

DESAIN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PENGAMBIL DAN PELEMPAR BOLA BERBASIS ARDUINO NANO DENGAN EFISIENSI TINGGI

Muhammad Agil Al Fatah¹, Salahuddin², Bakhtiar³, Yusman⁴, Lailul Iqbal⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: muhammadagilalfatah131@gmail.com¹, salahuddin.mt@pnl.ac.id², bakhtiar@pnl.ac.id³,
yusman@pnl.ac.id⁴, lailulikbal12@gmail.com⁵

Corresponding Author : Salahuddin

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: salahuddin.mt@pnl.ac.id

Abstrak — Robot pengambil dan pelempar bola ini dirancang menggunakan mikrokontroler Atmega 328p, motor power window, motor DC, serta tiga roda omni sebagai sistem penggerak. Robot dikendalikan nirkabel dengan *joystick*, di mana seluruh fungsi mekanik seperti gerak maju, mundur, geser, *gripper*, penarik, hingga penembak bola dapat dijalankan dengan tingkat keberhasilan 100%. Hasil uji pelemparan menunjukkan bahwa jarak optimal robot terhadap target adalah 150 cm, dengan tingkat keberhasilan 80% (8 dari 10 percobaan) dan jarak maksimum bola mencapai 288 cm. Walaupun demikian, masih ditemukan *error* arah sebesar 20% akibat keterbatasan stabilitas motor dan akurasi sudut lempar. Secara keseluruhan, sistem telah berfungsi baik sesuai perancangan, meskipun masih diperlukan perbaikan pada mekanisme pelempar untuk mencapai kinerja optimal.

Kata-kata kunci: Robot Pengambil Bola, Robot Pelempar Bola, Mikrokontroler.

Abstract— This ball-retrieving and throwing robot is designed using an Atmega 328p microcontroller, a power window motor, a DC motor, and three omni-wheels as its drive system. The robot is wirelessly controlled with a joystick, where all mechanical functions such as forward, backward, sliding, gripper, puller, and ball shooter can be executed with a 100% success rate. The throwing test results show that the optimal distance of the robot to the target is 150 cm, with an 80% success rate (8 out of 10 trials) and a maximum ball distance of 288 cm. However, a 20% error in direction was still found due to limitations in motor stability and throwing angle accuracy. Overall, the system has functioned well according to the design, although improvements are still needed to the throwing mechanism to achieve optimal performance.

Keywords: Ball-retrieving Robot, Ball-throwing Robot, Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

A. Arduino Mega 2560

Arduino Mega merupakan pengontrol yang menggunakan ATmega 2560 sebagai prosesor. Arduino Mega 2560 memiliki input 54 pin dan pin keluaran digital. Dari 54 pin tersebut, 15 pin digunakan untuk output PWM. Selain itu, ada 16 pin yang digunakan untuk input analog dan 4 pin untuk UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.

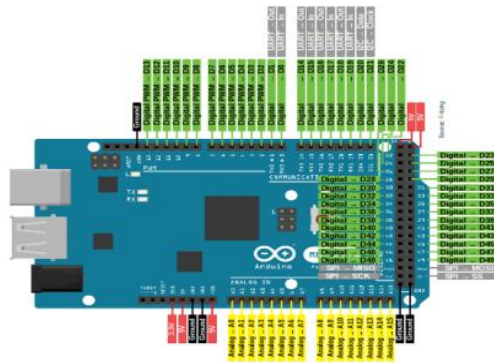
Sumber daya yang digunakan untuk Arduino Mega 2560 bersumber dari luar yang didapat dari catu daya eksternal. Arduino Mega 2560 dapat bekerja pada

tegangan 7-20 volt. Namun, jika tegangan yang digunakan melebihi 12 volt, arus yang mengalir akan besar sehingga akan membuat PCB (*Printed Circuit Board*) menjadi panas. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan. Jika tegangan yang digunakan kurang dari 7 volt, tegangan yang didapat tidak akan stabil. Board Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 1 [1].

B. Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan mikrokontroler yang kecil, fleksibel, dan mudah digunakan. Menggunakan mikrokontroler ATmega328P (pada versi 3.x) atau ATmega168. Memiliki 14 pin input/output digital, dimana 6 diantaranya dapat digunakan sebagai output

PWM. Juga terdapat 8 pin input analog. Dilengkapi dengan 32KB Flash Memory untuk menyimpan kode, 2KB SRAM, dan 1KB EEPROM. Mendukung komunikasi serial, SPI, dan I2C. Juga memiliki port USB mini-B untuk komunikasi dengan komputer dan pengisian daya. beroperasi pada tegangan 5V, dengan input tegangan yang dapat diterima melalui pin Vin atau USB dari 7-12V Beroperasi pada kecepatan 16 MHz [2].



Gbr. 1 Board Arduino Mega



Gbr. 2 Arduino Nano

C. Motor DC

Motor DC dengan penguat sendiri (*self excited*) didefinisikan sebagai motor DC dimana arus kumparan medan diperoleh dari sumber arus DC yang sama dengan arus yang digunakan pada kumparan jangkar [3].

Berdasarkan cara menghubungkan kumparan medan dan kumparan jangkar, secara umum motor dc diklasifikasi dalam 3 macam, yaitu :

1. Motor Arus Searah berpenguat shunt(paralel)
2. Motor arus searah berpenguat seri
3. Motor arus searah berpenguat kompon.

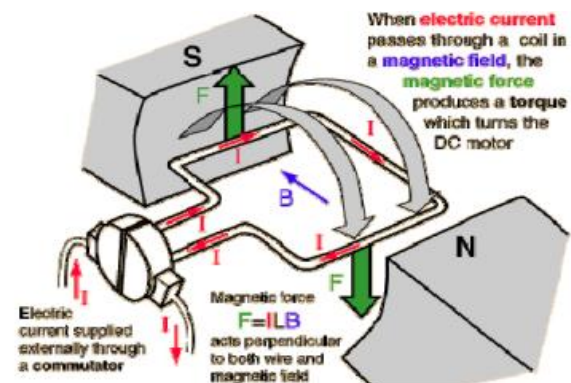
Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konverter energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lain, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai

tempat penyimpanan energi juga sekaligus proses perubahan energi, dimana proses perubahan energi pada motor arus searah dapat digambarkan pada Gambar3 [4].



Gbr. 3 Proses Konversi Energi pada Motor DC

Dengan mengingat hukum kekekalan energi, proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut: Energi listrik sebagai input = Energi mekanik sebagai output + energi yang diubah menjadi panas + Energi yang tersimpan dalam medan magnet. Konfigurasi Motor DC dapat dilihat pada Gambar 4 [5].

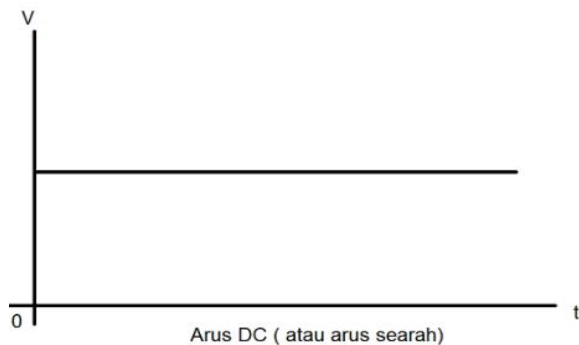


Gbr. 4 Konfigurasi motor DC

Kontrol motor dc, terdiri dari pengaturan kecepatan dan pengaturan arah putar motor. Kecepatan putar motor dc dipengaruhi oleh gaya (F) yang dihasilkan pada motor dc. Sesuai kaidah tangan kiri besarnya gaya dipengaruhi oleh medan magnet (B) dan arus (I) yang melewati rotor pada motor dc. Semakin kuat medan magnet medan magnet yang melintas pada rotor atau semakin besar arus yang melewati rotor, maka besarnya gaya yang memutar rotor akan berbanding lurus, demikian juga sebaliknya. Apabila medan magnet pada motor dc dihasilkan dari aliran arus listrik pada kumparan medan, maka pengaturan arus yang melewati kumparan medan akan mempengaruhi kekuatan medan magnet yang melintasi rotor. Sedangkan untuk mengubah arah gaya atau mengubah arah putar motor dapat dilakukan dengan membalik arah medan magnet atau membalik arus yang mengalir melalui rotor motor dc [3].

Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan 8 (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip dari arus searah adalah membalik fasa negatif dari gelombang sinusoidal menjadi gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang

berputar dalam medan magnet, dihasilkan tegangan (GGL) seperti yang terlihat pada Gambar 5 [3].



