

Rancang Bangun *Mobile Robot* Pelempar Bola pada Olahraga Sepak Bola

Novian Fajar Satria¹, Eko Henfri Binugroho², Kevin Rizqi Fiandy³

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

Teknik Mekatronika, Departemen Mekanika dan Energi

e-mail: ¹ovinmeka@pens.ac.id, ²sragen@pens.ac.id, ³kevfiandy@gmail.com

Abstrak

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dan pengembangan sebuah alat berupa *Ball Launcher*. Penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa keterbatasan yaitu, pada saat hendak menembak atau melontarkan bola ke gawang, pengaturan arah alat harus dilakukan dengan cara manual, jika ingin mengubah pengaturan kecepatan dari pelontar, pengoprasiannya masih menjadi satu kesatuan pada alat tersebut dan untuk memindahkan alat tersebut masih dengan cara manual. Pada penelitian ini, dikembangkanlah sebuah *mobile robot* pelempar bola yang dapat melontarkan bola ke arah yang dapat diatur, baik ke arah horizontal maupun vertikal secara otomatis. Untuk memindahkan *mobile robot* pelempar bola dapat dioperasikan melalui aplikasi yang terinstal di *handphone*. Hasil dari penelitian ini, bahwa alat dapat melontarkan bola dari titik penalti ke arah gawang sebanyak 71 kali, dengan total tembakan tepat sasaran sebanyak 67 kali dan tembakan tidak tepat sasaran sebanyak 4 kali. Alat dapat mengarahkan lontaran bola secara horizontal maupun vertikal dengan baik, untuk pergerakan arah vertikal alat dapat berputar sebesar 30° ke arah atas gawang dan untuk pergerakan arah horizontal alat dapat berputar sebesar 18° ke arah kanan maupun kiri gawang. Posisi alat dapat dioperasikan melalui *handphone* dan pergerakannya dapat berjalan dengan baik mengarah ke arah depan, belakang, kanan dan kiri alat di lapangan sepak bola.

Kata kunci—*Mobile Robot, Pelempar Bola, Sepak Bola, Rancang Bangun.*

Abstract

Several researchers have conducted research and development on a tool called the *Ball Launcher*. The research conducted so far has some limitations. When shooting the ball towards the goal, the direction of the device must be manually adjusted, if one wants to change the launching speed, the operation is still unified within the device, and relocating the tool also requires manual handling. In this research, a *mobile robot* ball thrower was developed, which can automatically launch the ball in adjustable horizontal and vertical directions. The robot can be controlled through a mobile application installed on a mobile phone. The results of this research show that the device can launch the ball from the penalty point towards the goal 71 times, with a total of 67 shots hitting the target accurately and 4 shots missing the target. The device can accurately aim the ball in both horizontal and vertical directions. For vertical movement, the device can tilt up to 30° towards the goal, and for horizontal movement, it can rotate up to 18° to the right or left of the goal. The device's position can be controlled via a mobile phone, and it can move smoothly in the forward, backward, right, and left directions on the football field.

Keywords—*Mobile Robot, Ball Launcher, Football, Design and Manufacture.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang penggemar olahraga sepak bola terbesar di dunia. Berdasarkan survei dari Nielsen Sports pada tahun 2016, Indonesia menempati peringkat kedua sebagai negara yang paling banyak menggemari bola. Menurut (katadata.co.id, 2016) ada sebanyak 77 persen penduduk Indonesia menyukai sepak bola. Jika dilihat dari data tersebut, seharusnya Indonesia memiliki banyak potensi pemain bertalenta yang dapat membawa Indonesia menjadi juara di setiap pertandingan sepak bola yang diikuti Indonesia. Namun, berdasarkan (Goal.com, 2022) dalam turnamen sepak bola paling bergengsi di kawasan Asia Tenggara yaitu Piala AFF, Indonesia sama sekali belum pernah mencicipi kejuaraan turnamen Piala Aff, sejauh ini Indonesia hanya berhasil menjadi Runner-Up sebanyak 6 kali.

Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi minimnya prestasi Indonesia di bidang olahraga sepak bola. Salah satu faktornya adalah minimnya perkembangan fasilitas yang ada di Indonesia, khususnya dalam latihan seorang penjaga gawang. Latihan penjaga gawang di Indonesia, pada umumnya masih menggunakan tenaga manusia. Sehingga, hal tersebut terlihat kurang bervariasi dan efisien dalam mengembangkan ketangkasan dari seorang penjaga gawang.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan variasi dari latihan sepak bola khususnya bagi penjaga gawang, salah satunya dengan membuat sebuah alat berupa ball launcher. Ball Launcher merupakan sebuah alat yang dapat melontarkan bola ke arah penjaga gawang. Menurut [3] sistem alat pelontar bola adalah suatu alat yang dirancang dengan berbagai macam variasi dari beberapa sisi derajat. Dengan demikian, alat ini dapat memudahkan pelatih untuk melatih ketangkasan dari seorang penjaga gawang.

Dari penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa keterbatasan yaitu, pada saat hendak menembak atau melontarkan bola ke gawang, pengaturan arah alat harus dilakukan dengan manual, dan jika ingin mengubah pengaturan kecepatan dari pelontar, pengoprasiaanya masih menjadi satu kesatuan pada alat tersebut. Dan untuk memindahkan alat tersebut masih menggunakan manual. Hal ini membuat kurangnya efisiensi dalam mengoperasikan Ball Launcher, seperti Ball Launcher yang dikembangkan oleh [4].

Dari beberapa keterbatasan yang ada pada penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah Ball Launcher atau yang disebut dengan mobile robot pelontar bola, dapat berperan sebagai alat bantu latihan yang dapat memberikan efektivitas kepada pelatih dalam mengembangkan ketangkasan penjaga gawang. Pada mobile robot pelontar bola ini, bola dapat dilontarkan ke arah yang dapat diatur, baik ke arah horizontal maupun vertikal secara otomatis. Dan untuk memindahkan mobile robot pelempar bola dapat dioperasikan melalui aplikasi yang terinstal di handphone.

2. METODE PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti, yang dikumpulkan dari berbagai buku, jurnal, website, artikel dan sumber lain yang relevan terkait dengan pembuatan mobile robot pelempar bola.

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 *Ball launcher oleh Asst Prashant, DH Pachchinar, Mohd Zain Udiin, Syed Shabber, Mohd Khaleel & Malik Moin Ul Haq*

Ball launcher yang dikembangkan oleh [1] yang berjudul “*Fabrication of Foot Ball Launcher Machine*” memiliki tujuan yaitu, untuk meningkatkan dan menyempurnakan praktik

sepak bola di seluruh dunia dengan berbagai fitur. Mekanisme kerja yang digunakan pada ball launcher ini menggunakan mekanisme gerak putar dengan mengarahkan bola ke arah yang diinginkan. Dengan menggunakan dua buah spinner sebagai pelontar dan menggunakan metode *openCV* yang memungkinkan *ball launcher* dapat memberikan passing yang lebih akurat sehingga, dapat meningkatkan latihan atlet.

2.1.2 *Ball launcher* oleh Mohamad Abdul Syakur, Badruzaman, & Paramitha

Alat bantu ball launcher yang dikembangkan oleh [2] yang berjudul “Pengembangan Alat Bantu Latihan Pelontar Bola Futsal Berbasis Mikrokontroler dengan Menggunakan Software Pemrograman Arduino” memiliki tujuan yaitu, sebagai fasilitas media latihan cabang olahraga futsal untuk latihan berbagai teknik dasar futsal seperti shooting, controlling, heading dan teknik lainnya. Mekanisme kerja yang digunakan pada ball launcher ini menggunakan fitur berbasis mikrokontroler dengan menerapkan software pemrograman arduino dengan menggunakan dua motor DC dengan kecepatan 10.000 RPM 24 Volt, dua accu panasonic sebagai sumber energi listrik, dua ban karet untuk melontarkan bola, Arduino Uno untuk mengatur atau mikrokontroler otaknya dalam suatu alat tersebut.

