

Prototipe *Turntable* Otomatis dengan Kontroler PWM Motor DC Berbasis Arduino Uno R3

Prototype Automatic Turntable with Controller PWM Motor DC Based on Arduino Uno R3

R. Akbar Nur Apriyanto*, R. Gaguk Pratama Yudha, Mohammad Erik Echsony, Adiratna Ciptaningrum

Politeknik Negeri Madiun, Jl. Serayu No.84, Pandean, Taman, Pandean, Kec. Taman, Kota Madiun, Jawa Timur

Email* : akbar@pnm.ac.id

Abstrak - Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang penting dalam sektor transportasi. Dalam operasinya, terdapat kebutuhan yang signifikan untuk menggunakan *turntable*, yang merupakan suatu perangkat yang memungkinkan erputaran lokomotif dan gerbong. Namun, saat ini masih terdapat kesenjangan antara kebutuhan tersebut dan penggunaan *turntable* yang masih manual, sehingga terdapat kebutuhan yang mendesak untuk mengembangkan prototipe otomatis dengan kontroler PWM Motor DC berbasis Arduino Uno R3 untuk mengontrol putaran *turntable* secara otomatis. Prototipe ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kehadiran objek, terutama lokomotif, dan meresponsnya dengan menggerakkan motor DC untuk memutar *turntable*. Komponen lain yang digunakan meliputi LED RGB, LCD, buzzer, dan I2C, dengan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali yang sesuai serta melakukan pengujian untuk mengukur performa dan kinerja prototipe. Penggunaan kontroler PWM pada Arduino Uno R3 memungkinkan pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan baik. Prototipe ini dapat mendeteksi kehadiran objek dengan menggunakan sensor ultrasonik yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik. Durasi pantulan gelombang ultrasonik diukur dan dikonversi menjadi jarak sebenarnya menggunakan rumus yang telah ditentukan. Selama pengujian, prototipe menunjukkan respons yang cepat dan akurat terhadap deteksi objek. Faktor konversi ini dihasilkan berdasarkan kecepatan suara sekitar 343 m/s dalam udara dan membagi dengan faktor skala 2 untuk menghitung jarak satu arah. Penggunaan sensor ultrasonik dalam prototipe ini memiliki peran penting dalam mendeteksi kehadiran objek. Dengan konversi durasi pantulan gelombang ultrasonik menjadi jarak sebenarnya menggunakan rumus yang tepat, prototipe dapat memberikan hasil pengukuran jarak yang akurat, sehingga memungkinkan prototipe untuk merespons kehadiran objek dengan tepat dan menjalankan fungsi kendali *turntable* secara otomatis.

Kata kunci: prototipe, *turntable* otomatis, kontroler PWM, motor DC, Arduino Uno R3.

Abstract - The railway is one of the transportations used in Indonesia. It requires maintenance of facilities and infrastructure such as *turntables*. *Turntable* serves to change the direction of the train by rotating. This research aims to develop an automatic prototype with a PWM Motor DC controller based on Arduino Uno R3 to control the rotation of the *turntable* automatically. This prototype uses ultrasonic sensors to detect the presence of objects, especially locomotives, and responds by driving a DC motor to rotate the *turntable*. Other components used include RGB LEDs, LCD, buzzer, and I2C. This research is conducted by designing and implementing a suitable control system and conducting tests to measure the performance and performance of the prototype. An automatic prototype with a PWM motor controller based on Arduino Uno R3 was successfully developed and tested in this research. The use of the PWM controller on the Arduino Uno R3 allows for good regulation of the DC motor rotation speed. This prototype can detect the presence of objects using ultrasonic sensors that work based on the principle of ultrasonic wave reflection. The duration of the ultrasonic wave reflection is measured and converted into the actual distance using a predetermined formula. During testing, the prototype showed a fast and accurate response to object detection. This conversion factor is generated based on the speed of sound of about 343 m/s in air and dividing by a scale factor of 2 to calculate the one-way distance. In conclusion, the use of ultrasonic sensors in the automatic *turntable* prototype has an important role in detecting the presence of objects. With the conversion of ultrasonic wave reflection duration into actual distance using the right formula, the prototype can provide accurate distance measurement results.

The use of ultrasonic sensors and this conversion formula allows the prototype to respond appropriately to the presence of objects and perform the turntable control function automatically.

Keywords: *prototype, automatic turntable, PWM controller, DC motor, Arduino Uno R3.*

I. PENDAHULUAN

Turntable perkeretaapian di Daerah Operasi (DAOP) adalah perangkat yang digunakan untuk memutar arah lokomotif atau gerbong kereta api di depot atau stasiun. *Turntable* ini biasanya berupa struktur berbentuk melingkar dengan landasan rel yang memungkinkan pergerakan 360 derajat [1].

