

Pelontar Bola Tenis Lapangan Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega2560

Sukardi¹, Ilham Muzhar², Ali Basrah Pulungan³

^{1 2 3} Universitas Negeri Padang

sukardiunp@gmail.com, muzharilham@gmail.com, alibp@ft.unp.ac.id

Abstrak

Dunia pada umumnya terkhusus Indonesia saat ini sedang memasuki era revolusi industri 4.0 yaitu revolusi industri yang mengedepankan collaborative manufacturing yang tidak lepas dengan teknologi otomatis atau otomatisasi sistem. Pada bidang olahraga tenis lapangan, teknologi otomatisasi ini belum banyak diterapkan. Penerapan teknologi otomatisasi ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi atlet dan pelatih tenis lapangan dalam berlatih. Pada tugas akhir ini perancangan sebuah mesin pelontar bola tenis lapangan dengan kendali sistem otomatis bertujuan untuk memberikan efisiensi dan kemudahan bagi atlet dalam berlatih. Pembuatan mesin ini terdiri dari beberapa perangkat keras (*hardware*) seperti Arduino Mega2560, Arduino Nano, Motor DC, *Driver* BTS7960, *Display* LCD 16x2, I2C, Modul *Bluetooth* HC-05, Sensor IR, Sensor *Ultrasonic*, dan *Joystick* Modul. Adapun perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu Arduino IDE dan MIT App Inventor. Hasil dari pengerjaan mesin pelontar bola tenis lapangan ini adalah mesin dapat dioperasikan dengan berbagai macam jenis permainan sesuai tingkat kemahiran atlet dan mesin ini dapat dikendalikan secara *wireless* menggunakan koneksi *bluetooth* pada *Smartphone* Android.

Kata Kunci: Otomatisasi, Tenis Lapangan, Bluetooth HC-05, MIT App Inventor, Arduino Mega2560

Abstract

The world in general, especially Indonesia, is currently entering the era of the industrial revolution 4.0, which is an industrial revolution that promotes collaborative manufacturing that cannot be separated from automatic technology or system automation. In the field of tennis, this automation technology has not been widely applied. The application of this automation technology is expected to make it easier for athletes and tennis coaches to practice. In this final project, the design of a tennis ball throwing machine with automatic system control aims to provide efficiency and convenience for athletes in practicing. The manufacture of this machine consists of several hardware (hardware) such as Arduino Mega2560, Arduino Nano, DC Motor, Driver BTS7960, Display LCD 16x2, I2C, Modul Bluetooth HC-05, IR Sensor, Ultrasonic Sensor, dan Joystick Modul. The software used is the Arduino IDE and MIT App Inventor. The result of this tennis court ball throwing machine is that the machine can be operated with various types of games according to the athlete's skill level and this machine can be controlled wirelessly using a bluetooth connection on an Android smartphone.

Keywords: Automation, Tennis court, Bluetooth HC-05, MIT App Inventor, Arduino Mega2560.

PENDAHULUAN

Tenis lapangan merupakan salah satu cabang olahraga yang dimainkan di atas lapangan yang berbentuk persegi panjang dengan menggunakan bola dan raket untuk memukul bola sehingga melewati net lalu memantulkannya sehingga lawan tidak dapat mengembalikan bola [1]. Seorang atlet tenis lapangan dapat memenangkan pertandingan apabila ia menguasai berbagai jenis pukulan atau teknik dalam permainan.

Untuk meningkatkan kemampuan seorang atlit, pelatih harus menyiapkan beberapa program latihan yang sesuai dengan prinsip-prinsip dengan tingkat kemahiran atlet yang berbeda-beda [2]. Maka dari itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu pelatih dalam merealisasikan program latihannya ke atlet yang akan dilatih. Tujuan pembuatan alat ini yaitu mengembangkan otomatisasi mesin pelontar bola tenis lapangan yang berguna untuk memudahkan para atlet tenis lapangan dalam berlatih agar proses latihan dapat berjalan secara efisien.

Mesin pelontar bola tenis lapangan ini telah dikembangkan sebelumnya, namun pengendalian mesin masih secara manual. Jenis permainan yang dapat digunakan hanya dalam bentuk melontarkan bola dalam satu arah

saja dan keterbatasan informasi terhadap mesin pelontar. Penggunaan alat yang masih memerlukan sumber baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) yang membatasi pemakaian mesin tersebut. Maka dari itu perancangan otomatisasi mesin pelontar bola tenis lapangan ini bertujuan untuk mengembangkan kendali otomatis pada mesin sehingga mesin dapat melontar bola ke berbagai arah sesuai dengan jenis permainan yang dipilih. Pengoperasian alat dapat dilakukan secara langsung menggunakan *joystick* dan *push button*, serta mesin juga dapat dikendalikan secara *wireless* menggunakan aplikasi *Android* buatan yang ada pada *Android Smartphone*. Penggunaan *power supply* SMPS sebagai pengganti baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) dapat memberikan durasi yang lebih lama dalam penggunaan mesin pelontar bola tenis lapangan.

Maka dari itu dengan adanya sistem otomatisasi pada pelontar bola tenis lapangan diharapkan dapat membantu pelatih dalam menjalankan program latihannya dengan lebih baik lagi serta dapat mengevaluasi kemampuan atlet yang dilatihnya dalam setiap latihan dengan mudah dan efisien.