2.2 *Differential Drive Mobile Robot*

Differential Drive Mobile Robot adalah jenis mobile robot yang pergerakannya dihasilkan dari perbedaan kecepatan pada roda kiri dan kanannya. Menurut [5] secara teknis, robot jenis *differential drive* ini pada dasarnya memiliki dua roda masing-masing digerakkan oleh penggerak terpisah, selain itu robot ini juga dilengkapi dengan satu atau dua buah roda *castor* yang ditempatkan di bagian belakang robot yang bergungsi sebagai penyeimbang.

2.3 *Tadpole Trike*

Tadpole trike adalah sepeda tiga-roda yang memiliki konfigurasi roda depan ganda yang sejajar dan roda belakang tunggal. Disebut "*tadpole*" karena tata letak roda-roda ini menyerupai katak kecebong (*tadpole*) dengan kaki depan yang lebih panjang daripada kaki belakang. Dua roda di bagian depan membuat kemampuan belok lebih baik, memberikan stabilitas lebih dalam menghadapi gaya belok. Distribusi berat di bagian depan lebih besar sehingga memberikan stabilitas dan kontrol yang lebih baik dalam mengemudi dan pengereman.

2.4 *FRC 2012 Ball Launcher*

Alat ini merupakan *ball launcher* rancangan dari *iR3 Creative* yang dapat melontarkan bola basket dengan cepat. Dengan menggunakan desain modular *Modulox* yang memungkinkan 2 buah motor DC yang dapat diatur untuk lebar dan sempitnya tempat bola dan dapat mengubah kecepatan rpm dengan menggunakan gear.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah terciptanya Mobile Robot Pelempar Bola yang dapat menggerakkan arah lontaran bola ke arah horizontal dan vertikal pada gawang sepak bola yang dapat diatur melalui handphone dan untuk memindahkan alat dapat dioperasikan melalui aplikasi yang terinstal di handphone.

Cara kerja mobile robot pelempar bola ialah dengan menyalakan kelistrikan alat terlebih dahulu, selanjutnya membuka aplikasi dari mobile robot pelempar bola, sambungkan handphone dengan alat menggunakan jaringan bluetooth. Setelah terhubung pilih kontrol Mobile Robot untuk menggerakkan alat diposisi yang diinginkan. Selanjutnya atur arah lontaran dengan memilih opsi kontrol pelontar bola. Pada menu kontrol pelontar bola terdapat pilihan opsi untuk memutar kecepatan spinner dan memilih target lontaran yang diinginkan. Selanjutnya alat

akan bergerak ke target yang diinginkan setelah selesai maka bola akan terlempar dari mobile robot pelempar bola. *Gambar 1* adalah bentuk dari *mobile robot* pelempar bola.



Gambar 1. Tampilan dari Mobile Robot Pelempar Bola.

Pada perancangan desain mekanik mobile robot pelempar bola terdapat berbagai fokus, salah satunya adalah merancang desain mekanik pergerakan arah pelontar yang dapat bergerak ke arah horizontal dan vertikal. Untuk desainnya menggunakan 2 motor stepper yang dibagi menjadi dua pergerakan yang terpisah yaitu pergerakan pada sumbu x yang dapat menggerakkan pelontar bola ke arah horizontal dan pergerakan pada sumbu z yang dapat menggerakkan pelontar bola ke arah vertikal. Untuk rangka pelontar vertikal berfungsi sebagai tempat penggerak dari dua buah spinner yang nantinya akan melemparkan bola ke arah gawang. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka pelontar vertikal menggunakan besi siku berukuran 4x4 cm dengan tebal 1,6 mm. Penggunaan material besi bertujuan supaya rangka lebih kuat untuk menahan gaya yang ditimbulkan oleh lontaran bola. Selain rangka, pada poros spinner menggunakan material as besi dengan diameter sebesar 20 mm. Sama halnya dengan rangka, penggunaan material besi pada poros spinner ditujukan agar saat digunakan berulang kali poros spinner tidak mengalami pembengkokan.

