

## ANALISA KETEPATAN ENCODER PADA SISTEM STEERING AUTONOMOUS ELECTRIC CAR METODE PULSE COUNTER

M. Rizki Romadhon<sup>1</sup>, Amperawan<sup>2</sup>, M. Nawawi<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya

[rizkiromadhon55@gmail.com](mailto:rizkiromadhon55@gmail.com) , [amperawan230567@gmail.com](mailto:amperawan230567@gmail.com) , [muhhammadnawawinoer@gmail.com](mailto:muhhammadnawawinoer@gmail.com)

### ABSTRAK

*Encoder pada sistem steering Autonomous electric car adalah komponen yang digunakan untuk mengetahui arah dan posisi dari perpindahan racksteer pada Autonomous electric car itu sendiri. Kelebihan dari encoder pada sistem steering ini ialah kemampuan encoder untuk membaca seberapa banyak putaran dan arah putar dari steer mobil yang terjadi melalui pembacaan pulsa dari kedua channel pada encoder tanpa perlu adanya penambahan sensor khusus lagi. Data yang dihasilkan tersebut kemudian digunakan sebagai patokan agar posisi racksteer berada pada posisi yang seharusnya pada saat dilakukan kendali otomatis pada mode kemudi otomatis. Kendali otomatis pada Autonomous electric car dilakukan dengan cara membaca posisi mobil terhadap jalan dengan metode lane detection menggunakan pemrosesan citra digital pada Raspberry Pi 4. Hasil dari pemrosesan citra akan mengirimkan data berupa arah dan kecepatan yang diperlukan oleh mobil untuk berakselerasi ketika ada tikungan ataupun setelah tikungan. Data dari Raspberry Pi 4 kemudian diterima oleh mikrokontroler untuk memerintahkan motor pada racksteer dengan mempertimbangkan posisi racksteer terdahulu yang didapat melalui encoder. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa jumlah pulsa yang dihasilkan melalui proses penghitungan pulsa dengan metode pulse counter pada setiap channel pada encoder akan memiliki selisih pulsa dipengaruhi oleh arah gerakan motor yang kemudian diterjemahkan oleh kontroler sebagai arah dari putaran as pada motor. Jumlah pulsa yang dihasilkan dari satu putaran penuh encoder tergantung dari spesifikasi encoder memiliki kemampuan berapa PPR (pulse per Revolution), Namun akan ditemukan hasil yang berbeda pada saat pengukuran tergantung metode pengukuran dan alat yang digunakan pada proses pengukuran.*

**Kata kunci :** Encoder, Steering, Racksteer, Autonomous, Pulsa

### ABSTRACT

*The encoder in the steering system of an Autonomous electric car is a component used to determine the direction and position of the racksteer displacement in the Autonomous electric car itself. The advantage of the encoder in this steering system is its ability to read the number of rotations and direction of rotation of the car's steering wheel through pulse readings from both channels of the encoder, without the need for additional specialized sensors. The data generated by the encoder is then used as a reference to ensure that the racksteer position is in the correct position during automatic control in autonomous driving mode. Automatic control in an Autonomous electric car is achieved by reading the car's position relative to the road using lane detection methods through digital image processing on Raspberry Pi 4. The results of image processing provide data such as direction and speed required by the car to accelerate when approaching or exiting a turn. The data from Raspberry Pi 4 is then received by the microcontroller to command the motor on the racksteer, taking into consideration the previous position of the racksteer obtained through the encoder. From the conducted testing, it can be concluded that the number of pulses generated through the pulse counting process using the pulse counter method on each channel of the encoder will have a pulse difference influenced by the direction of the motor's movement, which is then interpreted by the controller as the direction of rotation of the motor shaft. The number of pulses generated from one full revolution of the encoder depends on the encoder's specifications, indicating how many PPR (pulses per revolution) it can handle. However, different results will be obtained during measurement depending on the measurement method and equipment used in the measurement process.*

**Key words :** Encoder, Steering, Racksteer, Autonomous, Pulse

## 1. PENDAHULUAN

Dikutip dari laman situs Auto2000, Kementerian Perindustrian akan menjadikan pengembangan industri otomotif sebagai prioritas dalam Rencana Pengembangan

Industri Nasional (REPIN) yakni pengembangan beberapa aspek di bidang mobil listrik, termasuk komponen-komponen utamanya seperti baterai, mobil listrik, dan inverter [1].