Fungsi utama *turntable* di DAOP adalah memfasilitasi perubahan arah gerakan kereta api. Ketika lokomotif atau gerbong kereta perlu berubah arah, mereka ditempatkan di atas landasan *turntable* dan kemudian diputar menggunakan mekanisme penggerak. Setelah diputar, lokomotif atau gerbong kereta dapat melanjutkan perjalanan dalam arah yang diinginkan [1].

Penggunaan *turntable* ini memiliki manfaat penting dalam operasional kereta api, yaitu efisiensi perawatan, manuver dan penanganan, serta pemanfaatan lahan yang efektif. Untuk efisiensi perawatan, *turntable* memungkinkan kereta api diputar atau dibalik arahnya dengan mudah. Hal ini memudahkan dalam melakukan pemeriksaan, perbaikan, atau perawatan rutin pada lokomotif atau gerbong kereta [2].

Selanjutnya untuk manuver dan penanganan, *turntable* memfasilitasi manuver kereta api di area depot atau stasiun yang memiliki ruang terbatas. Dengan menggunakan *turntable*, kereta api dapat dengan mudah mengubah arah tanpa harus melakukan pergerakan yang rumit.

Kemudian pada pemanfaatan lahan yang efektif, *turntable* dapat mengurangi kebutuhan untuk area pemutar balik yang luas. Dengan memutar arah kereta api menggunakan *turntable*, lahan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif di depot atau stasiun [2].

Penggunaan *turntable* pada perkeretaapian di DAOP dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional kereta api dan memudahkan perawatan serta manuver kereta. *Turntable* merupakan salah satu infrastruktur penting yang digunakan dalam pengelolaan sistem perkeretaapian [3]. Dengan adanya beberapa manfaat penting dalam operasional kereta api, dan membutuhkan efektifitas maka diperlukan *turntable* otomatis.

Turntable otomatis adalah perangkat yang secara otomatis mengatur rotasi dan arah putaran pada *turntable* kereta api tanpa perlu intervensi manusia. Sistem *turntable* otomatis ini

menggantikan atau meningkatkan sistem manual yang memerlukan penggerakan manual atau mekanik untuk mengatur perputaran *turntable* [4].

Pada penelitian oleh [5] yang berjudul “*Double-Neuro Sliding Mode Position Control for Direct Drive Turning Table Servo System Based on genetic Algorithm*” bertujuan untuk mengembangkan pendekatan kontrol posisi berbasis mode geser neuro ganda untuk sistem servo *turntable* tanpa perantara (*direct drive*). Penelitian ini juga menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan parameter kontrol. Hasil pengujian dianalisis dan dievaluasi untuk mengevaluasi keefektifan metode kontrol yang diusulkan. Perbandingan dilakukan dengan metode kontrol lain yang ada untuk menunjukkan keunggulan dari pendekatan *neuro-sliding mode* yang dioptimalkan dengan algoritma genetika.

Selanjutnya penelitian oleh [6] yang berjudul “*Research on Servo Turning Table Control Method Based on Optimal Fuzzy Reasoning and Disturbance Observer*” bertujuan untuk mengembangkan metode kontrol untuk sistem meja putar servo berdasarkan pemodelan fuzzy optimal dan pengamat gangguan. Penelitian tersebut membangun model fuzzy optimal untuk sistem meja putar servo. Pemodelan ini melibatkan pemodelan keadaan dan tindakan kontrol dengan menggunakan variabel linguistik dan aturan fuzzy. Metode fuzzy optimal digunakan untuk mengoptimalkan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy agar menghasilkan respons kontrol yang optimal.

Sementara pengamat gangguan (*disturbance observer*) dikembangkan untuk memperkirakan dan mengkompensasi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem. Pengamat ini menggunakan model sistem dan umpan balik dari sensor untuk memperkirakan nilai gangguan yang mempengaruhi kinerja meja putar.

Selanjutnya pada kontrol fuzzy optimal dan pengamat gangguan digabungkan untuk merancang sistem kontrol meja putar servo. Pengontrol fuzzy menggunakan data masukan dari sensor dan pemodelan fuzzy untuk menghasilkan sinyal kendali yang optimal. Pengamat gangguan digunakan untuk mengestimasi dan mengkompensasi gangguan yang mungkin terjadi.

Sehingga kontrol yang dirancang

diimplementasikan pada sistem meja putar servo. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja kontrol dalam mencapai posisi target dengan akurasi tinggi, respons cepat terhadap perubahan referensi, dan ketahanan terhadap gangguan. Hasil pengujian dianalisis dan dievaluasi untuk mengevaluasi keefektifan metode kontrol yang diusulkan. Perbandingan dilakukan dengan metode kontrol lain yang ada untuk menunjukkan keunggulan dari pendekatan fuzzy optimal dan pengamat gangguan dalam mengatasi ketidakpastian dan gangguan pada sistem meja putar servo.