Gerak Parabola

Gerak Parabola atau gerak peluru adalah gerak yang membentuk sudut tertentu (sudut elevasi) terhadap bidang horizontal [3]. Pada gerak parabola terjadi dua macam gerak yang terjadi yaitu gerak horisontal dengan Gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak vertikal dengan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).

Bentuk persamaan umum gerak parabola yang digunakan pada analisis mesin pelontar bola tenis lapangan yaitu persamaan jarak lontaran terjauh yang dijabarkan dengan rumus jarak gerak lurus berubah beraturan. Adapun persamaannya yaitu sebagai berikut.

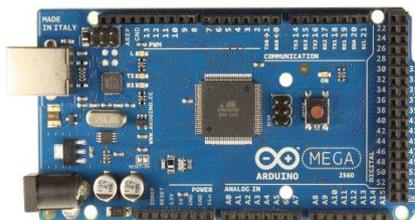
$$X_{maks} = V_{0x} \cdot t_{x_{maks}}$$
$$X_{maks} = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$
$$X_{maks} = \frac{V_0^2 \cdot 2 \cdot \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$
$$X_{maks} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Keterangan :

- X_{maks} = Jarak lontaran terjauh (m)
- V_0 = Kecepatan Awal (m/s)
- α = Sudut Kemiringan
- g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

Arduino Mega2560

Mikrokontroler merupakan sebuah komputer mini atau mikro yang ditanamkan pada sebuah chip IC yang terdiri dari processor, memory, dan antarmuka yang diprogram[4]. Arduino mega2560 adalah sebuah papan mikrokontroler yang menggunakan chip Atmega16U2 yang bersifat *open source*[5]. Arduino Mega2560 memiliki 256 KB dari memori *flash* untuk menyimpan kode dan 8 KB digunakan untuk *bootloader* dari memori *flash* tersebut serta terdapat 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM yang bisa digunakan. Pada dasarnya bahasa pemrograman yang digunakan pada *software* arduino yaitu bahasa C. *Software* yang tersedia bersifat *open source* sehingga dapat dipublikasikan dengan bebas. *Software* tersebut yaitu IDE (*Integrated Development Environment*) arduino.



Gambar 1. Mikrokontroler Arduino Mega2560

Android

Android merupakan sebuah *Operating System(OS)* yang dibuat sebagai *platform open source* untuk perangkat *mobile* berbasis *linux* yang meliputi *Operating System(OS)*, *middleware*, serta aplikasi. Android memberikan fasilitas sebuah platform yang terbuka untuk dikembangkan menjadi sebuah aplikasi yang akan dibuat. Pada *Operating System(OS)* android terdapat beberapa *tools* dan *framework* untuk memudahkan pengguna dalam membuat sebuah aplikasi. Android SDK (*Software Development Kit*) memungkinkan pengguna untuk mengembangkan sebuah aplikasi yang baru pada *platform* android menggunakan bahasa pemrograman *Java*. Konsep yang terdapat pada bahasa pemrograman *Java* berhubungan dengan pemrograman yang berbasis objek.

MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah sebuah aplikasi pemrograman android yang dapat digunakan untuk membentuk *software* pada sistem operasi berbasis *graphical interface*. MIT App Inventor merupakan sebuah aplikasi web bersifat *open-source* pertama yang diberikan oleh *Google* yang memungkinkan pengguna untuk men-*drag and drop* subjek visual guna membentuk aplikasi yang dapat di operasikan pada peranti Android.

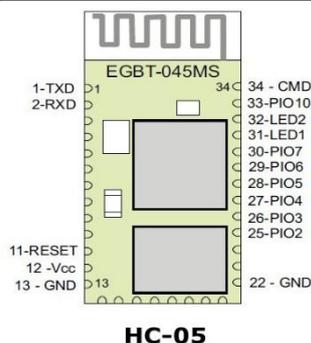
Dalam membentuk MIT App Inventor, *Google* telah mengadakan penelitian terhadap komputasi edukasional serta pengembangan terhadap lingkungan pengembangan online terhadap *Android System*. MIT App Inventor memiliki beberapa komponen dalam pembuatan aplikasi yaitu sebagai berikut.

1. Blok Designer
Komponen designer terdiri dari beberapa *tools* diantaranya yaitu *palette*, *viewer*, *component*, *media*, dan *properties*.
2. Blok Editor
Block editor berguna untuk memprogram komponen yang telah digunakan dalam bahasa pemrograman *Java*.
3. Blok Emulator
Blok emulator digunakan untuk menjalankan dan menguji *project* yang telah dibuat

Pada tugas akhir ini MIT App Inventor digunakan untuk membuat *bluetooth remote* yang *support* terhadap *smartphone* android sehingga dapat diakses dengan mudah.

Modul Bluetooth HC-05

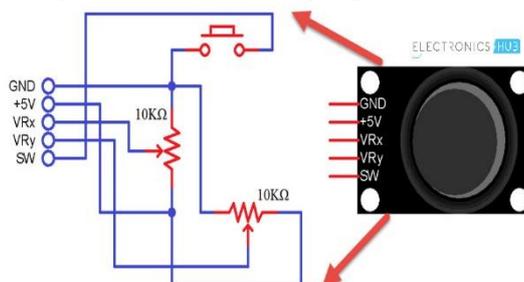
Bluetooth adalah sebuah teknologi komunikasi *wireless* (tanpa kabel) yang beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 GHz *unlicensed ISM (Industrial, Scientific and Medical)* dengan menggunakan sebuah *frequency hopping tranceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *real time* antara *host-host bluetooth* dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas (sekitar 10 meter)[6]. Fungsi dari modul *bluetooth HC-05* pada tugas akhir ini yaitu untuk koneksi alat dengan *smartphone* secara *wireless* agar dapat saling mengirimkan data dengan bantuan *interface* arduino mega2560.



