

Menentukan Daya Motor Pelontar Bola Robot *Seeker* untuk Menjatuhkan Lagori Berbasis Berat dan Titik Sasaran pada Jarak Konstan

Toby Alviansya¹, Ir. Totok Winarno, M.T.², Indrazno Siradjuddin, S.T., M.T., Ph.D.³
e-mail: tobyalviansya@gmail.com, totok.winarno@polinema.ac.id, indrazno@polinema.ac.id
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Abstract (English)

Robotics is a technology whose development is very dynamic in various fields. One of the events to show their abilities and skills to build robots is ABU Robocon, where Robocon is a robot competition that is participated by students at the Asia-Pacific level and is a representative from each country every year. The main task of ABUROBOCON 2022 is that the robot can knock down "LAGORI" which is located on the middle side of the arena. That's why the author thought to create a robot that has the ability to throw the ball toward "Lagori" at a certain speed so that the resulting ejection power can knock down the "Lagori" arrangement which consists of 5 stacks of different-sized tubes. What needs to be considered in building this robot is the ejection mechanism and the speed of the throwing ball, so that the thrown ball can lead right to the target. In setting the speed of the ejector motor, this robot is designed using PID control using the Trial and Error method. The results, Proportional Integral Derivative control is very influential on the ejection of the ball where the motor speed response reaches its peak again after being given a load, namely for $t_1 = 1s$, while without control for $t_2 = 5.5s$. So the difference obtained is 3.5 seconds. This means that the motor rotation control is more stable, the rise time is faster, and it can maintain the steady state value against the setpoint.

Abstrak (Indonesia)

Robotika merupakan teknologi yang perkembangannya sangat dinamis di berbagai bidang. Salah satu ajang unjuk kemampuan dan keterampilan membangun robot adalah ABU Robocon, yaitu kompetisi robot yang diikuti oleh perwakilan mahasiswa setiap negara tingkat Asia- Pasific . Tugas utama dari ABUROBOCON 2022 ini yaitu robot dapat merobohkan sasaran yang terdapat pada sisi tengah arena pertandingan. Hal itu penulis berpikiran untuk menciptakan robot yang memiliki kemampuan untuk melontarkan bola ke arah sasaran dengan kecepatan tertentu sehingga daya lontar yang dihasilkan dapat merobohkan sasaran "Lagori" yang terdiri atas 5 susun tabung berukuran berbeda. Yang perlu diperhatikan dalam membangun robot ini yaitu mekanisme pelontaran serta kecepatan bola melontar, sehingga bola yang dilontarkan dapat merobohkan sasaran. Dalam pengaturan kecepatan motor pelontarnya, robot ini dirancang menggunakan kontrol PID menggunakan metode Trial and Error. Kesimpulan yang didapatkan Kontrol Proportional Integral Derivative sangat berpengaruh pada lontaran bola dimana respon kecepatan motor untuk mencapai titik puncak kembali setelah mendapatkan beban yaitu selama $t_1=1s$, sedangkan tanpa kontrol selama $t_2=5,5s$. Sehingga selisih yang didapat adalah 3.5 second. Hasil dari kontrol kecepatan motor DC diperoleh kecepatan yang lebih stabil, rise time lebih cepat dan dapat mempertahankan nilai steady state terhadap setpoint.