Selanjutnya penelitian oleh [7], penelitian ini berfokus pada pergerakan rotasi antara *bogie* dan *carbody* dalam sistem kendaraan. Dalam penelitian ini, digunakan teori dinamika sistem kendaraan dan rumus faktor resistensi rotasi yang diturunkan untuk berbagai kondisi pegas udara (*air spring*). Dilakukan pengujian laboratorium dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan perhitungan teoritis.

Faktor resistensi rotasi (*rotation resistance factor*) untuk kendaraan motor dan trailer dalam kondisi muatan AW0 dan AW4 dengan berbagai keadaan pegas udara (terkembang, kempis, dan terlalu kembang) dipertimbangkan untuk memvalidasi rumus yang diajukan serta menguji dan mendiskusikan sumber kesalahan (*error sources*) [8]. Faktor resistensi rotasi pada bogie terkait dengan sudut rotasi dan kecepatan. Semakin cepat kecepatan rotasi, maka semakin besar faktor resistensi rotasi. Semakin besar sudut rotasi, maka semakin besar pula faktor resistensi rotasi. Faktor resistensi rotasi maksimum adalah 0,094 untuk trailer car pada kecepatan rotasi 1 derajat/detik dan kondisi muatan AW0 dengan pegas udara dalam keadaan kempis. Faktor resistensi rotasi maksimum saat pegas udara dalam keadaan kempis jauh lebih besar dibandingkan dengan keadaan pegas udara yang terkembang pada kecepatan rotasi 1 derajat/detik. Faktor resistensi rotasi maksimum yang diperoleh pada kecepatan rotasi 1 derajat/detik jauh lebih besar daripada pada kecepatan rotasi 0,2 derajat/detik. Keadaan pegas udara yang terlalu kembang memiliki sedikit pengaruh pada resistensi rotasi bogie.

Hasil perhitungan teoritis yang mempertimbangkan keadaan pegas udara yang terkembang dan terlalu kembang sedikit lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian, dengan selisih maksimum 0,02. Untuk keadaan pegas udara yang kempis, hasil perhitungan dan pengujian pada trailer car sejajar, sedangkan hasil perhitungan sedikit lebih besar daripada hasil

pengujian pada motor car, dengan selisih maksimum sekitar 0,02. Rumus teoritis harus mempertimbangkan sifat dinamis dari kekakuan (*stiffness*) pegas dan efek redaman (*damping*) pegas udara. Efek dari komponen suspensi lainnya juga perlu dipertimbangkan. Pengujian laboratorium atau pengujian lapangan setelah perakitan merupakan persyaratan penting. Perbandingan antara hasil pengujian dan perhitungan teoritis memvalidasi rumus yang diajukan dan memungkinkan pembahasan mengenai sumber kesalahan [9].

Berdasarkan uraian penelitian sebelumnya diatas, pada penelitian ini yang berjudul “Prototipe Turntable Otomatis Dengan Kontroller PWM Motor DC Berbasis Arduino Uno R3” dapat memberikan metode kontrol yang efektif dan responsif untuk sistem meja putar servo. Sistem ini dirancang untuk mengontrol pergerakan *turntable* berdasarkan deteksi objek kereta oleh sensor ultrasonik dan sensor infrared.

Dalam perancangan sistem ini, Arduino Uno berfungsi sebagai otak utama yang mengambil input dari sensor ultrasonik dan sensor infrared, dan memberikan output untuk menggerakkan motor DC serta mengendalikan buzzer. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak objek kereta dari *turntable*. Jika sensor ultrasonik mendeteksi adanya objek kereta pada jarak tertentu, informasi akan diteruskan ke sensor infrared.

Sensor infrared kemudian akan mendeteksi keberadaan objek kereta secara langsung. Jika sensor infrared mendeteksi objek kereta, Arduino Uno akan memberikan sinyal keluar untuk menggerakkan motor DC, sehingga *turntable* akan berputar. Selain itu, buzzer juga akan berbunyi sebagai indikasi bahwa sistem telah mendeteksi objek kereta.

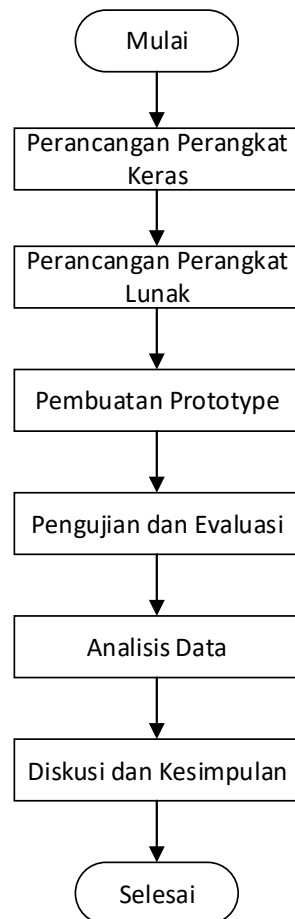
Sistem ini akan beroperasi secara otomatis dan akan berhenti ketika sensor infrared kedua mendeteksi objek kereta pada posisi tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa *turntable* telah mencapai posisi yang diinginkan.