Gambar 2. Modul Bluetooth HC-05

HW-504 Joystick Modul

Modul *Joystick* adalah sebuah perangkat input elektronik yang memiliki tuas ke segala arah yang biasanya *joystick* digunakan untuk mengontrol sebuah permainan atau game yang ada pada computer[7]. *Joystick* memiliki dua sumbu, yaitu sumbu X dan Y serta memiliki toggle switch. Sumbu X dan Y merupakan sebuah *trimmer* (*variable resistor*) yang dapat digerakkan atau diubah-ubah nilainya menggunakan tuas yang dipasangkan padanya. Pada tugas akhir ini, terdapat dua buah modul *joystick* HW-504 ini digunakan untuk mengendalikan mesin pelontar untuk pemilihan menu dan pengendalian mesin secara manual.

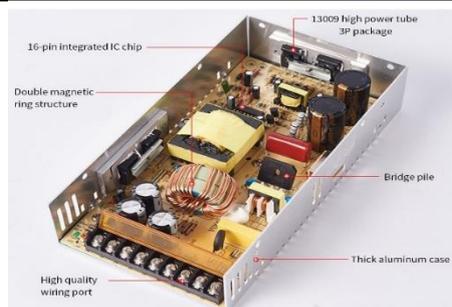


Gambar 3. Diagram Rangkaian Modul HW-504

SMPS (Switched-Mode Power Supply)

Switch mode power supply adalah sirkuit elektronik yang mengubah daya menggunakan perangkat *switching* dimana perangkat *switching* tersebut dapat *on* atau *off* pada frekuensi yang tinggi. Cara kerja SMPS ini yaitu *input* tegangan AC 220 Volt diubah menjadi tegangan DC 12 Volt menggunakan penyearah dan *filter*. Tegangan DC tidak teregulasi ini kemudian dilewatkan ke kapasitor atau pada sirkuit PFC (*Power Factor Correction*). Setelah itu tegangan DC tersebut diaktifkan dengan pensaklaran (*switching*) yang memiliki kecepatan sangat tinggi menggunakan MOSFET. Topologi SMPS dikategorikan sebagai converter AC-DC, converter DC-DC, converter forward dan converter flyback.

Pada penelitian ini, SMPS yang digunakan yaitu SMPS dengan spesifikasi 12 Volt 30 Ampere. Penggunaan beban motor DC dengan jumlah yang banyak tentu membutuhkan supply tegangan dan arus yang besar. Maka dari itu, penggunaan SMPS ini dapat mencukupi kinerja semua motor dan perangkat lainnya pada mesin pelontar bola tenis lapangan.



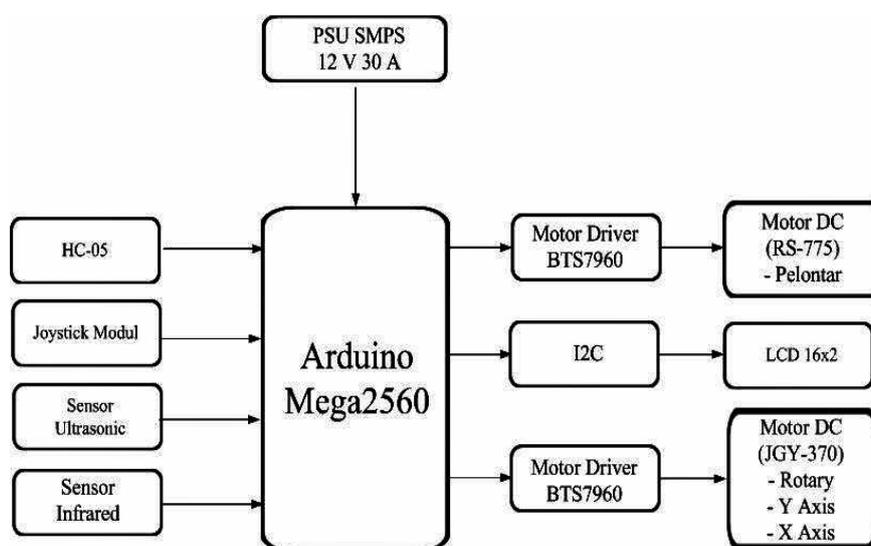
Gambar 4. Bentuk fisik SMPS 12 Volt 30 Ampere

METODE

Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut maka dilakukan pengembangan sistem dan juga mekanikal terhadap mesin pelontar bola tenis lapangan menjadi sistem yang dapat bekerja secara otomatis. Adapun penelitian yang telah dilakukan terdahulu masih bersifat sederhana sehingga pada penelitian ini diperlukan pengembangan yang lebih advance sehingga mesin pelontar bola tenis lapangan ini dapat membantu proses latihan atlet tenis lapangan menjadi lebih baik dan efisien.

Blok Diagram

Blok diagram adalah representasi bergambar atau singkatan dari hubungan sebab akibat antara *input* dan *output* dari sistem fisik. Adapun blok diagram otomatisasi sistem mesin pelontar bola tenis lapangan ini yaitu sebagai berikut.



