

SKRIPSI

**MONITORING PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC
MENGUNAKAN PWM ARDUINO BERBASIS BLYNK APP**

Disusun dan diajukan oleh :

A. HALFIAH DEWI AQIQAH

D041 20 1013



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**MONITORING PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC
MENGUNAKAN PWM ARDUINO BERBASIS BLYNK APP**

Disusun dan diajukan oleh

A. Halfiah Dewi Aqiqah

D041201013

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 20 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T.
NIP. 19750203 200012 2 002



Andini Dahi Achmad, S.T., M.T.
NIP. 19880621 201504 2 003

Ketua Program Studi,



Prof. Dr.-Ing. W. H. A. Samman, M.T., IPU., ASEAN.Eng.ACPE.
NIP. 19750605 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : A. Halfiah Dewi Aqiqah
NIM : D041201013
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

MONITORING PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGUNAKAN PWM ARDUINO BERBASIS BLYNK *APP*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 25 November 2024

Yang Menyatakan



A. Halfiah Dewi Aqiqah

ABSTRAK

A. HALFIAH DEWI AQIQAH. *Monitoring Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Blynk App* (dibimbing oleh Intan Sari Areni dan Andini Dani Achmad)

Penelitian ini mengembangkan sistem pengendalian kecepatan motor DC berbasis Arduino yang dikendalikan melalui *Blynk App* menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM). Sistem dirancang untuk memudahkan kontrol dan pemantauan kecepatan motor DC dari jarak jauh melalui koneksi nirkabel. Latar belakang penelitian ini mencakup kebutuhan teknologi otomasi yang memungkinkan kendali jarak jauh motor DC dengan akurasi tinggi, serta penggunaan PWM sebagai metode efektif untuk pengendalian kecepatan. Penelitian ini melibatkan perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja kecepatan motor dan jarak koneksi. Metode yang digunakan meliputi pengaturan *duty cycle* PWM melalui *Blynk App*, pengukuran kecepatan motor dengan Tachometer dan sensor LM393, serta pengujian jarak koneksi antara perangkat pengendali dan motor. Data dikumpulkan untuk dianalisis, dengan fokus pada akurasi pengukuran kecepatan dan stabilitas koneksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian motor DC menggunakan PWM Arduino dan *Blynk App* dapat mencapai akurasi yang cukup baik, meskipun terdapat perbedaan hasil pengukuran antara Tachometer dan *Blynk App*. Pengujian jarak koneksi menunjukkan koneksi stabil hingga 19 meter, dengan penurunan kinerja mulai terlihat pada jarak lebih dari 20 meter. Kesimpulannya, sistem pengendalian motor DC berbasis PWM Arduino yang dikontrol melalui *Blynk App* dapat diimplementasikan dengan sukses untuk aplikasi otomasi yang membutuhkan kontrol jarak jauh.

Kata Kunci : Motor DC, Pengendalian Kecepatan, *Pulse Width Modulation* (PWM), Arduino, *Blynk App*, Tachometer, Sensor RPM, Otomasi, Komunikasi Nirkabel

ABSTRACT

A. HALFIAH DEWI AQIQAH. *Monitoring DC Motor Speed Control Using PWM Arduino Based Blynk App* (supervised by Intan Sari Areni and Andini Dani Achmad)

This research develops an Arduino-based DC motor speed control system that is controlled through the Blynk App using the Pulse Width Modulation (PWM) method. The system is designed to facilitate the control and monitoring of DC motor speed remotely via wireless connection. The background of this research includes the need for automation technology that enables remote control of DC motors with high accuracy, as well as the use of PWM as an effective method for speed control. This research involves designing hardware and software systems, as well as testing the performance of motor speed and connection distance. The methods used include setting the PWM duty cycle through the Blynk App, measuring the motor speed with a Tachometer and LM393 sensor, and testing the connection distance between the controlling device and the motor. Data was collected for analysis, focusing on speed measurement accuracy and connection stability. The results show that controlling a DC motor using PWM Arduino and Blynk App can achieve fairly good accuracy, although there are differences in measurement results between the Tachometer and Blynk App. Testing the connection distance shows a stable connection up to 19 meters, with a decrease in performance starting to be seen at a distance of more than 20 meters. In conclusion, the PWM Arduino-based DC motor control system controlled via Blynk App can be implemented successfully for automation applications that require remote control.

Keywords : DC Motor, Speed Control, Pulse Width Modulation (PWM), Arduino, Blynk App, Tachometer, RPM Sensor, Automation, Wireless Communication