Hasil dari perancangan ini adalah sebuah sistem kendali *turntable* kereta api otomatis yang mampu menggerakkan motor DC berdasarkan deteksi objek kereta oleh sensor ultrasonik dan sensor infrared. Sistem ini dapat memberikan pengendalian yang akurat dan otomatis terhadap pergerakan *turntable*.

II. METODOLOGI

Penelitian ini berupa riset eksperimental yakni perancangan *prototype* menyebarkan bentuk asli

dari balat yang ditiru pada bagian cara kerja. Metode penelitian dalam perancangan Prototipe *Automatic Turntable* terdapat tahapan penelitian yang tersusun secara sistematis seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Pada dasarnya peneliti melakukan tahapan penelitian untuk sistem kendali turntable kereta api secara otomatis berbasis Arduino Uno dengan menggunakan motor DC, sensor infrared, sensor ultrasonik, LED RGB, LCD, I2C, dan buzzer yang meliputi:

a. Perancangan Perangkat Keras

- (1) Pengumpulan komponen yang diperlukan, termasuk Arduino Uno, sensor infrared, sensor ultrasonic, LED RGB, LCD, I2C, motor DC, dan buzzer karena sensor ini lebih mudah ditemukan di dalam negeri.
- (2) Rancang skematik elektronik yang menghubungkan komponen tersebut secara sesuai, termasuk penempatan dan koneksi yang benar.
- (3) Membuat *layout Printed Circuit Board (PCB)* yang sesuai dengan skematik elektronik.

b. Perancangan Perangkat Lunak

- (1) Instalasi dan konfigurasi perangkat lunak Arduino IDE untuk memprogram Arduino Uno.
- (2) Menulis kode program menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang mengontrol semua komponen dan fungsi sistem.
- (3) Kode program mencakup pembacaan sensor infrared dan ultrasonik, pengendalian motor DC, pengaturan LED RGB, tampilan LCD, dan pengendalian buzzer.
- (4) Memastikan kode program memiliki algoritma yang benar untuk menangani logika dan tindakan yang sesuai berdasarkan input sensor.

c. Pembuatan Prototype

- (1) Bangun rangkaian hardware sesuai dengan desain perangkat keras yang telah dibuat.
- (2) Menghubungkan komponen dengan benar dan pastikan koneksi yang stabil.
- (3) Memprogram Arduino Uno dengan kode program yang telah ditulis.
- (4) Menguji prototipe secara menyeluruh untuk memastikan semua komponen bekerja dengan baik dan berinteraksi dengan benar.

d. Pengujian dan Evaluasi

- (1) Melakukan serangkaian pengujian untuk menguji kinerja prototipe.
- (2) Menguji sistem dalam berbagai situasi, termasuk deteksi objek oleh sensor infrared dan ultrasonik, pengendalian motor DC dengan presisi, tampilan informasi pada LCD, dan keluaran suara buzzer.
- (3) Mengamati dan mengevaluasi kinerja prototipe, termasuk keandalan, akurasi, dan respons terhadap situasi yang berbeda.
- (4) Mencatat hasil pengujian dan evaluasi dengan baik.

e. Analisis Data

- (1) Analisis hasil pengujian dan evaluasi prototipe.
- (2) Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan sistem, serta kemungkinan peningkatan dan perbaikan yang dapat dilakukan.

f. Diskusi dan Kesimpulan

- (1) Mendiskusikan temuan dan hasil penelitian yang didapatkan dari implementasi prototipe turntable otomatis ini.
- (2) Membuat kesimpulan berdasarkan analisis data dan temuan penelitian.
- (3) Membahas implikasi dan manfaat dari penelitian ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memberikan eksperimen berupa proses *Turntable* menggunakan kontrol berbasis mikrokontroler. *Turntable* merupakan tempat untuk memutar posisi lokomotif. Rangkaian dikontrol menggunakan mikrokontroler Arduino UNO R3 yang dijalankan dengan membangun program pada *software* Arduino IDE.

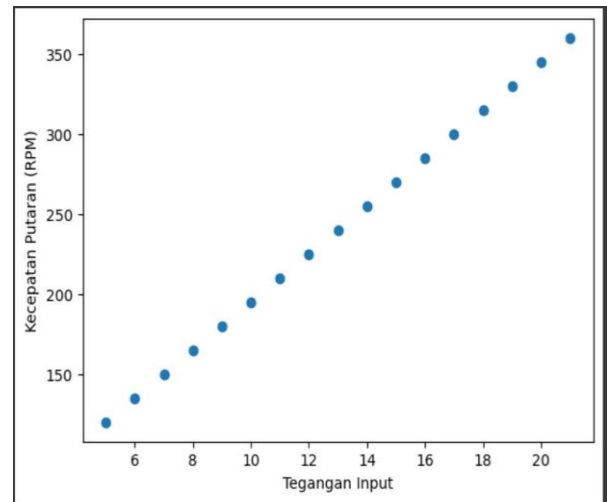
Adapun hasil *Rotations Per Minute* (RPM) pada prototipe turntable otomatis dapat dilihat pada **Tabel I**.

