

RANCANG BANGUN PENENDANG BOLA PADA ROBOT SOCCER UNISMA MENGGUNAKAN SOLENOID

Mochammad Shofi¹, Bambang Minto Basuki², Anang Habibi³

¹Universitas Islam Malang¹

²Universitas Islam Malang², ³Universitas Islam Malang³

basicenglis@gmail.com, bambang.minto@unisma.ac.id, ananghabibi@unisma.ac.id

Abstract

KRSBIB is one of the six divisions of the Indonesian Robot Contest (KRI), held annually by the Ministry of Research, Technology, and Higher Education to prepare Indonesia for the 2050 wheeled robot soccer world cup. In this context, the robots have a kicking mechanism to deliver the required strength in the game. One of the kicking systems in robot soccer is the solenoid. The objective of this research is to develop a ball kicking system for soccer robots using a solenoid capable of delivering kicks up to 3 meters. The first step in the research is the use of a Li-Po battery as the power source, the second step involves the solenoid as the kicking apparatus, and the third step is the ball, which is the object to be propelled.

The solenoid testing was conducted using both 24v and 12v batteries, each tested 30 times with winding counts of 300, 500, and 1000. From these tests, the results with a 24v battery yielded an average kick distance of 3.24 meters for 300 windings, 4.96 meters for 500 windings, and 3.69 meters for 1000 windings. The results with a 12v battery showed an average kick distance of 1.52 meters for 300 windings, 1.72 meters for 500 windings, and 1.33 meters for 1000 windings, tested 30 times each. The manufacturer's solenoid testing with a 24v battery, tested 30 times, resulted in an average kick distance of 0.097 meters, while with a 12v solenoid, it was 0.06 meters. The farthest kicking distance achieved was an average of 4.96 meters, obtained from the solenoid testing using a 24v battery with 500 windings.

Keywords : *Solenoid, Robot Soccer, Ball Kicker, Coil, Battery.*

Abstraksi

KRSBIB adalah salah satu divisi dari 6 divisi Kontes Robot Indonesia (KRI) yang diselenggarakan setiap tahun oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi untuk mempersiapkan Indonesia dalam mengikuti piala dunia robot sepak bola beroda tahun 2050. Dalam hal ini, robot memiliki mekanisme penendang agar kekuatannya sesuai dengan yang dibutuhkan dalam pertandingan. Salah satu sistem penendang pada robot sepak bola yaitu solenoid. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menghasilkan sistem penendang bola pada robot soccer menggunakan solenoid yang mampu memberikan tendangan sejauh 3 meter. Langkah-langkah dalam penelitian yang pertama baterai li-po yang digunakan sebagai sumber tegangan, Langkah kedua solenoid yang merupakan alat yang digunakan sebagai penendang, dan Langkah ketiga adalah bola merupakan objek yang akan digerakkan.

Pengujian solenoid dilakukan menggunakan baterai 24v dan 12v sebanyak 30 kali dengan masing-masing jumlah lilitan yaitu 300 lilitan, 500 lilitan, dan 1000 lilitan. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil pengujian solenoid dengan baterai 24v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 3,24m pada 300 lilitan, 4,96m pada 500 lilitan, dan 3,69m pada 1000 lilitan. Untuk hasil pengujian solenoid dengan baterai 12v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 1,52m pada 300 lilitan, 1,72m pada 500 lilitan, dan 1,33m pada 1000 lilitan. Dari hasil pengujian solenoid pabrikan 24v dengan baterai 24v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 0,097m, pada solenoid 12v rata-rata 0,06m. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil jarak tendangan terjauh yaitu dengan rata-rata 4,96m yang diperoleh dari pengujian solenoid menggunakan baterai 24v dengan jumlah lilitan sebanyak 500 lilitan.

Kata Kunci : *Solenoid, Robot Soccer, Sistem Penendang, Lilitan, Baterai.*

I. PENDAHULUAN

Teknologi saat ini berkembang pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin kompleks. Dengan adanya perkembangan teknologi robotika, banyak pekerjaan manusia yang terbantu oleh robot sehingga manusia dapat mengerjakan sesuatu tanpa mengeluarkan

tenaga yang besar. Selain itu, robot sering ditampilkan pada ajang perlombaan untuk mengembangkan kreativitas berinovasi. Salah satu jenis robot yang banyak dikembangkan adalah robot sepak bola sebagai wujud dari perkembangan teknologi

didibidang *robotic*. Hal ini, didukung dengan diselenggarakannya Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBIB).