Dengan rencana pengembangan tersebut diperlukan upaya penelitian untuk mengejar

ketertinggalan teknologi otomotif di Indonesia agar tidak tertinggal terlalu jauh jika dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Amerika dan Tiongkok dengan perusahaan-perusahaan mobil listrik terbesar di negara tersebut yakni Tesla, *Inc.* (asal Amerika) dan BYD *Automobile Co Ltd.* (asal Tiongkok) [2].

Teknologi pada kendaraan mobil listrik dari perusahaan mobil Tesla, *Inc.* sudah menerapkan teknologi kemudi otomatis (*Self-Driving*). Teknologi *Self-Driving* memanfaatkan pengembangan teknologi *Deep Learning* berupa kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang dirancang untuk menghasilkan kemampuan *Computer Vision* sebagai kemampuan yang berfungsi untuk mengidentifikasi objek dengan tepat dan menganalisis secara langsung objek seperti hambatan, jalan, kendaraan lain, pedestrian dan sebagainya, kemudian kemampuan *Decision Making* untuk pengambilan keputusan[3].

*Computer Vision* adalah bidang kecerdasan buatan (AI) yang memungkinkan komputer dan sistem memperoleh informasi yang berguna melalui gambar digital, video dan *input* visual lainnya kemudian mengambil tindakan atau membuat rekomendasi dari informasi yang didapat. Jika dianalogikan dengan tubuh manusia, AI digunakan sebagai akal pada otak manusia dan *Computer Vision* adalah bagian dari akal yang mampu melihat, mengamati dan memahami objek visual. *Computer Vision* juga sering disebut dengan *Image Processing*[4]

Selain *Computer Vision*, teknologi lain yang juga diterapkan pada *Autonomous Car* yakni sistem *encoder* pada mekanisme *steering*. *Encoder* adalah perangkat sensor yang memberikan umpan balik berupa perubahan gerakan menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh jenis perangkat kontrol tertentu dalam sistem kontrol gerakan, seperti penghitung atau PLC (*Programmable Logic Controller*). *Encoder* mengirimkan sinyal umpan balik yang dapat digunakan untuk menentukan posisi, hitungan, kecepatan, atau arah. Perangkat kontrol dapat menggunakan informasi ini untuk mengirim perintah untuk fungsi tertentu. Pada *Autonomous Car*,

perangkat ini digunakan untuk mengetahui posisi *racksteer* agar kemudian dapat dikendalikan posisinya dengan menggerakkan *racksteer* dengan sebuah motor DC [5].

Sebelumnya telah ada beberapa penelitian yang membahas mengenai penggunaan *encoder*. Beberapa diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Haniff (2022) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengujian Akurasi Posisi Sudut Sistem Kemudi Kendaraan Otonom dengan *Unity Feedback System*” dimana disimpulkan bahwa nilai dari akurasi *encoder* dipengaruhi oleh kecepatan dari motor dalam memutar kemudi yang memindahkan posisi *racksteer* [6]. Penelitian lain dilakukan pula oleh Desky Pratama (2020) dengan judul “Perancangan Kemudi Kendaraan Listrik Penghinder Halangan Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy*” yang berfokus pada penerapan logika *fuzzy* untuk pengendalian arah *steering* berdasarkan keberadaan halangan di sekitar mobil [7]. Kemudian ada pula penelitian yang dilakukan oleh Pranav Rameshwar Bairagi, Sonya Vaidya, dan Nitish Gurav (2019) pada jurnalnya yang berjudul “*Encoder Based Steering System*” yang membahas tentang penggunaan *encoder* untuk mengetahui posisi kemudi lalu kemudian menggerakkan kemudi dengan sistem kemudi hidrolis [8].