Tabel I. Hasil RPM pada prototipe turntable otomatis.

Pengujian	Tegangan Input	Kecepatan Putaran (RPM)
1	5	120
2	6	135
3	7	150
4	8	165
5	9	180
6	10	195
7	11	210
8	12	225
9	13	240
10	14	255
11	15	270
12	16	285
13	17	300
14	18	315
15	19	330
16	20	345
17	21	360

Dalam tabel tersebut, kolom Percobaan mengacu pada nomor percobaan atau pengukuran yang dilakukan, kolom Tegangan Input mengacu pada tegangan yang diberikan ke motor DC, dan kolom Kecepatan Putaran mencatat kecepatan putaran yang terukur dalam satuan RPM.

Dari hasil **Tabel I** tersebut, dapat dilihat bahwa hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai PWM, semakin tinggi tegangan yang diberikan ke motor DC, yang pada gilirannya meningkatkan kecepatan putaran, sehingga dapat dilihat hubungan antara tegangan input dan kecepatan putaran, apakah ada keterkaitan linier atau fungsi transfer tertentu yang dapat diidentifikasi.



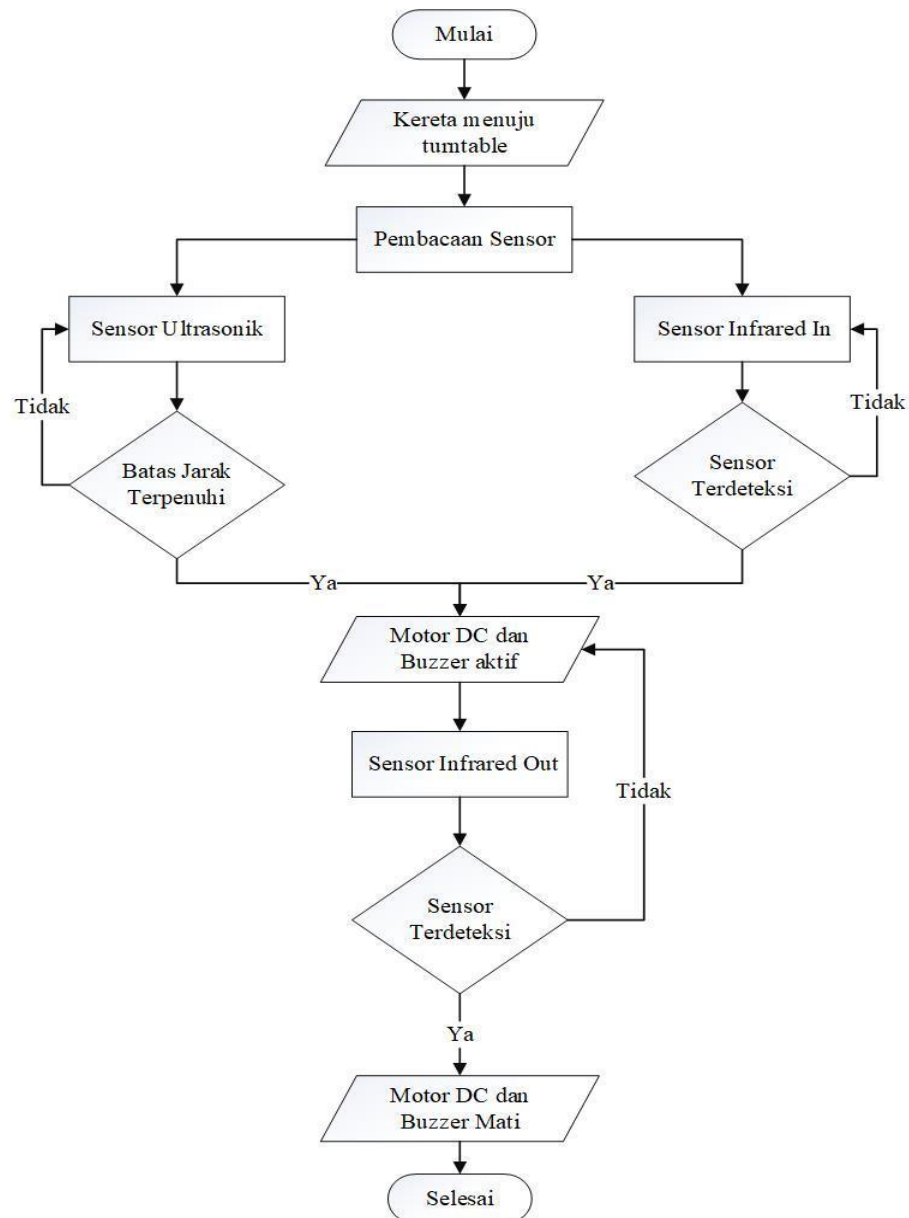
Gambar 2. Scatter plot tegangan input terhadap kecepatan putaran (rpm).