Article History

Submitted: 12 January 2024

Accepted: 21 January 2024

Published: 22 January 2024

Key Words

ball thrower robot
DC motor speed
PID Control

Sejarah Artikel

Submitted: 12 January 2024

Accepted: 21 January 2024

Published: 22 January 2024

Kata Kunci

robot pelontar bola
kecepatan motor DC
kontrol PID

PENDAHULUAN

Robotika merupakan teknologi yang perkembangannya sangat dinamis di berbagai bidang. Penerapan teknologi bidang robotik tidak hanya semata-mata untuk memenuhi kebutuhan permesinan dan elektronika, dimana penekanan perkembangannya diubah ke bidang riset lainnya.. Melihat perkembangan teknologi terapan khususnya robotika ini, dalam setiap tahunnya selalu diselenggarakan berbagai macam kontes robot dalam skala tertentu sebagai ajang unjuk kemampuan dan keterampilan membangun robot, serta menciptakan sumber daya manusia baru dalam bidang robotika. Salah satunya Robot *Seeker* (Robot Penembak) yang merupakan robot dalam perlombaan ABUROBOCON (Asia Pasific Broadcasting Union Robot Contest) yang bertugas menjatuhkan sasaran berupa “LAGORI” / menara menggunakan bola. Untuk menjatuhkan sasaran tersebut robot dapat dirancang dengan sistem pelontar yang memanfaatkan gaya gesek yang dihasilkan akibat diputarnya 2 roda secara berlawanan menggunakan Motor DC yang dikontrol, sehingga himpitan dari kedua roda dapat melontarkan bola lurus tepat mengenai sasaran. Dengan memperhatikan berat, titik sasaran serta jarak sasaran terhadap robot maka diperlukan nilai setpoint untuk menentukan kecepatan putar motor agar hasil lontaran yang dihasilkan dapat mejatuhkan 5 “Lagori” dalam satu tembakan sekaligus.

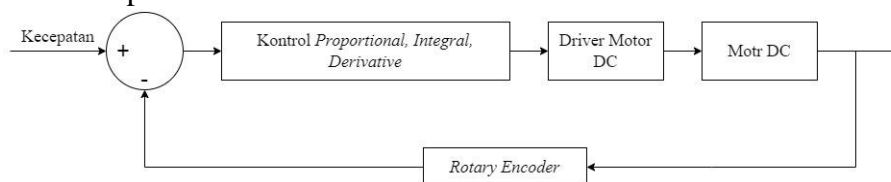
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah metode *experimental (observation)*. Metode ini merupakan suatu penelitian yang pada pelaksanaannya terdapat metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mencatat hasil secara sistematis tentang pengaruh hubungan maupun perbedaan perubahan yang telah diuji cobakan. Dalam pengambilan data, teknik yang digunakan adalah menggunakan metode *trial and error* yang merujuk kepada upaya untuk mencapai sebuah tujuan melalui berbagai cara hingga mendapatkan hasil pengujian yang paling sesuai dengan masalah.

Perancangan Sistem Alat

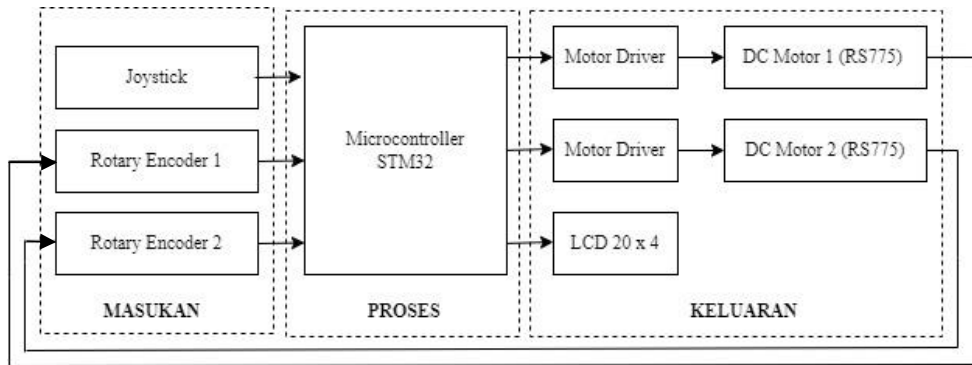
Prinsip kerja dari robot pelontar bola ini adalah ketika *joystick* memberikan perintah maka akan terdapat 2 motor yang berputar sehingga menggerakkan roda yang disusun sejajar dan diberikan ruang pada keduanya sehingga himpitan kedua roda yang diputar secara berlawanan dapat menghasilkan gaya gesek yang memberikan daya lontar sehingga setiap bola yang didorong melewati ruang tengah tersebut dapat melemparkan bola dari area tembak tepat ke target sasaran. Untuk meluncurkan bola dari alat tersebut, mekanisme yang dirancang peneliti yaitu dengan menggunakan dua roda yang diputar berlawanan, lalu ketika bola melewati ruang diantara dua roda ini akan diberikan gaya sehingga bola didorong dengan kecepatan tinggi. Skema perancangan alat, dimana diperlukan kontrol untuk mengatur kecepatan motor DC agar mendapatkan hasil yang sesuai yaitu dapat melontarkan bola sehingga dapat merobohkan susunan target dengan jarak yang telah ditentukan.

Salah satu fungsi dari komponen kontroler adalah mereduksi nilai kesalahan, yaitu perbedaan antara nilai set point yang ditentukan dengan nilai pembacaan actual yang didapatkan dari nilai pembacaan sensor.