Gbr. 5 Prinsip Arus Searah [3]

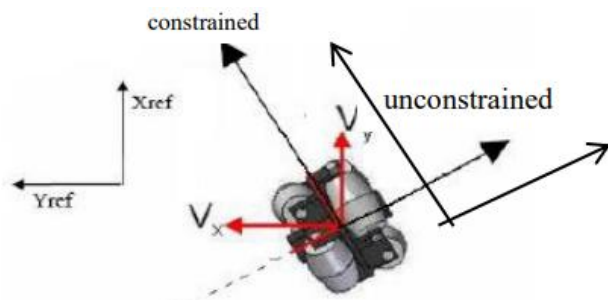
D. Roda Omni (Omni Wheels)

Roda Omni (*Omni Wheels*) adalah suatu roda unik karena memiliki kemampuan bergerak bebas dua arah. Roda ini berputar seperti roda pada umumnya serta mampu bergeser kesamping menggunakan roda di sepanjang lingkaran luar roda. Roda omni adalah rancangan roda khusus yang tidak hanya mempunyai roda tunggal, tetapi banyak roda dalam satu roda inti. Ada roda inti besar, dan sepanjang tepi ada banyak roda kecil tambahan yang mempunyai sumbu tegak lurus terhadap sumbu roda inti. Gambar roda omni dapat dilihat pada Gambar 6 [5].



Gbr. 6 Omni wheels

Untuk memahami dasar dari *omni-directional robot* yang dikembangkan, kita dapat meneliti sistem kinematika dari robot tersebut. Jika kita menginginkan pergerakan atau perpindahan robot terhadap posisi awalnya, kita harus mengetahui variabel-variabel yang berkaitan satu dengan yang lainnya yang dapat kita kontrol seperti posisi gerak dari robot dan kecepatan pada masing-masing roda. Perhitungan kinematik pada robot digunakan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal dari robot itu sendiri. Untuk arah gerak masing-masing roda seperti Gambar 7 [5].



Gbr. 7 Kinematik dari Sebuah Penggerak Omni Directional

Keterangan :

XB, YB = Sistem koordinat kartesian.

$V_i (1,2,3)$ = Arah putar roda omni.

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

δ = Sudut roda omni terhadap sumbu $Y = 30^\circ$.

Dari gambar 1 dan 2 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$V_y = V_1 \cos(\delta) - V_2 \cos(\delta)$$

$$V_x = V_3 - V_2 \sin(\delta) - V_1 \sin(\delta)$$

$$V_\theta = V_1/L + V_2/L + V_3/L$$

$$V_i (1,2,3) = w \cdot r$$

dengan,

r = Radius roda omni (cm)

w = kecepatan angular roda (rad/sec)

Maka akan mendapatkan kecepatan dari masing-masing roda omni adalah dengan cara mengalikan kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda omni. Dalam hal ini roda omni dirangkai secara simetris dengan perbedaan sudut antar roda sebesar 120° dan masing-masing roda memiliki sudut δ sebesar 30° .

E. Motor Driver BTS7960

Motor Driver BTS7960 merupakan modul motor driver yang sudah menggunakan IC BTS7960 H-Bridge sehingga sangat bagus sekali digunakan untuk mendrive sebuah motor DC dengan dua arah, yaitu *counter clock wise* (CCW) dan *clock wise* (CW). Driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi kontrol kecepatan motor dengan menggunakan PWM hingga 25 kHz. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27 V DC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V-5 V. Driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. Driver module ini sangat mudah di-interface-kan menggunakan mikrokontroler ataupun Arduino [6][7].



Gbr. 8 Motor Driver BTS7960

F. Joystick PS2

Joystick merupakan salah satu perangkat keras (hardware) masukan atau input yang berwujud tuas pengendali yang dapat bergerak ke segala arah dan dilengkapi beberapa tombol. *Joystick* adalah alat masukan computer yang berwujud tuas atau tongkat yang dapat bergerak ke segala arah [8][9].