Selanjutnya, kecepatan putaran meningkat seiring dengan peningkatan nilai PWM, menunjukkan bahwa prototipe mampu mengatur dan mengendalikan kecepatan putaran dengan baik, sehingga analisis dapat dilakukan untuk melihat pola atau tren dalam data kecepatan putaran. Misalnya, apakah ada kenaikan kecepatan yang proporsional terhadap peningkatan tegangan input atau apakah ada batasan kecepatan tertentu yang tercapai pada tegangan tertentu.

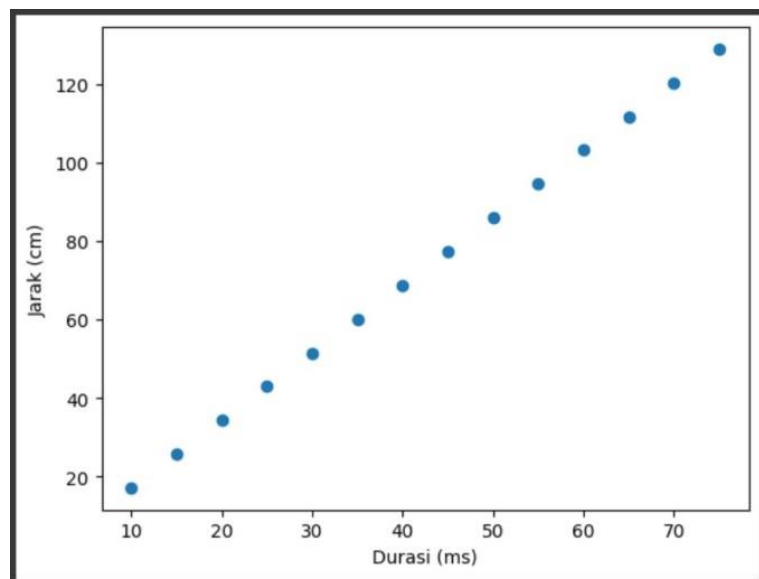
Dalam prototipe ini dapat dianalisis bahwa apakah terdapat hubungan linier atau non-linier antara tegangan input dan kecepatan putaran. Hal ini dapat membantu dalam penentuan karakteristik sistem dan koreksi yang mungkin diperlukan, sehingga dapat mengidentifikasi batas maksimum kecepatan putaran yang dapat dicapai dengan tegangan input yang diberikan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dalam rangkaian prototipe *automatic turntable*, penggunaan sensor ultrasonik memiliki peran penting dalam mendeteksi kehadiran lokomotif atau objek yang mendekati turntable. Sensor ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik dan mendeteksi pantulan gelombang tersebut untuk mengukur jarak antara sensor dan objek yang terdeteksi.

Dalam sistem ini, jarak diukur dengan menggunakan durasi pantulan gelombang ultrasonik. Konversi durasi tersebut menjadi jarak sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus tertentu. Dalam contoh yang Anda berikan, rumus yang digunakan adalah dengan membagi durasi dengan 58,2. **Gambar 3** merupakan flowchart sistem *Automatic Turntable* dan **Gambar 4**. Hasil scatter plot durasi terhadap jarak.



Gambar 3. Prinsip Kerja Automatic Turntable



Gambar 4. Scatter plot durasi terhadap jarak.

Rumus tersebut mungkin didasarkan pada kecepatan suara dalam udara, di mana kecepatan suara sekitar 343 m/s (tergantung pada kondisi lingkungan). Dengan menggunakan rumus :

$$jarak = \frac{(durasi \times kecepatan\ suara)}{2} \quad (1)$$

dan membagi dengan faktor skala 2 untuk menghitung jarak satu arah, kita dapat memperoleh faktor konversi sekitar 58,2 (343/2).

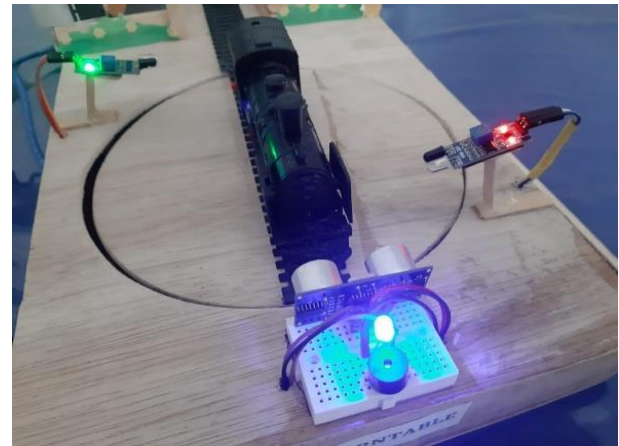
Adapun hasil yang pengukuran jarak dengan menggunakan durasi pantulan gelombang ultrasonik dan mengonversinya menjadi jarak sebenarnya berdasarkan rumus yang diberikan (durasi / 58,2) dapat dilihat pada **Tabel II**.