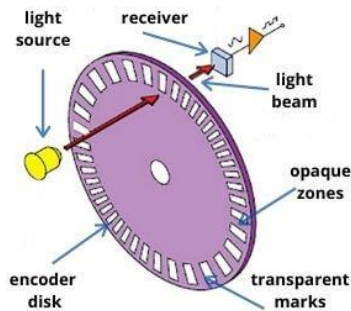
Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian pada pulsa yang dihasilkan oleh setiap *channel* pada *encoder* dan pengaruh kecepatan motor terhadap akurasi pembacaan posisi melalui perhitungan pulsa yang dihasilkan oleh *encoder*. Pengukuran yang dilakukan antara lain ialah pengujian pulsa melalui osiloskop, pengukuran kecepatan putar motor, tegangan pada motor, dan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *encoder*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Encoder*

*Encoder* adalah perangkat sensor yang memberikan umpan balik berupa perubahan gerakan menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh jenis perangkat kontrol tertentu dalam sistem kontrol gerakan, seperti penghitung atau PLC (*Programmable Logic Controller*). *Encoder* mengirimkan sinyal umpan balik yang dapat digunakan untuk

menentukan posisi, hitungan, kecepatan, atau arah. Perangkat kontrol dapat menggunakan informasi ini untuk mengirim perintah untuk fungsi tertentu [5].



Gambar 1. Komponen dalam Encoder[5]

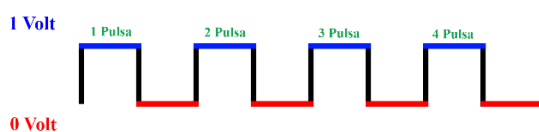
### a. Pulse Encoder

Ada berbagai teknologi dan jenis *encoder*, tetapi prinsip pembentukan sinyal umumnya sama. Pada *encoder rotary* optik, digunakan sebuah cakram, sumber cahaya, dan penerima. Cakram tersebut terpasang pada poros di antara penerima dan sumber cahaya. Terdapat tanda atau marka yang terletak di cakram. Sinar cahaya melewati tanda-tanda tersebut (melalui celah) dan diterima oleh penerima sebagai sinyal pulsa, sedangkan area yang tidak tembus cahaya adalah area yang tidak akan menghasilkan sinyal pulsa.

Semua tanda pada cakram tersebut memiliki kesamaan. Oleh karena itu, sinyal yang dihasilkan dari setiap tanda akan sama. Oleh karena itu, perangkat hanya menghitung jumlah dan frekuensi sinyal-sinyal tersebut [9].

### b. Perhitungan *Pulse Per Revolution* (PPR) pada Encoder

Sinyal-sinyal dari setiap saluran pada *encoder* dapat digambarkan secara visual menggunakan grafik. Gambar 2 di bawah menunjukkan pola pulsa yang dihasilkan oleh *encoder* pada umumnya.



Gambar 2. Pulsa yang dihasilkan encoder

Sinyal tersebut berada dalam keadaan tinggi (1) ketika sinar cahaya mencapai

penerima dan berada dalam keadaan rendah (0) ketika sinar cahaya mengenai area yang tidak tembus cahaya. Dengan kata lain, hanya ada dua nilai yang dihasilkan sinyal *encoder*, sehingga gelombang memiliki bentuk seperti itu. Pola sinyal keluaran semacam ini sama untuk semua jenis *encoder* kuadratur. Namun, setiap produsen dapat menggunakan metode analisis sinyal keluaran yang berbeda. PPR dapat ditentukan melalui banyaknya jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *encoder* dalam satu kali putaran penuh.

## 2.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah salah satu *board* mikrokontroler yang didedikasikan untuk pengaplikasian yang lebih ekstensif dibandingkan dengan *board* mikrokontroler lainnya oleh Arduino. *Board* ini akan mengakomodasi mikrokontroler ATmega2560, yang beroperasi pada frekuensi 16 MHz. *Board* berisi 54 pin *input/output* digital, 16 *input* analog, 4 UART (*port hardware serial*), koneksi USB, *port* daya, *header* ICSP, dan tombol reset [10].



Gambar 3. Arduino Mega 2560[10]

Mikrokontroler ini dipakai sebagai pengendali utama yang akan menerima masukan dari hasil pengolahan gambar oleh Raspberry Pi, dan menerima sinyal masukan dari sensor *ultrasonic* kemudian memanfaatkan informasi tersebut untuk mengendalikan arah gerak dan kecepatan *autonomous* melalui *driver* motor.

