

Rancang Bangun Alat Pelontar Bola Tennis

Rusdi Nur^{1*}, Muhammad Iswar^{2*}, Fernando Djafyero³, Fajar Resky Narsal⁴, Nur Alim⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: rusdinur@poliupg.ac.id

Abstract: *The development of technology has also influenced the field of sports, including tennis training methods. One of the challenges in tennis practice is the limitation of training partners and the inconsistency of ball delivery during practice sessions. Therefore, the use of a tennis ball launching device can assist players in improving training efficiency and consistency. This research aims to design and develop a mechanical tennis ball launcher to support more effective tennis training. The research method consisted of several stages, including literature study, field study, design using Autodesk Fusion 360, tool assembly, testing, and data analysis. The performance testing of the device was carried out by measuring the distance of ball throws at different launch angles (30° and 40°) and motor rotation speeds (2000 rpm, 3000 rpm, and 4000 rpm). The testing was conducted on a tennis court, and the data were collected by measuring the distance of the ball throw in meters. The results showed that the tennis ball launcher was able to operate properly according to the designed mechanical system. The optimal performance was obtained at a launch angle of 30° with a motor speed of 3000 rpm, which produced a stable and consistent throwing distance suitable for tennis stroke training. The developed device can provide consistent ball delivery, improve training efficiency, and serve as an alternative training tool. In addition, the total manufacturing cost of the device was approximately Rp9,992,580, making it relatively more economical compared to similar commercial products.*

Keywords: *Tennis Ball Launcher, Tennis Training, Friction Force, Launch Angle*

Abstrak: Perkembangan teknologi juga memberikan pengaruh pada bidang olahraga, termasuk dalam metode latihan tenis lapangan. Salah satu kendala dalam latihan tenis adalah keterbatasan pasangan latihan serta ketidakkonsistenan arah dan jarak umpan bola saat latihan. Oleh karena itu, penggunaan alat pelontar bola tenis dapat membantu meningkatkan efisiensi dan konsistensi latihan pemain tenis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat pelontar bola tenis berbasis sistem mekanik yang dapat digunakan sebagai media bantu latihan. Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan yaitu studi literatur, studi lapangan, perancangan menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360, proses perakitan alat, pengujian kinerja alat, serta analisis data hasil pengujian. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak lontaran bola pada variasi sudut pelontaran yaitu 30° dan 40°, serta variasi kecepatan putaran motor sebesar 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur jarak lontaran bola dalam satuan meter pada lapangan tenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pelontar bola tenis yang dirancang mampu bekerja dengan baik sesuai dengan sistem mekanik yang telah dirancang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi sudut pelontaran 30° dengan kecepatan motor 3000 rpm memberikan performa paling optimal dengan jarak lontaran yang stabil dan konsisten untuk latihan pukulan tenis. Selain itu, alat ini mampu memberikan arah lontaran yang lebih konsisten dibandingkan umpan manual serta meningkatkan efisiensi latihan. Total biaya pembuatan alat pelontar bola tenis ini adalah sekitar Rp9.992.580, sehingga berpotensi menjadi alternatif alat latihan yang lebih ekonomis dibandingkan alat sejenis yang tersedia di pasaran.

Kata kunci: Alat pelontar, bola tenis, gaya gesek, sudut lontaran

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat telah memberikan dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk dalam dunia olahraga. Penerapan teknologi pada olahraga modern tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan performa atlet, tetapi juga untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses latihan [1]. Pemanfaatan teknologi dalam peralatan olahraga memungkinkan atlet melakukan latihan secara lebih terukur dan konsisten sehingga dapat meningkatkan kualitas pembinaan olahraga secara keseluruhan [2].

Salah satu cabang olahraga yang cukup populer dan banyak diminati oleh berbagai kalangan adalah tenis lapangan. Olahraga ini membutuhkan latihan yang berulang dan konsisten untuk meningkatkan keterampilan teknik pukulan, ketepatan arah bola, serta refleks pemain [3]. Namun, dalam praktiknya proses latihan tenis sering menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan pasangan