Gambar 5. Blok Diagram

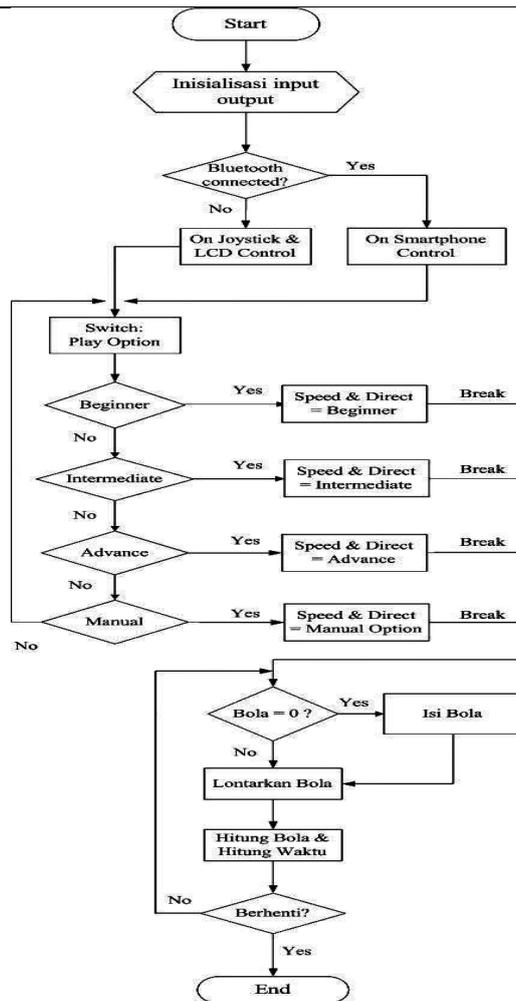
Berdasarkan diagram blok diatas, terdapat fungsi dari masing-masing komponen tersebut yaitu sebagai berikut.

1. *HC-05 bluetooth*
Modul bluetooth HC-05 digunakan sebagai penghubung antara *user* yang menggunakan *handphone* atau *smartphone* terintegrasi bluetooth dengan mesin pelontar itu sendiri.
2. *Joystick modul HW-504*
Modul Joystick HW-504 ini digunakan untuk mengendalikan mesin pelontar untuk *switching* menu jenis permainan dan untuk mengendalikan mesin secara manual.
3. *Sensor Ultrasonik HC SR04*
Modul sensor ultrasonic HC SR04 digunakan untuk kalibrasi posisi mekanikal pelontar ke arah atas

- dan bawah serta digunakan untuk menghitung jumlah bola yang dilontarkan.
4. Sensor *Infrared* FC-51
Modul sensor infrared FC-51 digunakan untuk kalibrasi posisi mekanikal pelontar untuk mengarahkan ke kiri ataupun ke kanan.
 5. SMPS (*Switched-Mode Power Supply*)
Switched-Mode Power Supply digunakan sebagai sumber kelistrikan untuk semua komponen elektrik pada mesin pelontar dengan spesifikasi 12 Volt dan 30 Ampere.
 6. *Driver* BTS7960
Modul driver BTS7960 digunakan sebagai *driver* sinyal dari mikrokontroler untuk semua komponen motor DC yang digunakan pada mesin pelontar bola tenis lapangan.
 7. *I²C* (*Inter Integrated Circuit*)
Inter Integrated Circuit merupakan piranti yang menyediakan komunikasi antara perangkat-perangkat terintegrasi, seperti sensor, RTC, dan juga EEPROM. Adapun kegunaan I2C digunakan sebagai tempat komunikasi serial dua arah antara mikrokontroler dan LCD 16x2.
 8. LCD 16x2
Liquid Crystal Display 16x2 digunakan untuk display menu, monitoring alat, dan hasil pembacaan sensor yang digunakan.
 9. Motor DC RS-775
Motor DC RS-775 merupakan jenis DC magnet permanen yang digunakan sebagai penggerak roller yang berguna untuk melontarkan bola tenis lapangan.
 10. Motor DC JGY-370
Motor DC JGY-370 merupakan jenis motor DC magnet permanen yang dipasangkan gear box yang digunakan untuk RPM reduction agar menghasilkan torsi yang besar. Pada penelitian ini motor DC JGY-370 digunakan sebagai penggerak mekanikal pelontar ke arah kiri dan kanan (X Axis), ke arah atas dan bawah (Y Axis) dan sebagai penggerak rotary penampung bola.

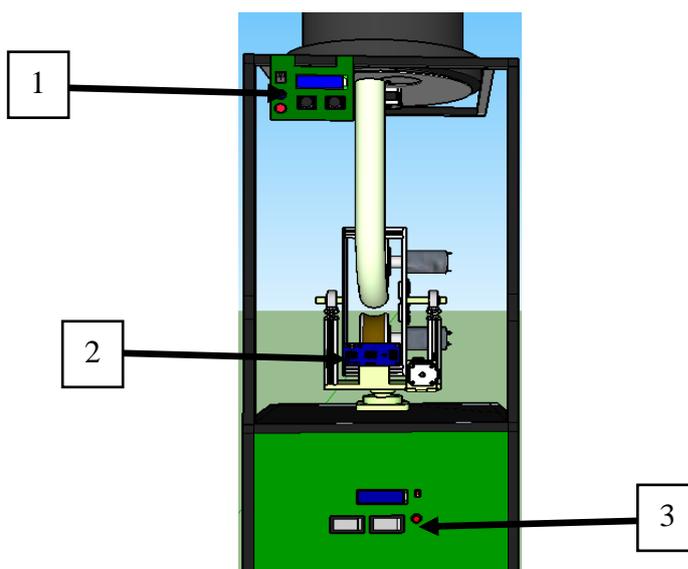
Flowchart

Diagram alir atau flowchart merupakan sebuah jenis diagram yang mewakili algoritma kerja suatu alat dengan menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol grafis yang terhubung dengan panah-panah. Diagram ini dapat mewakili sebuah ilustrasi penyelesaian masalah dalam proses kerja. Berikut diagram alir dari sistem kerja alat tersebut. Adapun bentuk flowchart untuk otomatisasi sistem mesin pelontar bola tenis lapangan ini yaitu sebagai berikut.