Pada rangka pelontar horizontal bahan yang digunakan adalah Stainless Steel berukuran 3 cm x 5 cm dengan tebal 3 mm. Alasan pemilihan bahan tersebut dimaksudkan untuk kerangka yang kuat dan tahan terhadap karat. Untuk tampilan realisasi dari rangka horizontal dan vertikal jika digabungkan bersamaan dapat dilihat pada *Gambar 2*.



Gambar 2. Tampilan rangka horizontal dan vertikal pelontar.

Selanjutnya desain mekanik dari pergerakan mobile robot, dimana pada desain ini adalah rangka dasar dari mobile robot pelempar bola yang nantinya akan menampung desain dari pergerakan arah pelontar serta desain dari loading bola. Pada rangka dasar mobile robot ini mengambil konsep dari Tadpole Trike dimana terdapat dua roda dengan posisi sejajar dan dibantu

oleh satu roda di belakang sebagai penyeimbang, lalu untuk pergerakan dari mobile robot merupakan jenis DDMR dengan menggunakan metode PWM untuk mengatur kecepatan motor. Pergerakannya menggunakan dua motor DC untuk menggerakkan masing-masing roda kiri dan kanan, serta ditambah 1 roda caster sebagai penyangga dari rangka. Untuk realisasi dari rangka dasar dapat dilihat pada *Gambar 3*.



Gambar 3. Tampilan rangka dasar mobile robot.

Selanjutnya yaitu merancang desain mekanik dari sistem loading bola yang dimana rak penyimpanan bola tersebut sekaligus dapat menjalankan bola menuju arah pelontar untuk ditembakkan. Untuk penyimpanannya dengan menahan bola dengan menggunakan motor servo serta untuk kapasistas penyimpanannya dengan cara menumpuk bola ke atas sebanyak 3 buah. Untuk realisasi dari rangka penyimpan bola dapat dilihat pada *Gambar 4*.



Gambar 4. Tampilan rangka penyimpan bola.

Untuk dimensi panjang, lebar dan tinggi dari mobile robot pelempar bola dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Mobile Robot Pelempar Bola

Dimensi	
Panjang Maksimal	1400 mm
Lebar Maksimal	864 mm
Tinggi Maksimal	726 mm

Menurut standar FIFA ukuran tinggi gawang sepak bola yakni 2,44 meter, dan untuk panjang gawang sepak bola yakni sebesar 7,32 meter. Dan jarak titik penalti dari gawang ialah sejauh 11 meter.

Dari keterangan tersebut jika ingin menentukan besaran derajat yang diperlukan untuk melemparkan bola dari titik penalti menuju arah kiri dan kanan gawang yaitu dengan

dari titik semula 90° kearah 80°, 70° dan 60° dengan lancar dan dapat menahan rangka dengan baik. Dan untuk total keseluruhan putaran dari arah vertikal mencapai 30°

Dan untuk pergerakan horizontal, bahwa motor stepper nema 23 dengan dialiri tegangan 24 V serta arus 3 A dan dibantu oleh perbandingan gear ratio 2:5 dapat menggerakkan rangka pelontar horizontal dari titik semula 90° dapat mengarahkan rangka kearah kiri gawang sebesar 18°, dan ke arah kanan gawang sebesar 18° dengan lancar dan dapat menahan rangka dengan baik, data horizontal diatas terdapat perbedaan pada pembacaan sensor dan sudut aktual yang diukur menggunakan busur. Hal ini dikarenakan sensor AS5600 magnetik encoder yang digunakan terpasang pada shaft motor stepper. Dan motor stepper dengan sumbu putar horizontal alat mempunyai gear rasio 2:5. Hal ini mengakibatkan 20° pada sudut aktual menjadi 50°.