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | x |
| KATA PENGANTAR | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan..... | 4 |
| 1.4 Manfaat..... | 4 |
| 1.5 Ruang Lingkup | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Motor DC | 6 |
| 2.2 <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM)..... | 7 |
| 2.3 Sistem Komunikasi Nirkabel..... | 10 |
| 2.4 <i>Blynk App</i> | 11 |
| 2.5 Mikrokontroler Arduino Uno R3 | 11 |
| 2.6 Software Arduino IDE..... | 13 |
| 2.7 Motor Driver IC L298N | 15 |
| 2.8 Modul WiFi ESP32 | 16 |
| 2.9 Modul Sensor Kecepatan (LM393)..... | 17 |
| 2.10 Modul <i>Step Down</i> DC to DC (LM2596)..... | 17 |
| 2.11 Tachometer | 18 |
| 2.12 Penelitian Yang Relevan | 18 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 22 |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 22 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4 Tahapan Penelitian | 24 |
| 3.5 Perancangan Sistem Kerja Alat | 25 |
| 3.5.1 Perancangan <i>Hardware</i> | 28 |
| 3.5.2 Perancangan <i>Software</i> | 30 |
| 3.6 Teknik Pengumpulan Data | 31 |
| 3.7 Skenario Pengujian..... | 32 |
| 3.8 Teknik Analisis..... | 35 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... | 37 |
| 4.1 Pengujian Kecepatan Motor DC..... | 37 |
| 4.1.1 Pengukuran Kecepatan Motor DC..... | 37 |
| 4.1.2 Pengukuran Tegangan dan Arus | 38 |
| 4.2 Pengujian Jarak Koneksi dengan Kecepatan Motor Maksimum (100%).... | 38 |
| 4.2.1 Pengukuran Jarak Koneksi Motor DC | 39 |
| 4.3 Analisis Perbandingan Pengukuran Kecepatan Motor DC | 41 |
| 4.4 Analisis Akurasi Pengukuran Kecepatan Motor DC dengan Tachometer dan Blynk <i>App</i> | 44 |
| 4.5 Analisis Sinyal <i>Pulse Width Modulation</i> Terhadap Kecepatan Motor DC . | 45 |
| 4.5.1 Pengaruh Duty Cycle PWM dengan Kecepatan Motor | 45 |
| 4.5.2 Pengaruh Stabilitas Sinyal PWM pada Kecepatan Motor | 48 |
| 4.6 Rancang Kontrol Motor DC Pada Blynk <i>App</i> | 49 |
| BAB V PENUTUP..... | 51 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 51 |
| 5.2 Saran..... | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |
| LAMPIRAN..... | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1 Motor DC Gearbox..... | 7 |
| Gambar 2 <i>Duty Cycle</i> PWM | 8 |
| Gambar 3 Blynk <i>App</i> | 11 |
| Gambar 4 Mikrokontroler Arduino Uno R3 | 12 |
| Gambar 5 Tampilan <i>Software</i> Arduino IDE | 14 |
| Gambar 6 Motor Driver L298N | 15 |
| Gambar 7 Modul Wifi ESP32 | 16 |
| Gambar 8 Modul Sensor Kecepatan (LM393)..... | 17 |
| Gambar 9 Modul <i>Step-Down</i> LM2596 | 18 |
| Gambar 10 Tachometer..... | 18 |
| Gambar 11 Diagram Alir Penelitian | 24 |
| Gambar 12 Diagram Blok Alat | 25 |
| Gambar 13 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat..... | 27 |
| Gambar 14 Diagram Skematik Perancangan <i>Hardware</i> | 29 |
| Gambar 15 Hasil Perakitan <i>Hardware</i> | 30 |
| Gambar 16 <i>Flowchart</i> Perancangan <i>Software</i> | 31 |
| Gambar 17 Pengukuran Kecepatan Motor DC Menggunakan Tachometer dan Blynk <i>App</i> | 33 |
| Gambar 18 Pengujian Jarak Koneksi Motor DC | 34 |
| Gambar 19 Grafik Perbandingan Data Pengukuran Kecepatan Motor 1 | 42 |
| Gambar 20 Grafik Perbandingan Data Pengukuran Kecepatan Motor 2..... | 43 |
| Gambar 21 Gelombang Perubahan <i>Duty Cycle</i> 100% | 45 |
| Gambar 22 Gelombang Perubahan <i>Duty Cycle</i> 75% | 46 |
| Gambar 23 Gelombang Perubahan <i>Duty Cycle</i> 50% | 47 |
| Gambar 24 Gelombang Perubahan <i>Duty Cycle</i> 25% | 47 |
| Gambar 25 Gelombang Perubahan <i>Duty Cycle</i> 0% | 48 |
| Gambar 26 Tampilan Layar Kontrol, (a) <i>Duty cycle</i> 100%, (b) <i>Duty Cycle</i> 75%, (c) <i>Duty Cycle</i> 50%, (d) <i>Duty Cycle</i> 25%, (e) <i>Duty Cycle</i> 0%..... | 49 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1 Spesifikasi Arduino Uno R3 | 13 |
| Tabel 2 Spesifikasi Motor Driver L298N | 15 |
| Tabel 3 Komponen Perangkat Keras..... | 23 |
| Tabel 4 Komponen Perangkat Lunak..... | 24 |
| Tabel 5 Hasil Pengukuran Kecepatan Motor DC Menggunakan Tachometer dan Blynk <i>App</i> | 37 |
| Tabel 6 Pengukuran Tegangan dan Arus Motor Driver..... | 38 |
| Tabel 7 Pengukuran Jarak Koneksi Motor DC | 39 |
| Tabel 8 Perbandingan Persentase Kesalahan Kecepatan Motor DC..... | 44 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 Hasil Pengukuran Kecepatan Motor DC Mneggunakan Blynk App. | 58 |
| Lampiran 2 Hasil Pengukuran Kecepatan Motor DC Menggunakan Tachometer | 60 |
| Lampiran 3 Pemrograman Master ESP32..... | 63 |
| Lampiran 4 Pemrograman Slave Arduino | 66 |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT., karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**MONITORING PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PWM ARDUINO BERBASIS BLYNK APP**”. Tidak lupa pula saya kirimkan shalawat serta salam kepada nabi junjungan kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari kegelapan menuju alam yang terang benderang seperti saat ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa selama penyusunan skripsi ini, penulis banyak dihadapi dengan berbagai hambatan, namun berkat adanya bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah senantiasa memberikan kesempatan, berkat, akal budi, pengetahuan, dan segala yang tak terhitung jumlahnya untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua penulis, ibu tersayang dan tercinta, A. Mausu yang telah menjadi sosok figur ayah dan ibu sekaligus, yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan dari berbagai aspek, inspirasi untuk terus bertahan menjadi lulusan teknik kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Kakak dan adik penulis, kak Inar, kak Onge, kak Ompa dan Jeje yang telah banyak membantu dan memberi dukungan kepada penulis selama tugas akhir ini berlangsung hingga selesai.
4. Ibu Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni S.T., M.T. dan Ibu Andini Dani Achmad S.T., MT., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan yang sangat berharga dalam proses penyelesaian tugas akhir penulis.

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T. dan Ir. Samuel Panggalo, M.T., selaku dosen penguji penulis yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan berbagai saran, koreksi, dan arahan, yang berarti dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
6. Seluruh dosen pengajar dan pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama berkuliah di Universitas Hasanuddin.
7. Teman-teman PROCEZ20R, yang telah kebersamai penulis sejak pertama kali masuk di Fakultas Teknik. Terima kasih atas segala proses baik suka maupun duka yang telah dilalui bersama.
8. Teman-teman Riset Laboratorium Telekomunikasi dan RG Teknologi Komunikasi Nirkabel yang telah menjadi teman bertukar cerita dan tawa serta dukungan dan bantuan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
9. Sahabatku tersayang (Laras dan Ica) yang senantiasa kebersamai dan selalu menemani penulis baik suka maupun duka selama awal perkuliahan hingga dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
10. Teruntuk diri saya sendiri yang telah berjuang hingga akhir dan tak pernah menyerah hingga menyelesaikan tugas akhir serta lulus dari Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kesalahan dan kekurangan serta masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran dari para pembaca yang membangun untuk perkembangan penelitian ini dan perkembangan penulis. Akhir kata, melalui tugas akhir ini penulis berharap dapat turut serta dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak orang nantinya.

