digunakan driver motor L298N yang dapat mengontrol putaran motor DC sesuai data masukan digital dari mikrokontroler, dan pada IC L298 juga terdapat pin untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang akan mengatur kecepatan putaran pada motor DC.

2.5 Arduino Mega 2560 Pro Mini

Arduino Mega 2560 Pro Mini adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560 yang memiliki 54 pin input/output, dimana 15 pin digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 15 MHz kristal osilator, koneksi USB, dan tombol reset. Untuk gambar dan spesifikasi Arduino Mega 2560 Pro Mini dapat dilihat pada gambar 4 dan table 2.



Gambar 2.5. Arduino Mega 2560 Pro Min

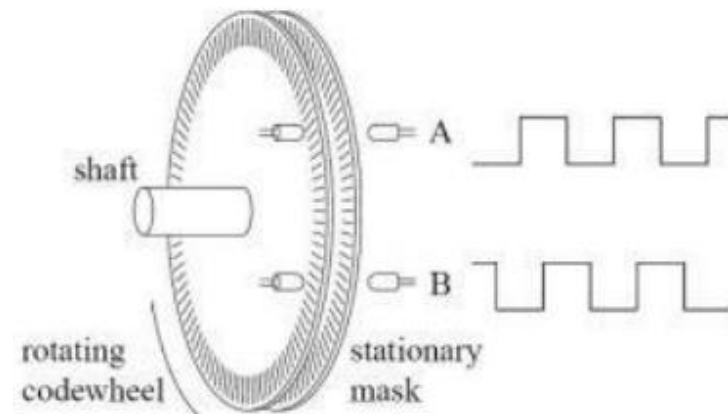
Tabel 2.2. Spesifikasi Arduino Mega 2560 Pro Mini

Prosesor	ARM Cortex-M7
Tegangan Operasi	5 V
Catu Daya	7-12 V
I/O Digital	54 buah
Pin PWM	15 buah
Analog input	16 buah
Pin Interrupt	6 buah
EEPROM	4 Kb
SRAM	8 Kb
Flash Memory	256 Kb (8Kb digunakana untuk <i>boatloader</i>)
Kecepatan Clock	16 MHz

(sumber: [Arduino - Home](#))

2.6 Rotary Encoder

Rotary Encoder adalah suatu perangkat sensor yang dapat digunakan untuk menghitung putaran poros, *Rotary encoder* biasa digunakan untuk mendeteksi pergerakan / perpindahan posisi robot. *Rotary encoder* terdiri dari *double track* atau *single track* dan dua sensor yang disebut *channel A* dan *channel B*.



Gambar 2.6. Rotary encoder

Untuk mengetahui arah rotasi, kita dapat memeriksa mana di antara kedua channel yang berada di posisi paling depan (leading) relatif terhadap yang lain. Hal ini memungkinkan kita untuk menentukan arah rotasi karena selalu ada perbedaan fase seperempat putaran antara kedua channel tersebut. Pulsa yang dihasilkan *rotary encoder* dapat dikonversikan menjadi sudut dengan menggunakan persamaan 2.2. (Karnadi, 2018)

$$Kr = 2 \times \pi \times r \quad (2.1)$$

$$Kenc \frac{cei}{ppr} \times Kr \quad (2.2)$$

2.7 Roda Mekanum

Roda mekanum adalah jenis roda yang dirancang untuk dapat bergerak ke segala arah. Roda ini terdiri dari sebuah pusat dengan rol yang miring sejauh 45 derajat terhadap sumbu rotasi. Setiap roda dapat berputar secara independen. Ketika pergerakan arah dan kecepatan setiap roda digabungkan, hasilnya adalah vektor gaya total dalam arah yang diinginkan. Ini memungkinkan robot untuk bergerak bebas ke arah vektor gaya yang dihasilkan tanpa mengubah sudut posisi roda itu

sendiri..(Veri Hendrayawan, Nanang Sulistiyanto, 2014).Pada penelitian ini digunakan roda mekanum yang memiliki diameter 97 mm.



Gambar 2.7. Roda Mekanum

2.8 Motor PG28

Motor DC adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik, pada penelitian ini digunakan motor PG28, untuk motor ini sudah terdapat sensor *rotary encoder* didalamnya dengan pulse 7ppr, dengan tegangan kerja 1.5 -24 Volt..



Gambar 2. 8. Motor PG28

Rotary internal yang sudah termasuk pada motor tergolong *rotary* dengan *pulse* rendah namun *rotary* tersebut terpasang langsung pada rotor dan dengan adanya *gearbox* sehingga *output* putaran *rotary* dapat lebih detail dalam melakukan pembacaan putaran. (Ramadhan, Siradjuddin and Dewatama, 2022)