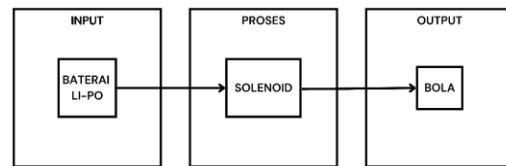
Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBIB) adalah salah satu divisi dari 6 divisi Kontes Robot Indonesia (KRI) yang diselenggarakan setiap tahun oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sejak 2017 [1]. KRSBIB memiliki acuan pertandingan berdasarkan aturan di *RoboCup Middle Size League* (MSL) yang menyesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia seperti ukuran lapangan dan lainnya. KRSBIB dihadirkan untuk mempersiapkan Indonesia dalam mengikuti piala dunia robot sepak bola beroda tahun 2050 [2].

Layaknya seorang pemain sepak bola, robot juga harus memiliki suatu mekanisme penendang sehingga robot dapat mencetak gol ke gawang lawan dengan sempurna [3]. Dalam hal ini, robot memiliki mekanisme penendang agar arah dan kekuatannya sesuai dengan yang dibutuhkan dalam pertandingan. Adapun aturan umum pada KRSBIB dalam mekanisme penendang bola yaitu diperbolehkan menggunakan 3 jenis penendang diantaranya menggunakan pneumatik, pegas, atau solenoida. Penendang dengan sistem pegas memiliki kelemahan yaitu membutuhkan ruang yang besar, sistem lebih rumit, dan berat. Adapun penendang dengan sistem pneumatik memiliki kekurangan yaitu jumlah tendangan yang sedikit, kekuatan tendangan yang lemah, dan membutuhkan ruang yang besar, sedangkan sistem penendang solenoid memiliki tendangan yang kuat, ruang yang lebih sedikit, dan mampu menendang berkali-kali [4]. Sistem penendang solenoid membutuhkan sistem kendali untuk dapat menendang bola, sistem kendali pada penendang solenoid akan mempengaruhi kuat tendangan, durasi untuk persiapan menendang, dan juga jumlah energi yang digunakan untuk menendang pada masing-masing jenis tendangan tergantung dengan posisi robot sepak bola beroda.

Penelitian mengenai penendang dengan solenoid telah dibahas sebelumnya seperti pada penelitian yang membahas tentang membangun dua buah solenoid untuk menghasilkan tendangan yang lebih kuat dan pada penelitian yang mensimulasikan kekuatan tendangan solenoid menggunakan software Atpdraw. Fokus penelitian ini yaitu pada perancangan dan eksperimen pembuatan solenoid, untuk menentukan ukuran kawat lilitan, menentukan jumlah lilitan, dan kuat arus yang diberikan. Pengendalian tendangan akan menggunakan saklar manual sebagai penghubung antara DC Booster dengan kapasitor serta kapasitor dengan solenoida.

II. METODE PENELITIAN

A. BLOK DIAGRAM SISTEM

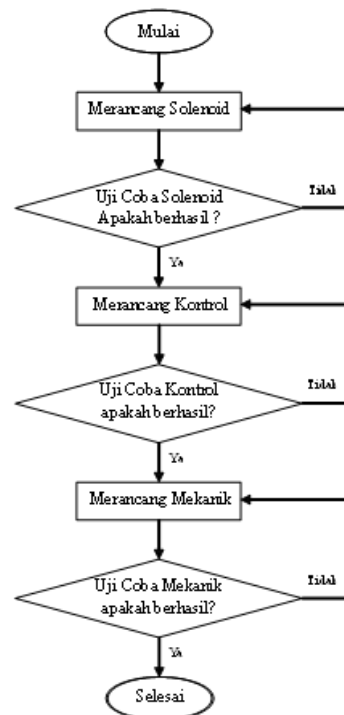


Gambar 1. Blok diagram sistem

Gambar 1 yaitu ; merupakan gambar blok diagram sistem, berikut ini penjelasan masing-masing blok pada diagram:

1. Input baterai Li-Po, baterai Li-Po disini adalah sebagai sumber tegangan pada alat, tegangan yang digunakan sebesar 12v-24v.
2. Proses adalah menghubungkan sumber tegangan dengan solenoid yang menghasilkan medan magnet, solenoid merupakan kawat email yang dililit dan menghasilkan kumparan.
3. Output adalah proses penendang bola yaitu solenoid menggerakkan bola

B. DIAGRAM ALIR



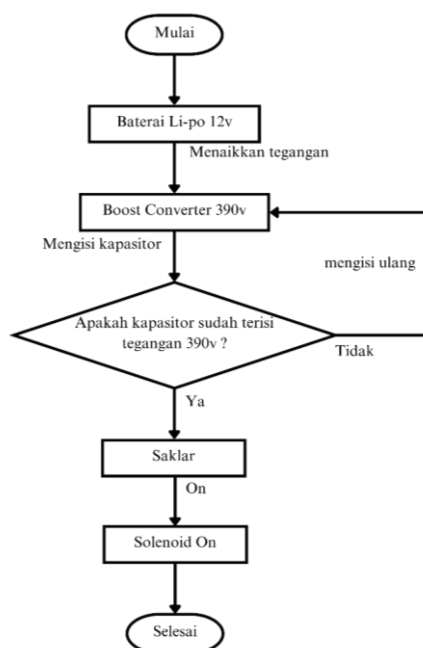
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

- 1) Merancang Solenoid
Merancang solenoid adalah proses perencanaan untuk mengukur, menghitung, dan memperkirakan bahan yang akan digunakan. Kemudian merakit bahan yang sudah disiapkan menjadi solenoid.
- 2) Uji Coba Solenoid
Uji coba solenoid adalah pengujian solenoid setelah di buat sudah sesuai atau belum sesuai. Pengujian ini

bertujuan untuk mengetahui solenoid yang dibuat sudah bisa digunakan.

- 3) Merancang Control
Merancang control adalah proses perencanaan control yang akan digunakan, penyiapan komponen, dan coding. Kemudian merakit komponen sehingga menjadi control.
- 4) Uji Coba Control
Uji coba control adalah pengujian control yang sudah dibuat sudah berfungsi dan sudah sesuai. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan control yang siap digunakan.
- 5) Merancang Mekanik
Merancang mekanik adalah proses perencanaan mekanik yang gunakan dapat berfungsi maksimal dan penyiapan bahan. Kemudian merakit bahan yang disiapkan.
- 6) Uji Coba Mekanik
Uji coba mekanik adalah pengujian mekanik yang dibuat sudah sesuai dengan perencanaan. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil mekanik yang baik.

C. FLOWCHART PERENCANAAN SISTEM



Gambar 3. Flowchart perencanaan sistem

1. Baterai Li-po 12v adalah sumber tegangan sebesar 12v yang digunakan sebagai inputan.
2. Boost Converter 390v berfungsi sebagai booster tegangan dari input 12v dan menghasilkan output sebesar 390v.
3. Apakah kapasitor terisi tegangan 390v? adalah proses pengecekan kapasitor sudah terisi 390v atau belum.
4. Saklar berfungsi sebagai penghubung dan pemutus aliran listrik.
5. Solenoid On adalah kondisi dimana solenoid sudah menendang.

D. ANALISIS DAN RANCANGAN

Analisis Jumlah Lilitan Kawat Email

Analisis ini diperlukan sebagai acuan awal untuk mengetahui kuat medan magnet yang dihasilkan oleh jumlah lilitan dan juga sebaliknya menghitung banyaknya jumlah lilitan yang di peroleh dari kuat medan magnet.

Nilai induksi magnet untuk solenoid ideal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$B = \mu \cdot H = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l_c} \quad (1)$$

dimana :

B = Induksi Magnet (Tesla = Wb/m^2)

μ = Permeabilitas ($Wb/A \cdot m$)

H = Kuat Medan Magnet (A/m)

I = Kuat Arus yang Mengalir (A)