Gambar 6. Flowchart Otomatisasi Mesin Pelontar Bola Tennis Lapangan

Perancangan Mekanikal

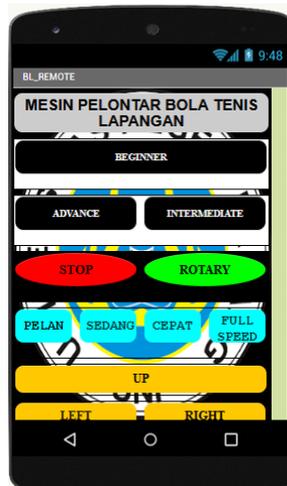


Gambar 7. Rancangan Mekanikal

Keterangan :

1. Kontrol Joystick Menu
2. Sensor Ultrasonik Kalibrasi Posisi Y Axis
3. Monitoring Sensor dan Rangkaian

Perancangan Software



Gambar 8. Perancangan Aplikasi Bluetooth Remote

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian alat yang telah dibuat, terdapat dua jenis pengujian yang dilakukan untuk melihat seberapa jauh kinerja alat tersebut. Pertama yaitu pengujian hardware dan pengujian software. Dengan pengujian ini dapat diketahui apakah alat dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang diinginkan. Adapun bentuk hasil dari perancangan sistem kontrol otomatis tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



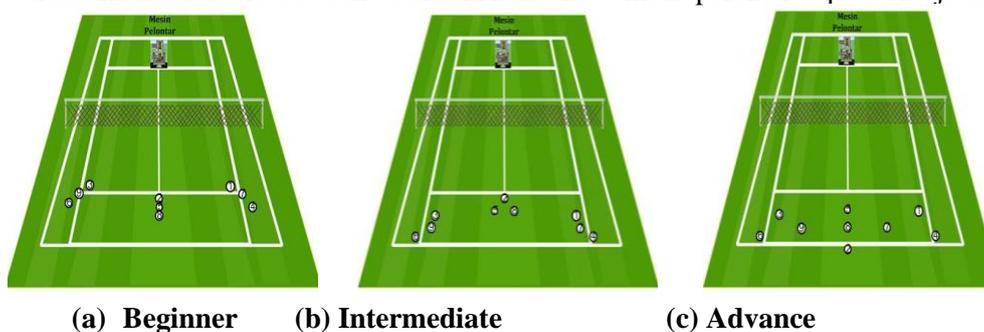
Gambar 9. Bentuk Kontrol dan Monitoring

Pengujian Jenis Permainan Otomatis

Tabel 1. Pengujian Permainan Otomatis

No	Menu	PWM	Kecepatan Roller (RPM)	Jumlah Bola	Durasi (Menit)
1	Beginner	200	2737	30 – 40	10
2	Intermediate	220	3051	60 – 70	11
3	Advance	255	3479	60 - 70	10

Pada pengujian hardware sistem otomatis dilakukan tiga kali pengujian pada setiap jenis opsi permainan yang berbeda. Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah bola yang dilontarkan, durasi permainan, dan kecepatan pelontar berbeda-beda. Semakin tinggi tingkatan jenis permainan maka semakin tinggi kecepatan pelontar dan bola yang dilontarkan semakin banyak. Perbedaan nilai kecepatan roller disetiap jenis permainan dikarenakan tingkatan PWM (Pulse Width Modulation) dinaikkan setiap tingkatan game-nya. Resolusi PWM yang bersifat 8 bit Atmega328P Arduino mega2560 berkisar antara 0-255(256). Pada pilihan menu beginner nilai PWM yang digunakan yaitu bernilai 200, pada menu intermediate nilai PWM yang digunakan yaitu bernilai 220, pada menu advance nilai PWM yang digunakan yaitu bernilai 255 atau resolusi PWM tertinggi. Dapat disimpulkan berdasarkan tabel tersebut bahwa sistem kendali otomatis pelontar dapat bekerja dengan baik.



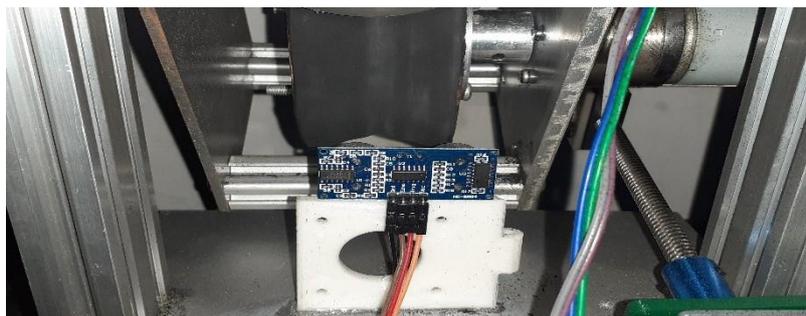
Gambar 11. Pemetaan Jatuh Bola pada saat Kendali Otomatis