Pada perancangan mobile robot pelempar bola ini menggunakan konfigurasi Tadpole Trike dimana terdapat dua roda dengan posisi sejajar dan dibantu oleh satu roda di belakang sebagai penyeimbang, lalu untuk pergerakan dari mobile robot merupakan jenis DDMR dengan menggunakan metode PWM untuk mengatur kecepatan motor. Pergerakannya menggunakan dua motor DC untuk menggerakkan masing-masing roda kiri dan kanan, serta ditambah 1 roda caster sebagai penyangga dari rangka.

Dikarenakan mobile robot pelempar bola ini akan digunakan pada medan rerumputan maka pemilihan roda menggunakan roda yang memiliki permukaan yang bergerigi, agar mobile robot dapat memiliki daya cengkram yang kuat pada saat digunakan, oleh sebab itu pada spesifikasi yang digunakan untuk roda penggerak ialah roda gerobak dengan diameter sebesar 20 cm dan lebar tapak selebar 5 cm. Untuk pemilihan motor penggerak pun harus memiliki torsi yang cukup besar agar dapat menggerakkan mobile robot pelempar bola, oleh sebab itu spesifikasi motor yang digunakan pada mobile robot ini adalah Motor DC PG 45, untuk detail spesifikasi dari motor DC terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi motor DC PG 45

Tegangan	24 VDC
Arus	6 A
Torsi Konstan	4.5 Nm
Torsi Stall	8.5 Nm

Setelah mengetahui spesifikasi dari motor dan roda yang digunakan maka mengetahui total keseluruhan berat mobile robot pelempar bola, untuk total beratnya mencapai 50 kg. Dikarenakan terdapat dua motor penggerak dan penempatan dari motor diletakan sejajar maka beban mobile robot pelempar bola akan didistribusikan ke kedua motor tersebut, sehingga dari total berat tersebut dibagi menjadi 2 maka tiap motor penggerak akan menggerakkan beban sebesar 25 kg. Setelah itu masuk ke persamaan untuk mencari gaya.

$$N = W = m \cdot g$$

Keterangan : N = gaya normal
 m = massa benda

W = gaya berat benda
 g = percepatan gravitasi

Dikarenakan mobile robot pelempar bola digerakan dimedan rerumputkan, maka akan dihitung gaya gesek yang terjadi antara roda dengan permukaan rumput, asumsikan koefisien gesek anantara roda dengan rumput sebesar 0,3. Maka didapatkan persamaan.

$$F = \mu \cdot N$$

Keterangan : F = besar gaya gesek μ = koefisien gesek N = gaya normal

Selanjutnya mencari momen gaya (torsi) yang dibutuhkan, dikarenakan penggerak berbentuk roda dengan ukuran 20 cm maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\tau = F \cdot r$$

Keterangan : τ = momen gaya/torsi F = besar gaya
 r = jari-jari roda (m)

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa jika ingin menggerakkan mobile robot pelempar bola torsi yang dibutuhkan adalah sebesar 12,25 Nm, berdasarkan besaran torsi yang diketahui dari spesifikasi motor, nampak jelas bahwa torsi dari motor masih belum kuat untuk menggerakkan mobile robot pelempar bola, hal tersebut dapat disiasati dengan menggunakan perbandingan gear. Gear yang digunakan pada poros motor lebih kecil jika dibandingkan dengan poros roda.

Pada mobile robot pelempar bola menggunakan perbandingan rasio gear 1,5:1 yang mana jumlah gigi pada poros motor berjumlah 10 dan jumlah gigi pada poros roda berjumlah 15. Dari perbandingan tersebut maka akan didapatkan perkiraan torsi konstan dan torsi stall motor dengan memasukan persamaan berikut.

$$T_{hasil} = \frac{Driven\ gear}{Drive\ gear} \cdot T_{motor}$$

Keterangan : $T_{konstan} = 4,5\text{ Nm}$ $T_{stall} = 8,5\text{ Nm}$
 $Driven\ gear = 15\text{ gigi}$ $Drive\ gear = 10\text{ gigi}$

Dari hasil perhitungan untuk torsi konstan mendapatkan torsi hasil sebesar 6,75 Nm dan untuk torsi stall mendapatkan torsi hasil sebesar 12,75 Nm. Terlihat jelas bahwa torsi konstan masih kurang cukup untuk menggerakkan mobile robot pelempar bola dengan torsi minimal yang dibutuhkan ialah sebesar 7,35 Nm.