## 2.3 Motor DC PG45

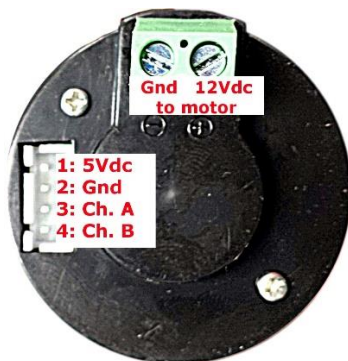
Motor DC PG45 merupakan motor yang beroperasi pada arus searah dengan tegangan kerja maksimum 24V. Dengan dimensi berdiameter 45 mm, dengan as berdiameter 10 mm. Memiliki torsi konstan sebesar 16 kgfcm dan torsi maksimum sebesar 25 kgfcm.



Gambar 4. Motor DC PG45

#### 2.4 Encoder Motor DC PG45

Encoder pada motor DC PG45 memiliki 2 channel (Channel A, Channel B). Kedua channel difungsikan sebagai pembaca banyaknya pulsa yang dihasilkan oleh encoder dan arah dari putaran encoder. Arah dari putaran encoder ditentukan melalui Channel mana yang lebih dulu mendapatkan sinyal Pulsa tinggi (1).



Gambar 5. Encoder Motor PG45

#### 2.5 Driver Motor BTS7960

BTS7960 adalah modul jembatan H arus tinggi yang terintegrasi penuh untuk aplikasi penggerak motor. Dapat digunakan lebih mudah dengan mikrokontroler dengan IC driver terintegrasi yang menampilkan input level logika, dengan deteksi arus, penyesuaian laju perubahan tegangan, pembangkitan waktu mati dan perlindungan terhadap suhu berlebih, tegangan lebih, *undervoltage*, arus lebih dan hubung singkat. BTS7960 menyediakan solusi yang dioptimalkan dengan daya untuk driver motor PWM arus tinggi yang terlindungi dengan memanfaatkan daya papan mikrokontroler yang sangat rendah.



Gambar 6. Driver Motor BTS7960

#### 2.6 LCD I2C

LCD adalah media tampilan yang paling mudah untuk diamati karena menghasilkan tampilan karakter yang baik dan cukup banyak. Pada LCD 16×2 dapat ditampilkan 32 karakter, 16 karakter pada baris atas dan 16 karakter pada baris bawah. LCD 16×2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan sangat boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan driver khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan jalur I2C. melalui I2C maka LCD dapat dikontrol dengan menggunakan 2 pin saja yaitu SDA dan SCL [11].

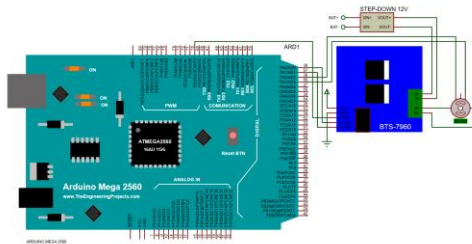


Gambar 7. LCD I2C[11]

### 3. METODOLOGI

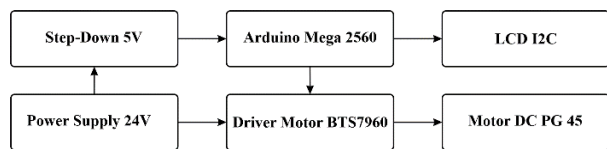
Penelitian ini menggunakan metode *waterfall*. Dimana metode yang peneliti lakukan dengan pendekatan yang sistematis, dimulai dari tahap analisis kebutuhan sistem lalu menuju ke tahap desain, *coding* (pemrograman), *testing* (pengetesan), dan implementasi. Setiap langkah harus diselesaikan satu demi satu, tidak ada tahapan yang dilompati ke tahap selanjutnya dan harus secara urut, oleh sebab itulah dinamakan *waterfall*.