Tabel 2. Monitoring Arus dan Tegangan

No	Elemen	Rangkaian Daya		Rangkaian Kontrol	
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1	Beginner	12.8	5.23	7.1	3.01
2	Intermediate	12.9	4.35	7.1	2.55
3	Advance	12.8	4.36	7.1	2.57

Pada tabel 2. dapat dilihat bahwa nilai tegangan pada rangkaian daya berbeda dengan nilai tegangan pada rangkaian control berbeda yaitu 12.8 Volt dan 7.1 Volt. 12.8 volt diberikan langsung kepada motor sedangkan 7.1 diberikan kepada rangkaian kontrol pada PCB arduino Mega2560, driver dan sensor yang digunakan. Nilai arus pada rangkaian daya dengan rangkaian kontrol memiliki nilai yang berbeda yaitu 5 Ampere dan 2 Ampere. Namun, nilai arus pada rangkaian daya dapat bernilai terlalu besar pada saat starting motor DC dilakukan, setelah beberapa detik maka didapatkan nilai 5 ampere pada saat motor bekerja dalam kecepatan yang stabil.

Pengujian Kalibrasi Y Axis



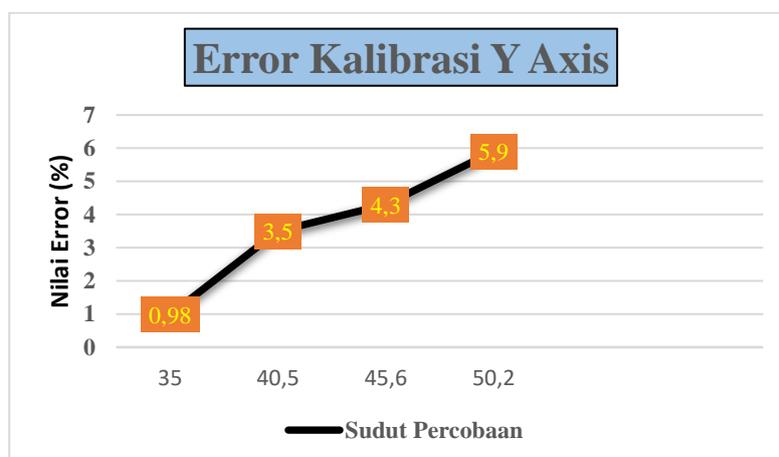
Gambar 12. Dudukan Sensor Ultrasonik untuk Kalibrasi Y Axis

Kalibrasi Y Axis pada mesin pelontar bola tenis lapangan ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai pembaca jarak roller terdekat. Pada saat sensor ultrasonik yang menentukan posisi kalibrasi, jarak sensor dengan roller posisi semula yaitu sejauh 7 cm sehingga jika diukur menggunakan alat protractor kemiringan, sudut kemiringan posisi awal Y Axis yaitu pada nilai 30° .

Tabel 3. Nilai Error Kalibrasi Y Axis

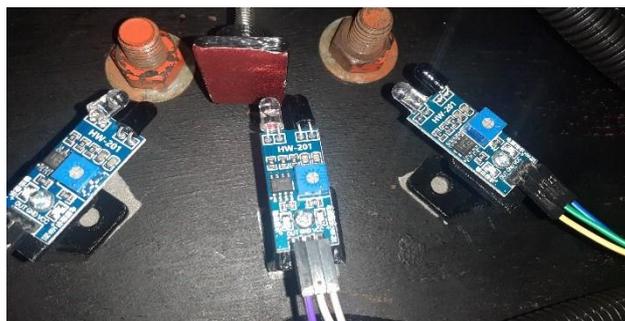
No	Sudut Percobaan (Derajat)	Hasil Kalibrasi (Derajat)	Error (%)
1	50.2	32.4	5.9
2	45.6	31.9	4.3
3	40.5	31.4	3.5
4	35.0	30.88	0.98

Jika dilakukan uji coba terhadap beberapa sudut yang berbeda, maka posisi kalibrasi relative berubah dalam beberapa derajat kemiringan sudut. Pada sudut kemiringan terjauh yaitu 50.2 derajat ke atas, kalibrasi mengalami error sebesar 5.9 %. Sedangkan pada sudut kemiringan terdekat yaitu 35 derajat ke atas, maka kalibrasi hanya mengalami error sebesar 0.98 %. Dapat disimpulkan sementara bahwa semakin kecil sudut kemiringan Y Axis pelontar, maka semakin kecil angka error kalibrasi posisinya. Hasil percobaan tersebut dapat ditampilkan pada kurva berikut.



Gambar 13. Kurva Error Kalibrasi Y Axis

Pengujian Kalibrasi X Axis

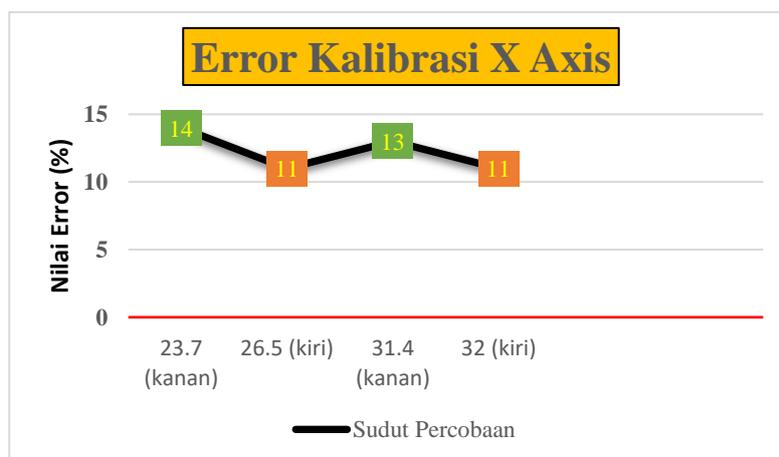


Gambar 14. Dudukan Sensor IR untuk Kalibrasi X Axis

Tabel 4. Nilai Error Kalibrasi X Axis

No	Sudut Percobaan (Derajat)	Hasil Kalibrasi (Derajat)	Error
1	31.4 (kanan)	27.2	13 %
2	23.7 (kanan)	20.3	14 %
3	32.0 (kiri)	28.2	11 %
4	26.5 (kiri)	23.5	11 %