N = Jumlah lilitan

l_c = Panjang Kumparan

Analisa Perhitungan :

$$1.) \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

$$l_c = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2}$$

$$I = 100 \text{ A}$$

$$N = 300 \text{ Lilitan}$$

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(100) \cdot (300)}{(10 \times 10^{-2})}$$

$$B = 0,376 \text{ Wb/m}^2$$

$$2.) \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

$$l_c = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2}$$

$$I = 100 \text{ A}$$

$$N = 500 \text{ Lilitan}$$

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(100) \cdot (500)}{(10 \times 10^{-2})}$$

$$B = 0,628 \text{ Wb/m}^2$$

$$3.) \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

$$l_c = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2}$$

$$I = 100 \text{ A}$$

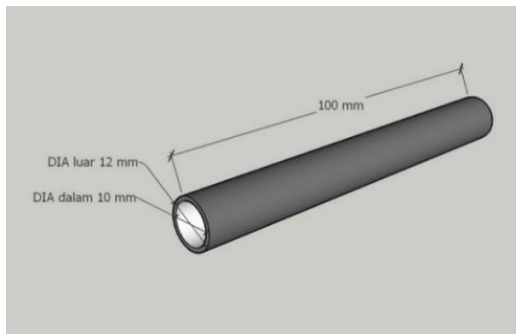
$$N = 1000 \text{ Lilitan}$$

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(100) \cdot (1000)}{(10 \times 10^{-2})}$$

$$B = 1,577 \text{ 536} \times 10^{-6} \text{ Wb/m}^2$$

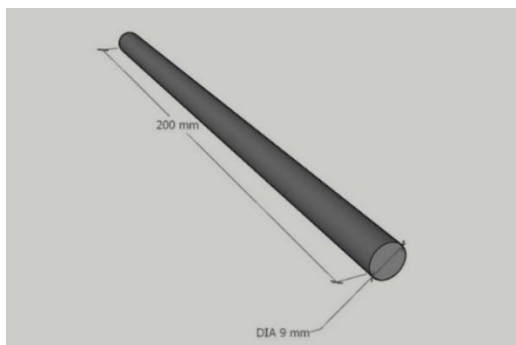
Perancangan solenoid

Solenoid merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerakan. Solenoid menghasilkan energi gerakan berupa dorongan (*push*) dan menarik (*pull*). Pada dasarnya solenoid hanya sebuah kumparan listrik yang dililit pada sekitar tabung silinder dengan aktuatur plunger yang bebas bergerak.



Gambar 1. Pipa stainless steel

Gambar 4. adalah simulasi pipa stainless steel yang digunakan sebagai selongsong atau tempat lilitan kawat email, dengan diameter dalam 10 mm, diameter luar 12 mm, dan panjang 10 cm.



Gambar 2. Besi beton

Gambar 5. adalah simulasi besi beton yang digunakan sebagai as solenoid atau biasa disebut actuator, dengan diameter 9 mm dan panjang 20 cm.

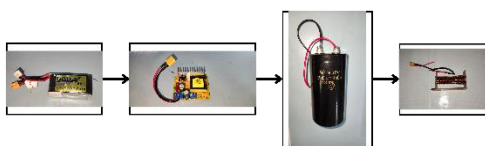


Gambar 3. Lilitan kawat email

Gambar 6. adalah simulasi lilitan kawat email yang sudah dililitkan ke pipa stainless steel.

Perancangan sistem kontrol

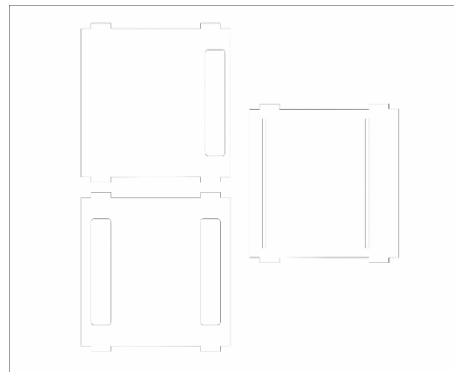
Sistem kontrol adalah sistem yang mengendalikan atau mengatur suatu keadaan untuk bisa menghasilkan keluaran yang diinginkan. Gambar 7 adalah rancangan sistem kontrol yang akan digunakan



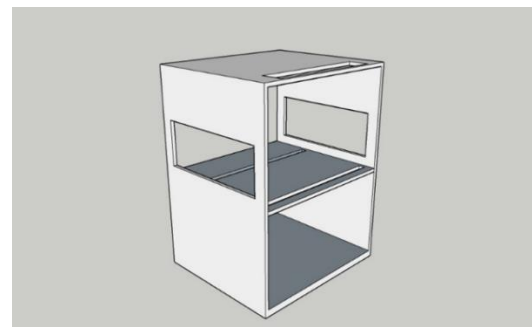
Gambar 4. Rancangan sistem kontrol

Perancangan Mekanik Solenoid

Mekanik solenoid adalah mekanisme penempatan solenoid supaya dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Untuk mekanik akan menggunakan akrilik dengan ketebalan 2,0 mm yang akan dicutting sesuai rancangan yang tertera pada gambar 8 sebagai penopang solenoid agar dapat menendang dengan baik.