Gambar 2. 1 Blok Diagram Kontrol

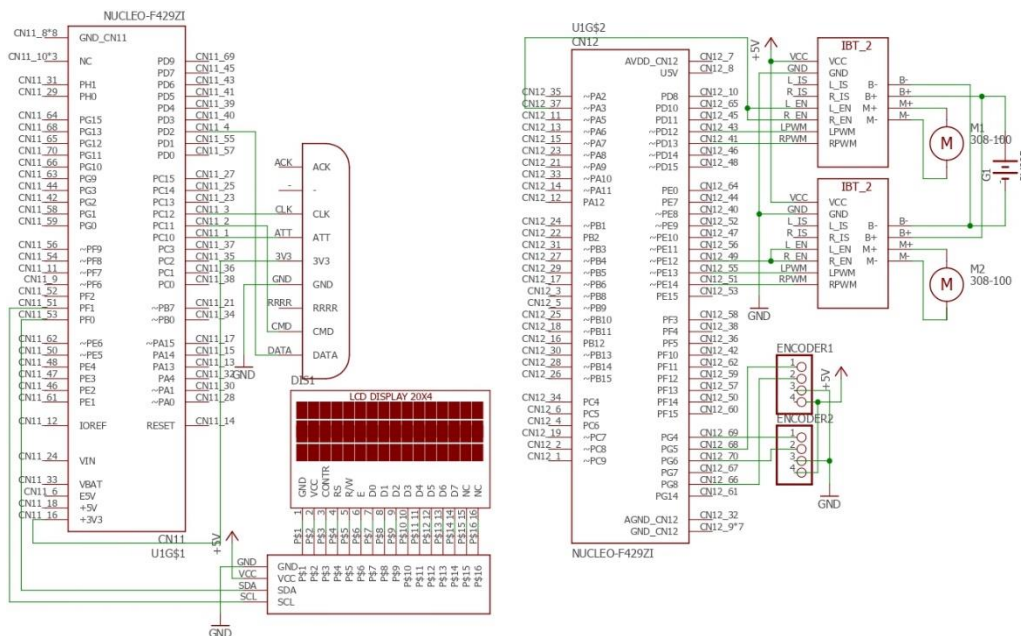
Kontrol PID digunakan untuk mempertahankan kecepatan motor agar dapat menyesuaikan setpoint yang diinginkan, mempercepat *rise time* dan menghindari *overshoot*. Driver motor digunakan untuk menyesuaikan sinyal PWM yang dikirim oleh mikrokontroler dan diubah menjadi tegangan yang dibutuhkan untuk motor DC sebagai actuator dan penggunaan sensor Rotary Encoder digunakan untuk membaca kecepatan putar Motor DC.



Gambar 2. 2 Diagram Blok Sistem

Penggunaan *joystick* adalah sebagai perintah untuk menembakkan bola. Mikrokontroler STM32 digunakan untuk mengolah hasil pembacaan sensor dan memberikan pengaturon kontrol pada motor dengan metode *Proportional Integral Derivative*. Driver motor DC IBT 2 menerima output dari mikrokontroler berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang memungkinkan pengendalian motor. Motor DC digunakan sebagai penggerak roda yang diputar berlawanan sehingga dapat memberikan daya lontar kepada bola. LCD ukuran 20x4 digunakan untuk menampilkan pembacaan aktual putaran motor.

Perancangan Elektrik



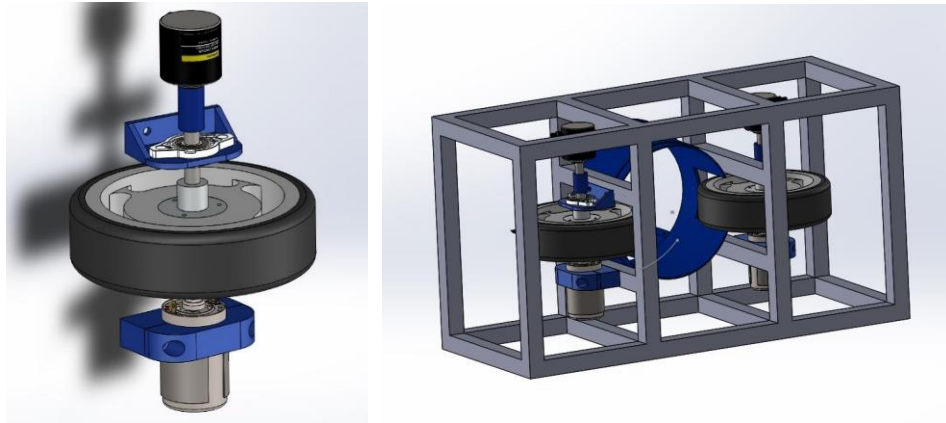
Gambar 2. 3 Main Board Elektrik

Dalam rangkaian elektrik yang digunakan melibatkan beberapa rangkaian, yaitu:

1. Sensor *Rotary Encoder* jenis *Incrementals* yang berfungsi untuk membaca kecepatan motor pelontar

- 2. *Receiver Stick* pada robot digunakan untuk menerima sinyal dari *joystick* secara *wireless* yang kemudian dikirimkan ke STM32
- 3. LCD ini dimaksudkan untuk menampilkan parameter kecepatan 2 buah motor dalam rpm.

Perancangan Mekanik

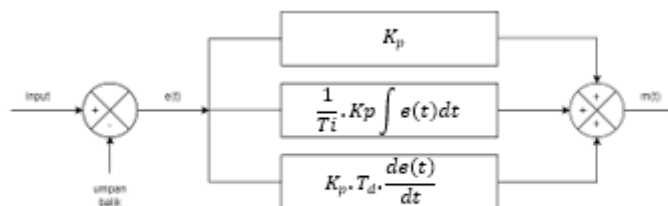


Gambar 2. 4 Gambar Desain Mekanik

Struktur mekanik harus direncanakan dengan baik dan dibuat dengan struktur yang kuat karena getaran yang dihasilkan oleh putaran motor sangat tinggi, sehingga hal itu sangat mempengaruhi kestabilan sistem dan lontaran. Dapat dilihat pada gambar 2.3 susunan roller direncanakan sedemikian menggunakan holder dan casis/rangka yang kuat sehingga kestabilan dapat terjaga. Bahan penyusun roller yaitu karet karena memiliki sifat yang elastis, hal ini mengacu dari penelitian yang dilakukan oleh Krzysztof Wójcicki, Kazimierz Puciłowski, Zbigniew Kulesza (2021), bahwa Gaya gesekan antara rol dan bola tergantung pada koefisien gesekan dan gaya tekanan antara rol dan bola. Gaya tekanan dapat diperoleh dari definisi Modulus Young untuk bola, dimana modulus young yaitu ukuran kekakuan suatu bahan elastis yang merupakan ciri dari suatu bahan yang disini merupakan benda berupa bola.

Perancangan Kontrol PID

Yang diharapkan dengan adanya kontrol yaitu *Rise time* yang cepat, *Error steady state* sama dengan atau mendekati nol, dan *Overshoot* yang minimum. Penyelesaian dari ketiganya yaitu dengan menggunakan kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Pengaturan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diatur lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. 5 Diagram Blok Kontrol PID

Pengujian dilakukan menggunakan metode *Tuning* kontrol *Proportional, Integral, Derivative*. Pengambilan data saat pengujian sistem didapatkan dari *live expression* pada *software* CubeIDE dan diolah dalam bentuk grafik. Berdasarkan percobaan yang dilakukan secara berulang / *trial and error* yaitu dengan melihat kestabilan sistem yang dapat dilihat melalui grafik.

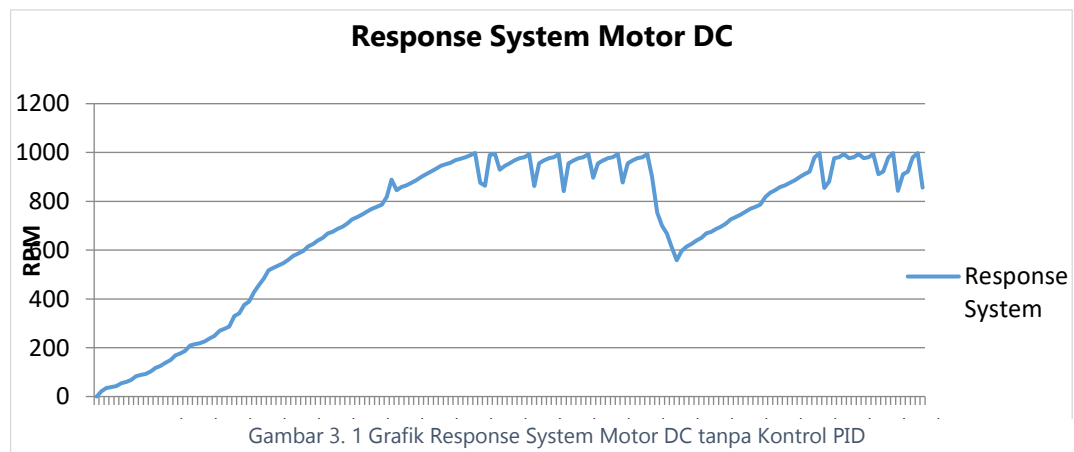
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kecepatan Motor DC RS775