Gowa, 20 November 2024

A. Halfiah Dewi Aqiqah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan saat ini berlangsung dengan pesat, dan sebagian besar memanfaatkan perangkat otomatis untuk membuat pekerjaan manusia menjadi lebih praktis. Motor yang mudah diaplikasikan, dikenal sebagai motor DC (*direct current*), adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak (Feby Fajar Kurniawan, 2022). Motor arus searah, atau motor DC merupakan salah satu jenis motor yang masih digunakan hingga saat ini, dengan konstruksi yang serupa dengan generator DC. Mesin ini dapat berfungsi baik sebagai motor maupun generator. Meskipun terdapat perbedaan dalam konstruksi antara generator dan motor, motor biasanya lebih tertutup rapat dibandingkan generator. Hal ini disebabkan karena motor sering beroperasi di lokasi yang rentan terhadap kerusakan mekanis, debu, kelembaban, dan korosi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengendalikan kecepatan motor DC dengan berbagai metode, seperti PID dan logika fuzzy (Try Yudha Candra, 2020).

Teknologi PWM (*Pulse Width Modulation*) saat ini telah menjadi metode populer untuk mengendalikan motor DC. PWM sering digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC. Pengendalian kecepatan putar motor DC dilakukan dengan mengatur tegangan masukannya melalui PWM, yang menghasilkan nilai keluaran bervariasi sesuai dengan persentase tegangan masukan. Keunggulan kontrol PWM termasuk biaya yang terjangkau, efisiensi tinggi, dan kemampuan untuk dengan mudah menyesuaikan tegangan sesuai dengan beban (Bagus Catur Wibowo, 2023).

Dalam beberapa situasi, terutama di lingkungan yang membutuhkan pengendalian dari jarak jauh atau dalam kondisi sulit dijangkau secara langsung, diperlukan pengembangan sistem yang memungkinkan pengendalian motor DC melalui komunikasi nirkabel. Penggunaan jaringan komunikasi dalam sistem ini menawarkan berbagai keuntungan, seperti fleksibilitas. Namun, beberapa parameter jaringan dapat mengurangi kinerja pengendalian (Baisrum, 2019).

Pada kenyataannya, kendala dalam mengintegrasikan PWM Arduino dengan komunikasi nirkabel melibatkan aspek teknis dan praktis. Tantangan pertama adalah menciptakan sebuah sistem yang mampu menghasilkan sinyal PWM dengan tingkat presisi yang baik, memastikan bahwa kontrol kecepatan motor DC dapat dicapai dengan akurasi yang baik. Sementara itu, dalam konteks komunikasi nirkabel, diperlukan protokol yang andal dan aman untuk memastikan pengiriman perintah yang stabil dan responsif. Pengembangan sistem pengendalian motor DC yang menggabungkan teknologi PWM Arduino dan komunikasi nirkabel memiliki potensi untuk mengatasi tantangan tersebut. Dengan mengoptimalkan penggunaan PWM untuk mencapai presisi tinggi dan memanfaatkan *smartphone* untuk memungkinkan pengendalian dari jarak jauh, kita dapat menciptakan sebuah sistem yang menggabungkan keunggulan kedua teknologi tersebut.

Penelitian ini menyajikan pengembangan lebih lanjut dari kerangka penelitian sebelumnya yang telah membahas pengendalian motor DC dengan menggunakan PWM Arduino. Misalnya, Penelitian oleh Febi Fajar Kurniawan, et al. (2022) berjudul “Rancang Bangun Pengatur Kecepatan Motor DC Dengan PWM Berbasis Arduino Nano” membahas tentang pengembangan sistem pengatur kecepatan motor DC menggunakan modul PWM (*Pulse Width Modulation*) berbasis Arduino Nano. Penelitian ini mencakup perancangan dan implementasi kontrol kecepatan motor DC menggunakan metode PWM, serta pengujian kinerja sistem yang dikembangkan. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat dalam pengembangan sistem kontrol kecepatan motor DC untuk berbagai aplikasi.

Adapun penelitian terkait lainnya yaitu penelitian oleh Try Yudha Candra (2020) dengan judul “Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Berbeban dengan Teknik Kontrol PWM Berbasis Arduino” membahas tentang pengembangan sistem pengendali kecepatan motor DC dengan teknik kontrol PWM berbasis Arduino. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengendali kecepatan motor DC yang dapat mengatur kecepatan motor dengan akurasi tinggi dan mampu menangani beban yang berbeda. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menguji sistem pengendali kecepatan motor DC pada berbagai kondisi beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