Pada **Tabel II**, kolom Percobaan mengacu pada nomor percobaan atau pengukuran yang dilakukan. Kolom Durasi (ms) mencatat durasi pantulan gelombang ultrasonik yang terukur, dan kolom Jarak (cm) mencatat jarak sebenarnya yang dihasilkan setelah mengonversi durasi dengan menggunakan rumus durasi / 58,2.

Tabel II. Hasil RPM pada prototipe turntable otomatis.

Pengujian	Durasi (ms)	Jarak (cm)
1	10	17.17
2	15	25.76
3	20	34.35
4	25	42.94
5	30	51.53
6	35	60.12
7	40	68.71
8	45	77.3
9	50	85.89
10	55	94.48
11	60	103.07
12	65	111.66
13	70	120.25
14	75	128.84
15	80	137.43
16	85	146.02
17	90	154.61

Tabel II tersebut adalah contoh sederhana yang dapat digunakan untuk mencatat hasil pengukuran dan konversi durasi menjadi jarak sebenarnya. Pastikan untuk melakukan pengukuran yang konsisten dan menggunakan rumus yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan parameter sensor ultrasonik yang digunakan.



Gambar 5. Kondisi Kereta Datang

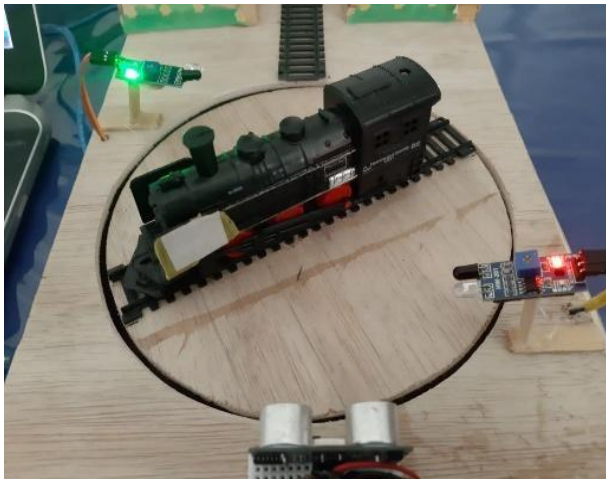
Namun, penting untuk dicatat bahwa faktor konversi tersebut tergantung pada kecepatan suara dalam medium yang digunakan (misalnya, udara) dan dapat bervariasi dalam praktiknya. Oleh karena itu, sebaiknya mengacu pada dokumentasi atau spesifikasi dari sensor ultrasonik yang digunakan untuk memastikan faktor konversi yang tepat.

Pada **Gambar 5** apabila kondisi kereta datang pada turntable otomatis, prototipe otomatis dengan kontroler PWM Motor DC berbasis Arduino Uno R3 yang telah dirancang akan merespons dengan mengaktifkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kehadiran objek, terutama lokomotif.

Sensor ultrasonik akan mengirimkan gelombang ultrasonik dan mengukur durasi pantulan gelombang tersebut. Dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan, durasi pantulan gelombang akan dikonversi menjadi jarak sebenarnya. Apabila jarak yang terukur menunjukkan adanya objek, dalam hal ini kereta, prototipe akan merespons dengan menggerakkan motor DC untuk memutar turntable seperti yang terlihat pada Gambar 4.

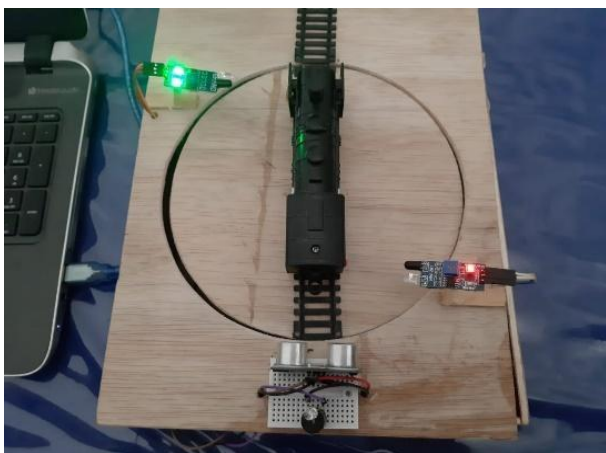
Selama proses ini, kontroler PWM pada Arduino Uno R3 akan mengatur kecepatan putaran motor DC sesuai dengan instruksi yang telah diprogram. Hal ini memungkinkan prototipe untuk merespons kehadiran kereta dengan tepat dan menjalankan fungsi kendali *turntable* secara otomatis.