TABEL II: HASIL PENGUJIAN KECEPATAN MOTOR DC RS775

PWM	Encoder (RPM)		Tachometer (RPM)		Error (%)	
	Motor 1	Motor 2	Motor 1	Motor 2	Motor 1	Motor 2
100	0	0	0	0	0	0
150	0	565	0	603	0	6.7
200	0	990	0	990	0	0
250	0	1297	0	1306	0	0.6
300	226	1700	206	1700	8.8	0
350	1254	1783	1272	1804	1.4	1.1
400	1265	2300	1200	2300	5.1	0
450	1820	2398	1832	2452	0.6	2.2
500	2383	2540	2390	2579	0.2	1.5

Pada pengujian ini difokuskan untuk mengetahui hasil pembacaan putaran motor DC oleh *rotary encoder* dengan membandingkan hasil pembacaan yang dilakukan menggunakan *tachometer*. Sehingga dapat diketahui kecepatan dari kedua motor DC, sehingga data yang diperoleh dapat menjadi acuan untuk menentukan set point kecepatan kedua motor. Pengujian *rotary encoder* dilakukan dengan pembacaan *Full Quadratur* karena pembacaan dengan *Full Quadratur* lebih akurat pembacaannya. Sehingga pembacaan pulsa yang dihasilkan oleh encoder akan diolah oleh kontroler.



Pengujian motor ini merupakan pengujian kecepatan motor tanpa kontrol PID dan menggunakan frekuensi sebesar 15 kHz, sehingga dalam performanya masih terdapat beberapa kekurangan, diantaranya *Rise Time* / lama waktu yang diperlukan respon menuju *setpoint* sangat lambat mencapai 7.5 detik, ketika diberikan beban berupa bola yang dilontarkan melalui kedua roller yang diputar oleh kedua motor tersebut, sistem lambat untuk menuju titik puncak

kembali sehingga tidak memungkinkan dilakukan pelontaran bola secara beruntun, karena kecepatan motor belum mencapai titik puncaknya.

Oleh karena itu, motor dc perlu diberikan kontrol agar performanya lebih stabil. Yang diharapkan dengan adanya kontrol yaitu *Rise time* yang cepat, *Error steady state* sama dengan atau mendekati nol, dan *Overshoot* yang minimum. Penyelesaian dengan menggunakan kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*).