sistem pengendali kecepatan motor DC yang dikembangkan dapat mengatur kecepatan motor dengan akurasi tinggi dan mampu menangani beban yang berbeda dengan baik. Meskipun demikian, dua penelitian tersebut masih terbatas pada kontrol lokal dan belum memanfaatkan potensi kontrol melalui nirkabel. Maka dari itu, penelitian ini memberikan nilai tambah dengan fokus pada pengimplementasian PWM menggunakan Arduino dalam konteks mengukur kecepatan dan jarak koneksi motor DC, dengan memanfaatkan koneksi jaringan internet melalui *smartphone*.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pengendalian motor DC menggunakan PWM pada platform Arduino melalui komunikasi nirkabel berbasis *Blynk App*. Penelitian ini menghasilkan solusi yang sederhana dan dapat diandalkan untuk mengatur kecepatan dan jangkauan koneksi motor DC dengan Arduino, yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti robotika, sistem otomasi industri, dan perangkat rumah pintar. Selain itu, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengendalian motor DC yang lebih canggih dan tersambung dalam dunia yang semakin terkoneksi secara digital.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem pengendalian Motor DC menggunakan PWM Arduino berbasis *Blynk App*?
2. Bagaimana kinerja kecepatan sistem pengendalian motor DC dengan menggunakan metode PWM terhadap pengukuran Tachometer dan *Blynk App*?
3. Bagaimana kinerja kecepatan sistem pengendalian motor DC terhadap jarak koneksi yang diberikan?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem pengendalian motor DC menggunakan PWM pada platform Arduino yang terhubung dengan Blynk *App*.
2. Menganalisis dan membandingkan kinerja pengendalian kecepatan motor DC berdasarkan pengukuran menggunakan Tachometer dan Blynk *App*.
3. Mengevaluasi kinerja kecepatan sistem pengendalian motor DC terkait pengaruh jarak koneksi antara perangkat dan Blynk *App*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan Teknologi: Penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam berbagai konteks, seperti robotika, sistem otomasi industri, dan perangkat rumah pintar dalam meningkatkan penerapan teknologi dengan Blynk *App* dalam pengendalian motor DC.
2. Efisiensi Energi: Penelitian ini dapat membantu dalam pengoptimalan penggunaan energi dalam pengendalian motor DC, sehingga mengurangi konsumsi daya dan dampak lingkungan dalam aplikasi yang memerlukan motor DC.
3. Kemudahan Pengendalian Nirkabel: Implementasi kontrol nirkabel menggunakan *smartphone* akan membantu dalam mengendalikan motor dari jarak jauh. Ini dapat berguna dalam situasi di mana pengguna perlu mengatur motor tanpa harus berada di dekatnya, seperti dalam aplikasi kendali jarak jauh.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Desain Sistem Pengendalian Motor DC: Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pengendalian motor DC menggunakan metode PWM berbasis platform Arduino, dengan pemanfaatan komunikasi melalui Blynk *App*.
2. Analisis Kinerja Kecepatan: Pembahasan mengenai kinerja sistem pengendalian kecepatan motor DC difokuskan pada perbandingan hasil pengukuran antara Tachometer dan Blynk *App*. Analisis hanya mencakup perbedaan hasil pengukuran dari kedua perangkat.
3. Pengaruh Jarak Koneksi: Penelitian ini berfokus pada analisis jarak uji coba antara perangkat pengendali dengan motor DC yang dikendalikan yang memengaruhi kestabilan dan kecepatan pengendalian motor DC.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor DC

Motor DC adalah perangkat dasar dalam elektronika yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerjanya melibatkan interaksi antara medan magnet rotor dan medan magnet stator yang berlawanan arah, menghasilkan gaya yang mendorong rotor untuk berputar. Kecepatan putar motor DC cenderung melambat ketika diberi beban tambahan, dan untuk menjaga kecepatan konstan, dapat mengatur tegangan masukan. Oleh karena itu, pengendali diperlukan untuk menjaga stabilitas kecepatan motor DC ketika beban berubah (Alfian Ma'arif, 2021).

Motor arus searah umumnya memiliki dua bagian utama, yaitu stator (bagian diam) dan rotor (bagian yang berputar). Stator berfungsi sebagai tempat untuk kumparan medan yang menciptakan medan magnet, sementara rotor terdiri dari komponen seperti kumparan jangkar, komutator, dan sikat. Motor arus searah beroperasi berdasarkan prinsip interaksi antara dua medan magnet, di mana kumparan medan menciptakan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan, dan kumparan jangkar menciptakan medan magnet yang melingkar (Yoyok Winarno, 2020).

Arah putaran motor DC bergantung pada arus yang mengalir, baik arah maju atau mundur, serta tegangan yang diterapkan, apakah positif atau negatif. Sementara kecepatan motor DC dapat diatur dengan mengubah tegangan yang diberikan pada kumparan motor DC. Untuk mengubah arah putaran motor, seringkali digunakan rangkaian *H bridge*, sementara untuk mengatur kecepatan, variabel resistor atau potensiometer digunakan. Namun, pada situasi di mana kendali manual tidak memungkinkan, seperti dalam sistem otomatis seperti pintu, garasi, atau pagar otomatis yang dikendalikan oleh motor DC (*actuator*), diperlukan sistem kendali yang lebih canggih, seperti penggunaan mikrokontroler. Untuk meningkatkan kenyamanan dan kemampuan kendali jarak jauh, perlu

dikembangkan sistem kendali motor DC yang bisa dikendalikan melalui ponsel (David Setiawan, 2017).



Gambar 1 Motor DC *Gearbox*

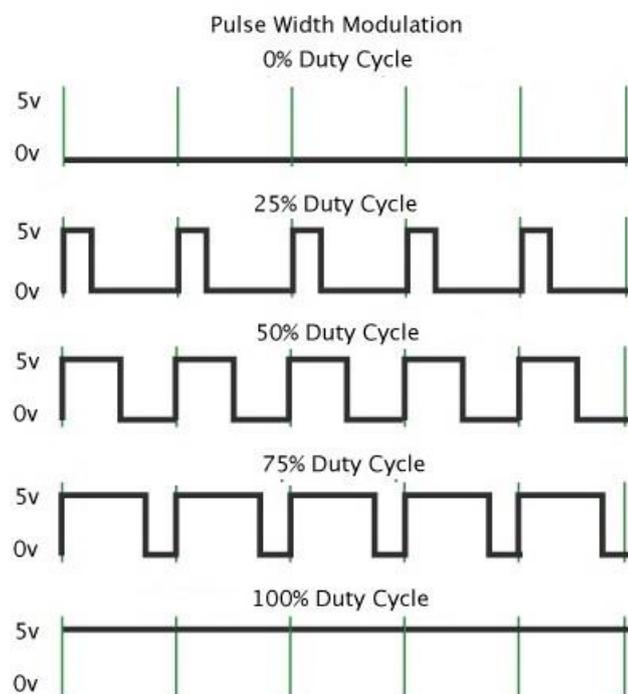
Spesifikasi Motor DC *Gearbox* yang digunakan seperti terlihat pada gambar 1, pada penelitian ini digunakan 2 buah motor dengan spesifikasi yang sama yaitu tegangan kerjanya berkisar 3-6 Volt. Rasio kecepatan tanpa beban 1:48 (saat 3 volt), pada 3V kecepatan motor sekitar $130 \pm 10\%$ RPM dengan torsi sekitar 1 kgf.cm. Sedangkan pada 6V kecepatan motor sekitar $290 \pm 10\%$ RPM dengan torsi sekitar 1.5 kgf.cm. Dalam keseluruhan standar kecepatan motor DC *Gearbox* ini dapat bervariasi tergantung pada spesifikasi dan aplikasi motor (JogjaRobotika, 2024).

