

SISTEM KENDALI KECEPATAN DAN ARAH PELONTAR PADA MOBILE ROBOT PELEMPAR BOLA PADA OLAHRAGA SEPAK BOLA

Novian Fajar Satria ¹, Farida Gamar ², Wahyu Rizky Utomo ³

^{1,2}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya; Jalan Raya ITS Sukolilo Surabaya, 60111 Indonesia,
Tel: +62-31-595 7280; Fax: +62-31-594 6114

³Teknik Mekatronika, Departemen Mekanika dan Energi
e-mail: lovinmek@pens.ac.id, farida@pens.ac.id, Wrutomo45@gmail.com,

Abstrak

Seorang kiper (penjaga gawang) mempunyai tugas yang sangat krusial dikarenakan seorang kiper bertugas untuk menjaga gawangnya agar tidak kemasukan gol. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap metode pelatihan kiper hingga menghasilkan sebuah alat bernama ball launcher. Penelitian dan pengembangan ball launcher atau alat pelontar bola yang telah dilakukan ini mempunyai sistem yang kurang efisien. Pada saat akan menembakkan atau melontarkan bola ke kiper, pengaturan arah dan kecepatan alat masih dilakukan secara manual. dan pada saat akan menembakkan bola lagi harus memasukkan bola secara manual. Pada penelitian ini akan dikembangkan menjadi mobile robot dan ditambahkan fitur berupa pengotomatisan pengaturan kendali arah dan kecepatan pada launcher atau pelontar. Pengaturan kecepatan pelontar menggunakan metode pwm dan sistem kontrol arah pelontar menggunakan feedback dari sensor. Hasil akhir dari penelitian ini adalah rancangan desain sistem kendali kecepatan dan arah pelontar pada mobile robot pelontar bola telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan sukses. Sistem ini mampu melakukan pelontaran bola dengan kecepatan maksimum 70 km/h dan dengan tingkat kepresisian yang tinggi sesuai dengan arah yang dituju, serta dapat mengatur kecepatan pelontaran dalam tiga mode yang berbeda. Uji coba terhadap sasaran gawang juga menghasilkan data yang menunjukkan keberhasilan bola mencapai sembilan titik pada gawang yang telah ditentukan sebelumnya dengan hasil 67 pelontaran tepat target dan 4 tidak sesuai target. Dapat disimpulkan bahwa implementasi keseluruhan sistem kendali kecepatan dan arah pelontar pada mobile robot pelontar bola telah memberikan hasil yang memuaskan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

Kata kunci— sepak bola, kendali arah, kendali kecepatan, ball launcher.

Abstract

Goalkeeper has a very important task, as a goalkeeper to keep him from conceding goals. Several researchers have conducted research and development on goalkeeper training methods until developing a tool called a ball launcher. The research and development of ball launchers has resulted in a system that is less efficient. When it shoot or throw the ball at the goalkeeper, the direction and speed control of the tool were done manually and have to re-enter the ball manually. In this reaserch ball launcher developed into a mobile robot and added features in the form of automated settings control speed and the direction of the launcher. The final result of this research is that the design of the speed and the direction control system of the launcger on the ball-launcher mobile robot has been successfully designed and implemented successfully. With

this system, the launcher is capable of launching the ball at a maximum speed of 70 km/h and with a high level of precision according to the intended direction, and can adjust the launch speed in three different modes. the ball Launching Test against targets also produces data showing the success of the ball reaching nine targets on a predetermined goal with the result of 67 throws on target and 4 off target.. it can be interpreted that the implementation of the entire speed and direction control system for the ball-throwing mobile robot has provided excellent results and achieved the stated goals.

Keywords— *Mobile Robot, Football, Launcher Speed control, Direction control, Ball Launcher.*

1. PENDAHULUAN

Sepak bola adalah olahraga beregu yang dimainkan dengan bola antara dua tim yang terdiri dari 11 pemain. Olahraga ini dimainkan oleh sekitar 250 juta pemain di lebih dari 200 negara, menjadikannya yang paling populer di dunia olahraga. Permainan ini dimainkan di lapangan berbentuk persegi panjang yang terdapat gawang di setiap ujungnya. Tujuan dari permainan ini adalah untuk mencetak gol dengan menggerakkan bola melewati garis gawang lawan [1]. Seorang kiper mempunyai tugas yang sangat krusial. Seorang kiper memiliki peran untuk menjaga gawang agar bola lawan tidak masuk gawang atau gol. Selain bertugas menjaga gawang, kiper juga bertugas untuk mengarahkan pemain bertahan serta mendistribusikan bola ke depan. Beberapa peneliti telah melakukan pengembangan terhadap metode pelatihan kiper hingga menghasilkan sebuah alat bernama *ball launcher*.