latihan, ketidakkonsistenan arah dan kekuatan pukulan, serta kelelahan pemain yang dapat mempengaruhi kualitas latihan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan berbagai alat bantu latihan, salah satunya adalah mesin pelontar bola tenis (tennis ball launcher). Alat ini berfungsi untuk melontarkan bola secara otomatis dengan kecepatan, arah, dan sudut tertentu sehingga memungkinkan pemain melakukan latihan secara mandiri maupun terprogram [4]. Selain meningkatkan intensitas latihan, penggunaan mesin pelontar bola tenis juga dapat membantu pemain dalam meningkatkan konsistensi teknik pukulan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan alat pelontar bola tenis dengan berbagai pendekatan teknologi. Amni et al. [5] merancang alat pelontar bola tenis berbasis mikrokontroler yang mampu mengatur kecepatan putaran motor untuk menentukan jarak lontaran bola. Tahir dan Musakirawati [6] mengembangkan mesin pelontar bola berbasis remote control sehingga pengaturan arah dan jarak lontaran dapat dilakukan dari jarak jauh. Sukardi et al. [7] kemudian mengembangkan sistem pelontar bola tenis berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengoperasian alat melalui perangkat nirkabel sehingga meningkatkan fleksibilitas penggunaan alat.

Penelitian lain juga membahas aspek mekanika yang memengaruhi proses pelontaran bola. Hardiansyah [8] menjelaskan bahwa gaya gesek memiliki peran penting dalam menentukan kecepatan benda yang bergerak pada suatu sistem mekanik. Santoso [9] menunjukkan bahwa gaya gesek antara roda pelontar dan bola memengaruhi kecepatan bola yang dihasilkan oleh sistem pelontar. Selain itu, Valencia dan Garcia [10] menjelaskan bahwa sudut pelontaran sangat memengaruhi lintasan dan jangkauan bola, sehingga pengaturan sudut menjadi salah satu parameter penting dalam desain alat pelontar bola.

Penelitian lain menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan motor juga berpengaruh terhadap stabilitas lontaran bola. Nugroho [11] menjelaskan bahwa penggunaan sistem kontrol kecepatan motor DC berbasis PWM dapat meningkatkan kestabilan putaran motor pada sistem pelontaran. Selain itu, Prasetya dan Ramadhan [12] melakukan analisis performa alat pelontar bola tenis otomatis berbasis Arduino yang menunjukkan bahwa sistem kontrol elektronik dapat meningkatkan konsistensi lontaran bola.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah mengembangkan alat pelontar bola tenis dengan teknologi yang cukup canggih, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan sistem kontrol elektronik dan otomatisasi, seperti penggunaan mikrokontroler, remote control, maupun IoT. Sementara itu, penelitian yang membahas rancang bangun alat pelontar bola tenis dengan desain mekanik sederhana, biaya pembuatan yang ekonomis, serta mudah digunakan untuk kebutuhan latihan di lingkungan pendidikan atau komunitas olahraga masih terbatas.

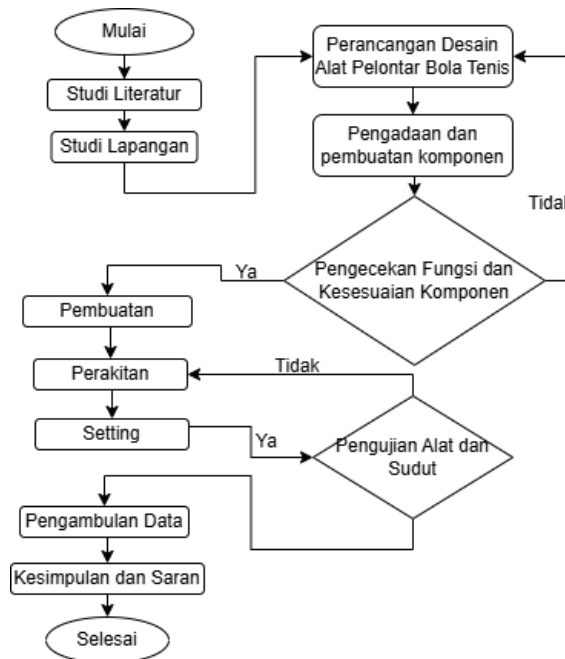
Selain itu, mesin pelontar bola tenis komersial yang tersedia di pasaran umumnya memiliki harga yang relatif tinggi sehingga tidak mudah dijangkau oleh sekolah, perguruan tinggi, maupun klub olahraga skala kecil. Oleh karena itu, pengembangan alat pelontar bola tenis yang sederhana, efektif, dan ekonomis menjadi penting untuk mendukung kegiatan latihan tenis secara lebih luas dan terjangkau. Dalam konteks teknologi olahraga, pengembangan peralatan latihan yang efisien dan terjangkau merupakan salah satu aspek penting dalam meningkatkan aksesibilitas latihan bagi atlet pemula maupun masyarakat umum [13].

