

Rancang Bangun Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbasis Arduino dengan Sistem Kendali Ultrasonik dan Bluetooth

Muhammad Adjie Maulana^{*1}, Ade Hendri Hendrawan², Bayu Adhi Prakosa³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Indonesia
Email: ¹muhammadadjiemaulana@gmail.com, ²hendri@ft.uika-bogor.ac.id, ³bayu.adhi@uika-bogor.ac.id

Abstrak

Permasalahan utama dalam pemotongan rumput manual adalah kebutuhan tenaga manusia yang besar serta risiko kecelakaan dan cedera. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pemotong rumput otomatis berbasis Arduino yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul Bluetooth HC-05. Alat ini memiliki dua mode operasi, yaitu otomatis dan manual. Pada mode otomatis, sensor ultrasonik mendeteksi objek di sekitarnya untuk menghindari tabrakan, sedangkan pada mode manual, pengguna dapat mengontrol alat melalui aplikasi yang dibuat menggunakan Kodular. Metode penelitian meliputi desain sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, serta pengujian fungsi alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat beroperasi dengan baik dalam kedua mode, dengan jangkauan operasi manual mencapai 4-5 meter dan waktu operasi sekitar 4 jam setelah pengisian daya penuh. Namun, alat ini masih memiliki kekurangan dalam hal manajemen panas, yang menyebabkan komponen seperti Bluetooth HC-05, Arduino Uno, dan sensor ultrasonik mengalami *overheating*. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan kepraktisan pemotongan rumput, serta membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam hal optimasi sistem pendinginan dan peningkatan daya tahan baterai.

Kata kunci: *arduino uno, bluetooth HC-05, kodular, pemotong rumput otomatis, sensor ultrasonik HC-SR04*

Arduino-based Automatic Lawn Mower Design with Ultrasonic and Bluetooth Control System

Abstract

The main problem in manual grass cutting is the need for large human labor as well as the risk of accidents and injuries. This research aims to design and implement an Arduino-based automatic lawn mower equipped with HC-SR04 ultrasonic sensor and HC-05 Bluetooth module. This tool has two modes of operation, namely automatic and manual. In automatic mode, the ultrasonic sensor detects surrounding objects to avoid collisions, while in manual mode, the user can control the tool through an application created using Kodular. The research method includes system design, hardware and software implementation, and tool function testing. The test results show that this tool can operate well in both modes, with a manual operating range reaching 4-5 meters and an operating time of about 4 hours after a full charge. However, it still has shortcomings in terms of heat management, which causes components such as Bluetooth HC-05, Arduino Uno, and ultrasonic sensors to experience overheating. This research contributes to improving the efficiency and practicality of grass cutting, and opens up opportunities for further development in terms of cooling system optimization and battery life improvement.

Keywords: *arduino uno, automatic lawn mower, bluetooth HC-05, kodular, ultrasonic sensor HC-SR04*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan mesin pemotong rumput untuk menjaga kebersihan telah meluas. Namun, banyak pemotong rumput masih menggunakan mesin dan di gerakan oleh manusia. Dengan perkembangan teknologi, peran manusia dalam memotong rumput dapat digantikan oleh robot [1]. Aktivitas memotong rumput yang dulunya membutuhkan banyak tenaga kini dapat disederhanakan dengan menggunakan teknologi otomatisasi berbasis mikrokontroler [2].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemotong rumput berbasis mikrokontroler, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam kendali jarak jauh, daya tahan baterai, serta keakuratan deteksi objek [3]. Penggunaan sistem pemotong rumput berbasis IoT (*Internet Of Things*) dapat meningkatkan efisiensi, tetapi

masih memiliki kendala dalam konsumsi daya [4]. Penelitian Lamasalas et al. telah mengembangkan sistem serupa berbasis Bluetooth, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam jangkauan kendali [5]. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang dapat menggabungkan kelebihan dari kedua sistem tersebut, yaitu kemampuan kendali jarak jauh yang andal dan efisiensi daya yang baik.

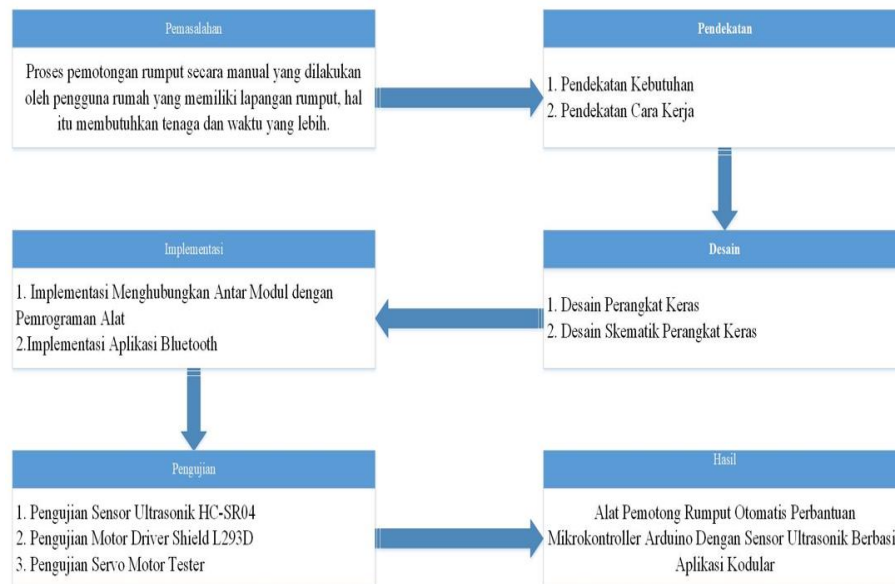
Arduino sebagai platform pengembangan elektronik telah digunakan dalam berbagai penelitian terkait otomatisasi sistem [6]. Arduino dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino IDE, dan pada ATmega328 terdapat *bootloader* yang memungkinkan pengunggahan kode baru tanpa *hardware* eksternal [7]. Dalam penelitian ini, Arduino Uno digunakan sebagai mikrokontroler utama, yang diintegrasikan dengan modul Bluetooth HC-05 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Modul Bluetooth HC-05 memungkinkan kendali jarak jauh melalui aplikasi mobile, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi objek secara *real-time* dan menghindari tabrakan [8].