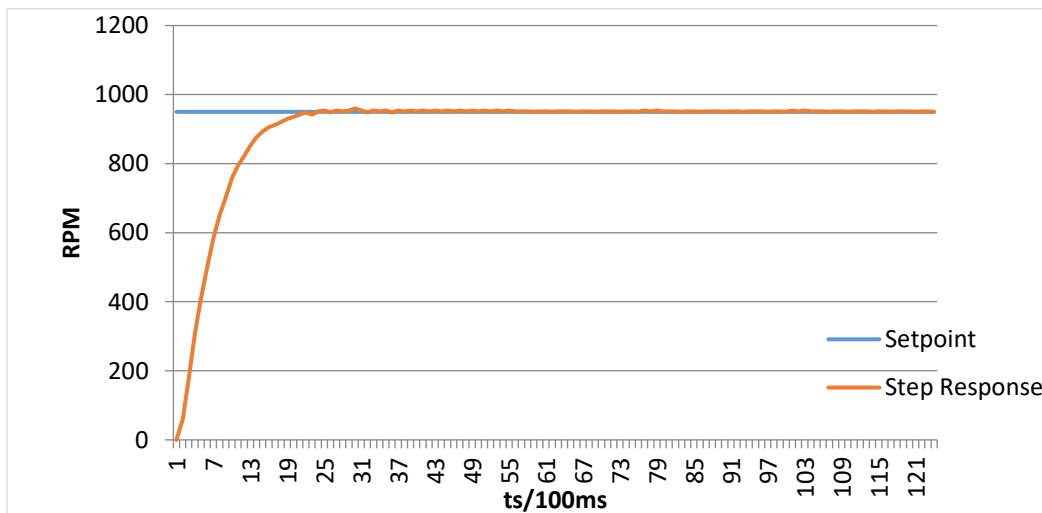
Pengujian dan Analisa Kontrol PID

Percobaan dilakukan dengan tuning atau memberikan nilai KP, Ki / Kd hingga didapatkan grafik terbaik yang mendekati nilai setpoint, grafik terlihat stabil dengan tidak adanya osilasi dan nilai overshoot mendekati atau sama dengan 0 (0%). Dari beberapa kali percobaan yang dilakukan, nilai terbaik dari tuning control PID yaitu Kp 0.8, Ki 0.007, Kd 0.6 pada Motor 1, dan Kp 0.8, Ki 0.004, Kd 0.8 pada Motor 2.

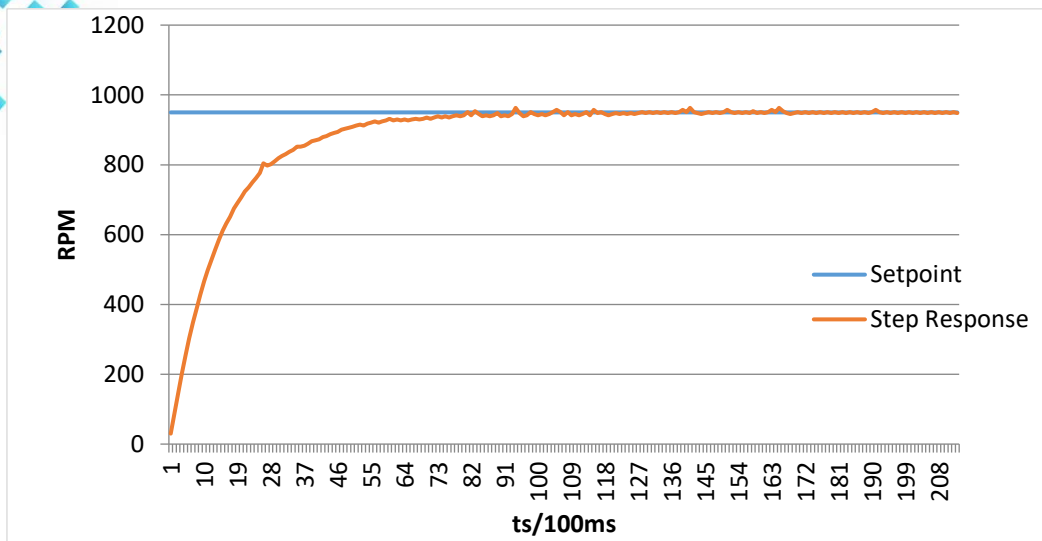
TABEL IV : NILAI SETPOINT DAN HASIL PEMBACAAN KECEPATAN MOTOR

Setpoint		Encoder (RPM)		Tachometer (RPM)	
Motor 1	Motor 2	Motor 1	Motor 2	Motor 1	Motor 2
950	950	951	951	950.5	951.7
1200	1200	1204	1203	1202.8	1203.5
1500	1500	1504	1505	1503.6	1504.5

Grafik dari pembacaan serta respon sistem Motor 1 dan Motor 2 ditampilkan pada gambar dibawah:



Gambar 3. 2 Grafik Motor 1



Gambar 3. 3 Grafik Motor 2

Dari hasil pengujian dengan nilai $k_p = 0.8$, $k_i = 0.007$, $k_d = 0.6$ pada motor 1, dan $k_p = 0.8$, $k_i = 0.004$, $k_d = 0.8$ pada motor 2, didapatkan bahwa sistem tidak mengalami overshoot, dengan rise time motor 1 selama 2.1 detik dan motor 2 selama 2.6 detik, sehingga sistem dapat dinilai berjalan dengan baik dan stabil sehingga digunakan untuk melontarkan bola.