Dalam bidang rekayasa olahraga, desain peralatan latihan yang tepat dapat membantu meningkatkan efisiensi proses latihan serta mendukung pengembangan keterampilan atlet secara berkelanjutan [14]. Selain itu, analisis mekanika gerak pada sistem pelontaran bola juga penting untuk menghasilkan lintasan bola yang stabil dan konsisten selama proses latihan berlangsung [15].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pelontar bola tenis yang memiliki desain mekanik sederhana, biaya pembuatan yang relatif rendah, serta mampu menghasilkan lontaran bola yang konsisten. Alat yang dikembangkan diharapkan dapat menghasilkan variasi kecepatan dan sudut lontaran bola sehingga dapat digunakan sebagai media latihan tenis yang efektif bagi pemain pemula maupun atlet dalam meningkatkan keterampilan teknik pukulan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Mekanik dan Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan alat meliputi mesin las, gerinda tangan, mesin bor, meteran, dan obeng. Adapun bahan yang digunakan antara lain plat besi sebagai rangka utama, motor DC sebagai penggerak roda pelontar, bola tenis sebagai objek pengujian, selang aluminium fleksibel sebagai saluran bola, serta komponen elektrik seperti power supply, speed controller, dan saklar on/off sebagai sistem pengendali. Diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mengumpulkan referensi terkait prinsip kerja alat pelontar bola tenis, mekanisme pelontaran berbasis gaya gesek, serta penelitian terdahulu yang relevan. Selanjutnya dilakukan studi lapangan melalui wawancara dengan pemain tenis untuk mengidentifikasi kebutuhan latihan serta kendala yang sering dihadapi selama proses latihan.

Tahap berikutnya adalah perancangan alat menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 untuk menghasilkan desain rangka, sistem pelontar, serta mekanisme pengaturan sudut lontaran. Setelah desain selesai, dilakukan pemilihan alat dan bahan, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dan perakitan komponen mekanik dan elektrik hingga alat pelontar bola tenis dapat berfungsi secara keseluruhan.

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui performa alat dalam melontarkan bola tenis. Parameter pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Sudut lontaran bola, yaitu 30° dan 40°.
2. Kecepatan putaran motor pelontar, yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm.
3. Jarak lontaran bola, yang diukur dalam satuan meter sebagai indikator performa alat.
4. Jumlah pengulangan pengujian, yaitu tiga kali percobaan untuk setiap kombinasi sudut lontaran dan kecepatan motor.

Target pengujian alat adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut lontaran dan kecepatan motor terhadap jarak lontaran bola tenis, serta menentukan kombinasi parameter yang menghasilkan lontaran paling optimal dan stabil untuk kebutuhan latihan tenis lapangan.

Proses pengujian dilakukan di lapangan tenis dengan cara mengatur sudut pelontaran sesuai variasi yang telah ditentukan, kemudian mengoperasikan alat pada kecepatan motor yang berbeda. Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data yang lebih akurat. Jarak lontaran bola diukur menggunakan meteran dari titik pelontaran hingga titik jatuh bola. Data hasil pengujian kemudian diolah dengan menghitung nilai rata-rata jarak lontaran untuk setiap variasi parameter.

Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kinerja alat pelontar bola tenis serta menentukan kombinasi parameter yang memberikan performa terbaik dalam proses latihan tenis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap perancangan, alat pelontar bola tenis dirancang menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 untuk mempermudah proses visualisasi, analisis, serta penentuan dimensi komponen alat. Hasil desain perancangan alat pelontar bola tenis dapat dilihat pada Gambar 2.

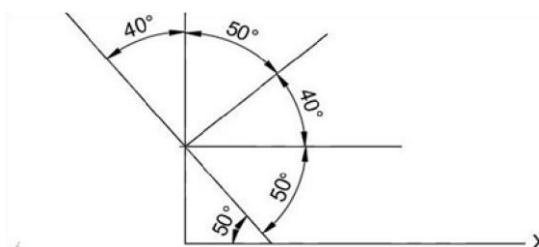
Alat pelontar bola tenis yang dirancang dibuat dalam satu unit sistem yang terdiri dari tiga sub-rakitan utama, yaitu rakitan rangka, rakitan pelontar, serta rakitan sistem penginput dan penahan bola (holder ball). Rangka berfungsi sebagai struktur utama penopang seluruh komponen alat, sedangkan sistem pelontar berfungsi untuk memberikan gaya dorong pada bola agar dapat terlontar dengan kecepatan tertentu. Sementara itu, sistem penginput dan holder ball berfungsi sebagai tempat penyimpanan sekaligus mekanisme penyaluran bola menuju sistem pelontar.