Penelitian dan pengembangan *ball launcher* atau alat pelontar bola yang telah dilakukan ini mempunyai sistem yang kurang efisien. Pada saat akan menembakkan atau melontarkan bola ke kiper, arah dan kecepatan alat masih dilakukan secara manual dan pada saat akan menembakkan bola lagi harus memasukkan bola secara manual. Seperti *ball launcher* yang telah dikembangkan oleh [2] dan [3]. Gambar 1 merupakan salah satu *ball launcher* yang telah dikembangkan.



Gambar 1. *Ball launcher* yang dikembangkan. (Andrew James Marquette, “*Design and Construction of an omni-directional Soccer ball Thrower*”, halaman 16)

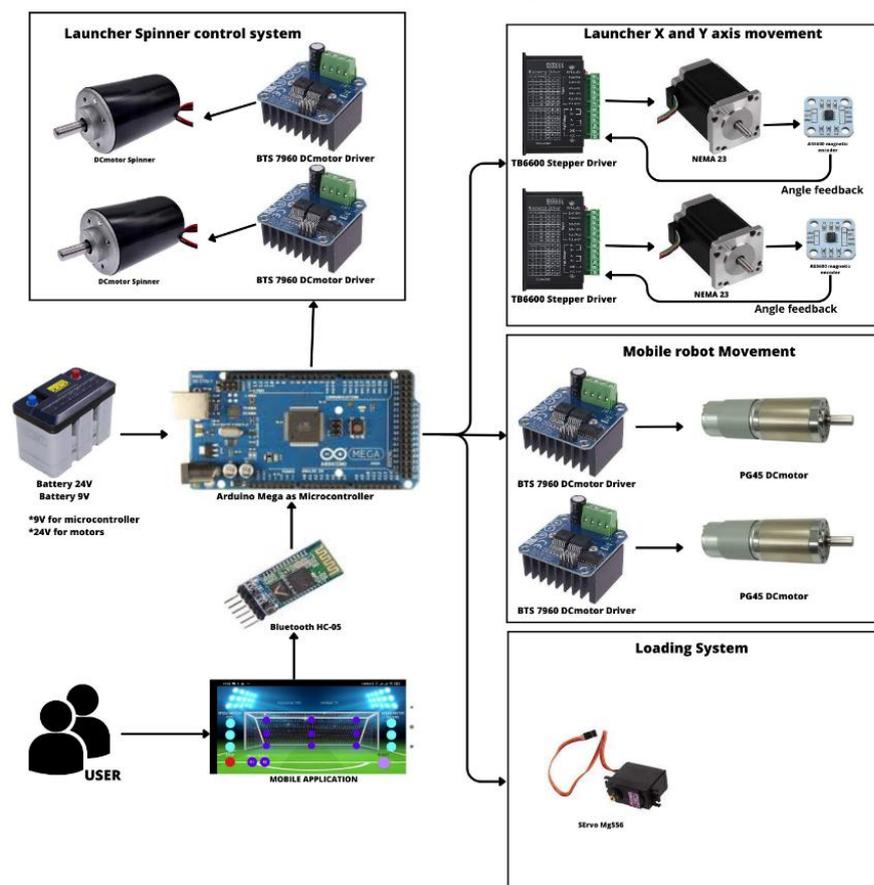
Penelitian ini bertujuan mengembangkan *mobile robot* pelempar bola yang berfungsi sebagai alat bantu latihan yang dapat memberikan efektivitas kepada pelatih maupun atlet sepak bola (kiper). Robot ini digunakan untuk melatih ketangkasan kiper dalam menangkap bola dan dapat memudahkan kinerja pelatih. Robot pelontar bola ini dapat melontarkan bola ke arah horizontal dan vertikal sesuai yang diinginkan penggunanya. Arah dan kecepatan bola dapat ditentukan melalui aplikasi di *handphone*.