Kalibrasi posisi X Axis dirancang untuk dapat kembali ke posisi tengah pada titik 0 derajat. Setelah dilakukan pengujian, dapat kita lihat pada tabel di atas bahwa pada saat pengujian pergeseran ke arah kanan sejauh 31.4 derajat, maka terjadi error kalibrasi sebesar 13 %. Sedangkan jika digunakan simpangan pembacaan sensor terdekat yaitu 23.7 derajat ke kanan, maka error yang terjadi hanya sebesar 14 %. Pada percobaan pergeseran ke arah kiri sejauh 32 derajat, maka error yang terjadi sebesar 11 %. Sedangkan jika dilakukan pengujian simpangan pembacaan sensor terdekatnya yaitu 26.5 derajat, maka error yang terjadi hanya sebesar 11 %. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kalibrasi sensor ke arah kiri lebih akurat dibandingkan dengan kalibrasi sensor ke arah kanan. Adanya error yang terjadi disebabkan oleh tidak sama pembebanan jika roller mengarah ke kanan dengan pembebanan roller ke kiri. Ketika roller mengarah ke kanan maka terdapat selubung kabel besar yang harus ditarik. Sedangkan jika roller mengarah ke kiri, selubuh kabel tetap berada pada posisi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar kurva berikut.



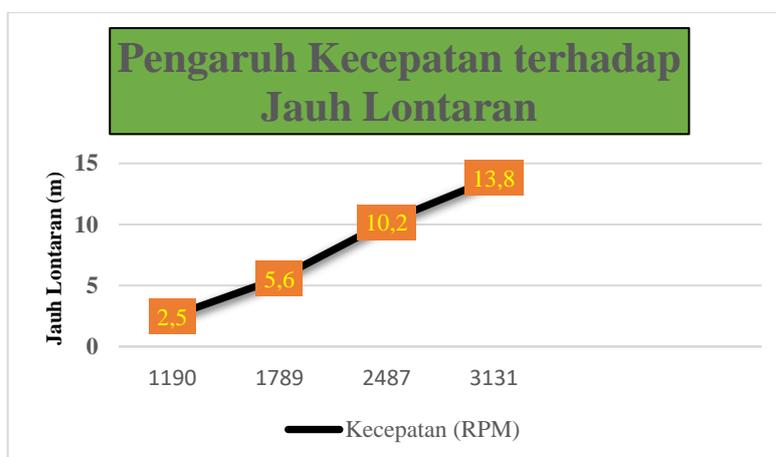
Gambar 15. Kurva Error Kalibrasi X Axis

Pengujian Kontrol Manual

Tabel 5. Pengujian Kontrol Manual

No	Jenis Pilihan	Kecepatan Roller (RPM)	Sudut Kemiringan (Derajat)	Jauh Lontaran (meter)
1	Pelan	1190	30.58	2.5
2	Sedang	1787	30.58	5.6
3	Cepat	2486	30.58	10.2
4	Full Speed	3131	30.58	12.8
5	Optional	3131	32.86	13.8

Pada pengujian sistem kontrol manual, digunakan pilihan kecepatan yang bervariasi. Pengujian ini terbagi menjadi lima jenis kecepatan serta kemiringan yang berbeda. Dapat dilihat pada tabel 5. bahwa setiap kenaikan level kecepatan, maka lontaran bola semakin jauh. Peningkatan kecepatan tersebut diprogram dengan meningkatkan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) yang diberikan kepada driver motor penggerak roller yaitu dimulai dari nilai 100 hingga 255 nilai PWM. Untuk pilihan roller pelan PWM diberi nilai 100, roller sedang PWM bernilai 150, roller cepat PWM bernilai 200, roller full speed PWM bernilai 255. Pada pengujian variable tetap sudut kalibrasi yaitu 30.58 derajat, dilakukan pengujian perbedaan kecepatan tersebut dari pelan hingga full speed. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan maka semakin jauh bola dapat dilontarkan oleh roller. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar kurva berikut. Adapun pengujian secara optional yaitu dengan PWM bernilai 255 dihasilkan kecepatan 3131 Rpm atau setara dengan 18 m/s. Pada pengujian optional ini diberikan sudut kemiringan 32.86°. Maka didapatkan jarak bola yang dapat dilontarkan yaitu sejauh 13.84 meter.