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan alat pemotong rumput otomatis dengan dua mode operasi, yaitu manual dan otomatis. Pada mode manual, alat dapat dikendalikan melalui aplikasi mobile menggunakan Bluetooth HC-05, sedangkan pada mode otomatis, alat menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek dan menghindari rintangan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi performa alat berdasarkan daya tahan baterai, jangkauan kendali, dan akurasi deteksi sensor.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian kerangka berpikir, kerangka berpikir adalah dasar pemikiran yang memuat perpaduan antara teori dengan fakta, observasi, dan kajian kepustakaan, yang akan dijadikan dasar dalam penelitian. Di dalam kerangka berpikir, variabel-variabel penelitian dijelaskan dengan lebih mendalam dan relevan dengan permasalahan yang diteliti.

Dengan demikian, kerangka pemikiran tersebut dapat dijadikan dasar untuk menjawab masalah. Kerangka berpikir dapat disajikan dengan bagan yang menunjukkan alur pikir peneliti dan keterkaitan antar variabel yang diteliti. Bagan itu juga disebut dengan paradigma atau model penelitian [9]. Sebagaimana terlihat pada gambar 1 merupakan bagan model penelitian:



Gambar 1. Metode Penelitian

2.1. Permasalahan

Pada tahapan awal ini dilakukan mengenai permasalahan yang di alami oleh para petugas pemeliharaan taman atau pemilik rumah yang mempunyai lapangan di halaman rumah, dimana proses pemotongan rumput tersebut masih secara manual atau langsung. Hal itu membutuhkan tenaga dan waktu yang lebih. Selain itu, Potensi masalah yang sering terjadi ketika pemotongan rumput masih secara manual yaitu sering terjadi kecelakaan dan cedera terhadap pengguna tersebut.

2.2. Pendekatan

Pada tahapan ini dilakukan pendekatan kebutuhan yang akan diperlukan untuk merancang suatu alat dalam penelitian Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Aplikasi Kodular. Pada tahapan ini yang dilakukan adalah menganalisis mengapa penelitian ini dilakukan. Tahapan pendekatan ini terbagi menjadi dua hal yaitu pendekatan kebutuhan dan pendekatan cara kerja.

2.3. Desain

Desain penelitian ini berisikan tentang pengembangan dari tahapan analisis kerja sistem yang di ubah ke diagram blok, agar peneliti dapat memahami alur dan fungsi dari rancangan yang akan di buat. Sistem terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak:

1. Hardware
 - Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama.
 - Motor Driver Shield L293D untuk mengontrol motor DC.
 - Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi objek dan menghindari tabrakan.
 - Motor DC sebagai penggerak roda utama alat.
 - Servo sebagai pengatur arah pergerakan alat.
 - Bluetooth HC-05 sebagai modul komunikasi antara alat dan aplikasi mobile.
2. Software
 - Arduino IDE digunakan untuk pemrograman mikrokontroler.
 - Kodular digunakan untuk membuat aplikasi kendali jarak jauh.

2.4. Implementasi

Tahap implementasi adalah proses menerapkan semua yang telah di desain dengan baik. Proses penelitian pada tahap ini menerapkan dan menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi sebuah alat yang terbagi menjadi dua tahapan, yaitu implementasi menghubungkan antar modul dan implementasi Aplikasi Kodular.

1. Perakitan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan semua komponen sesuai dengan rancangan diagram blok sistem.
2. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan Arduino IDE untuk mengimplementasikan dua mode operasi.
3. Integrasi aplikasi Kodular memungkinkan pengguna untuk mengendalikan alat secara manual melalui Bluetooth HC-05.

2.5. Pengujian

Pada tahapan pengujian fungsi ini akan dilakukan berbagai macam pengujian yang telah di implementasikan dalam tahap sebelumnya. Tahapan ini dilakukan dengan sebagai berikut :

1. Pengujian Fungsi Sensor Ultrasonik HC-SR04
2. Pengujian Fungsi Servo
3. Pengujian Fungsi Motor DC
4. Pengujian Fungsi Bluetooth HC-05
5. Pengujian Fungsi Servo Motor Tester
6. Pengujian Fungsi Kontrol Kecepatan Elektronik ESC (*Electrical Speed Controller*).
7. Pengujian Fungsi Brushless

2.6. Hasil

Hasil akhir dari penelitian ini berupa rancang bangun alat pemotong rumput otomatis berbasis arduino dengan sistem kendali ultrasonik dan bluetooth.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang berjudul Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler *Arduino* Dengan Sensor Ultrasonik memiliki keberhasilan dan kekurangan dari alat yang di buat, maka tahap ini akan membahas hasil penelitian yang dilakukan.

Hasil dari tahapan penelitian Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik melalui 4 tahapan, yaitu pendekatan, desain, implementasi dan pengujian fungsi dan alat. Hasil perancangan alat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor Ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak, kedalaman, atau keberadaan benda dengan menggunakan gelombang ultrasonik.
2. Bluetooth HC-05 sebagai modul Bluetooth yang umum digunakan untuk komunikasi nirkabel antara perangkat mobile.
3. Motor Driver Shield L293D sebagai modul yang dirancang untuk mengontrol motor DC dengan menggunakan platform seperti Arduino
4. Motor DC digunakan dalam berbagai jenis kendaraan, termasuk mobil listrik, sepeda listrik, motor listrik, dan kendaraan RC (*Remote-Controlled*) sebagai penggerak roda.
5. Servo Motor Tester atau CCPM Servo Consistency Master yang digunakan untuk menguji dan memeriksa konsistensi servo dalam sistem CCPM (*Cyclic/Collective Pitch Mixing*).
6. Brushless motor sebagai motor listrik untuk menghasilkan putaran. Mereka memiliki beberapa kegunaan yang luas, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan, dan kontrol yang tinggi.
7. ESC (*Electronic Speed Controller*) digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran dari motor listrik, terutama dalam aplikasi kendaraan RC (*Remote-Controlled*).

