

Studi Perencanaan Pengaturan Kecepatan Motor BLDC pada Gerobak Listrik dengan Driver Votol EM-30S

Eka Samsul Ma'arif¹, Budiyanto², Erwin Dermawan³, Prian Gagani Chamdareno⁴

^{1),2),3),4)} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email: ¹⁾ eka.samsul@umj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengulas tentang Gerobak listrik sebagai salah satu solusi untuk memperluas jangkauan dan menaikkan omset penjualan bagi pelaku UKM. Motor penggerak listrik yang digunakan adalah BLDC 500 Watt dengan driver Votol EM-30S. Pengaturan kecepatan motor listrik harus dilakukan agar kecepatan gerobak dapat dijaga sesuai dengan peraturan pemerintah dan tetap aman meskipun dioperasikan oleh pengendara yang berbeda. Studi perhitungan kecepatan gerobak dilakukan dengan mengukur diameter roda yang diformulasikan dengan perhitungan kecepatan putaran motor BLDC. Perhitungan kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh gerobak dengan roda penggerak berdiameter 66 cm dan kecepatan putaran motor 400 rpm menghasilkan nilai 50 km/jam. Dengan demikian, pembatasan perlu dilakukan pada driver agar kecepatan maksimum gerobak dapat dikendalikan sesuai peraturan, yaitu 25 km/jam. Pengaturan dilakukan menggunakan software dengan 3 level kecepatan, yaitu batas atas kecepatan rendah dengan putaran 30% atau setara dengan 15 km/jam, kecepatan sedang dengan putaran 40% atau setara dengan 20 km/jam dan kecepatan tinggi dengan putaran 50% atau setara dengan 25 km/jam.

Kata Kunci : gerobak listrik, motor BLDC, driver, kecepatan

ABSTRACT

This research reviews electric carts as a solution to expand reach and increase sales turnover for SMEs. The electric drive motor used is a 500 Watt BLDC with a Votol EM-30S driver. Adjustment of the speed of the electric motor must be done so that the speed of the cart can be maintained in accordance with government regulations and remains safe even if it is operated by different riders. The study of cart speed calculations was carried out by measuring the wheel diameter which was formulated by calculating the rotational speed of a BLDC motor. Calculation of the maximum speed that can be achieved by a wheelbarrow with a drive wheel diameter of 66 cm and a motor rotation speed of 400 rpm produces a value of 50 km/hour. Thus, restrictions need to be placed on drivers so that the maximum speed of the cart can be controlled according to regulations, which is 25 km/hour. Settings are made using software with 3 speed levels, namely the upper limit of low speed with 30% rotation or the equivalent of 15 km/h, medium speed with 40% rotation or the equivalent of 20 km/h and high speed with 50% rotation or the equivalent of 25 km/h.

Keywords : electric cart, BLDC Motor, driver, speed

1 PENDAHULUAN

Penggunaan Gerobak dengan penggerak motor adalah solusi tepat untuk memperluas jangkauan pemasaran para pedagang keliling. Motor penggerak listrik memiliki lebih banyak pilihan daya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan torsi dan kecepatan untuk menggerakkan gerobak.

Motor listrik yang digunakan sebagai penggerak gerobak adalah jenis Brushless Direct Current (BLDC). Motor ini memerlukan driver khusus untuk mengendalikan nilai torsi, arah putaran, kecepatan putaran serta akselerasi dan deselerasi. Kesalahan dalam pengaturan pada driver motor BLDC dapat

berakibat pada menurunnya performa motor dengan gejala *overheat*, kurang bertenaga atau tenaga berlebih sehingga boros dalam konsumsi energi listrik.

Pengaturan kecepatan motor BLDC yang dilakukan oleh driver umumnya menggunakan prinsip six steps dengan perubahan duty cycle. Dimana *duty cycle* yang berubah ini menentukan jumlah frekuensi yang dihasilkan untuk masukan motor listrik, semakin tinggi duty cycle dan frekuensi maka semakin tinggi juga kecepatan putar motor BLDC yang dihasilkan [1].