2.2 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) telah menjadi metode yang umum digunakan dalam industri untuk mengatur kecepatan motor DC. Pengendalian kecepatan putaran motor dilakukan dengan mengatur *duty cycle* PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler Arduino. PWM beroperasi sebagai sumber daya yang dapat diaktifkan dan dinonaktifkan secara berulang untuk mengontrol keluaran. Ini mengubah tegangan DC menjadi sinyal kotak berkelanjutan, dengan tingkat tinggi mendekati tegangan puncak dan tingkat rendah menjadi nol volt saat dimatikan. Sinyal PWM umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar tetap, tetapi lebar pulsa berubah. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum dimodulasi. Ini berarti sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang konsisten, tetapi *duty cycle* dapat bervariasi antara 0% hingga

100%. *Duty cycle* adalah perbandingan antara durasi pulsa tinggi dengan pulsa rendah dalam satu siklus gelombang (Rifdian, I.S, 2018).

PWM merupakan teknik yang digunakan untuk mengubah lebar sinyal yang diungkapkan dalam bentuk pulsa selama suatu periode tertentu. PWM adalah metode untuk mencapai tingkat tegangan keluaran yang berbeda pada mikrokontroler dengan mengatur nilai lebar pulsa tinggi (*duty cycle*) (Puji Astuti, 2022). Bentuk pulsa *duty cycle* PWM terlihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2 *Duty Cycle* PWM

Gambar 2 menunjukkan konsep PWM dan ilustrasi pada berbagai *duty cycle* yang umum digunakan dalam kontrol perangkat elektronik, seperti motor DC. Satu siklus lebar pulsa merupakan kondisi *high* kemudian *low*. *Duty Cycle* merupakan kondisi sinyal *high* dan *low* yang dinyatakan dalam bentuk persen (%) dengan batas 0% hingga 100%. Jadi pada saat *duty cycle* 100% maka PWM nya akan *high* terus menerus, jika *duty cycle* 50% maka PWM-nya akan menghasilkan keadaan *high* dan *low* sama (Hendry Kurniawan, 2020). Untuk penjelasan gambar 2 dijelaskan sebagai berikut.

Pada 0% *duty cycle* PWM tidak mengirimkan tegangan. Gelombang tetap pada 0V sepanjang waktu, sehingga tidak ada daya yang diterima perangkat (motor tidak berputar). Pada 25% *duty cycle* PWM mengirimkan tegangan selama 25% dari satu siklus penuh. Tegangan dinaikkan ke 5V untuk seperempat waktu dan kemudian turun kembali ke 0V selama sisa waktu, motor akan berputar dengan kecepatan rendah. Pada 50% *duty cycle* PWM mengirimkan tegangan selama 50% dari satu siklus penuh, tegangan berada di 5V setengah waktu, kemudian kembali ke 0V untuk setengah sisanya, motor akan berputar dengan kecepatan menengah. Pada 75% *duty cycle* PWM mengirimkan tegangan selama 75% dari satu siklus penuh. Tegangan berada di 5V lebih lama (75% dari siklus), sehingga motor berputar dengan kecepatan lebih tinggi. Pada 100% *duty cycle* PWM mengirimkan tegangan secara konstan sepanjang siklus pada 5V. Ini setara dengan memberikan daya penuh pada motor, yang menyebabkan motor berputar pada kecepatan maksimum.

Pada penelitian yang menggunakan Arduino, pengaturan kecepatan motor DC menggunakan potensiometer untuk mengatur lebar pulsa PWM. Kecepatan motor DC dapat berubah-ubah tergantung pada nilai *duty cycle* yang diatur. Pada *duty cycle* 0% motor DC tidak bergerak. Pada *duty cycle* 50% motor DC bergerak dengan kecepatan yang moderat. Sedangkan pada *duty cycle* 100% motor DC bergerak dengan kecepatan maksimal. Sinyal PWM pada motor DC dengan resolusi 8 bit pada Arduino, nilai PWM berkisar dari 0 hingga 255, dimana 0 berarti 0% *duty cycle* (motor tidak berputar) dan 255 berarti 100% *duty cycle* (motor berputar pada kecepatan maksimum). Suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. (Tonny Suhendra, 2018).

Rumus untuk menghitung lebar pulsa atau *duty cycle* dapat ditunjukkan seperti persamaan berikut (Hendry Kurniawan, 2020) :

$$Duty\ Cycle = \left(\frac{Waktu\ Aktif\ (Ton)}{Periode\ Sinyal\ (T)} \right) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- *Duty cycle* adalah persentase dari siklus aktif (dalam hal ini berapa %)
- Waktu Aktif (T_{on}) adalah durasi saat sinyal berada pada level tinggi (*ON*)
- Periode Sinyal (T) adalah total waktu dari satu siklus sinyal, yakni *ON* ditambah waktu *OFF*

Resolusi PWM pada Arduino dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Resolusi PWM} = \frac{\text{Duty Cycle}}{100} \times 255 \quad (2)$$

Dalam menghitung durasi aktif (T_{on}), frekuensi default Arduino pada pin PWM adalah 490 Hz untuk sebagian besar pin. Periode (T) sinyal PWM adalah:

$$T = \frac{1}{\text{frekuensi}} = \frac{1}{490} \approx 2,04 \text{ ms} \quad (3)$$

Sehingga untuk mengetahui durasi aktif (T_{on}) atau waktu sinyal berada pada level tinggi (*HIGH*) adalah:

$$T_{on} = \text{Duty Cycle (\%)} \times T \quad (4)$$

Durasi off (T_{off}) dari sebuah sinyal PWM adalah waktu sinyal berada pada level rendah (*LOW*) dalam satu periode. Ini dapat dihitung dengan mengurangi durasi aktif (T_{on}) dari total periode (T):

$$T_{off} = T - T_{on} \quad (5)$$

2.3 Sistem Komunikasi Nirkabel

Sistem komunikasi nirkabel adalah sistem komunikasi yang media transmisinya berupa non-fisik atau tanpa kabel/kawat. Transmisinya menggunakan gelombang elektromagnetik dan terminologi komunikasi nirkabel adalah pengganti terminologi komunikasi radio. *Mobile communication* adalah sistem komunikasi yang bersifat nirkabel dan memungkinkan pengguna dapat berkomunikasi sambil bergerak. Sistem komunikasi nirkabel dapat digunakan dalam berbagai bentuk, seperti *cordless telephones*, *radio paging*, *microwave relay systems*, *satellite*

communications, Bluetooth, WLAN, dan cellular communications (Muhammad Daud Nurdin, 2018).