3.1. Pendekatan

Berdasarkan permasalahan yang ada maka dapat di simpulkan dari beberapa kebutuhan Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Aplikasi Kodular, sebelumnya dijelaskan bahwa di butuh kan beberapa kebutuhan diantaranya:

1. Pendekatan Kebutuhan

Pada tahapan pendekatan kebutuhan yang akan dilakukan, terdapat beberapa perangkat keras untuk menunjang implementasi penelitian Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Aplikasi Kodular pada tabel berikut ini:

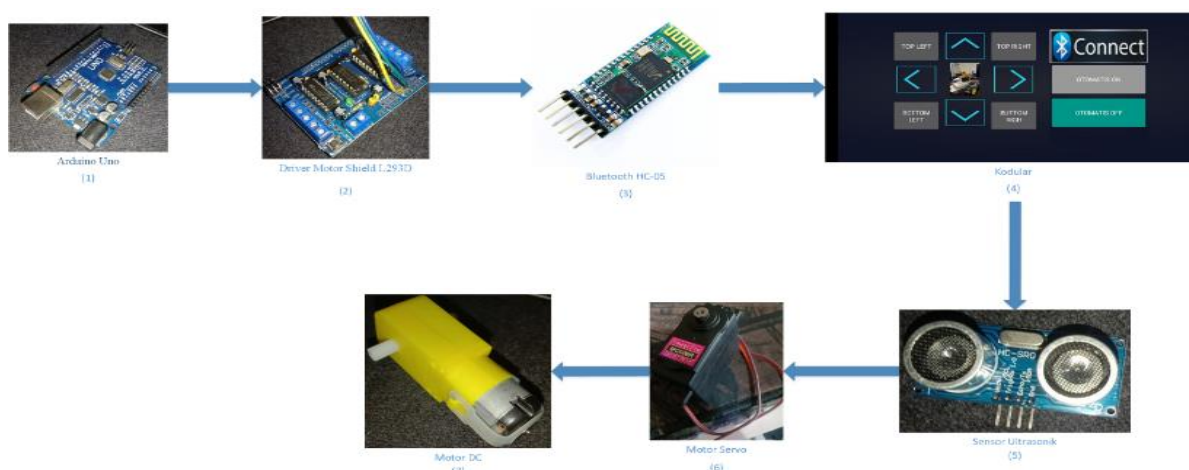
Tabel 1. Pendekatan Kebutuhan <i>Hardware</i>	
No	Pendekatan Kebutuhan (<i>Hardware</i>)
1	Arduino Uno R3
2	Motor Driver Shield L293D
3	Sensor Ultrasonik HC-SR04
4	Motor DC 5V
5	Kontrol Kecepatan Elektronik
6	Baterai
7	Bluetooth HC-05
8	Servo
9	Brushless
10	Servo Motor Tester
11	Kabel Jumper

Dari sistem ini, mikrokontroler arduino adalah mikrokontroler arduino adalah sebuah *chip* berupa IC (*integrated circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, memprosesnya, dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang dimuat ke dalamnya [10]. 2. Motor driver shield L293D merupakan sebuah rangkaian yang digunakan untuk mengatur gerakan atau putaran motor dc. L293d ini mempunyai 4 channel driver dan bisa digunakan pada tegangan atau arus yang tinggi [11]. 3. Sensor ultrasonic hc-sr04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu ultrasonic *transmitter* dan ultrasonic *receiver* [12]. 4. Motor DC adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Prinsip kerja dari motor DC adalah arah medan magnet rotor selalu berusaha berada pada posisi yang berlawanan arah dengan arah medan magnet stator yang akan saling bertolak-menolak dan daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu [13]. 5. Kontrol Kecepatan Elektronik rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengubah kecepatan motor listrik, rute dan juga berfungsi sebagai rem dinamis [14]. 6. Baterai adalah perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal yang disediakan untuk memberi daya pada perangkat listrik seperti senter, ponsel, dan mobil listrik. Ketika baterai memasok daya listrik, terminal positifnya adalah katoda dan terminal negatifnya adalah anoda [15]. 7. Bluetooth HC-05 adalah modul komunikasi *nirkabel* yang beroperasi pada *frekuensi 2,4 GHz* dan

menggunakan teknologi Bluetooth versi 2.0 + EDR. Modul ini bisa diatur menjadi pengendali atau sebagai *slave* yang dikendalikan [16]. 8. Servo adalah sebuah motor listrik dengan sistem umpan balik tertutup (*close loop*) dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo [17]. 9. Servo Motor Tester adalah perangkat yang dapat digunakan secara efektif untuk menguji hingga tiga motor servo secara bersamaan. Ini adalah alat yang berguna untuk menguji motor servo, ESC, dan dapat digunakan untuk menentukan arah motor [18]. 10. Jumper adalah kabel listrik yang memiliki pin koneksi pada kedua ujungnya yang memungkinkan Anda menghubungkan bagian-bagian rumah pintar tanpa menyolder [19].

2. Pendekatan Kerja

Pada proses pendekatan cara kerja akan dijelaskan cara kerja dari sistem yang berjalan dalam penelitian ini. Pendekatan cara kerja sistem ini di gambarkan menggunakan sebagai berikut:



Gambar 2. Cara Kerja Sistem Arduino

Pada gambar 2 menjelaskan cara kerja sistem Arduino dan tahapan-tahapan pada penelitian ini dimulai dengan (1) Arduino Uno sebagai kontrol utama sistem, dan mengirim data ke Motor Driver Shield L293D. Arduino adalah sebuah kit atau papan untuk elektronika yang memiliki perangkat lunak *open source*. Memanfaatkan mikrokontroler dari keluarga ATmega, papan ini berfungsi sebagai mikrokontroler papan tunggal yang ditujukan untuk mempermudah penggunaan elektronika dalam berbagai disiplin ilmu [20]. (2) Motor Driver Shield L293D berfungsi sebagai penerima data dari Arduino Uno untuk menjalankan Bluetooth HC-05, Sensor Ultrasonik, Motor Servo, dan Motor DC yang telah di kirim oleh Arduino Uno. Pelindung penggerak motor L293D menghubungkan antara Arduino Uno dan lain. Ini menyederhanakan kontrol, meningkatkan arus, memungkinkan gerakan dua arah, dan memiliki karakteristik pelindung [21]. (3) Bluetooth HC-05 fungsi yang digunakan untuk mengirim dan menerima data secara nirkabel melalui koneksi Bluetooth. Bluetooth HC-05 adalah modul komunikasi nirkabel yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dan menggunakan teknologi Bluetooth versi 2.0 + EDR [22]. (4) Aplikasi Kodular ini berfungsi sebagai *remote control*, apabila otomatis *on* yang berada di aplikasi tersebut ini nyalakan maka di kendalikan secara manual, dan apabila otomatis di aplikasi *off* maka alat tersebut akan berjalan manual. Kodular merupakan kontrol proyek elektronik dengan perangkat Android. Aplikasi ini berkomunikasi menggunakan Bluetooth ke modul Bluetooth HC-05 atau HC-08 [23]. (5) Sensor Ultrasonik berfungsi apabila di aplikasi kodular otomatis *on* maka mendeteksi jarak atau objek di sekitarnya dengan menggunakan gelombang suara ultrasonik. Prinsip kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah mengirimkan pulsa ultrasonik sekitar 40 KHz, yang kemudian dapat digunakan untuk memicu *echo* dan mempersingkat waktu yang ditentukan dalam *mikro* detik [24]. (6) Motor Servo berfungsi untuk untuk mengontrol posisi sudut dengan sangat presisi dan berputar apabila Sensor Ultrasonik mendeteksi halangan yang berada di depan. Motor servo bekerja berdasarkan mekanisme *close loop control*, dimana terdapat umpan balik (informasi) berupa posisi poros dan kecepatan yang diberikan kembali ke kontrol internal motor servo [25]. (7) Motor DC berfungsi sebagai penggerak roda motor yang menggunakan arus searah (DC) untuk menghasilkan putaran. Ketika Motor DC dihubungkan ke Motor Driver Shield L293D bertindak sebagai pengontrol yang mengatur arah dan kecepatan putaran Motor DC.

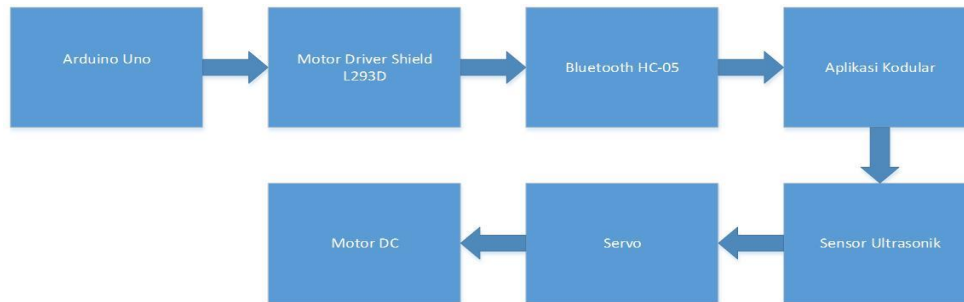
3.2. Desain

Dalam tahapan ini, akan membahas tentang analisis kebutuhan perangkat, analisis kerja sistem, pada penelitian ini juga membahas tentang keberhasilan dan kegagalan pada suatu alat yang di rancang, selanjutnya

perancangan perangkat keras dan desain akan dibuat. Hasil dari perancangan perangkat keras akan diimplementasikan untuk memastikan optimalisasi alat pemotong rumput.

1. Desain Perangkat Keras

Pada tahapan ini dilakukan desain perangkat keras (*Hardware*) yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan, secara keseluruhan penelitian ini terbagi menjadi beberapa desain sistem perangkat keras (*Hardware*) yang digambarkan dalam diagram blok pada gambar 3 dan 4 berikut ini:

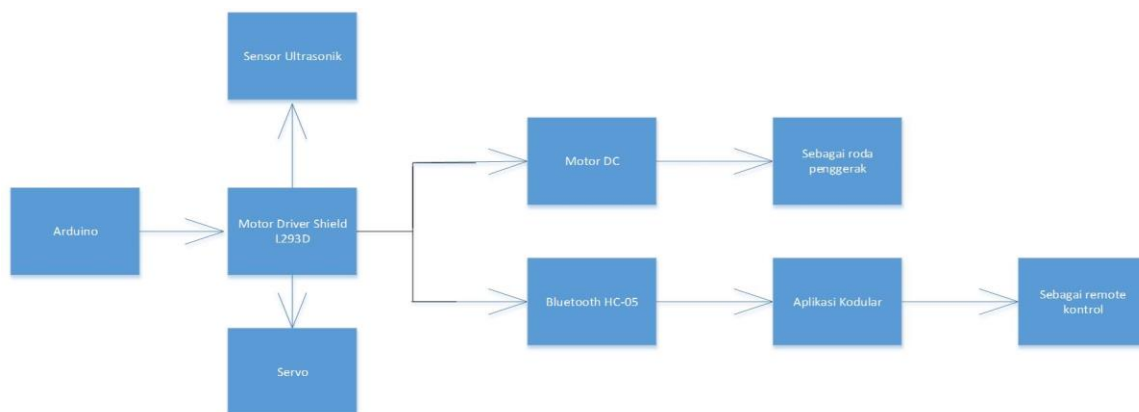


Gambar 3. Diagram Blok Fungsional Sistem

Berdasarkan diagram blok yang terdapat pada gambar 3 secara keseluruhan sistem dibagi menjadi beberapa bagian. Arduino sebagai penerima maupun pengirim data, motor driver shield l293d sebagai *input*, motor dc sebagai penggerak roda, servo dan sensor ultrasonik sebagai penentu arah jalan, bluetooth sebagai penerima data dari aplikasi kodular, aplikasi kodular sebagai remote kontrol manual dan otomatis.