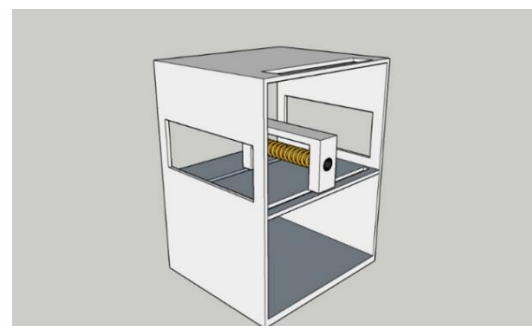


Gambar 8. Desain rancangan mekanik atas, tengah dan bawah



Gambar 9. Simulasi kerangka mekanik

Gambar 9. adalah simulasi rancangan mekanik yang di desain untuk menopang solenoid.



Gambar 10. Simulasi kerangka mekanik dengan solenoid

Gambar 10. adalah simulasi desain rancangan mekanik solenoid ketika sudah dirakit dengan solenoid.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

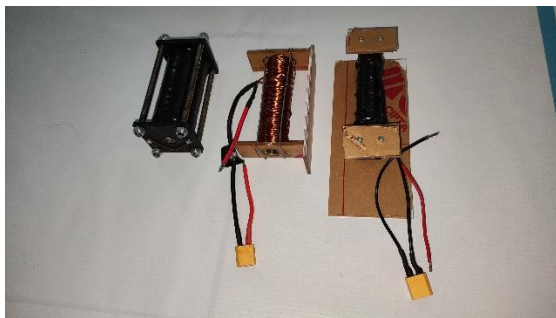
1. HASIL UJI COBA SOLENOID BUATAN SENDIRI

Untuk mendapatkan alat dengan jarak tendangan terjauh, maka peneliti membuat 3 alat diantaranya 300 lilitan, 500 lilitan, dan 1000 lilitan. Alat ini dibuat untuk memperoleh hasil tendangan yang lebih maksimal. Dari percobaan alat pertama yaitu dengan ukuran kawat 1.0 mm, 300 lilitan, dan tegangan 24 volt dihasilkan rata-rata tendangan sejauh 3,24 m/5,18 detik dari 30 kali uji coba. Sedangkan, perolehan uji coba alat pertama dengan tegangan 12 volt diperoleh rata-rata tendangan sejauh 1,52 m/3,26 detik dari 30 uji coba.

Dari percobaan alat kedua dengan ukuran kawat 1.0 mm, 500 lilitan, dan tegangan 24 volt dihasilkan rata-rata tendangan sejauh 4,96 m/5,99 detik dari 30 kali uji coba. Sedangkan, perolehan uji coba alat kedua dengan tegangan 12 volt diperoleh rata-rata tendangan sejauh 1,72 m/3,70 detik dari 30 uji coba.

Dari percobaan alat ketiga dengan ukuran kawat 1.0 mm, 1000 lilitan, dan tegangan 24 volt dihasilkan rata-rata tendangan sejauh 3,69 m/3,17 detik dari 30 kali uji coba. Sedangkan, perolehan uji coba alat kedua dengan tegangan 12 volt diperoleh rata-rata tendangan sejauh 1,33m / 1,84 detik dari 30 uji coba.

Dari hasil percobaan menggunakan ketiga alat tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat kedua yaitu dengan ukuran kawat 1.0 mm, 500 lilitan, dan 24 volt menghasilkan tendangan terjauh. Sehingga, peneliti menggunakan alat ini sebagai penendang pada robot soccer.



Gambar 51. Solenoid 1000, 500, 300 lilitan

2. HASIL UJI COBA SOLENOID PABRIKAN 12V DAN 24V

Dari percobaan solenoid pabrikan 24 volt dihasilkan rata-rata tendangan sejauh 0,097 m dari 30 kali uji coba. Sedangkan, perolehan uji coba solenoid 12 volt diperoleh rata-rata tendangan sejauh 0,06 m dari 30 uji coba.