Namun dari hasil perhitungan torsi stall, diketahui bahwa torsi stall mendapatkan sebesar 12,75 Nm yang mana hal tersebut dapat dikatakan aman untuk menggerakkan mobile robot pelempar bola yang hanya membutuhkan torsi sebesar 7,35 Nm. Untuk dapat pengujian dari pergerakan mobile robot dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian pergerakan mobile robot

No	Pengujian	Hasil
1	Menjalankan robot kearah depan	Dapat berjalan dengan baik
2	Menjalankan robot kearah belakang	Dapat berjalan dengan baik
3	Menjalankan robot kearah kanan	Sedikit terhambat saat akselerasi awal lalu setelahnya dapat berjalan dengan baik
4	Menjalankan robot kearah kiri	Sedikit terhambat saat akselerasi awal lalu setelahnya dapat berjalan dengan baik

Dapat dilihat pada Tabel 5, bahwasanya implementasi dari desain mekanik dapat berjalan dengan baik, dengan pergerakannya menggunakan DDMR, motor PG 45 dapat menjalankan mobile robot dengan baik, namun terdapat sedikit kendala pada saat berbelok kiri maupun kanan, hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan pada motor kiri dan kanan sehingga terdapat salah satu motor yang membutuhkan tenaga yang lebih besar. lalu yang kedua adalah mengamati apakah mobile robot dapat berjalan pada medan rumput dan hasilnya pun dikatakan

berhasil. Dan ketiga ialah mengamati apakah terdapat kendala selama pengujian, untuk hasilnya setelah dilakukan menjalankan alat pada medan rumput perlu dilakukan pengecekan kembali pada baut dan mur, serta penguncian dari sprocket dengan poros motor maupun rodan agar kinerja alat dapat berjalan dengan maksimal.

Selanjutnya pada pengujian mekanik ketahanan dari mobile robot pelempar bola saat melontarkan bola, alat akan digunakan berulang kali melemparkan bola ke arah gawang yang telah dibagi menjadi 9 titik. Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui apakah implementasi dari desain mekanik dapat berjalan dengan baik atau tidak

Tabel 6. Hasil pengujian lontaran bola ke gawang.

No	Arah Lontaran	Tepat Sasaran	Tidak Tepat Sasaran
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

Dapat dilihat pada Tabel 6, bahwasannya implementasi dari desain mekanik setelah diuji sekitar 71 percobaan dapat melontarkan sebanyak 67 kali tepat sasaran dan 4 kali meleset. Dan untuk hasil pengamatan tingkat ketahanan dari desain mekanik pelempar bola setelah diuji. Dan hasilnya pada saat menjelang pengujian terakhir mobile robot pelempar bola dapat dikatakan sedikit kesusahan pada saat melontarkannya, sehingga untuk pengujian arah kanan tengah dan kanan bawah lebih sedikit jika dibandingkan yang lainnya, hal tersebut mempunyai banyak faktor, seperti ketahanan pada rangka yang menahan getaran dari motor lalu ketahanan dari penguncian spinner pada as motor DC yang terus menerus melemparkan bola dan juga suhu dari motor yang semakin banyak digunakan dan semakin panas pula suhu pada motor. Dan dikarenakan kondisi pada saat pengujian dilakukan pada pagi hari saat menjelang akhir pengujian kondisi sudah menjelang siang hari yang mana kondisi tersebut pada saat matahari sedang terik-teriknya. Oleh karena itu penggunaan mobile robot pelempar bola sebaiknya digunakan pada saat pagi, sore ataupun malam hari.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan sebuah data, dari data tersebut dapat terdapat tiga kesimpulan. Kesimpulan pertama adalah implementasi desain mekanik mobile robot pelempar bola dapat beroperasi dan digunakan dengan baik. Terdapat 4 desain utama untuk membuat desain mekanik mobile robot pelempar bola, yaitu desain pelontar, desain pergerakan arah lontaran, desain penyimpan bola dan desain rangka dasar. Berdasarkan hasil pengujian, alat dapat digunakan di lapangan sepak bola dan dapat melontarkan bola dari titik penalti ke arah gawang yang telah dibagi menjadi 9 titik dengan total tembakan sebanyak 71 kali, untuk total tembakan tepat sasaran sebanyak 67 kali dan untuk total tembakan tidak tepat sasaran sebanyak 4 kali.