Gambar 16. Kurva Pengaruh Kecepatan terhadap Jauh Lontaran

Pengujian Software Bluetooth

Pada pengujian software ini, terdapat remote Bluetooth yang telah dibuat pada aplikasi MIT App Inventor dengan nama Pelontar Bola Tennis Lapangan sesuai dengan aplikasi yang ingin dirancang. Untuk data pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Pengujian Bluetooth Remote Mesin Pelontar

No	Jenis Komponen	Status Koneksi	Keterangan	Hasil
1	Modul HC-05	11:41:49 Connected	Bluetooth terkoneksi	√
2	Beginner	11:41:55 B	Send text file 'B'	√
3	Intermediate	11:42:50 I	Send text file 'I'	√
4	Advance	11:43:40 A	Send text file 'A'	√
5	Stop	11:44:42 S	Send text file 'S'	√
6	Rotary	11:45:20 O	Send text file 'O'	√
7	Pelan	11:45:42 1	Send text file '1'	√
8	Sedang	11:45:52 2	Send text file '2'	√
9	Cepat	11:46:05 3	Send text file '3'	√
10	Full Speed	11:47:25 4	Send text file '4'	√
11	Up	11:48:03 U	Send text file 'U'	√
12	Down	11:48:11 D	Send text file 'D'	√
13	Left	11:48:21 L	Send text file 'L'	√
14	Right	11:48:28 R	Send text file 'R'	√

Pada pengujian pada tabel 7. dapat disimpulkan bahwa semua komponen tombol yang ada pada remote bluetooth bekerja dengan baik. Dibuktikan dengan setiap text value yang dikirimkan oleh Bluetooth master pada android, diterima dengan text value yang sama oleh bluetooth slave yang ada pada modul HC-05. Semua data text value dapat dibaca oleh program yang ada pada Arduino Mega2560. Jika text value yang dikirimkan oleh bluetooth master tidak diterima oleh modul HC-05 maka program tidak dapat dijalankan dan pelontar tidak dapat bekerja sama sekali.

PENUTUP

Berdasarkan pengujian dan analisa pada bagian hardware serta software pada mesin pelontar bola tenis lapangan dapat disimpulkan bahwa otomatisasi sistem dapat bekerja dengan baik. Bagian hardware dapat bekerja dengan sistem otomatis baik berdasarkan jenis menu yang digunakan ataupun sistem kalibrasi otomatis. Adapun error kalibrasi Y Axis 1 % hingga 5.9 % dan X Axis 11 % hingga 15 % terjadi karena adanya beban yang tidak seimbang di beberapa sisi sehingga dapat ditoleransi. Sistem manual sebagai pengujian optional dapat melontarkan bola sejauh 2.5 meter hingga 13.8 meter. Data nilai tegangan, arus, jumlah bola yang dilontarkan dan durasi penggunaan alat dapat ditampilkan pada LCD 16x2 sehingga bisa menjadi pedoman penggunaan alat. Pengujian software yaitu pengujian aplikasi bluetooth yang telah dibuat dapat terkoneksi dengan baik dengan bluetooth remote pada smartphone android sesuai dengan tujuan pada tugas akhir ini. Saran penelitian ini yaitu mesin pelontar masih dapat dikembangkan lebih baik lagi agar lebih efisien dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriatna, I. Hariadi, and Taufik, "latihan Kelincahan Khusus Cabang Olahraga tenis Lapangan," *Latih. Kelincahan Khusus Cab. olahraga tenis Lapangan*, vol. 6, no. 2, pp. 141–151, 205AD.
- [2] A. N. Kurniawan, "Pengembangan Model Latihan Ball Feeling Melalui Video Untuk Meningkatkan Teknik," pp. 6–15, 2005.
- [3] H. Pardede, "Simulasi Mencari Waktu Pada Gerak Parabola / Peluru," no. July, 2015.
- [4] F. I. Putra and A. B. Pulungan, "Alat Pengering Biji Pinang Berbasis Arduino," vol. 6, no. 1, pp. 89–97, 2020.
- [5] D. Michael and D. Gustina, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Kapasitas Air Pada Kolam Ikan Secara Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino," *IKRA-ITH Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 59–66, 2019, [Online]. Available: <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/view/319>.

- [6] E. E. Suryani, Ishafit, and Program, "Penerapan model pembelajaran Think-Pair-Share (TPS) berbantuan Aplikasi APP Inventor pada materi kalor SMA Kelas X untuk meningkatkan hasil belajar," *Semin. Nas. Quantum*, vol. 25, pp. 425–430, 2018.
- [7] A. Akbar, G. Abdel, N. Masikki, A. N. Aliansyah, and N. Z. D. L. Mulyawati, "Perancangan Sistem Monitoring Navigasi Kursi Roda Berbasis Mikrokontroler," vol. 7, no. 1, pp. 45–52, 2021.

Biodata Penulis

Dr. Sukardi, M.T, lahir di Semerap Kerinci Indonesi tanggal 10 Mei 1961, menempuh pendidikan di Kerinci sejak SD, SMP dan SMA, melanjutkan kuliah Sarjana (S1) di IKIP Padang Indonesia Jurusan Pendidikan Teknik Eleltro, Magister (S2) Teknik ELEktro di Institut Teknologi Bandung, dan Program Doktor (S3) bidang Pendidikan Teknologi dan Kejuruan di Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta. Saat ini bertugas sebagai Dosen dan menekuni riset bidang Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Ketenagalistrikan. (TVET).

Ilham Muzhar, dilahirkan di Padang, 16 April 1999, Sarjana Sains Terapan, di jurusan Teknik Elektro Program Studi program studi DIV Teknik Elektro Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Ali Basrah Pulungan, S.T, M.T, dilahirkan di Hutanaingkan, 12 Desember 1974. Menyelesaikan Studi S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara (USU). Pendidikan S2 Bidang Teknik Tenaga Listrik di Universitas Gajah Mada (UGM) tahun 2007. Sekarang menjadi staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.