Joystick PS2 mengirim dan menerima satu byte data secara bersamaan melalui serial komunikasi. Jam ditahan tinggi sampai satu byte akan dikirim. Sinyal clock yang dihasilkan dari *Joystick* Arduino ke PS2 untuk tetap sinkron. Itu tetap HIGH sampai satu byte data menjadi terkirim. Sinyal general yang dihasilkan dari Arduino ke joystick PS2 menjadi LOW selama proses kerjanya. Daya 3.3V dan ground diambil dari Arduino ke joystick PS2. Delapan sinyal data bit dikirim dari joystick PS2 ke Arduino sebagai transmisi serial yang sinkron ke tepi clock yang LOW. Sementara sinyal perintah mengirimkan perintah dari Arduino ke PS2 joystick sebagai transmisi serial delapan bit. proses pemancar dimulai dengan koneksi serial pada pin digital Arduino dan kemudian menentukan Bluetooth dan Pin joystick PS2. Setelah semua definisi, baud rate dan mode pin harus diatur, lalu Arduino antar ke dalam loop untuk memeriksa pin tombol setiap kali dan mengirim data dengan Bluetooth. *Joystick* PS2 [10] dapat dilihat pada Gambar 9.



Gbr. 9 Joystick PS2 [6]

Jenis *joystick* diatas adalah jenis *joystick* yang paling sering digunakan pengguna game dikarenakan joystick tersebut dapat digunakan untuk game apa saja. *Stick playstation* memiliki bagian-bagian, antara lain [9][11]:

- Kabel Stik, menghubungkan Stik Playstation dengan console.
- Mother board, inti utama dari controller
- keypad, termasuk karet stik
- Motor, untuk stik getar.

Tombol-tombol yang ada pada Stik Playstation :

- Bagian atas :
 - Sebelah kiri = arah (kanan, kiri, atas, bawah)
 - Sebelah tengah = select, start, analog
 - Sebelah kanan = X, O, Kotak, Segitiga
- Bagian bawah ;
 - Sebelah kiri = L1, L2
 - Sebelah kanan = R1, R2

Selain tombol-tombol itu masih ada L3 (dengan cara menekan analog sebelah kiri) dan R3 (dengan cara menekan analog sebelah kanan).

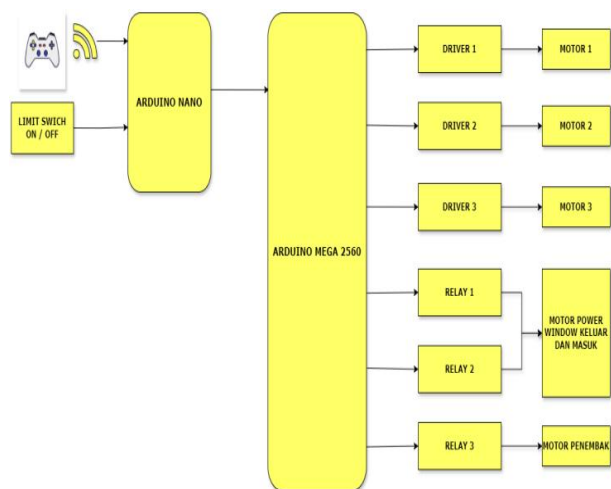
Berikut ini merupakan Konfigurasi pin connector Joystick Wireless PS2 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gbr. 10 Blok Diagram Sistem

II. METODOLOGI

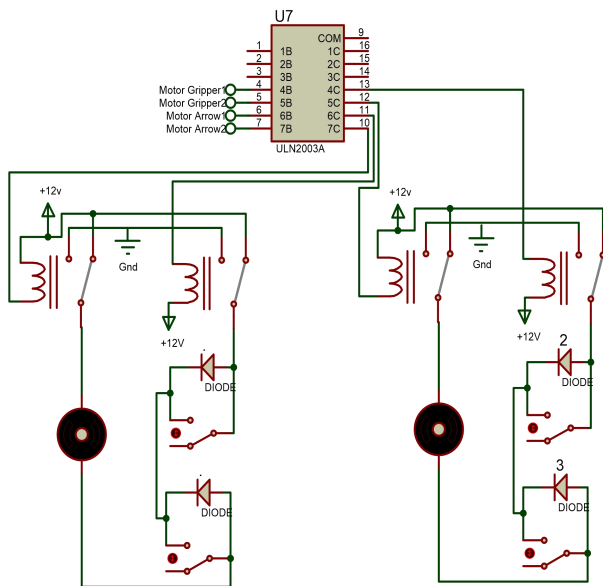
Perancangan dan Implementasi Robot Pengambil dan Pelempar bola memiliki beberapa perangkat keras. Blok diagram Perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 11.