Pada *mobile robot* pelempar bola, kecepatan peemparan bola dapat diatur menggunakan dua motor *spinner*. Kedua *spinner* ini berfungsi sebagai pelontar yang kecepatannya bisa diatur untuk mendorong bola pada kecepatan tertentu dan arah lontaran bisa lebih presisi. Pada sistem kendali ini akan dibuat tiga mode kecepatan untuk masing-masing motor sehingga dapat menghasilkan lintasan lontar yang melengkung. Untuk menentukan mode kecepatan, dibuat aplikasi *mobile application*. Sistem kendali arah dan kecepatan pelontar akan terintegrasi dengan *bluetooth* melalui aplikasi. Untuk kendali arah pelontar menggunakan dua buah motor stepper yang akan berputar pada sumbu putar alat (sumbu X dan Z) sehingga dapat menentukan arah yang akan diatur. Untuk umpan balik sudut pelontar menggunakan encoder magnetik absolut AS5600 yang dipasang pada poros motor atau sumbu putar pelontar. Pada sistem kendali ini akan dibuat sembilan titik lontar target agar *mobile robot* dapat melempar bola pada sembilan titik yang telah diatur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Mobile robot ball launcher Prototyping

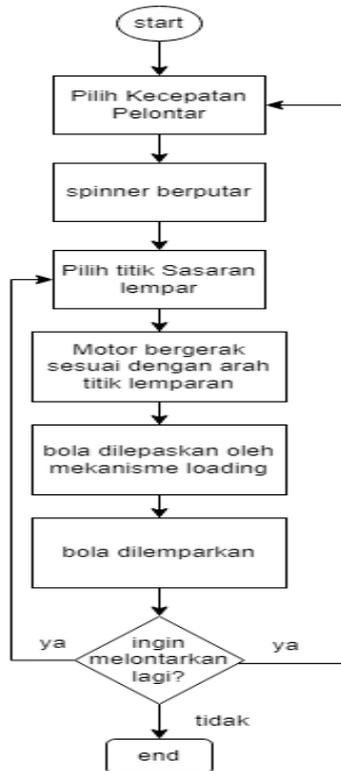
Untuk membuat *mobile robot ball launcher* yang memiliki kemampuan menembakan bola secara akurat, diperlukan komponen elektronik dan mekanik yang sesuai. Perancangan sistem elektronik *mobile robot ball launcher* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Desain Sistem Elektronik Mobile Robot Ball-Launcher

Sistem kendali pelontar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol PWM Set Point dan *Feedback* kontrol. Dua sensor magnetic encoder AS5600 menjadi *feedback input* bagi Arduino Mega untuk mengendalikan 2 buah motor stepper Nema23 agar *heading* pelontar berjalan ke arah vertikal dan horizontal dengan presisi. Driver motor DC BTS7960 digunakan

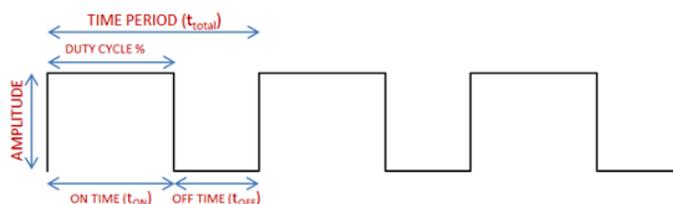
untuk mengontrol kecepatan spinner. Modul *bluetooth* HC-05 digunakan sebagai komponen komunikasi antara mobile robot ball launcher dengan aplikasi *mobile* untuk melakukan sistem kontrol pada robot. Seluruh komponen pada mobile robot akan didukung oleh tenaga dari baterai 9V untuk arduino dan baterai 24V untuk semua motor dan motor driver. Untuk blok diagram kontrol dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Alur kerja sistem keseluruhan.

2.2 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM (Pulse Width Modulation) adalah sebuah cara untuk memanipulasi lebar pulsa dalam suatu periode, untuk mendapatkan tegangan rata yang berbeda[3]. Dengan PWM bisa mengatur besar tegangan output yang diinginkan. Jadi PWM merupakan suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (pulse width) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Gambar 4 merupakan contoh sinyal PWM.