Kesimpulan ke dua adalah implementasi desain mekanik pergerakan arah pelontar horizontal dan vertikal dapat beroperasi dan berjalan dengan baik. Terdapat 2 motor Stepper Nema 23 yang masing-masing menggerakkan pergerakan arah horizontal dan pergerakan arah vertikal. Berdasarkan hasil pengujian, untuk pergerakan arah vertikal alat dapat berputar sebesar 30° ke arah atas gawang dan untuk pergerakan arah horizontal alat dapat berputar sebesar 18° ke arah kanan maupun kiri gawang.

Kesimpulan ke tiga adalah implementasi sistem mekanik pergerakan mobile robot dapat beropersasi dan digunakan dengan baik. Sistem yang digunakan pada pergerakan mobile robot pelempar bola menggunakan mekanisme DDMR dengan menggunakan 2 motor penggerak di depan dan dibantu oleh 1 roda castor sebagai penyeimbang di area belakang, serta untuk menggerakkan alat menggunakan motor DC PG 45 dengan perbandingan rasio gear sebesar 1,5:1. Berdasarkan hasil pengujian, mobile robot pelempar bola dapat beroperasi dan berjalan dengan baik, mengarah ke arah depan, belakang, kanan dan kiri alat di lapangan sepak bola.

5. SARAN

Terdapat saran dalam proses pengerjaan penelitian ini, diantaranya. Desain pergerakan rangka horizontal yang semula menggunakan mekanisme sproket dan rantai dapat ditingkatkan kembali dengan menggunakan mekanisme gear bertemu dengan gear. Kecepatan laju bola dapat ditingkatkan dengan cara menggunakan motor yang memiliki kecepatan lebih dari 6000 rpm. Penggunaan mobile robot pelempar bola disarankan digunakan pada saat pagi, sore ataupun malam hari. Selalu melakukan perawatan pada mekanik mobile robot pelempar bola, terutama pada bagian yang dapat bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prashant *et al.*, "Fabrication of Foot Ball Launcher Machine," *Int. J. Sci. Res. Eng. Trends*, vol. 6, no. 3, pp. 2395–566, 2020.
- [2] M. A. Syakur, , Badruzaman, and S. T. Paramitha, "Pengembangan Alat Bantu Latihan Pelontar Bola Futsal Berbasis Mikrokontroler Dengan Menggunakan Software Pemograman Arduino," *J. Terap. Ilmu Keolahragaan*, vol. 2, no. 1, p. 29, 2017, doi: 10.17509/jtikor.v2i1.4963.
- [3] I. Negron, J. Perdomo, R. Saco, A. Sinanan, S. Tosunoglu, and W. F. Street, "SkillCourt Autonomous Ball Launcher," 2017.
- [4] A. J. Marquette and A. J. Marquette, "Design and Construction of an Omni-Directional Soccer Ball Thrower," 2013.
- [5] E. D. Wahyuni, "Rancang Bangun Program Visualisasi Pergerakan Differential Drive Mobile Robot," *J. Tek. Inform.*, 2010.