2. Diagram Blok Keseluruhan

Pada gambar 3 menjelaskan tentang diagram blok keseluruhan dari Mikrokontroler Arduino. Selanjutnya pada gambar 4 menjelaskan bahwa Arduino sebagai penerima maupun pengirim data, Motor Driver Shield L293D sebagai *input*, Motor DC sebagai penggerak roda, Servo dan Sensor Ultrasonik sebagai penentu arah jalan, Bluetooth sebagai penerima data dari aplikasi Kodular, Aplikasi Kodular sebagai *remote control* Manual dan Otomatis.



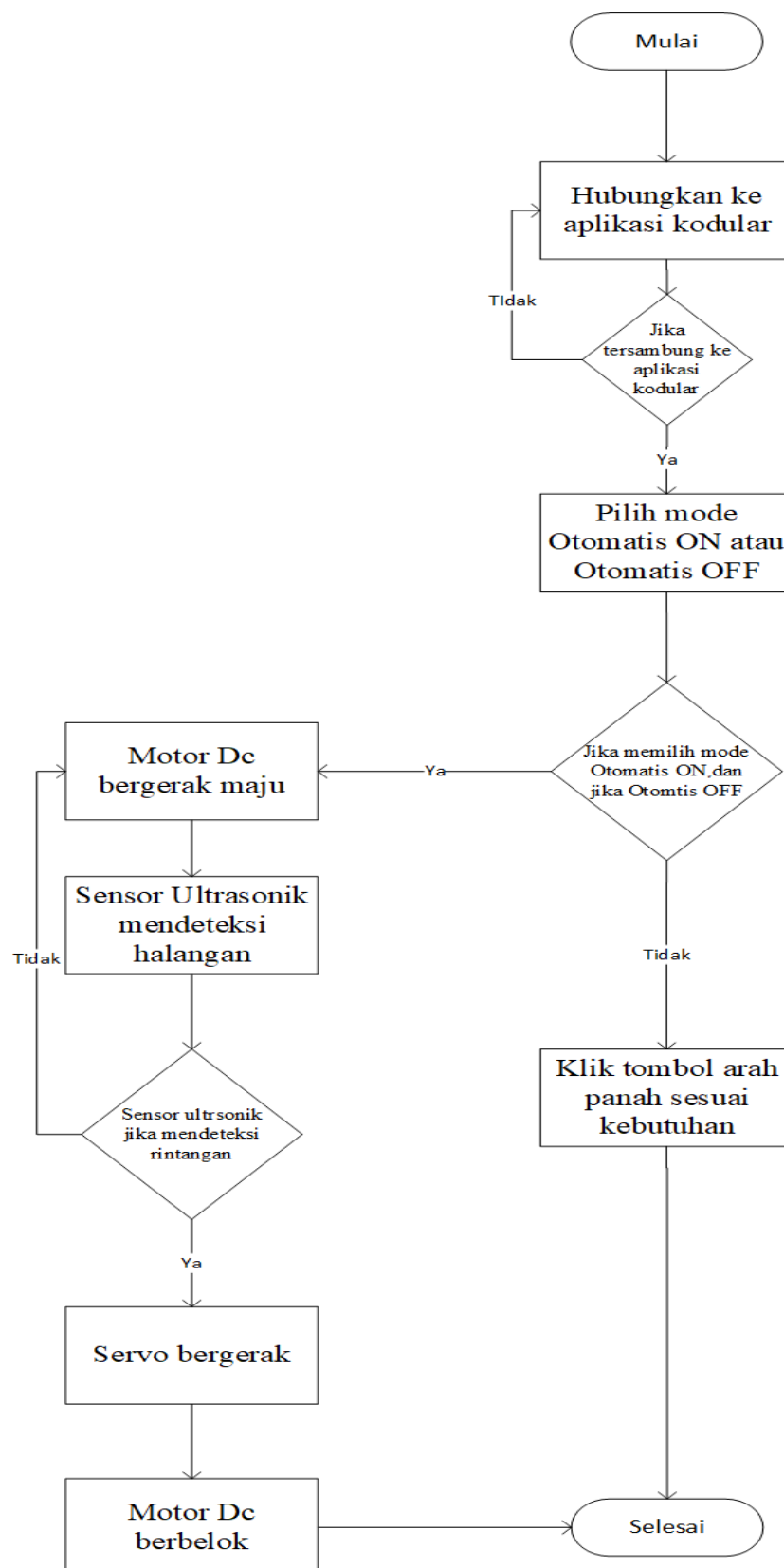
Gambar 4. Diagram Blok Keseluruhan

Pada gambar 4 menjelaskan bahwa Mikrokontroler Arduino Uno merupakan proses dan pengolah data, Motor Driver Shield L293D sebagai *input*, Sensor Ultrasonik merupakan *input*, Bluetooth HC-05 sebagai *input*, Motor DC, Aplikasi Kodular sebagai *output*.