Arduino Uno berperan sebagai pembangkit PWM (*Pulse Width Modulation*) yang mengatur

penyaklaran pada six step inverter. Perbedaan kecepatan penyaklaran berikutnya akan menghasilkan gelombang dengan frekuensi yang berbeda-beda [2]. Namun, metode ini memiliki masalah yang khas, yaitu riak torsi yang dihasilkan cukup besar terutama pada kecepatan rendah. Oleh karena itu, Ony Nasrul Qudsi melakukan penelitian dengan mengatur fluks yang dihasilkan kumparan motor BLDC (*Brushless DC*). Pembacaan arus oleh sensor akan diolah pada fluks estimator untuk mendapatkan besaran fluks pada motor. Dengan menggunakan kontrol PI (*Proportional Integral*), maka nilai fluks yang dihasilkan oleh kumparan akan dikontrol sehingga sama dengan dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Nilai fluks yang telah sama dengan *setpoint* akan dikonversikan menjadi nilai PWM yang akan digunakan sebagai sinyal *input* pada *six-step* inverter. Hasil pengujian dengan memberikan gangguan berupa penambahan beban pada motor, menunjukkan bahwa motor mampu mempertahankan kecepatannya sesuai nilai kecepatan yang diberikan [3].

Pada penelitian lain, simulasi sistem control PI dan PID digunakan untuk mendapatkan kestabilan dengan variasi pembebanan. Penggunaan control PID cenderung menghasilkan nilai rise time dan settling yang lebih rendah daripada PI [4]. Simulasi pengaturan kecepatan motor BLDC juga dilakukan dengan metode fuzzy dengan variasi beban. Hasil yang didapatkan adalah munculnya overshoot jika perubahan pembebanan dilakukan secara mendadak, sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kestabilan cenderung dalam ditangani dengan cepat oleh sistem control fuzzy [5], [6].

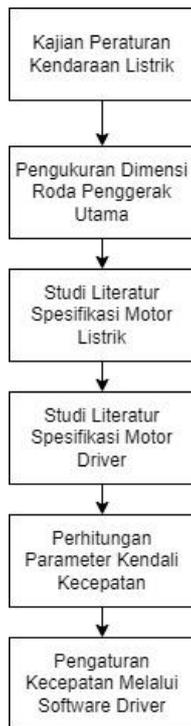
Dwi Harjanto dan Wahyu Widodo melakukan penelitian kebutuhan motor listrik pada minicart dengan mempertimbangkan efek beban. Perancangan kebutuhan motor listrik dan driver pada kendaraan listrik secara langsung harus memperhitungkan adanya pembebanan yang berasal dari berat kendaraan, berat muatan dan penumpang yang berimbas pada kemampuan motor menghasilkan torsi putaran dan kebutuhan arus listriknya. Pada akhirnya, dengan mengetahui batasan arus listrik yang mampu diterima oleh motor dan driver, maka dapat ditentukan kapasitas maksimum beban yang dapat diangkut oleh kendaraan listrik tersebut [7]. Nilai beban yang tinggi memerlukan arus listrik yang besar untuk menggerakkan motor. Kebutuhan arus listrik juga dipengaruhi pola pergerakan kendaraan. Akselerasi yang tinggi dengan beban besar memerlukan arus listrik yang besar pada gerakan awal, kemudian arus listrik akan turun saat kecepatan kendaraan mencapai titik stabil. Penelitian Jatmiko tentang pola pergerakan terhadap konsumsi arus

listrik menghasilkan beberapa kesimpulan. Semakin banyak proses akselerasi, maka konsumsi arus listrik akan semakin besar dengan sejumlah besar lonjakan-lonjakan arus listrik. Sedangkan pengoperasian dengan kecepatan stabil lebih dapat menurunkan konsumsi arus listrik [8]. Nilai kebutuhan arus listrik berimbas pada jumlah energi listrik yang diperlukan oleh kendaraan listrik tersebut selama beroperasi. Nensi, Slamet dan Sigit melakukan uji coba pada mobil listrik dengan berbagai kecepatan untuk mengetahui jumlah energi listrik yang dikonsumsi pada jarak yang sama. Hasil penelitian membuktikan gerakan kontinyu dengan kecepatan yang rendah dan stabil akan memerlukan energi listrik yang paling rendah [9].