Gambar 4 Contoh sinyal PWM (:<https://teknikelektronika.com/pengertian-pwm-pulse-width-modulation-atau-modulasi-lebar-pulsa/>)

Dimana gambar 2.7 bisa didapatkan dari perhitungan Persamaan (1) :

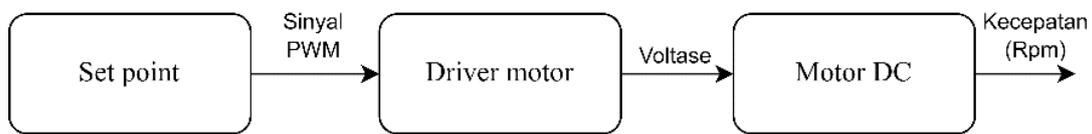
$$Duty\ Cycle = tON / (tON + tOFF) \quad (1)$$

Keterangan:

tON = Waktu ON atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (high atau 1)
 tOFF = Waktu OFF atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (low atau 0)

ttotal = Waktu satu siklus atau penjumlahan antara tON dengan tOFF atau disebut juga dengan “periode satu gelombang”

Pada penelitian ini metode PWM digunakan untuk mengatur kecepatan pelontaran bola. desain sistem kontrol kecepatan pelontar menggunakan dua motor DC yang terpasang pada kedua spinner dan dua driver motor bts7960. Untuk diagram blok pengatur kecepatan pelontar dapat dilihat seperti pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Diagram blok sistem kendali kecepatan pelontar

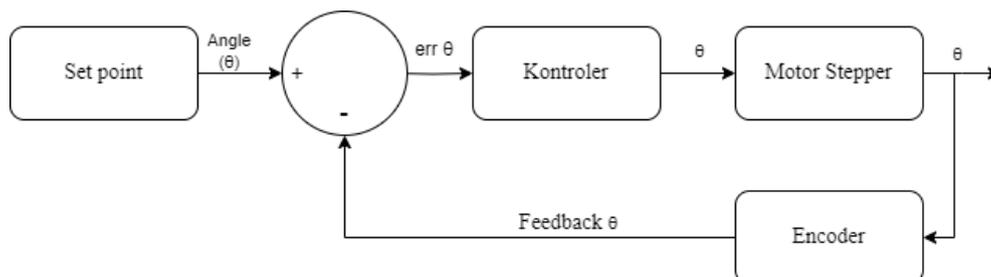
2.3 Feedback control untuk arah pelontar menggunakan AS5600

AS5600 adalah sensor posisi yang menggunakan magnet untuk mengetahui posisi derajat dari sebuah sumbu putar. Sensor ini mempunyai resolusi 12-bit sehingga untuk menghasilkan data yang berupa derajat maka dilakukan perhitungan $360/4096 = 0,087$ derajat. Untuk cara kerja sensor memanfaatkan perpotongan kutub utara dan selatan magnet sehingga garis perpotongan tersebut bisa dibaca oleh ic yang terdapat pada sensor. Sensor harus berada 1-2 mm dari magnet yang terpasang pada shaft putar atau shaft motor. Untuk penempatan magnet bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. AS5600. (: <https://ams.com/as5600/>. Accessed on 07 December 2022)

Pada penelitian ini magnetic encoder AS5600 dipasang pada shaft motor untuk sistem kontrol arah horizontal dan pada sumbu putar vertikal pelontar untuk sistem kontrol arah vertikal. Untuk diagram blok kontrol dapat dilihat seperti pada gambar 7 berikut ini.