3. Implementasi

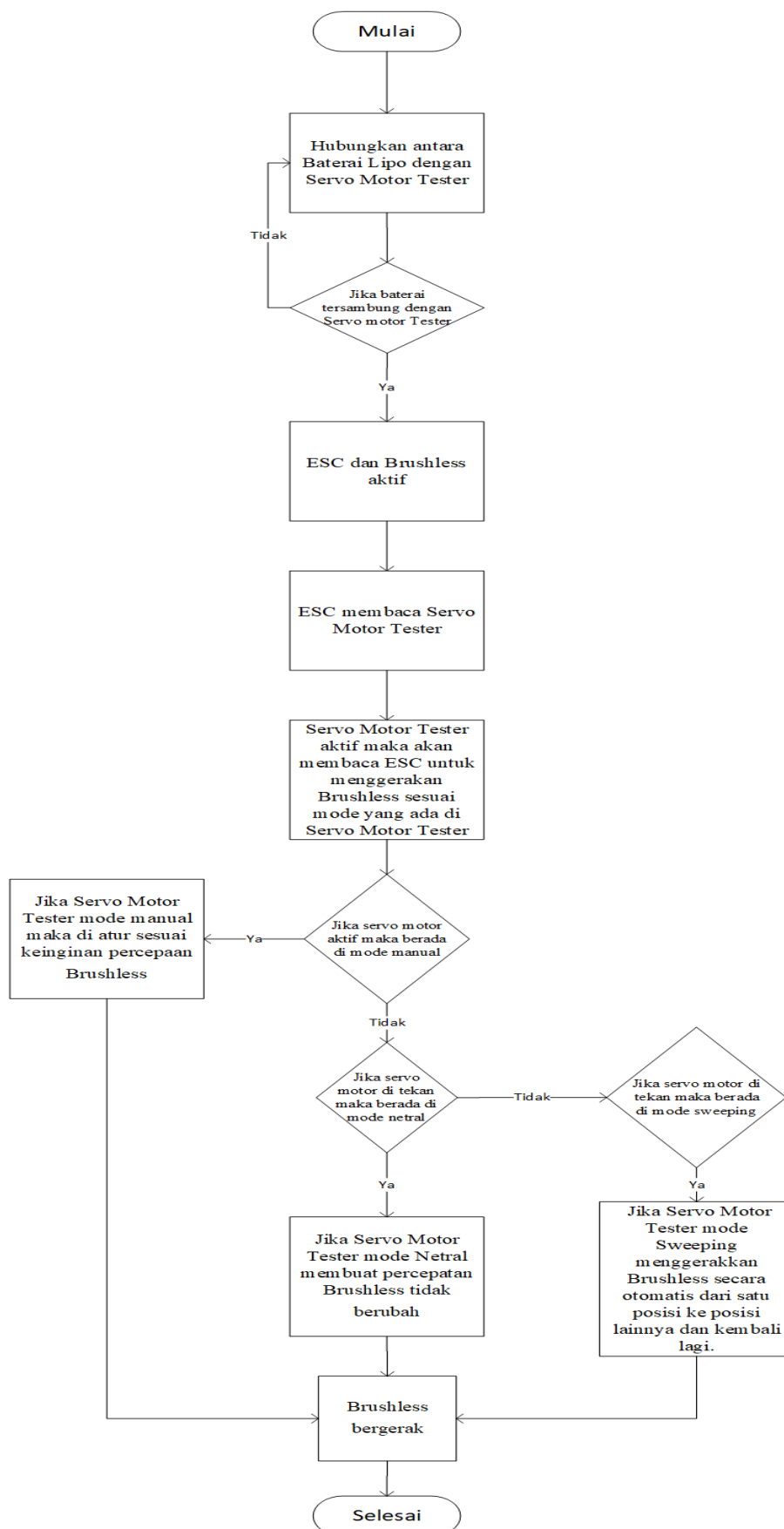
Pada tahap implementasi yaitu perakitan atau pemasangan dari semua komponen yang dilakukan sebelum di implementasikan pada sistem secara nyata. Implementasi program bertujuan untuk memastikan sistem yang sudah dirancang sebelumnya berjalan dengan baik atau tidak. Berikut ini adalah tahapan implementasi yang akan dilakukan dengan menggunakan alur kerja sistem sebagai berikut:

- Diagram alir di bawah ini merupakan langkah-langkah yang diambil untuk mendukung proses penelitian yang akan dibuat agar penelitian dapat berjalan lebih terstruktur dan sistematis. Diagram alur kerja sistem ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Diagram Alur Kerja Sistem Arduino

- Berikut tampilan rancangan cara kerja alat sistem pemotong rumput dalam bentuk *flowchart* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alur Kerja Sistem Pemetong Rumput

3.4 Pengujian Fungsi dan Alat

Pada tahapan ini, akan melakukan pengujian fungsi Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat memenuhi tujuan yang diharapkan. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji rangkaian Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbantuan Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Ultrasonik.

1. Pengujian Fungsi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul Sensor Ultrasonik yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino UNO. Terlihat bahwa Sensor Ultrasonik biasanya digunakan untuk mendeteksi jarak dari objek di sekitarnya. Ketika Sensor Ultrasonik dipasang pada Driver Motor Shield L293D, fungsi utamanya adalah untuk memberikan kemampuan kendaraan untuk menghindari rintangan atau objek di sekitarnya saat bergerak.

Dengan menggunakan Sensor Ultrasonik, kendaraan dapat melihat sekitarnya dan mengukur jarak ke objek terdekat. Sensor Ultrasonik HC-SR04 berhasil mendeteksi objek dengan akurasi 95% pada jarak 2-30 cm, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1 ini memungkinkan kendaraan untuk mengubah arah jika mendekati objek atau rintangan. Integrasi Sensor Ultrasonik dengan Driver Motor Shield L293D memungkinkan implementasi fungsi kendali otomatis, seperti kendaraan yang bisa menghindari rintangan secara otomatis saat bergerak. Dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Sensor Ultrasonik

2. Pengujian Fungsi Servo

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul servo yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino UNO. Dalam Gambar 8 terlihat bahwa servo akan bergerak apabila Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak yang berada di depannya. Integrasi Sensor Ultrasonik dan Servo dengan Driver Motor Shield L293D memungkinkan implementasi fungsi kendali otomatis, seperti kendaraan yang bisa menghindari rintangan secara otomatis saat bergerak.

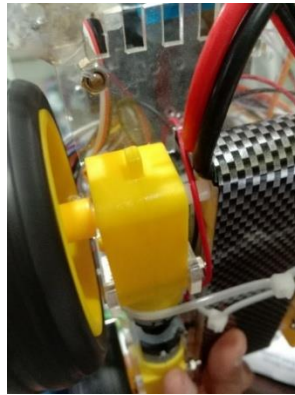


Gambar 8. Servo

3. Pengujian Fungsi Motor DC

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul Motor DC yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino UNO dan Driver Motor Shield L293D. Dalam gambar 9 terlihat bahwa Driver motor

Shield L293D digunakan untuk mengontrol Motor DC. Fungsi utama dari Motor DC pada Driver Motor Shield L293D adalah untuk menggerakkan perangkat seperti roda pada robot, kipas, atau perangkat lain.