Gambar 8. Skematik Rangkaian

Komponen-komponen yang dipakai antara lain Arduino Mega 2560, Driver BTS7960, Motor PG45 (berserta Encoder), dan Modul Step-down. Dimana Arduino Mega 2560 sebagai *controller* dan keluaran dari sistem ini berupa pergerakan motor yang kemudian dibaca melalui *encoder* yang terhubung ke Arduino. Setelahnya pembagian dari setiap fungsi komponen diperlihatkan pada gambar 9 blok diagram berikut.



Gambar 9. Diagram Blok Sistem

Diagram blok pada gambar 9 mewakili alur kerja dari setiap komponen yang ada pada sistem yang sudah dibuat.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

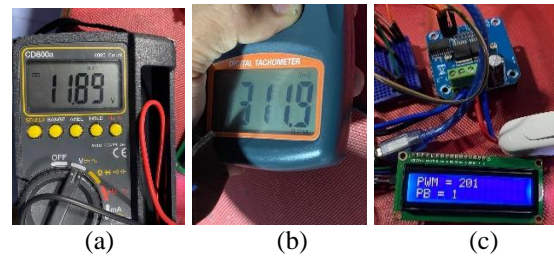
##### 4.1 Pengujian Alat

Pengujian data dilakukan dengan mengambil beberapa parameter uji seperti besaran sinyal PWM yang diberikan pada Motor, kecepatan rotasi motor, tegangan pada motor, perubahan sudut yang dihasilkan motor, dan jumlah pulsa yang didapat melalui *encoder*.

##### 4.2 Data Hasil Pengujian

Besaran sinyal PWM pada motor diatur menjadi 4 level kecepatan motor yakni lambat, agak lambat, sedang, dan cepat. Nilai dari kecepatan rotasi motor didapat melalui pengukuran menggunakan alat ukur *Tachometer* non-kontak. Untuk pengambilan data tegangan pada motor dilakukan menggunakan *Multimeter* Digital. Pengukuran sudut dilakukan menggunakan busur derajat, dan jumlah pulsa dihitung

menggunakan *Osiloskop* dan Program *Up-counter* menggunakan Arduino lain sebagai pengukur yang ditampilkan pada LCD I2C.



(a) (b) (c)



(d) (e)

Gambar 10. (a) Pengujian dengan *Multimeter*, (b) Pengujian dengan *Tachometer*, (c) Pengujian dengan variasi PWM, (d) Pengujian Pulsa dengan *Osiloskop*, (e) Pengujian *counter* jumlah pulsa yang dihasilkan *encoder*

Data pengukuran dari setiap parameter dapat dilihat melalui tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Pengukuran Setiap Parameter

PWM	Kecepatan (m/s)	Tegangan (V)	Perubahan Sudut	Jumlah Pulsa		Selisih Pulsa
				Ch A	Ch B	
30	43,6	1,46	90°	7	6	1
100	88,1	4,7	90°	5	4	1
200	271,8	9,48	90°	5	4	1
255	311,9	11,89	90°	5	4	1
30	43,6	1,46	180°	16	15	1
100	88,1	4,7	180°	14	13	1
200	271,8	9,48	180°	14	13	1
255	311,9	11,89	180°	14	13	1
30	43,6	1,46	270°	22	21	1
100	88,1	4,7	270°	20	19	1
200	271,8	9,48	270°	20	19	1
255	311,9	11,89	270°	19	18	1
30	43,6	1,46	360°	39	38	1
100	88,1	4,7	360°	37	36	1
200	271,8	9,48	360°	37	36	1
255	311,9	11,89	360°	35	34	1

#### 4.3 Analisa

Berdasarkan dari data pengukuran di atas dan materi yang dikumpulkan pada tinjauan Pustaka, nilai PPR suatu *Encoder* ditentukan melalui seberapa banyak pulsa yang dapat dihasilkan oleh *encoder* saat diputar 360 derajat. Berdasarkan spesifikasi yang dipakai pada *encoder*, diketahui bahwa nilai PPR dari *encoder* yang digunakan adalah 7 PPR. Jika dilihat dari tabel data hasil pengukuran, terlihat selisih nilai dari spesifikasi dan pengukuran pada saat pengujian jauh berbeda yakni menghasilkan pulsa lebih banyak sekitar 300% daripada spesifikasi yang digunakan. Meskipun sudah dilakukan beberapa percobaan, selisih hasil yang didapat tetap masih terlalu besar. Dengan demikian, belum dapat disimpulkan penyebab dari kejanggalan pada pengukuran yang dibuat.