Gbr. 11 Blok Diagram Sistem

Penjelasan diagram blok Gambar 10 adalah sebagai berikut:

- Joy stick wireless* digunakan untuk mengendalikan pergerakan robot secara wireless.
- Arduino nano sebagai pusat masukan joystick dan output dari Arduino nano masuk sebagai masukan TX Arduino mega2560.
- Arduino Mega2560 sebagai pusat pengendalian robot pengambil dan pelempar bola.
- Driver 1,2 dan 3 adalah Driver PWM digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kecepatan motor DC pada roda robot.
- Relay 1 digunakan untuk menghidupkan dan mematikan motor *power window* berputar searah jarum jam untuk memasukkan bola.
- Relay 2 digunakan untuk menghidup dan mematikan motor *power window* yang berputar berlawanan arah jarum jam untuk mengeluarkan bola.
- Relay 3 digunakan untuk menghidupkan dan mematikan motor penembak.

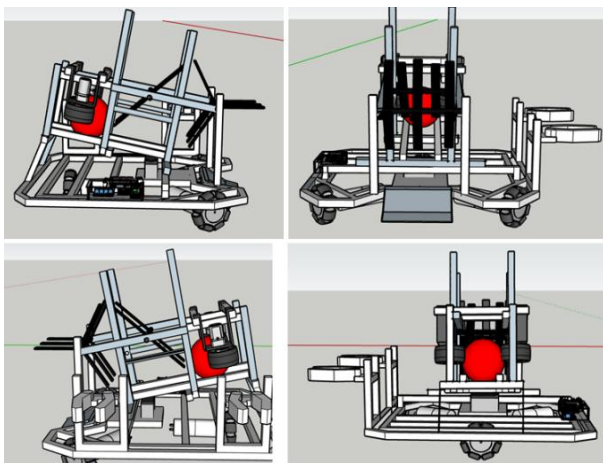


Gbr. 12 Rangkaian balik fasa motor

Perancangan rangkain balik fasa motor digunakan untuk penembak yang berputar saling berlawanan arah. Rangkaian balik fasa motor dapat dilihat pada Gambar 12.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

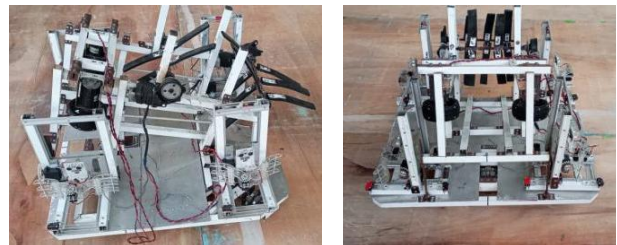
Tujuan yang diharapkan yaitu untuk mengetahui sejauh mana kinerja sistem yang telah dibuat dan untuk memahami secara mendalam penyebab ketidak-sempurnaan alat yang telah dikembangkan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang akurat dan relevan pada setiap blok rangkaian yang ada dalam robot bangau pengambil dan penembak bola. Data yang diperoleh dari setiap blok rangkaian ini akan sangat berguna untuk mengidentifikasi kelemahan atau kekurangan pada sistem yang ada, serta memberikan informasi penting yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses evaluasi dan perbaikan. Proses pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibuat dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan harapan dan spesifikasi yang telah ditentukan.



Gbr. 13 Tampak robot pengambil dan pelembar bola hasil design

Gambar 13 memperlihatkan rancangan robot pengambil dan pelembar bola dalam kondisi awal. Pada tahap desain, terlihat bahwa robot dibekali dengan mekanisme penarik berbasis motor power window untuk mengambil bola, serta sistem pelembar untuk melemparkan bola melewati *water zone* menuju target. Secara visual, tampilan hasil desain dibandingkan dengan bentuk jadi (tampak depan, samping, dan belakang) menunjukkan bahwa proses implementasi berhasil merealisasikan rancangan konseptual dengan baik. Dimensi dan proporsi komponen utama tetap terjaga, meskipun pada hasil nyata terdapat beberapa penyesuaian posisi motor dan rangka demi mendukung kestabilan serta kekuatan mekanik.

Hal ini membuktikan bahwa proses transisi dari perencanaan ke realisasi dapat dilakukan secara efektif, dengan mempertahankan fungsi utama robot: mengambil, menggenggam, menggeser, serta melempar bola.