Gambar 9. Motor DC

4. Pengujian Fungsi Bluetooth HC-05

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul Bluetooth HC-05 yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino UNO dan Driver Motor Shield L293D. Kendali manual via Bluetooth HC-05 memiliki jangkauan efektif hingga 4-5 meter tanpa hambatan. Dalam gambar 10 menyediakan komunikasi nirkabel antara perangkat mikrokontroler dan perangkat eksternal seperti ponsel cerdas atau komputer. Ketika digunakan bersama dengan Driver Motor Shield L293D, fungsi Bluetooth HC-05 menjadi sangat penting karena memungkinkan kendali motor melalui sinyal nirkabel.



Gambar 10. Bluetooth HC-05

5. Pengujian Fungsi Servo Motor Tester

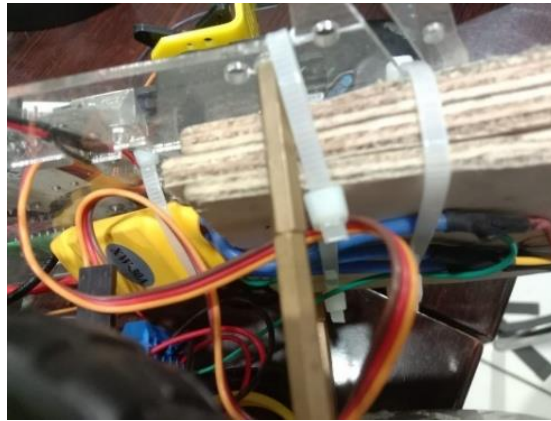
Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul Servo Motor Tester. Dalam gambar 11 fungsi utama dari Servo Motor Tester adalah mengontrol kecepatan dan arah putaran motor Brushless (motor BLDC - *Brushless Direct Current*). Servo Motor Tester memungkinkan pengguna untuk mengatur kecepatan putaran Motor Brushless.



Gambar 11. Servo Motor Tester

6. Pengujian Fungsi ESC (*Electrical Speed Controller*)

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul ESC (*Electrical Speed Controller*). Dalam gambar 12 Fungsi utama dari ESC (*Electrical Speed Controller*) adalah mengontrol kecepatan dan arah putaran motor Brushless (motor BLDC - *Brushless Direct Current*) dari Servo Motor Tester. ESC memungkinkan pengguna untuk mengatur kecepatan putaran motor brushless sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 12. ESC (*Electrical Speed Controller*)

7. Pengujian Fungsi Brushless

Pada tahap ini akan melakukan pengujian terhadap modul Motor Brushless (BLDC - *Brushless Direct Current*) Dalam gambar 13 Fungsi utama dari Motor Brushless (BLDC - *Brushless Direct Current*) adalah untuk mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis. Motor Brushless (BLDC - *Brushless Direct Current*) menggunakan kontrol Servo Motor Tester untuk mengatur arus dan medan magnetic.



Gambar 13. Brushless

4. DISKUSI

4.1. Perbandingan dengan Alat Sejenis

Alat ini dibandingkan dengan alat lain yang memiliki fitur serupa dalam Tabel 3. Alat yang dikembangkan memiliki keunggulan dalam penggunaan mode otomatis dan kendali jarak jauh menggunakan Bluetooth.

Tabel 2. Perbandingan Alat Sejenis

Spesifikasi	Alat Ini	Alat A [26]	Alat B [27]
Kendali	Bluetooth & Otomatis	Joystick Android & Otomatis	Bluetooth & Otomatis
Sensor	Ultrasonik HC-SR04	Ultrasonik	Tidak ada
Jangkauan Kendali	4-5 meter	-	-
Daya Tahan Baterai	4 jam	-	-
Kecepatan	-	0,4942	-

4.2. Kelebihan dan Kekurangan Alat

Kelebihan:

- Mode otomatis yang lebih akurat dengan sensor ultrasonik
- Jangkauan kendali Bluetooth lebih luas dibandingkan alat lain.
- Konsumsi daya lebih efisien sehingga daya tahan baterai lebih lama.
- Kekurangan:
- Modul Bluetooth mengalami overheating setelah pemakaian lama.
- Daya tahan baterai masih bisa ditingkatkan
- Daya tahan baterai masih bisa ditingkatkan untuk pemakaian lebih lama.