3. HASIL SISTEM KONTROL

Hasil uji coba sistem kontrol digunakan untuk membatasi dan menyalurkan tegangan yang berfungsi sebagai tombol *on/off* baterai. Hasil uji coba sistem kontrol yang menggunakan *boost converter* dan kapasitor untuk menaikkan tegangan yaitu kontrol tidak dapat bekerja dengan normal dan ada kerusakan pada komponen *boost*

converter. Sedangkan, pada uji coba sistem kontrol kedua menggunakan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) tanpa menggunakan *boost converter* dan kapasitor sistem kontrol dapat bekerja normal dengan menghubungkan baterai langsung ke solenoid dan tidak ada tanda-tanda terjadinya kerusakan pada komponen.

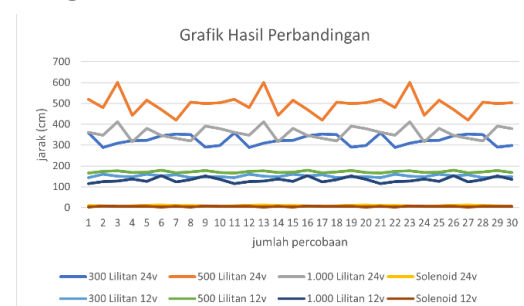
4. HASIL UJI COBA MEKANIK

Uji coba mekanik digunakan sebagai mekanik solenoid yang bertujuan bisa sebagai tempat solenoid atau solenoid dapat digunakan dengan baik. Dari hasil uji coba rancangan mekanik pada Gambar 4.7 dihasilkan bahwa mekanik bisa menopang solenoid tetapi tidak dapat menahan solenoid, ketika menendang mekanik solenoid terpental kebelakang dan menyebabkan tendangan yang dihasilkan solenoid kurang maksimal.



Gambar 12. Mekanik solenoid

5. PERBANDINGAN SOLENOID BUATAN SENDIRI DAN PABRIKAN



Gambar 13. Grafik Perbandingan Uji Coba Solenoid Buatan Sendiri dan Pabrikan

Hasil pengujian solenoid dengan baterai 24v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 3,24m pada 300 lilitan, 4,96m pada 500 lilitan, dan 3,69m pada 1000 lilitan. Untuk hasil pengujian solenoid dengan baterai 12v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 1,52m pada 300

lilitan, 1,72m pada 500 lilitan, dan 1,33m pada 1000 lilitan. Dari hasil pengujian solenoid pabrikan 24v dengan baterai 24v sebanyak 30 kali yang menghasilkan rata-rata jarak tendangan sejauh 0,097m, pada solenoid 12v rata-rata 0,06m.

Dari grafik hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa solenoid pabrikan yang diuji mendapatkan hasil tendangan yang sangat rendah bila dibandingkan dengan solenoid buatan sendiri.

B. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dihasilkan sistem penendang bola solenoid pada robot soccer. Robot soccer adalah salah satu jenis robot yang dapat melakukan permainan sepak bola layaknya manusia. Ada dua jenis robot sepakbola yang terdiri dari humanoid dan beroda. Seiring perkembangan zaman, robot soccer memiliki daya tarik tersendiri, sehingga berbagai perlombaan diadakan untuk robot jenis ini seperti KRSBI yang diadakan setiap tahun di Indonesia dan juga sebagai persiapan untuk mengikuti event internasional RoboCup. Dengan adanya event RoboCup diharapkan pada tahun 2050 mampu mencetak tim sepak bola robot yang dapat melawan tim juara dunia sepak bola. [3]

Pembuatan sistem penendang bola solenoid ini dimulai dari analisa ukuran kawat email yang di gunakan, selanjutnya analisa jumlah lilitan yang akan di gunakan, yang terakhir membuat lilitan dari kawat email yang sudah di analisa.