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, driver motor BLDC dibuat dan disimulasikan baik pada perangkat lunak atau pada percobaan laboratorium. Jika pada penelitian-penelitian sebelumnya membuktikan efek kenaikan arus terhadap kenaikan beban, dan perilaku mengemudi berimbas pada jumlah konsumsi energi listrik, maka pada penelitian ini merupakan penerapan secara langsung pada unit gerobak yang akan dioperasikan pada kondisi dan lingkungan sebenarnya. Oleh karena itu, tidak terdapat proses membuat driver sendiri melainkan menggunakan driver siap pakai yang telah ada di pasaran. Driver yang akan digunakan telah memiliki sistem pengaturan internal *close loop* yang dapat disesuaikan dengan merubah parameter-parameter sesuai batasan dan kebutuhan operasional gerobak.

2 METODOLOGI

Penelitian ini difokuskan pada pengaturan batasan akselerasi dan kecepatan maksimum agar gerobak dapat bergerak dengan batas kecepatan yang aman dan konsumsi daya yang rendah walaupun dioperasikan oleh pedagang yang berbeda. Kajian tentang batasan kecepatan akan memperhatikan peraturan laju kendaraan. Gambar 1 menunjukkan alur proses penelitian.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian.

Pembebanan pada motor BLDC akan berpengaruh pada konsumsi daya listrik, begitu juga dengan nilai kecepatan putarab motor berpengaruh pada konsumsi arus listrik yang disalurkan oleh baterai [10]. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2020 tentang kendaraan tertentu dengan menggunakan penggerak motor listrik, Pasal 3 menyatakan kendaraan listrik harus memenuhi persyaratan kecepatan paling tinggi 25 km/jam (dua puluh lima kilometer perjam) [11]. Maka batas kecepatan ini yang akan menjadi acuan bagi gerobak listrik.

Gerobak listrik yang dibuat merupakan jenis gerobak dengan penggerak belakang dengan beban gerobak pada bagian depan. Motor BLDC dipasangkan secara langsung pada poros roda belakang. Gambar 2 menunjukkan rancangan gerobak listrik.



Gambar 2. Rancangan Gerobak Listrik

Baterai dan driver motor BLDC disimpan pada kompartemen di bagian belakang gerobak. Dimensi utama sebagai parameter pengaturan kecepatan adalah diameter roda penggerak belakang. Roda penggerak belakang menggunakan velg dengan ukuran 26 inch, atau setara dengan 66 cm.

Motor BLDC atau yang biasanya juga disebut dengan nama *Permanent Magnet Synchronous Motor* atau *Electronis Commuter Motor* adalah sebuah jenis motor sinkron DC yang mendapat arus melalui sebuah inverter atau *switching power supply* yang dapat mengeluarkan arus dalam bentuk bolak balik (AC) yang berguna untuk menggerakkan setiap tahapan motor dengan pengatur loop tertutup, pulsa arus yang dikeluarkan oleh pengontrol akan mengendalikan torsi dan kecepatan motor. Motor BLDC sendiri tidak menggunakan sikat dalam pengoperasiannya dan motor ini menggunakan prinsip gaya tarik antara dua buah magnet yang memiliki kutub berlainan dan gaya tolak antara kutub yang sama. Motor BLDC tidak memiliki sikat sehingga proses komutasinya digantikan oleh *Hall Effect Sensor*. *Hall Effect Sensor* akan mendeteksi sudut rotor, dan mengendalikan sakelar semikonduktor seperti transistor yang memindahkan arus melalui belitan baik itu untuk memutar balik arus maupun mematikannya pada setiap putaran 180⁰ sehingga membuat electromagnet menciptakan torsi dalam satu arah [1]. Motor BLDC yang digunakan sebagai penggerak utama memiliki spesifikasi sebagai ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1 Spesifikasi Motor BLDC

Parameter	Spesifikasi
Motor Type	BLDC Outer Rotor In-Wheel Hub Motor With Hall Sensor
Brand	QS Motor, QSMOTOR

Motor Design	Double axle with 10x2.15inch moped rim (Integrated)
Rated Power	500W
Work voltage range	48V-96V
Torque	Max Torque approx 72.7 N.m
Max Efficiency	Approx 88%
Waterproof Grade	IP54
Speed	0-400 rpm
Water Proof	IP54



Gambar 3. Motor BLDC

Motor BLDC memiliki daya dan torsi yang mencukupi untuk menggerakkan gerobak. Motor harus memenuhi syarat proteksi terhadap debu dan air, karena akan digunakan di lingkungan dengan kemungkinan hujan atau percikan air. Oleh karena itu dipilih jenis dengan *water proof protection*.