Pengujian Pengaturan Kecepatan Motor DC pada saat Melontarkan Bola

Tujuan dari pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai setpoint dari kedua motor untuk mendapatkan hasil lontaran bola yang lurus kedepan, hal ini dikarenakan target sasaran berupa “Lagori” tepat berada di depan Robot *Seeker* yang berjarak 3.5 m. Dari hasil pengujian sebelumnya diketahui bahwa dengan nilai PWM yang sama dan tipe motor dc yang sama tetapi kecepatan putar yang dihasilkan tidak selalu sama. Maka dari itu perlu dilakukannya pengaturan kecepatan Motor DC agar hasil lontaran yang dihasilkan dapat sesuai. Beberapa nilai setpoint telah dilakukan percobaan yang ditampilkan pada table berikut:

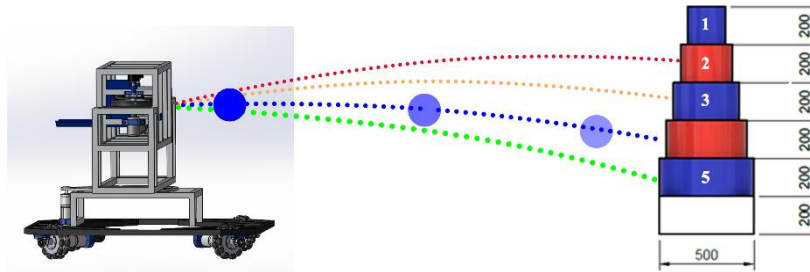
TABEL IV : PENGATURAN NILAI SETPOINT MOTOR DC

Setpoint		Kondisi Bola
Motor 1	Motor 2	
950 RPM	950 RPM	Melengkung ke kiri
950 RPM	1200 RPM	Melengkung ke kiri
950 RPM	1500 RPM	Melengkung ke kiri
950 RPM	1750 RPM	Lurus

Pengujian kedua motor ini dilakukan dengan kondisi mekanik roda/ *roller* dan *encoder external* telah terpasang. Keadaan seperti ini dapat terjadi dikarenakan kecepatan Motor DC memiliki output yang berbeda., beban putaran pada motor dc berbeda-beda, dan struktur mekanik dari kedua motor mempengaruhi kecepatan putar motor.

Pengujian Menentukan Kecepatan Motor Pelontar dan Titik Sasaran

Untuk menentukan kecepatan motor dc yang sesuai dengan lontaran bola agar dapat merobohkan sasaran adalah dengan metode trial error kecepatan motor dan arah lontaran bola terhadap sasaran seperti ilustrasi dibawah:



Gambar 3. 4 Ilustrasi Robot terhadap Sasaran

Pada pengujian ini telah dilakukan beberapa kali percobaan dengan sistem *trial and error* sehingga terdapat beberapa data yang ditampilkan pada tabel berikut:

TABEL V: NILAI SETPOINT DAN HASIL LONTARAN

No.	Setpoint (RPM)		Keterangan
	Motor 1	Motor 2	
1	500	1300	tidak mengenai,lagori tidak jatuh
2	600	1400	tidak mengenai , lagori tidak jatuh
3	700	1500	tidak mengenai , lagori tidak jatuh
4	800	1600	mengenai , lagori jatuh 1
5	900	1700	mengenai , lagori jatuh semua

TABEL VI: POSITIONING BOLA TERHADAP TITIK SASARAN

Percobaan	Nilai Setpoint		Titik Sasaran	Ket
	Motor 1	Motor 2		
1	900	1700	Lagori 1	Menjatuhkan 2 buah “Lagori”
2	900	1700	Lagori 2	Menjatuhkan 2 buah “Lagori”
3	900	1700	Lagori 4	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
4	900	1700	Lagori 4	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
5	900	1700	Lagori 4	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
6	900	1700	Lagori 4	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
7	900	1700	Lagori 5	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
8	900	1700	Lagori 5	Menjatuhkan 4 buah “Lagori”
9	900	1700	Lagori 5	Menjatuhkan 5 buah “Lagori”
10	900	1700	Lagori 5	Menjatuhkan 4 buah “Lagori”

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwasanya dengan titik sasaran mengarah pada Lagori 1 atau Lagori 2 tidak memungkinkan untuk dapat menjatuhkan Lagori secara keseluruhan. Ketika titik sasaran di arahkan pada Lagori 4 dari 4 kali percobaan yang dilakukan keempatnya dapat menjatuhkan semua Lagori, sedangkan

jika diarahkan pada Lagori yang kelima, 2 dari 4 kali percobaan dapat menjatuhkan Lagori keseluruhan tetapi 2 lainnya hasil lontaran bola hanya mampu menjatuhkan 4 dari 5 Lagori. Dengan begitu didapatkan arah titik sasaran terbaik yaitu lontaran bola mengarah pada Lagori 4.