Dengan demikian, prototipe otomatis dengan kontroler PWM Motor DC berbasis Arduino Uno R3 akan memberikan respons yang cepat dan akurat saat kereta datang pada turntable, memungkinkan putaran turntable secara otomatis untuk mengakomodasi kedatangan kereta dengan efisien.



Gambar 6. Kondisi Motor DC Berputar

Dengan menggunakan pengukuran jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik, sistem dapat mengambil tindakan yang sesuai ada kondisi normal tanpa pengotor, seperti mengaktifkan motor DC untuk memutar *turntable* atau memberikan sinyal peringatan jika jarak objek terlalu dekat. Hal ini memungkinkan prototipe *automatic turntable* untuk secara otomatis merespons kehadiran lokomotif atau objek yang mendekati *turntable* dengan tepat waktu.



Gambar 7. *Turntable* berhenti berputar

IV. KESIMPULAN

Prototipe *Turntable* Otomatis dengan Kontroller PWM Motor DC Berbasis Arduino Uno R3 telah berhasil dirancang dan menunjukkan kemampuan baik dalam mengontrol putaran *turntable* secara otomatis berdasarkan hasil dari grafik *scatter plot* yang linear. Dengan menggunakan sensor inframerah, sensor ultrasonik, dan kontroller PWM, prototipe ini mampu mendeteksi kehadiran objek, khususnya

lokomotif, dan meresponsnya dengan menggerakkan motor DC untuk memutar *turntable*.

Untuk kecepatan dan responsivitas, prototipe ini menunjukkan kecepatan dan responsivitas yang baik dalam merespons deteksi objek. Motor DC dapat dengan cepat menggerakkan *turntable* sesuai dengan kebutuhan.

Untuk akurasi pengukuran jarak, dengan menggunakan sensor ultrasonik, prototipe ini mampu mengukur jarak dengan baik tiap kenaikan 5 ms. Konversi durasi pantulan gelombang ultrasonik menjadi jarak sebenarnya menggunakan rumus yang tepat memberikan hasil yang akurat.

Kemudian untuk kontrol yang presisi, kontroller PWM motor DC pada Arduino Uno R3 memberikan kontrol yang bagus terhadap kecepatan putaran motor berdasarkan hasil pada tabel dan grafik yang linear. Hal ini memungkinkan prototipe untuk mengatur putaran *turntable* dengan tingkat keakuratan yang tinggi dalam kondisi normal.

Selanjutnya integrasi komponen, prototipe ini berhasil mengintegrasikan berbagai komponen seperti sensor inframerah, sensor ultrasonik, LED RGB, LCD, I2C, dan buzzer.

Kedepannya, potensi pengembangan, prototipe ini memberikan potensi pengembangan lebih lanjut. Dengan melibatkan fitur tambahan, perbaikan performa, dan peningkatan fungsionalitas, prototipe ini dapat digunakan dalam aplikasi yang lebih kompleks dan spesifik.

Dalam kesimpulannya, prototipe otomatis dengan Kontroller PWM Motor DC berbasis Arduino Uno R3 telah menunjukkan kinerja yang baik dengan kecepatan, responsivitas, akurasi pengukuran jarak, kontrol yang presisi dengan adanya kenaikan tiap 5 ms. Prototipe ini dapat menjadi dasar yang solid untuk pengembangan lebih lanjut dalam mengoptimalkan sistem kendali *turntable* secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Perhubungan RI. (2011). *Peraturan Menteri Perhubungan No 32 Tahun 2011*. http://jdih.dephub.go.id/Produk_Hukum/View/Vuuwz016swdwruzjvlu0z01qqxhnut09
- [2] Notoatmojo, M. I., Ariyanti, R., Fitriani, N., Pusmanu, P., & Sudirman, J. J. (2020). *Pengaruh Jumlah Penumpang Kereta Api Terhadap Total Pendapatan Stasiun Pekalongan Bulan Januari – April 2020*. 3(1).
- [3] Biomantara, K., & Herdiansyah, H. (2019). Peran Kereta Api Indonesia (KAI) Sebagai Infrastruktur Transportasi Wilayah Perkotaan. *Jurnal Humaniora*, 19.
- [4] Mardiaty, R., Ashadi, F., & Sugihara, G. F. (2016). Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman Pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32. *Telka*, 2, 53–61
- [5] Tang, Chuanseng., et al. (2011). Double-Neuro-Sliding Mode Position Control for Direct Drive Turntable Servo System Based on Genetic Algorithms. *IEEE*. 15-17 July 2011

- [6] Liu, Youmin., et al. (2010). Research on Servo Turning Table Control Method Based on Optimal Fuzzy Reasoning and Disturbance Observer. International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation.
- [7] Shi, Huai-long., et al., Calculation and Laboratory Testing of The Rotation Resistance of a Bogie. Proc IMechE Part F: J Rail and Rapid Transit 0(0) 1-10.
- [8] Puspasari, F.-, Fahrurrozi, I.-, Satya, T. P., Setyawan, G.-, Al