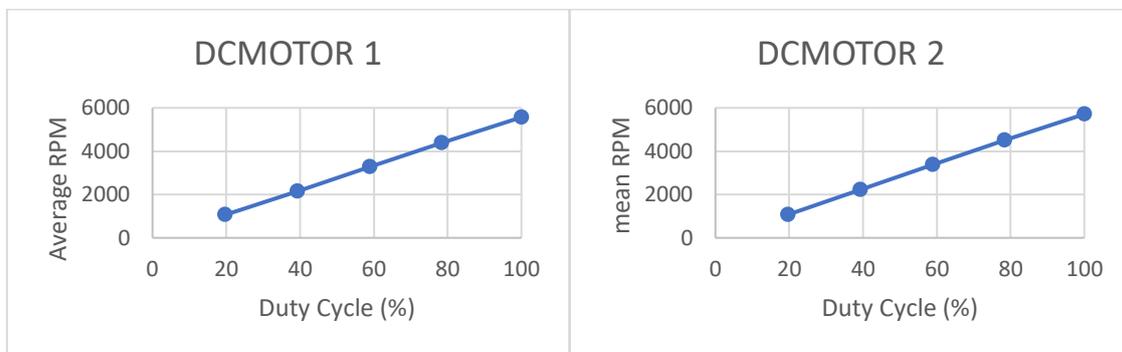
Gambar 7. Diagram Blok sistem kendali Arah pelontar

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem kendali kecepatan dan arah pelontar *Mobile Robot* Pelempar Bola yang dapat mengendalikan kecepatan pelontaran dan menggerakkan arah lontaran bola ke arah horizontal dan vertikal pada gawang sepak bola yang dapat diatur melalui *handphone*.

3.1 Pengujian kecepatan motor DC dengan (PWM)

Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai duty cycle set point yang berbeda selama 3 detik dan dilakukan 15 percobaan per duty cycle. kemudian diambil nilai rata-rata rpm pada masing-masing duty cycle. Terlihat pada gambar 8 grafik dari rata rata kecepatan motor DC 1 dan motor DC 2 bahwa respon masing-masing motor DC untuk setiap set point duty cycle dan rata-rata rpm per-setpoint.



Gambar 8. Grafik rata-rata kecepatan motor DC 1 dan motor DC 2

seperti terlihat pada Gambar 8 grafik rata-rata rpm motor DC 1 dan motor DC 2 bahwa motor dalam keadaan baik dan kecepatan dapat diatur seperti pada gambar di atas.

3.1 Pengujian sensor AS5600

Pengujian ini diterapkan pada masing-masing sensor *magnetic encoder* pada *mobile robot ball launcher*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan dan memahami cara kerja serta pembacaan yang dilakukan oleh sensor *magnetic encoder* AS5600. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor AS5600

No	Titik Start (°)	set point (°)	Test 1 (°)	Test 2 (°)	Test 3 (°)	%Error
1	4	94	96	96	96	2%
2	3	93	95	95	95	2%
3	24	114	116	116	116	2%
4	96	186	186	186	186	0
5	95	185	185	185	185	0
6	116	206	206	206	206	0
7	186	276	276	276	276	0
8	185	275	275	275	275	0
9	206	296	296	296	296	0
10	276	4	4	4	4	2%
11	275	3	3	3	3	2%

12	296	24	24	24	24	2%
----	-----	----	----	----	----	----

Berdasarkan hasil pengujian sensor *magnetic encoder* AS5600 yang telah dilakukan, sensor tersebut memiliki akurasi yang tinggi. Tabel 1 didapatkan dengan melakukan 3 kali percobaan pada setiap titik awal dan data yang dihasilkan selalu sama, hal ini membuktikan bahwa sensor ini memiliki akurasi yang tinggi jika magnet terpasang dengan baik berjarak 1-2 mm diatas IC sensor. kesalahan pada data diatas disebabkan oleh pemasangan magnet yang kurang tepat.

3.1 Pengujian spinner pelontar

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan putaran *spinner ball launcher* (Rpm) pada *duty cycle set point* tertentu. Data kecepatan putaran spinner kanan dan kiri bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kecepatan *Spinner* pada *ball launcher mobile robot*

NO	Duty Cycle (%)	Left Spinner RPM	Right Spinner RPM
1	90	3340	3360
2	95	3516	3550
3	100	3680	3711

Tabel 2 diperoleh dari rata-rata beberapa percobaan yang telah dilakukan. Dari data di atas rpm spinner kiri lebih lambat sekitar 20 putaran untuk mengatasi hal tersebut kedepannya akan dilakukan penyesuaian kecepatan agar kedua spinner berputar dengan rpm yang sama. Dengan rpm seperti di atas sudah cukup untuk meluncurkan bola dari titik pinalti ke dalam gawang.