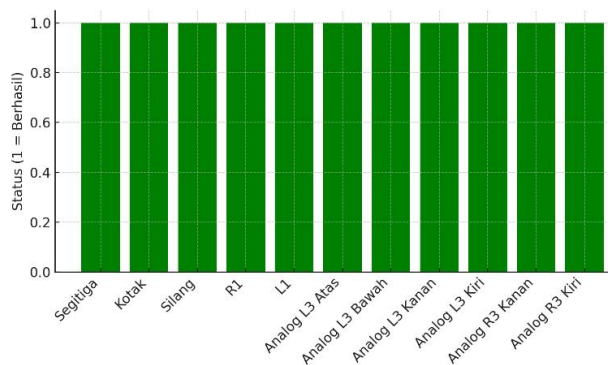


Gbr. 14 Tampak robot pengambil dan pelembar bola hasil Implementasi

TABEL I
Data Hasil Pengujian Gerak Mekanik

No.	Perintah Joystick	Output pada Robot	Hasil Pengujian
1.	Segitiga	Penembak Bola	Berhasil
2.	Kotak	Penarik Bola (Masuk)	Berhasil
3.	Silang	Penarik Bola (Keluar)	Berhasil
4.	R1	Gripper Buka	Berhasil
5.	L1	Gripper tutup	Berhasil
6.	Analog L3 Atas	Maju	Berhasil
7.	Analog L3 Bawah	Mundur	Berhasil
8.	Analog L3 Kanan	Belok Kanan	Berhasil
9.	Analog L3 Kiri	Belok Kiri	Berhasil
10.	Analog R3 Kanan	Geser Kanan	Berhasil
11.	Analog R3 Kiri	Geser Kiri	Berhasil

Tabel 1 menampilkan uji kendali gerak mekanik menggunakan perintah *joystick*. Dari 11 fungsi yang diuji, seluruhnya menunjukkan hasil “Berhasil”. Ini berarti sistem pengendali berbasis *joystick* mampu mengirimkan sinyal dengan tepat, dan setiap aktuator (motor penarik, gripper, roda penggerak, dan sistem pelembar) dapat merespons dengan baik.



Gbr. 15. Grafik menampilkan hasil pengujian gerak mekanik dengan joystick.

Kinerja ini menegaskan bahwa integrasi antara perangkat keras (motor, gripper, roda) dan perangkat lunak (kontroler joystick) sudah optimal. Tidak ditemukan kegagalan komunikasi ataupun respon yang terlambat, sehingga robot dapat bergerak secara luwes sesuai perintah operator. Dengan demikian, dari sisi mekanisme kendali dasar, robot sudah memenuhi standar fungsionalitas yang dirancang.

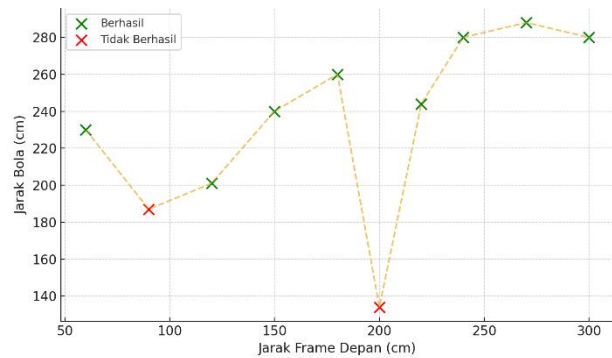
Uji pelemparan bola dilakukan pada variasi jarak robot terhadap frame depan. Dari 10 percobaan, 8 kali berhasil dan 2 kali tidak berhasil, dengan tingkat keberhasilan 80%.

- Keberhasilan dominan terlihat pada jarak 150 cm hingga 300 cm, di mana bola mampu melewati *water zone* (100 cm) dan mencapai target dengan jarak lempar rata-rata > 230 cm.
- Kegagalan terjadi pada jarak 90 cm (187 cm lemparan) dan 200 cm (134 cm lemparan). Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat titik kritis tertentu, di mana sudut lempar, kecepatan bola, serta momen motor tidak sepenuhnya sinkron, sehingga bola gagal mencapai jarak optimal.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa jarak ideal robot ke *frame* depan adalah 150 cm, dengan motor pelembar beroperasi pada kecepatan maksimum. Kondisi ini memberikan akurasi dan konsistensi terbaik untuk melewati *water zone*.