4.3. Implikasi Penelitian Terhadap Efisiensi Kerja dan Dunia Industri

Penelitian ini berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi alat pemotong rumput, terutama untuk skala perkotaan dan industri. Integrasi sistem kendali otomatis memungkinkan pekerjaan lebih cepat dan efisien, mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat pemotong rumput otomatis berbasis arduino dan sensor ultrasonik. Alat ini memiliki dua mode operasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dibandingkan pemotong rumput manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mendeteksi objek, menghindari tabrakan, serta dikendalikan dari jarak jauh. Namun, perlu adanya pengembangan lebih lanjut dalam aspek manajemen panas dan efisiensi daya agar alat dapat digunakan dalam skala lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Isrofi, S. N. Utama, and O. V. Putra, "Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Otomatis Menggunakan Wireless Kontroler Modul Esp32-Cam Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 15, no. 1, p. 45, Jan. 2021, doi: 10.33365/jti.v15i1.675.
- [2] D. Irawan and E. Fitriani, "Rancang Robot Pemotong Rumput Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Sistem Kendali Aplikasi Blynk," *Jurnal Ampere*, vol. 6, no. 2, pp. 65–74, 2021, doi: 10.31851/ampere.
- [3] A. S. Irsyad, M. Ikhsan, and A. H. Lubis, "Use Of Proportional Integral Derivative (Pid) Algorithm In Grass Poisoning Robot," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 3, pp. 377–384, Jun. 2023, doi: 10.33330/jurteks.v9i3.2210.
- [4] A. Isrofi, S. N. Utama, and O. V. Putra, "Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Otomatis Menggunakan Wireless Kontroler Modul Esp32-Cam Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 15, no. 1, pp. 45–55, Jan. 2021, doi: 10.33365/jti.v15i1.675.
- [5] D. Lamasalas, M. Ridha Fauzi, and P. Studi Teknik Mesin, "Rancang Bangun Sistem dan Mekanisme Prototype Underwater Rov (*Remotely Operated Vehicle*) Berbasis Arduino," *Surya Teknika*, vol. 10, no. 1, pp. 755–765, 2023, doi: 10.37859/jst.v10i1.5411.
- [6] L. M. Silalahi, S. Budiyo, F. A. Silaban, and A. R. Hakim, "Design a Monitoring and Control in Irrigation Systems using Arduino Wemos with the Internet of Things," *Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)*, vol. 1, no. 1, pp. 53–64, Jun. 2021, doi: 10.51662/jiae.v1i1.13.
- [7] Sunardi, G. Toldo, and A. Triyanto, "Rancang Bangun Mesin Listrik Pemotong Rumput Menggunakan Control Arduino," *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Science*, vol. 1, no. 03, pp. 271–282, 2022.
- [8] C. S. Sarwono, M. Agung, P. Negara, and O. Nurochim, "Sistem Navigasi Pada Prototype Robot Pemotong Rumput Menggunakan Metode Tracking Path Menghindari Obstacle Statis," *82 JEECOM*, vol. 3, no. 2, pp. 82–88, 2021, doi: 10.33650/jeecon.v3i2.2918.
- [9] R. Safarudin, Zulfamanna, Martin Kustati, and Nana Sepriyanti, "Penelitian Kualitatif," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 3, no. 2, pp. 9680–9694, 2023, doi: 10.31004/innovative.v3i2.
- [10] R. Arrahman, "Automatic Gate Based On Arduino Microcontroller Uno R3," *Jurnal Robotik*, vol. 1, no. 1, pp. 61–66, 2021.
- [11] M. Gani Fajar Kusuma and B. Adhi Prakosa, "Vending Machine Snack Dengan Pemanfaatan Kartu Rfid," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 6, pp. 11491–11498, 2024, doi: doi.org/10.36040/jati.v8i6.11501.
- [12] R. W. Pradana, G. Febriyani Pratiwi, and T. N. Arifin, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketinggian Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik (Hc-Sr04) Berbasis Arduino Uno Dengan Antarmuka

- Komputer Berbasis Microsoft Visual Basic 6.0,” *JTS (Jurnal Teknik dan Science)*, vol. 3, no. 1, pp. 13–24, 2024.
- [13] A. MA'ARIF, R. ISTIARNO, and S. SUNARDI, “Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) pada Kecepatan Sudut Motor DC dengan Pemodelan Identifikasi Sistem dan Tuning,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, pp. 374–388, Apr. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.374.
- [14] B. P. Jati and J. P. Hapsari, “ESC Fullbridge 3 Fasa Motor BLDC Berdaya Besar Menggunakan Kontroler Arduino,” *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 35–40, 2022, doi: org/10.30651/cl.v5i2.11757.
- [15] R. Nandika, A. Pudir, and P. Gunoto, “Perancangan Robot Beroda Pemadam Api,” *Sigma Teknika*, vol. 6, no. 2, pp. 389–398, 2023, doi: org/10.33373/sigmateknika.v6i2.5643.
- [16] L. Aditya and R. Prasetyo Adi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Untuk Sistem Penerangan Jalan Umum 50Watt Berbasis Bluetooth HC-05,” *Jurnal Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 8–22, 2024, doi: org/10.61488/jetro.v12i2.562.
- [17] Y. D. Satriani and M. Yuhendri, “Kontrol Posisi Motor Servo Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Things,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 949–956, Oct. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.523.
- [18] D. Prasetyo Budi, “Pemanfaatan Servo SG 90 dalam Pembuatan Karya Seni Kinetik Bertema Kupu-Kupu,” *Jurnal Urban*, vol. 7, no. 2, pp. 107–126, 2024.
- [19] S. Handayani, F. A. Martiyani, A. M. S. Hapsari, and Y. P. Widhoyoko, “Design and Build Android-Based English Learning Media on Descriptive Text Material,” *Formosa Journal of Computer and Information Science*, vol. 1, no. 2, pp. 91–98, Dec. 2022, doi: 10.55927/fjcis.v1i2.1151.
- [20] M. Hambal Azhari, R. Ritzkal, and B. A. Prakosa, “Rancang Bangun Dan Pemanfaatan Notifikasi Telegram Pada Alat Penyewaan Power Bank,” *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 4, no. 11, pp. 313–324, Dec. 2024, doi: 10.52436/1.jpti.450.
- [21] P. Deshmukh, K. Sheikh, N. Andewar, and M. N. Kakatkar, “Plotting Precision: Exploring the Capabilities of XY Plotters in Modern Research,” *International Journal of Embedded Systems and Emerging Technologies*, vol. 10, no. 1, pp. 17–26, 2024, doi: 10.37628/IJESSET.
- [22] A. Pratama Zanofa and M. Fahrizal, “Penerapan Bluetooth Untuk Gerbang Otomatis,” *Portaldata.org*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2021.
- [23] I. Artikel, Y. Kartika, and R. Hayati, “Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Digital Berbasis Android Menggunakan Kodular Pada Mata Kuliah Geometri,” *JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN SAINS*, vol. 4, no. 2, pp. 103–109, 2023, doi: 10.51179/asimetris.v4i2.2206.
- [24] E. Surya Aby Nugroho, N. Diana Resty, and I. Hudati, “Implementasi Filter Kalman Pada Sensor Jarak Berbasis Ultrasonik,” *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol. 2, no. 2, pp. 20–24, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i2.71147.
- [25] A. W. Abdul Ali, F. A. Abdul Razak, and N. Hayima, “A Review on The AC Servo Motor Control Systems,” *ELEKTRIKA- Journal of Electrical Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 22–39, Aug. 2020, doi: 10.11113/elektrika.v19n2.214.
- [26] Yusman, W. Mellyssa, Salahuddin, K. Mukhlisin, and S. Mualla, “Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Secara Otomatis dengan Kontrol Smartphone Android Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, vol. 8, no. 2, pp. 100–105, 2023.
- [27] B. Wira Permana, S. Retno Andani, I. Purnama Sari, and D. Hartama, “Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Berbasis Arduino Menggunakan Smartphone Android,” *BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 14–20, 2021, doi: 10.47065/bees.v2i1.713.