Selain itu, data perbandingan jumlah pulsa pada *channel A* dan *channel B* selalu memiliki selisih yang sama. Ini dikarenakan arah dari putaran motor saat pengujian mengarah ke arah yang sama secara terus menerus yakni berputar berlawanan arah jarum jam. Hal ini menyebabkan pulsa yang dihasilkan oleh *channel A* selalu lebih banyak 1 pulsa karena posisi *receiver* pada *channel A* selalu lebih dekat pada celah lubang pada *disk* dibandingkan dengan *channel B*. Hal ini membuktikan bagaimana *rotary encoder* tipe *incremental* bekerja untuk mendapatkan arah gerak dari putaran as pada motor.

Kemudian jika dilakukan analisa dan bandingkan data kecepatan pada motor dan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *encoder*, dapat ditarik kesimpulan bahwa benar adanya pengaruh kecepatan terhadap ketepatan pengukuran perubahan Gerakan pada *encoder*. Semakin cepat *encoder* berputar mengikuti motor, semakin kecil akurasi yang dimiliki oleh *encoder* tersebut.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. PPR pada *rotary encoder* mengindikasikan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *encoder* dalam satu kali putaran penuh

2. Jumlah pulsa yang dihasilkan pada *channel A* dan *channel B* dapat bernilai sama atau berselisih 1 pulsa.
3. Selisih pulsa antara *channel A* dan *channel B* membuat *encoder* memiliki kemampuan untuk membedakan arah putar dari motor.
4. Kecepatan putar dari *encoder* mempengaruhi jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *encoder* yang kemudian berdampak pada ketepatan perhitungan pada *encoder*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Auto2000, "Perkembangan Mobil Listrik di Indonesia," <https://auto2000.co.id/berita-dan-tips/perkembangan-mobil-listrik-di-indonesia>, Nov. 22, 2022.
- [2] A. Aszhari, "Dominasi Tesla Sebagai Produsen Mobil Listrik Terbesar di Dunia digeser BYD dari Cina," <https://www.liputan6.com/otomotif/read/5007345/dominasi-tesla-sebagai-produsen-mobil-listrik-terbesar-di-dunia-digeser-byd-dari-cina>, Jul. 07, 2022.
- [3] Ailima, "Bagaimana Deep Learning Bekerja pada Self-Driving Car Tesla?," <https://ailima.co.id/bagaimana-teknologi-deep-learning-bekerja-pada-mobil-self-driving-tesla>, Apr. 01, 2022.
- [4] IBM Web Blog, "Computer Vision," <https://www.ibm.com/topics/computer-vision>, 2022.
- [5] Encoder, "What Is Encoder?," <https://www.encoder.com/article-what-is-an-encoder>, 2022.
- [6] H. M. S. E. A. Z. H. M. N. F. and S. A. P. M. Hanif, "Pengujian Akurasi Posisi Sudut Sistem Kemudi Kendaraan Otonom dengan Unity Feedback System," *SENTER*, vol. 6, no. Seminar Nasional Teknnik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2021), pp. 307–318, Jan. 2022.
- [7] E. P. S. M. Desky Pratama, "Perancangan Kemudi Kendaraan Listrik Penghingar Halangan Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 30–36, Jan. 2020.
- [8] S. V. N. G. Pranav Bairagi, "Encoder Based Steering System," *IJRTI*, vol. 4, no. 8, pp. 40–45, Aug. 2019.

- [9] Eltra-encoder, "ENCODER'S PPR, CPR AND LPR AS RESOLUTION VALUE," <https://eltra-encoder.eu/news/encoder-ppr-and-cpr>, 2023.
- [10] Arduino SRL, *Arduino® MEGA 2560 Rev3*. Monza MB: Arduino SRL, 2023.
- [11] M. Roghib, "Program LCD I2C," <https://mikrokontroler.mipa.ugm.ac.id/2018/10/02/program-lcd-i2c/>, Oct. 02, 2018.