3.1 Testing kendali arah heading pelontar

Pengujian ini bertujuan untuk Mengetahui derajat set point yang akan dijadikan titik sasaran peluncuran. dan untuk membandingkan pembacaan sensor dengan sudut sebenarnya.



Gambar 8. Testing kendali arah heading pelontar

Dari pengujian pada Gambar 8 yang telah dilakukan seperti gambar di atas, diperoleh Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian kendali arah horizontal pelontar

Horizontal		
Target Posisi	Sensor read (°)	Sudut aktual (°)
Kiri	72	72
Tengah	90	90
Kanan	108	108

Tabel 4. Hasil pengujian kendali arah Vertikal pelontar

Vertikal		
Target Posisi	Sensor read (°)	Sudut aktual (°)
Atas	60	60

Tengah	70	70
Bawah	80	80

Dari data pada tabel 3 dan tabel 4 terlihat bahwa pembacaan sensor AS5600 sangat presisi dan dapat dijadikan umpan balik untuk kendali motor stepper. Dengan menggunakan pembacaan sensor sebagai acuan titik henti motor stepper, motor stepper dapat lebih akurat.

3.1 Pengujian pelontaran ke gawang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan lemparan bola ke arah sembilan titik sasaran pada gawang, mengetahui tingkat keberhasilan lemparan bola ke sasaran, dan mengetahui kecepatan lemparan bola.

Tabel 5. Hasil pengujian kendali arah Vertikal pelontar

No	Arah Pelemparan	Tepat target	Meleset
1	Kiri Atas	8	1
2	Kiri Tengah	9	0
3	Kiri Bawah	9	0
4	Tengah Atas	8	1
5	Tengah Tengah	9	0
6	Tengah Bawah	9	0
7	Kanan Atas	7	2
8	Kanan Tengah	4	0
9	Kanan Bawah	4	0

Tabel 6. Kecepatan awal pelontaran bola

Arah Pelemparan	Sudut Vertikal (°)	Kecepatan Awal Bola V_0 (m/s)	Kecepatan Awal Bola V_0 (km/h)
Kiri Atas	30	17.813	64.13
Kiri Tengah	20	17.341	62.43
Kiri Bawah	10	16.55	59.58
Tengah Atas	30	19.62	70.63
Tengah Tengah	20	20.16	72.57
Tengah Bawah	10	18.31	65.91
Kanan Atas	30	18.05	65
Kanan Tengah	20	17.1	61.56
Kanan Bawah	10	15.88	57.24

Tabel 5 didapatkan dari pengujian pelontaran bila dari jarak 11 meter ke arah gawang dan rata-rata tembakan bola meleset pada saat target atau arah lontaran ke arah atas. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil data di atas. Berdasarkan data di atas tembakan yang meleset selalu pada titik atas gawang hal ini dikarenakan pada saat pengujian angle maksimal rangka pelontar yaitu 30° dan saat pengujian dilakukan kami menggunakan dua buah bola dengan brand yang berbeda dan untuk bola yang meleset selalu brand yang sama. Hal ini menyimpulkan bahwa material bola yang digunakan dapat menyebabkan bola tidak terlontarkan ke target yang ditentukan. Kemudian, Tabel 6 dan Tabel 7 didapatkan kecepatan awal bola dan saat bola yang

ditembakkan menyentuh gawang. Kecepatan ini dipengaruhi oleh sudut tembakan dan waktu tempuh bola sampai ke gawang.

Tabel 7. Kecepatan bola saat digaris gawang

Arah Pelemparan	Sudut Vertikal (°)	Waktu (s)	Kecepatan Boal Vt (km/h)
Kiri Atas	30	0.75	56.20
Kiri Tengah	20	0.71	58.68
Kiri Bawah	10	0.7	56.8
Tengah Atas	30	0.66	61.07
Tengah Tengah	20	0.63	68.04
Tengah Bawah	10	0.61	64.8
Kanan Atas	30	0.74	56.65
Kanan Tengah	20	0.72	58.01
Kanan Bawah	10	0.71	54.82

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengerjaan proyek akhir ini menghasilkan beberapa kesimpulan. Berikut merupakan kesimpulan dari pengerjaan proyek akhir ini.