TABEL II
Data Hasil Pengujian Gerak Mekanik

Percobaan	Frame Depan	Jauh Bola	Hasil Pengujian
1	60 cm	230 cm	Berhasil
2	90 cm	187 cm	Tidak berhasil
3	120 cm	201 cm	Berhasil
4	150 cm	240 cm	Berhasil
5	180 cm	260 cm	Berhasil
6	200 cm	134 cm	Tidak berhasil
7	220 cm	244 cm	Berhasil
8	240 cm	280 cm	Berhasil
9	270 cm	288 cm	Berhasil
10	300 cm	280 cm	Berhasil



Gbr. 16 Grafik menunjukkan hubungan antara jarak *frame* depan dengan jarak lempar bola.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mekanik robot sudah berjalan sesuai desain. Semua fungsi dasar bekerja baik, mulai dari pengambilan, penarikan, penguncian bola, pergerakan arah, hingga pelepasan bola. Namun, dari sisi pelemparan, tingkat keberhasilan belum mencapai 100%, yang menandakan adanya aspek yang perlu ditingkatkan, seperti:

1. Stabilitas motor pelempar, agar konsistensi gaya lontar lebih terjamin.
2. Ketepatan sudut lempar, karena variasi kecil pada sudut dapat memengaruhi jarak dan arah bola.
3. Sinkronisasi mekanisme gripper dan penembak, untuk memastikan bola terlepas pada saat optimal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Robot pengambil dan pelempar bola berhasil direalisasikan sesuai rancangan, dengan seluruh fungsi mekanik berbasis joystick berjalan 100% berhasil.
2. Pengujian pelemparan menunjukkan jarak optimal 150 cm dengan tingkat keberhasilan 80% (8 dari 10 percobaan) dan jarak maksimum bola mencapai 288 cm.
3. Kegagalan 20% pada percobaan terutama disebabkan oleh keterbatasan stabilitas motor dan akurasi sudut lempar.
4. Sistem bekerja efisien dengan konsumsi daya rendah berkat pengaturan PWM dan relay selektif, sehingga suhu komponen tetap stabil selama pengujian.

REFERENSI

- [1] Mega, A. (2021). 2560 Rev3| Arduino Official Store.[Online]: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. *Acceso*, 2(02).
- [2] Naibaho, K. E. (2020). *Pengukur Suhu Tubuh Secara Tak Sentuh Menggunakan Sensor Suhu IR*

- Noncontact MLX90614 Berbasis Arduino Nano* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- [3] Baharuddin, B. (2012). *Sistem Kendali Kecepatan Motor DC berbasis PWM (Pulse width Modulation)* (Doctoral dissertation, Uniniversitas Hasanuddin).
- [4] Bagia, I. N., & Parsa, I. M. (2018). *Motor-motor listrik untuk mahasiswa dan umum*. Kupang: CV. Rasi Terbit.
- [5] Eliyani, E., Azka, R., Bakhtiar, B., & Akhyar, A. (2020). Rancang Bangun Robot Semi Auto Beroda Pengambil dan Pelempar Bola Rugby 7S (Pass Robot) Berbasis Mikrokontroler ATMEGA2560. *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 17(2), 57-60.
- [6] Luqman, M., Anggraheny, B., Herwandi, H., & Murtono, A. (2025). Aplikasi dan unjuk kerja motor driver L-298 dan BTS7960 sebagai power switching pada inverter. *JURNAL ELTEK*, 23(1), 9-15.
- [7] Soedjarwanto, N. (2023). Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Buck-Boost Converter Berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3s1).
- [8] Sutra, Een. (2015). *Sistem Kendali Joystik PS2 Wireless pada Robot Beroda Pemindah Barang Berbasis Arduino*. Laporan Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [9] Ali, S., Yusman, Y., Bakhtiar, B., & Raju, M. (2022). Perancangan Software Robot Pencari dan Penyusun Menara Lagori pada ABU Robocon 2022. *Jurnal Teknologi*, 22(2), 92-98.
- [10] Saputra, R., Yusman, Y., Salahuddin, S., & Mufhadhal, M. (2025, May). Robot Pengambil dan Pelempar Ring Berbasis Arduino Mega 2560. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 8, No. 1, pp. 168-173).
- [11] Rejab, K. S., & Rauf, W. E. (2017). Wireless mobile robotic arm controlled by PS2 joystick based on microcontroller. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 44-53.