Gambar 2. Desain dan hasil desain alat pelontar bola tenis

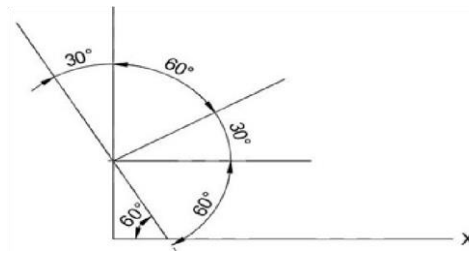
B. Hasil Pengujian Pergerakan Sumbu

Pengujian pergerakan sumbu dilakukan untuk menentukan sudut lontaran bola yang dihasilkan oleh alat. Pengaturan sudut ini dilakukan dengan mengubah posisi kemiringan rangka pelontar sehingga menghasilkan sudut lontaran yang diinginkan.



Gambar 3. Mencari sudut lontar

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 3, untuk memperoleh sudut lontaran sebesar 40°, maka posisi sudut rangka pelontar diatur pada 50°.

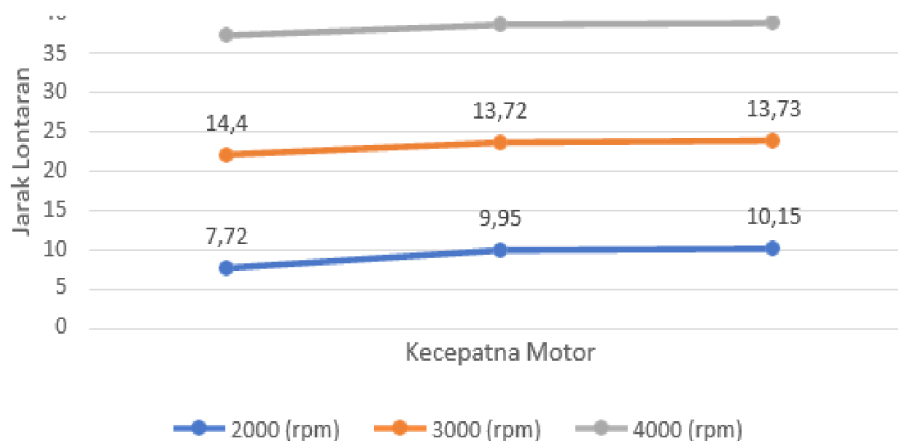


Gambar 4 Mendapatkan sudut lobtar

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa untuk memperoleh sudut lontaran sebesar 30°, posisi sudut rangka pelontar harus diatur pada 60°. Pengujian alat pelontar bola tenis ini dilakukan di lapangan tenis Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian bertujuan untuk mengetahui jarak lontaran bola yang dihasilkan alat pada beberapa variasi sudut lontaran, yaitu 30° dan 40°, serta variasi kecepatan putaran roda pelontar sebesar 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada sudut lontaran 30°, jarak lontaran bola yang dihasilkan oleh alat pelontar bervariasi sesuai dengan perubahan kecepatan putaran roda pelontar.

Tabel 1 Pengujian dengan sudut lontara 30°

No	Kecepatan Motor (rpm)	Sudut Lontaran 30° Jarak Lontaran (meter)			Rata-Rata
		1	2	3	
1	2000	7,72	9,95	10,15	9,27
2	3000	14,4	13,72	13,73	13,73
3	4000	15,13	14,96	14,93	14,93