2.4 Blynk App

Blynk merupakan salah satu platform aplikasi pendukung dalam penggunaan sistem *Internet Of Things* (IoT). Penggunaan *Blynk App* dapat melakukan pemantauan baik dalam penggunaan *smartphone* maupun dalam penggunaan web (Andik Bintoro, 2022). Blynk adalah suatu platform yang dapat digunakan pada perangkat iOS atau Android untuk mengontrol perangkat seperti Arduino, Raspberry Pi, Wemos, dan sejenisnya melalui koneksi internet. *Blynk App* mampu mengontrol perangkat fisik yang terhubung ke Internet, seperti mikrokontroler Arduino atau NodeMCU, melalui koneksi WiFi. Penggunaan aplikasi ini sangat mudah, terutama bagi pemula, dan menyediakan berbagai fitur yang mempermudah penggunaannya. Proses pembuatan proyek di Blynk sangat cepat, hanya memerlukan waktu kurang dari 5 menit dengan metode *drag and drop*. Blynk bersifat universal, tidak terkait dengan perangkat atau papan tertentu. Melalui aplikasi ini, kita dapat mengendalikan berbagai perangkat dari jarak jauh asalkan terhubung dengan internet. Konsep ini dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT) (Marina Artiyasa et al., 2020). Untuk tampilan aplikasi Blynk terlihat seperti pada gambar 3 berikut.



Gambar 3 Blynk App

2.5 Mikrokontroler Arduino Uno R3

Arduino adalah sebuah platform elektronika sumber terbuka yang berisi komponen utama, yaitu sebuah mikrokontroler chip AVR dari perusahaan ATMEL.

Mikrokontroler ini terdiri dari *Integrated Circuit* (IC) yang dapat diprogram melalui komputer (Mochamad Hanif Dwi Wicaksono, 2019). Arduino Uno R3 adalah sebuah platform pengembangan mikrokontroler yang menggunakan chip Atmega328P sebagai intinya. Papan ini dikenal sebagai platform pengembangan karena fungsinya sebagai tempat untuk membuat *prototipe* sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan platform pengembangan ini, proses perakitan sirkuit elektronik mikrokontroler menjadi lebih mudah daripada memulai dari awal dengan ATmega328 di breadboard (David Setiawan, 2017).

Pada Arduino Uno, PWM beroperasi dengan frekuensi 500 Hz dan memiliki resolusi 8-bit, yang memungkinkan nilai *duty cycle* dari 0 hingga 255. Arduino Uno dilengkapi dengan 14 pin *input/output* digital (dengan 6 di antaranya berfungsi sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, osilator Kristal 16 MHz, port USB, soket daya, header ICSP, dan tombol reset seperti yang terlihat pada gambar 4. Semua komponen ini sudah mencakup semua yang diperlukan untuk mendukung operasi mikrokontroler, sehingga dapat dengan mudah menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau memberikan daya melalui adaptor AC ke DC atau bahkan menggunakan baterai (Pangaribuan, 2019). Bentuk mikrokontroler Arduino Uno R3 terlihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4 Mikrokontroler Arduino Uno R3

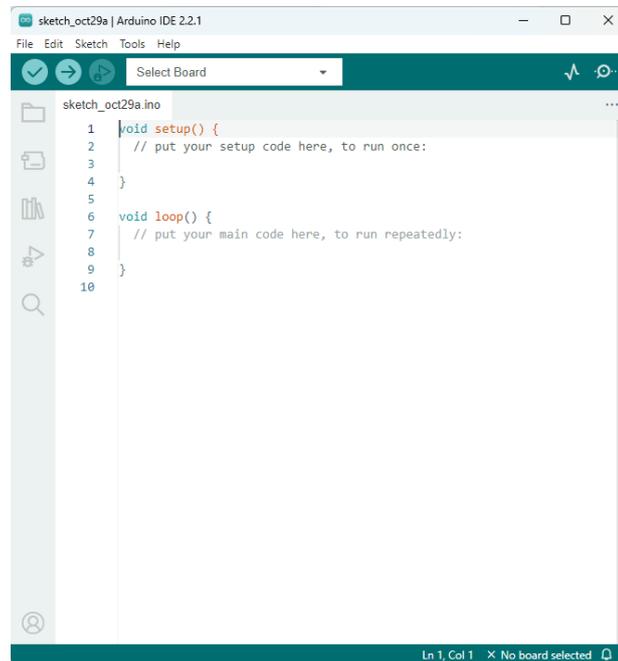
Spesifikasi Arduino Uno R3 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Spesifikasi Arduino Uno R3

| No | Spesifikasi | Keterangan |
|-----|--------------------------------|---|
| 1. | Tegangan Pengoperasian | 5 V |
| 2. | Tegangan Input yang disarankan | 7-12 V |
| 3. | Batas Tegangan Input | 6-20 V |
| 4. | Jumlah Pin I/O Digital | 14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM) |
| 5. | Jumlah Pin Input Analog | 6 |
| 6. | Arus DC tiap PIN I/O | 40 mA |
| 7. | Arus DC untuk Pin 3.3 V | 50 mA |
| 8. | Memori Flash | 32 KB (Atmega328), sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader |
| 9. | SRAM | 2 KB (Atmega328) |
| 10. | EEPROM | 1 KB (Atmega328) |
| 11. | Clock Speed | 16 MHz |
| 12. | Dimensi | 68.6 mm x 53.4 mm |
| 13. | Berat | 25 gram |

2.6 Software Arduino IDE

Pemrograman papan Arduino Uno R3 memanfaatkan Arduino *Software* (IDE) yang tersedia sebagai perangkat lunak bebas yang dapat diunduh. Arduino Uno R3 dilengkapi dengan chip Atmega328 yang telah dilengkapi dengan *bootloader*, yang berfungsi untuk mempermudah proses pemrograman menggunakan Arduino *Software* tanpa memerlukan perangkat keras tambahan (Prihatmoko, 2021). Tampilan awal software Arduino IDE terlihat pada gambar 5 berikut.