- a. Sistem mobile robot pelembar bola dengan metode pengendalian kecepatan dan arah pelontar sudah sesuai dengan fungsi dan tujuan yaitu mengatur kecepatan lontaran dan arah pelontar pada mobile robot. Desain sistem kendali mempunyai beberapa sensor, driver motor dan aktuator untuk mengendalikan kecepatan dan arah pelontar. Mekanisme kendali pelontar mampu melontarkan bola dengan tiga mode pilihan kecepatan, serta bisa menggerakkan arah pelontar ke arah yang diatur.
- b. Sistem kendali kecepatan dan arah pelontar sudah terintegrasi dengan rancang bangun mobile robot pelontar bola. dengan cara memasangkan dua motor stepper sebagai aktuator pengendali Sistem kendali arah dan dua motor DC sebagai aktuator pengendali kecepatan pelontar dengan menggunakan metode yang berada pada Metode Penelitian. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, Sistem kendali arah dan kecepatan pelontar sudah dapat mengendalikan setiap pengaturan kecepatan pelontaran dan mengendalikan arah sasaran tembakan bola dari pelontar.
- c. Pelontar pada *mobile robot* pelembar bola mempunyai kinerja yang cukup baik dimana sistem kendali kecepatan dan arah pelontar mampu melontarkan bola dengan presisi ke arah yang diinginkan dan kecepatan pelontaran dapat diatur sehingga dapat mencapai target yang diinginkan, dibuktikan dari pengujian tembakan bola oleh arah sasaran pelontar bola yang dikendalikan oleh tombol arah *mobile application*, dan saat bola ditembakkan ke arah gawang, bola sudah bisa masuk tepat sasaran ke sembilan titik pada gawang. keberhasilan bola mencapai sembilan titik pada gawang yang telah ditentukan sebelumnya dengan hasil 67 pelontaran tepat target dan 4 tidak sesuai target dengan kecepatan rata-rata 60 km/h.

5. SARAN

Dalam pengerjaan proyek akhir ini tidak sepenuhnya berjalan dengan lancar. Maka dari itu, ada beberapa saran yang diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian di masa mendatang. Berikut saran-saran yang dapat digunakan dari pengerjaan proyek akhir ini:

- a. Menambahkan fitur sistem pendeteksi gawang agar posisi mobile robot selalu sama pada saat melakukan pelontraran.
- b. Mengubah sistem mekanik kontrol menjadi gear dengan gear sehingga mengurangi terjadinya selip dan gerakan kontrol arah bisa lebih cepat.
- c. Menggunakan motor dengan torsi dan rpm yang lebih tinggi agar kecepatan lontaran bisa lebih cepat dan posisi pelontaran tidak hanya di titik penalti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asst Prashant, DH Pachchinar, Mohd Zain Uddin, Syed Shabber, Mohd Khaleel, and Malik Moin Ul Haq. Fabrication of foot ball launcher machine. 2020.
 - [2] Andrew James Marquette. Design and construction of an omni-directional soccer ball throw
 - [3] Agung Surya Wibowo Adityo Wandasa Dharma P., Muhammad Zakiyullah Romdlony. Perancangan sistem pengaturan spin dan kecepatan bola untuk robotpelontar bola tenis meja. 2021.
 - [4] Mohd Hasnun Arif Hassan, Zahari Taha, Mohd Shaharudin, Lim Wee, and Zulfika Anuar. Development of a Soccer Ball Launching Device, pages 591-598. 01 2018.
 - [5] Aditya Bhaskoro. Pengembangan alat bantu pelontar bola. 2020.
 - [6] Eriyanto Dwi Nugroho. Pengembangan alat pelontar bola multifungsi. 2016.
 - [7] Mikiah Raffaeli Bryan Herrera, David Savitz. Automated precision passing system. 2014.
 - [8] David Setiawan. Jurnal sains, teknologi dan industri, vol. 15, no. 1, desember 2017, pp.7 - 14 issn 1693-2390 print/issn 2407-0939 online. 2017.
 - [9] Agus Nuwolo. Pengendali posisi motor dc dengan pid menggunakan metode root locus. 2014.
 - [10] I Ketut Sukarasa. Karakteristik Motor DC Dengan Pengontrol Proporsional. 2016.
 - [11] Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering Fifth Edition.
-