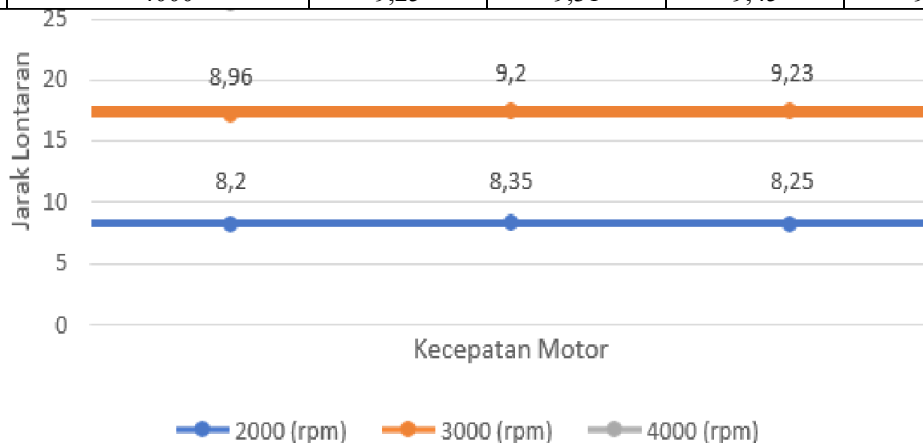


Gambar 5. Pengujian dengan sudut lontaran 30°

Berdasarkan Gambar 5, hasil pengujian alat pelontar bola tenis pada sudut lontaran 30° dengan variasi kecepatan motor 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran motor, maka jarak lontaran bola yang dihasilkan juga semakin jauh. Pada kecepatan 2000 rpm, jarak lontaran rata-rata yang dihasilkan adalah 9,27 m, dengan jarak terpendek sebesar 7,72 m. Pada kecepatan 3000 rpm, jarak lontaran meningkat dengan nilai rata-rata sebesar 13,73 m. Sementara itu, pada kecepatan 4000 rpm, jarak lontaran rata-rata mencapai 14,93 m, yang merupakan jarak lontaran terjauh pada pengujian sudut ini.

Tabel 2 Pengujian dengan sudut lontara 40°

No	Kecepatan Motor (rpm)	Sudut Lontaran 40°			Rata-Rata
		Jarak Lontaran (meter)			
		1	2	3	
1	2000	8,20	8,35	8,25	8,25
2	3000	8,96	9,20	9,23	9,23
3	4000	9,25	9,31	9,45	9,45



Gambar 6. Pengujian dengan sudut lontaran 40°

Berdasarkan Gambar 6, hasil pengujian pada sudut lontaran 40° menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu jarak lontaran meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran motor.

Pada kecepatan 2000 rpm, jarak lontaran rata-rata yang dihasilkan adalah 8,25 m. Selanjutnya pada kecepatan 3000 rpm, jarak lontaran meningkat menjadi 9,23 m. Pada kecepatan 4000 rpm, jarak lontaran rata-rata mencapai 9,45 m, yang merupakan jarak terjauh pada pengujian dengan sudut ini.

C. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran motor dan sudut pelontaran memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jarak lontaran bola tenis. Peningkatan kecepatan motor menyebabkan roda pelontar berputar lebih cepat sehingga energi kinetik yang diberikan kepada bola menjadi lebih besar, yang pada akhirnya meningkatkan jarak lontaran bola.

Berdasarkan hasil pengujian, kombinasi sudut lontaran 30° dengan kecepatan motor 3000 rpm menunjukkan performa yang relatif optimal untuk simulasi latihan pukulan forehand dan backhand, karena menghasilkan jarak lontaran yang cukup jauh dengan stabilitas arah yang masih terjaga.

Pada kecepatan 2000 rpm, jarak lontaran yang dihasilkan relatif lebih pendek sehingga kurang optimal untuk simulasi latihan tenis lapangan. Sebaliknya, pada kecepatan 4000 rpm, meskipun menghasilkan jarak lontaran yang lebih jauh, ditemukan kecenderungan munculnya getaran yang lebih besar pada sistem pelontar, sehingga dapat memengaruhi kestabilan arah lontaran bola.

Sementara itu, pada sudut lontaran 40°, bola memiliki lintasan yang lebih tinggi, namun jarak horizontal yang dihasilkan relatif lebih pendek dibandingkan dengan sudut 30°. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut lontaran lebih memengaruhi ketinggian lintasan bola dibandingkan dengan jarak jangkauan horizontal.

Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perakitan roda pelontar sebagai komponen utama sistem pelontaran sangat berpengaruh terhadap performa alat. Keseimbangan dan presisi pemasangan roda pelontar dapat meningkatkan stabilitas lontaran serta mengurangi getaran selama proses pelontaran bola.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengujian dan evaluasi sistem pelontar sangat diperlukan untuk memperoleh konfigurasi alat yang optimal, sehingga alat pelontar bola tenis dapat digunakan secara efektif sebagai media latihan bagi pemain tenis.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pelontar bola tenis, dapat disimpulkan bahwa desain dan sistem mekanik alat telah berhasil direalisasikan sesuai dengan rancangan yang dibuat. Alat ini mampu melontarkan bola tenis secara konsisten sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media bantu latihan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas latihan pemain tenis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi sudut pelontaran 30° dengan kecepatan putaran motor 3000 rpm merupakan konfigurasi yang paling optimal, karena mampu menghasilkan jarak lontaran yang stabil dan sesuai untuk simulasi latihan pukulan tenis seperti forehand dan backhand.

Dari aspek ekonomi, total biaya pembuatan alat pelontar bola tenis ini adalah sekitar Rp9.992.580,00. Biaya tersebut relatif lebih rendah dibandingkan dengan beberapa alat pelontar bola tenis komersial yang tersedia di pasaran, yang umumnya memiliki harga lebih tinggi karena dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis dan fitur tambahan lainnya. Dengan demikian, alat yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi sebagai alternatif alat latihan yang lebih ekonomis, khususnya bagi institusi pendidikan, klub olahraga, maupun individu yang membutuhkan alat bantu latihan tenis dengan biaya yang lebih terjangkau.

Untuk pengembangan selanjutnya, alat pelontar bola tenis ini masih memerlukan peningkatan pada beberapa aspek. Pengembangan yang disarankan antara lain penambahan sistem pengaturan sudut berbasis kontrol agar lebih praktis dalam pengoperasian, serta penambahan mekanisme pengaturan arah kiri-kanan untuk meningkatkan fleksibilitas dan variasi latihan yang dapat dilakukan menggunakan alat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Amni, Y. Ruhayati, and K. Sultoni, "Pengembangan teknologi alat pelontar bola tenis lapangan berbasis microcontroller," *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, vol. 2, no. 1, pp. 18–25, 2017.
- [2] I. W. Hardiansyah, "Penerapan gaya gesek pada kehidupan manusia," *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 1, pp. 70–73, 2021.
- [3] A. Tahir and Musakirawati, "Perancangan mesin pelontar bola tennis berbasis remote control," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, pp. 532–542, 2022.
- [4] S. Sukardi, T. Putra, H. Hambali, and M. Yuhendri, "Rancang bangun robot pelontar bola tenis lapangan berbasis Internet of Thing (IoT)," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 19–30, 2023.
- [5] M. Mukhlis, "Survey keterampilan teknik dasar tenis lapangan pada atlet Deddy Tennis Club Kota Pontianak," *Jurnal Pendidikan Olahraga UNTAN*, vol. 8, no. 3, pp. 1–8, 2019.
- [6] D. A. Nugroho, "Desain alat pelontar bola otomatis menggunakan motor DC dengan kontrol kecepatan berbasis PWM," *Jurnal Teknologi Mesin Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 55–63, 2020.
- [7] L. F. Viera Valencia and D. Garcia Giraldo, "Effect of launch angle on projectile trajectory performance," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 6, no. 11, pp. 951–952, 2019.
- [8] R. K. Prasetya and F. H. Ramadhan, "Analisis performa alat pelontar bola tenis otomatis berbasis arduino," *Jurnal Inovasi Teknologi dan Rekayasa*, vol. 6, no. 1, pp. 12–20, 2021.
- [9] A. W. Santoso, "Analisis gaya gesek dan daya motor pada sistem pelontar bola berbasis roda karet," *Jurnal Mesin dan Otomasi*, vol. 5, no. 3, pp. 44–51, 2020.
- [10] PT PLN (Persero), "Laporan penelitian pengembangan alat bantu olahraga otomatis," *PLN Research Division*, 2022.
- [11] R. Hidayat and M. F. Akbar, "Design of automatic tennis ball launcher using microcontroller system," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 9, no. 5, pp. 120–125, 2020.

- [12] B. Setiawan, A. Nugraha, and R. Pratama, “Pengembangan sistem pelontar bola tenis berbasis kendali kecepatan motor DC,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 85–92, 2021.
- [13] S. Kumar and P. Singh, “Design and analysis of tennis ball launcher mechanism,” *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 455–462, 2019.
- [14] A. Prasetyo and D. Firmansyah, “Perancangan alat pelontar bola otomatis untuk latihan tenis lapangan,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 33–40, 2022.
- [15] J. Smith and R. Brown, “Development of automated ball launching system for sports training,” *Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 233, no. 4, pp. 512–520, 2019.