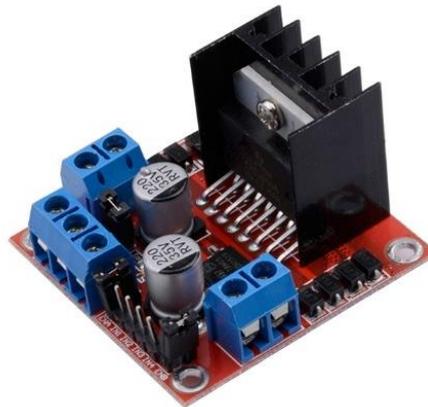
Gambar 5 Tampilan *Software* Arduino IDE

Arduino menggunakan perangkat lunak *Processing* untuk mengembangkan program yang dijalankan pada papan Arduino. *Processing* sendiri adalah hasil gabungan dari bahasa C++ dan Java. Perangkat lunak Arduino dapat diinstal di berbagai sistem operasi, termasuk Linux, Mac OS, dan Windows. *Software* Arduino yang umum digunakan adalah Arduino IDE, sebuah perangkat lunak yang sangat canggih dan dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman Java (Prihatmoko, 2021) IDE Arduino terdiri dari:

1. *Editor program* adalah antarmuka yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. *Compiler* adalah alat yang diperlukan untuk mengonversi kode program (dalam bahasa *Processing*) menjadi kode biner, yang penting karena mikrokontroler tidak mampu memahami bahasa *Processing*.
3. *Uploader* adalah fitur yang digunakan untuk mentransfer kode biner dari komputer ke memori papan Arduino.

2.7 Motor Driver IC L298N

Driver motor L298N adalah modul yang dirancang untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC. Modul ini menggunakan IC L298N yang dilengkapi dengan rangkaian *H-Bridge*, memungkinkan kontrol atas beban induktif pada kumparan motor. Selain itu, IC L298N juga dilengkapi dengan logika Transistor-Transistor (TTL) yang menggunakan gerbang NAND untuk membantu dalam mengatur arah putaran motor (Fajri, 2022). Untuk bentuk motor driver L298N terlihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 Motor Driver L298N

Spesifikasi Motor Driver L298N dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

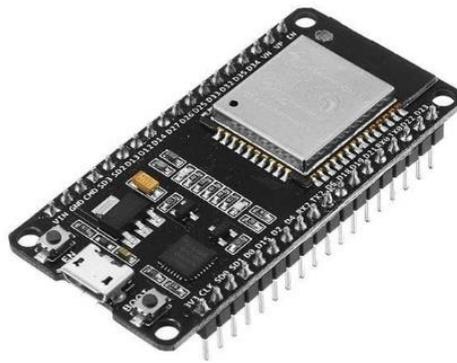
Tabel 2 Spesifikasi Motor Driver L298N

| No | Spesifikasi | Keterangan |
|----|---|-------------------------------------|
| 1. | Tegangan Masukan | 3.2 – 40 VDC |
| 2. | Driver | L298N Dual H Bridge DC Motor Driver |
| 3. | Tegangan Operasional | 5 VDC |
| 4. | Arus Maksimal untuk keluaran per Output | 2 A |
| 5. | Arus Masukan | 0 – 36 mA |
| 6. | Daya Maksimal | 25 W |
| 7. | Dimensi | 43 x 26 mm |

2.8 Modul WiFi ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah mikrokontroler terpadu dalam bentuk SoC (*System on Chip*) yang dilengkapi dengan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai perifer. Chip ESP32 memiliki fitur lengkap, termasuk prosesor, penyimpanan, dan akses ke GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP32 bisa digunakan sebagai pengganti rangkaian pada Arduino, dengan kemampuan untuk terhubung langsung ke WiFi (Nizam, 2022).

ESP32 diperkenalkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan sebagai sistem berbiaya rendah dan berdaya rendah dengan modul WiFi terintegrasi pada chip mikrokontroler, serta dilengkapi dengan Bluetooth mode ganda dan fitur hemat daya yang membuatnya lebih fleksibel. ESP32 kompatibel dengan perangkat seluler dan aplikasi IoT (*Internet of Things*). Mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai sistem mandiri yang lengkap atau dioperasikan sebagai perangkat pendukung mikrokontroler host (Restu, 2019). Modul WiFi ESP32 terlihat seperti gambar 7 berikut.



Gambar 7 Modul Wifi ESP32

2.9 Modul Sensor Kecepatan (LM393)

Modul sensor kecepatan ini dilengkapi dengan IC LM393 serta sensor *optocoupler*. Sensor *optocoupler* berfungsi dengan mendeteksi perubahan cahaya inframerah. Sensor ini terdiri dari dua komponen utama: *transmitter* dan *receiver*. Transmitter terdiri dari LED inframerah (IR LED) yang mengirimkan sinyal kepada *receiver*, sementara *receiver* adalah komponen yang menerima cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter* (Naufal Adjie Riantama, 2023). Sensor kecepatan yang digunakan terlihat seperti gambar 8 berikut.



Gambar 8 Modul Sensor Kecepatan (LM393)

2.10 Modul *Step Down* DC to DC (LM2596)

Modul LM2596 adalah konverter *buck step-down* yang dapat disesuaikan dengan arus maksimum 3A, memiliki input DC 3.2V-46V dan output DC 1.25V-35V. Modul ini menurunkan tegangan DC dengan selisih minimum 1.5V antara input dan output, dan pengaturan output dilakukan melalui potensiometer multitur. Keunggulan utama modul LM2596 adalah stabilitas tegangan output yang tetap meskipun tegangan input mengalami perubahan (Try Septyawan, 2022). Modul *step-down* yang digunakan terlihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9 Modul Step-Down LM2596

2.11 Tachometer

Tachometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi suatu objek, juga dikenal sebagai alat untuk menghitung revolusi, putaran, atau mengukur RPM. Alat ini sering digunakan untuk mengukur kecepatan motor, seperti kecepatan putaran poros engkol pada mesin atau motor lainnya (Petra Yericson, 2023). Tachometer yang digunakan pada penelitian ini terlihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10 Tachometer

2.12 Penelitian Yang Relevan

1. Febi Fajar Kurniawan, dkk. Rancang Bangun Pengatur Kecepatan Motor DC Dengan PWM Berbasis Arduino Nano (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, Vol. 7, No. 2, 2022). Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu perangkat yang dapat mengatur kecepatan motor DC menggunakan teknik PWM dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Penelitian ini mengadopsi metode pengembangan atau *Research and Development* (R&D)

dengan pendekatan prosedural yang melibatkan tahapan seperti studi pustaka dan analisis, perencanaan, pengembangan, desain, dan pengujian perangkat. Hasil dari penelitian menunjukkan adanya korelasi antara nilai PWM dan nilai RPM (*Revolution Per Minute*), di mana setiap peningkatan *duty cycle* sebesar 5% mengakibatkan perubahan rata-rata nilai PWM sebesar 13 dan nilai RPM sebesar 51. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perangkat pengatur kecepatan motor DC berbasis PWM dengan menggunakan Arduino Nano mampu efektif mengendalikan kecepatan motor DC.