Sumber tegangan yang di gunakan berasal dari baterai Li-po. Alasan peneliti menggunakan baterai Li-po karena baterai Li-po adalah salah satu jenis baterai yang paling sering digunakan dalam dunia RC. Baterai ini memiliki elektrolit polimer yang padat dan mampu menghantarkan daya lebih cepat daripada baterai jenis lain. [11]

Tegangan yang dikeluarkan oleh baterai Li-po tidak cukup besar dan untuk menaikkan tegangan agar lebih besar peneliti menggunakan rangkaian *boost converter*. *Boost converter* adalah salah satu jenis converter DC-DC yang digunakan untuk meningkatkan tegangan masukan. Ada pengaturan switching pada MOSFET yang diatur berdasarkan besar kecilnya *duty cycle*. Pengaturan *duty cycle* ini menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), yang dikontrol oleh mikrokontroler. [14]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eni, "Pengaturan Posisi Sudut Motor DC menggunakan Proporsional Integral (PI) Control untuk Kicker Robo Sepak Bola Beroda," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., no. Mi, pp. 5–24, 1967.
- [2] R. A. Fatekha, B. S. B. Dewantara, and H. Oktavianto, "Sistem Deteksi Bola pada Robot Kiper Pemain Sepakbola Beroda," *J. Integr.*, vol. 13, no. 2, pp. 127–134, 2021, doi: 10.30871/ji.v13i2.3133.
- [3] I. K. Wibowo et al., "Rancang Bangun Mekanik Penendang Pada Robot Soccer Beroda Menggunakan Solenoid," 4th Indones. Symp. Robot Soccer Compet., no. June 2020, pp. 17–21, 2016.
- [4] F. G. Ohoirat et al., "Rancang Bangun Sistem Mekanik Penggiring Dan Penendang Pada Robot Sepak Bola," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 171–180, 2019.
- [5] B. Kusumoputro et al., "Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (Kri) Tahun 2023," pp. 1–150, 2023.
- [6] R. Rustam and Y. R. Hais, "Perancangan Sistem Pengisian Capacitor Bank Secara Otomatis Pada Penendang Solenoid Robot Sepak Bola Universitas Jambi," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 4, no. 2, p. 62, 2021, doi: 10.33087/jepca.v4i2.56.
- [7] H. Aprilianto and M. I. Perdana, "Mekanika Penendang dan Penangkap Bola Berbasis Mikrokontroler Pada Robot Bola Beroda," *Jutisi Issn 2089-3787*, vol. 7, no. 2, pp. 119–126, 2018.
- [8] P. Sejati, A. De Fretes, and O. T. Torar, "Desain dan Simulasi Solenoid Dua Kumparan sebagai Alat Penendang," pp. 10–21.
- [9] N. Sinaga and M. H. Sonda, "Pemilihan Kawat Enamel Untuk Pembuatan Solenoid Dinamometer Arus Eddy Dengan Torsi Maksimum 496 Nm," *Eksergi*, vol. 9, no. 1, pp. 5–11, 2016.
- [10] B. M Panggabean, H. Halomoan, and N. Purwasih, "PERANCANGAN SISTEM TRANSFER ENERGI SECARA WIRELESS DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK RESONANSI INDUKTIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 2, no. 2, 2014, doi: 10.23960/jitet.v2i2.234.
- [11] A. Fanani and R. Hartono, "Perancangan dan Implementasi Prototype Penyeimbang Mobil Pada Saat Drifting Design and Implementation of Prototype Balancing The Car While Drifting," vol. 4, no. 1, 2016.
- [12] H. K. T. N. Amani, M. , Bambang Minto B, ST, and M. , Sugiono ST, "Rancangan Alat Monitoring Arus Dan Tegangan Pada PHB-TR Dan Suhu Pada Transformator Menggunakan Arduino Berbasis Mobile," pp. 1–5.
- [13] S. Noor and N. Saputera, "Efisiensi

- Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank,” J. Poros Tek., vol. 6, no. 2, pp. 73–78, 2014.
- [14] A. A. Arganata, Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember. 2019.
- [15] D. B. Irawan, “Rancang Bangun Boost Converter Menggunakan Sistem Kontrol Pid Pada Robot Krai 2017,” pp. 1–48, 2017.
- [16] Dzulhidayat, “SISTEM KENDALI MULTIPLE MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN PERINTAH SUARA BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT),” Sist. KENDALI Mult. MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN PERINTAH SUARA Berbas. INTERNET THINGS, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [17] B. A. B. li and T. Pustaka, “Irawan dan Wahyu. Intalasi Tenaga Listrik . 2019, hlm. 3. 6,” pp. 6–29, 2019.