KESIMPULAN

1. Robot *Seeker* ini dapat melontarkan bola dengan tepat lurus mengenai sasaran dilakukan dengan memberikan nilai *setpoint* pada kedua motor yang diputar secara berlawanan, sehingga gesekan antara permukaan bola dengan kedua roda/roller dapat menghasilkan lontaran. Nilai *setpoint* yang diberikan sebesar 900 rpm untuk motor 1 dan 1700 untuk motor 2. Perbedaan nilai kecepatan dapat terjadi karena beban masing-masing motor saat berputar berbeda. Titik sasaran saat penembakan bola berada pada “Lagori 4” atau sasaran nomor 2 dari bawah, agar hasil tembakan yang mengenai sasaran dapat menjatuhkan keseluruhan dari “Lagori”. Penggerak roda untuk melontarkan bola menggunakan Motor DC RS775 dengan menggunakan Driver IBT_2 serta menggunakan kontrol *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative* sebagai pengontrolnya. Sebagai perintah/kendalinya digunakan joystick dan diberikan sebuah LCD berukuran 20x4 untuk menampilkan *realtime* kecepatan putar kedua motor.
2. Berdasarkan hasil percobaan dengan pengujian dapat diketahui nilai terbaik yaitu K_p sebesar 0.8, K_i sebesar 0.007 dan $K_d = 0.6$ pada motor 1, serta nilai K_p sebesar 0.8, K_i sebesar 0.004, dan K_d sebesar 0.8 pada motor 2, Hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa sistem tidak mengalami overshoot sehingga dapat dikatakan berputar stabil, dengan rise time motor 1 adalah 2.1 detik dan motor 2 adalah 2.6 detik. Dari beberapa parameter tersebut alat dinilai dapat beroperasi dengan baik dan telah sesuai perancangan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABU Asia Pasific Robot Contest 2022 . “LAGORI” <https://www.aburobocon2022.com/index.php/game-rules> (diakses pada tanggal 18 November 2021)
- [2] Gillang Al Azhar 2018. “Kontrol Sudut Elevasi Robot Pelontar *Softsaucer* dengan Metode PID” Skripsi Jurusan Teknik Elektro. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [3] Amzar, Khairul; Mohd Kassim, (2013). *DESIGN AND FABRICATION OF THROWER MECHANISM FOR TENNIS BALL MACHINE*. Malaysia, Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- [4] Juniastel Rajagukguk, Chayani Sarumaha, (2018). PEMODELAN DAN ANALISIS GERAK PARABOLA DUA DIMENSI DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI GUI MATLAB. Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia, 2021
- [5] Rachmawan, A. (2017). *Penentuan Posisi Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan Rotary Encoder Dan Kamera* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [6] Andy Hadiansyah 2017. “Kontrol Kecepatan Motor Pelontar Robot Abu Robocon 2017 dengan Metode PID” Skripsi Jurusan Teknik Elektro. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [7] Krzysztof Wójcicki, Kazimierz Puciłowski, Zbigniew Kulesza “*Mathematical Analysis for a New Tennis Ball Launcher*”. Bialystok University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Wiejska 45C, 15-351 Bialystok, Poland
- [8] Purwadi, & Ishafit. (2014). Pemodelan Gerak Parabola yang Dipengaruhi Seretan serta Spin Efek Magnus Bola dengan Program Modulus dan Excell. JRKPF, 11-18.
- [9] Supardi, H. A. (2011). Telaah Gerak Parabol: Sifat Ellips dalam Gerak Parabola. Prosiding Simposium Nasional Pembelajaran dan Sains, 212-214.

- [10] Said Abubakar, Supri Hardi, Rizal Alfayumi. (2017). Sistem Pengendali Tegangan pada Generator Induksi 3 Phasa Menggunakan Kontrol PI. Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [11] Dwi Septerina. (2016). Rancang Bangun Conveyor Pada Alat Pengisi Minuman. Otomatis Dengan Kecepatan Putaran Motor DC (Direct Current) Pada PLC.
- [12] Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering* (Fifth Edit). PHI LEARNING PVY. LTD-NEW DELHI. Olsder, G. J., & VanDerWoude, J. W. (1994).