Persamaan dari penelitian ini terletak pada fokus utama mereka, yaitu pada pengendalian kecepatan motor DC menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai metode utama untuk merubah tingkat daya yang diberikan ke motor, dan perangkat Arduino sebagai otak pengendalian. Meskipun memiliki kesamaan dalam fokus dasar, perbedaan utama pada penelitian ini terletak pada aspek komunikasinya, penelitian yang relevan lebih menitikberatkan pada implementasi PWM dan pengaturan kecepatan secara lokal tanpa melibatkan teknologi nirkabel, sementara penelitian ini memperkenalkan aspek komunikasi nirkabel dengan memanfaatkan teknologi *smartphone*.

2. Try Yudha Candra dan Taali. Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Berbeban dengan Teknik Kontrol PWM Berbasis Arduino (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional, Vol. 6, No.1, 2020). Penelitian ini membahas tentang pengembangan sistem pengendali kecepatan motor DC dengan teknik kontrol PWM berbasis Arduino. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengendali kecepatan motor DC yang dapat mengatur kecepatan motor dengan akurasi tinggi dan mampu menangani beban yang berbeda. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menguji sistem pengendali kecepatan motor DC pada berbagai kondisi beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengendali kecepatan motor DC yang dikembangkan dapat mengatur kecepatan motor dengan akurasi tinggi dan mampu menangani beban yang

berbeda dengan baik. Tahapan pengujian melibatkan pengukuran output setiap komponen, dan jika memenuhi persyaratan, rangkaian dianggap siap dioperasikan. Berdasarkan hasil uji coba pada penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa perangkat kendali kecepatan motor DC yang dibuat berhasil mengatur kecepatan motor sesuai dengan keinginan. Pengendali PWM pada perangkat ini mampu mengatur kecepatan motor DC dengan waktu respon yang bervariasi tergantung pada beban yang diberikan, sehingga mencapai kondisi konstan. Selain itu, *hardware* yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan perancangan pada saat pengujian. Mikrokontroler menjadi pusat pengendalian, mengelola pembacaan sensor dan menerima perintah dari Visual Studio 2013. Hasil pengujian menyimpulkan bahwa pengoperasian motor DC dengan pengendalian melalui antarmuka (PC) telah berhasil.

Persamaan dari penelitian ini juga terletak pada fokus utama mereka, yaitu keduanya melibatkan penggunaan platform Arduino sebagai perangkat kontrol utama untuk mengimplementasikan fungsi PWM dalam mengendalikan motor DC. Meskipun keduanya berada di dalam ranah pengendalian motor DC dengan menggunakan Arduino dan PWM, penelitian yang relevan ini lebih menekankan pada strategi kontrol yang berkaitan dengan penguatan terpisah berbeban, sementara penelitian ini lebih menyoroti implementasi komunikasi nirkabel dan koneksi jarak jauh melalui *smartphone*.

3. R. Akbar Nur Apriyanto, dkk. Prototipe Turntable Otomatis dengan Kontroller PWM Motor DC Berbasis Arduino Uno R3 (TELEKONTRAN, Vol. 11, No. 1, 2023). Dalam penelitian ini, dirancang *prototipe turntable* otomatis yang menggunakan kontrol PWM pada motor DC dengan basis Arduino Uno R3. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengatur putaran *turntable* secara otomatis, sebagaimana tercermin dalam grafik *scatter plot* yang bersifat linear. Penelitian ini melibatkan pemanfaatan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek, terutama lokomotif,

dan menanggapi deteksinya dengan menggerakkan motor DC untuk memutar *turntable*. Komponen tambahan seperti LED RGB, LCD, buzzer, dan I2C turut digunakan, dengan perancangan dan implementasi sistem kendali yang sesuai, serta dilakukan pengujian untuk mengukur kinerja dan performa *prototipe*. *Prototipe* ini dapat mendeteksi objek melalui sensor ultrasonik, yang beroperasi berdasarkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik. Durasi pantulan gelombang ultrasonik diukur dan diubah menjadi jarak sebenarnya menggunakan rumus yang telah ditentukan. Selama pengujian, *prototipe* menunjukkan respon yang cepat dan akurat terhadap deteksi objek. Faktor konversi ini dihasilkan dengan mempertimbangkan kecepatan suara sekitar 343 m/s di udara, dibagi dengan faktor skala 2 untuk menghitung jarak satu arah. Penerapan sensor ultrasonik dalam *prototipe* ini memiliki peran yang signifikan dalam mendeteksi keberadaan objek. Dengan mengonversi durasi pantulan gelombang ultrasonik menjadi jarak yang akurat melalui rumus yang tepat, *prototipe* mampu memberikan hasil pengukuran jarak yang akurat, memungkinkan respons yang tepat terhadap keberadaan objek dan pelaksanaan fungsi kendali *turntable* secara otomatis.

Persamaan penelitian ini adalah keduanya melibatkan penggunaan kontrol PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Kedua penelitian ini juga menggunakan platform Arduino untuk implementasi kontrol PWM pada motor DC. Perbedaan signifikan diantara kedua penelitian ini adalah pada penelitian relevan, berfokus pada penggunaan kontrol PWM untuk mengatur kecepatan motor DC dalam konteks *prototipe* *turntable* otomatis dengan menggunakan Arduino Uno R3. Sementara itu, penelitian ini melibatkan aspek komunikasi nirkabel dan teknologi *smartphone* untuk mengontrol motor DC.