Pada tabel 1 dapat diketahui kecepatan putaran motor maksimum adalah 400 rpm, dengan torsi maksimum 72,7 Nm dan konsumsi daya maksimum 500 Watt.

Motor BLDC tersebut diatur dengan menggunakan driver khusus dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 3. Spesifikasi Driver

Parameter	Spesifikasi
Brand	Votol
Seri Spesifikasi	Votol EM-30S, 48-60

	Volt
Rate Current	35 A
Peak Current	120 A
Max Power	2100 Watt
Flux Weakening ratio	150%
Degree Protection	IP67



Gambar 4. Driver Votol EM-30S

Driver motor berfungsi utama sebagai pengatur akselerasi, kecepatan maksimum dan perlambatan bagi putaran motor. Driver mampu mengatur motor hingga 2100 Watt, sehingga sangat mencukupi untuk motor yang digunakan pada gerobak. Driver juga memiliki syarat proteksi terhadap percikan air, sehingga adanya proteksi IP67 sangat sesuai dengan kebutuhan gerobak yang dioperasikan pada lingkungan terbuka.

Driver juga memiliki software pengaturan untuk menentukan parameter-parameter dalam menjalankan motor BLDC. Tujuan dari perencanaan ini adalah menentukan parameter yang akan diisikan pada software tersebut.

Perencanaan diawali dengan perhitungan kelajuan maksimum yang dapat dicapai oleh gerobak, dengan putaran motor 400 rpm dan diameter roda belakang 66 cm. Hubungan motor dan roda dalam 1 poros membuat 1 putaran motor akan setara dengan 1 putaran roda secara menggelinding. Dengan demikian, kecepatan putaran motor akan sama dengan kecepatan putaran roda.

$$\omega_{Motor} = \omega_{Roda}$$

Jarak tempuh linear yang dihasilkan oleh 1 putaran roda setara dengan panjang keliling roda.

$$1 \text{ putaran} = \pi D$$

Dengan D adalah diameter roda dengan nilai 66 cm atau 0,66 m, maka keliling roda adalah :

$$\text{Keliling} = \pi \cdot 0,66 = 2,0742 \text{ m}$$

Dengan putaran roda 400 rpm, maka kelajuan linear roda adalah 400 kali keliling setiap menit.

$$v_{Roda} = (400 \cdot keliling) / menit$$

$$v_{Roda} = (400 \cdot 2.0742 \text{ m}) / menit$$

$$v_{Roda} = (400 \cdot 2.0742 \text{ m}) / menit$$

$$v_{Roda} = \mathbf{829,714 \text{ m/menit}}$$

Kelajuan tersebut setara dengan **49,78284 km/jam**, atau dapat dibulatkan menjadi **50 km/jam**.

Gambar 5 menunjukkan diagram pengendalian motor BLDC menggunakan driver dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 5. Diagram Kendali Motor

Catu daya utama diberikan oleh baterai. Gerobak Listrik ini menggunakan catu daya utama 48 V DC yang diperoleh dari 4 baterai 12 V yang dirangkai secara seri. Kendali kecepatan dilakukan dengan menggunakan *throttle* gas. Driver Votol EM-30S berfungsi untuk melakukan pengaturan kecepatan motor berdasarkan putaran *throttle*.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 6 menunjukkan motor listrik BLDC yang telah terpasang pada roda belakang gerobak. Perhitungan nilai kelajuan maksimum roda setara dengan kelajuan maksimum yang dapat dicapai oleh gerobak. Hasil yang diperoleh 50 km/jam lebih tinggi dari standar kecepatan kendaraan khusus dengan penggerak listrik yang ditetapkan oleh pemerintah, yaitu 25 km/jam. Sehingga pada driver motor perlu dilakukan pembatasan nilai kecepatan menjadi **50%** dari kecepatan maksimum motor.

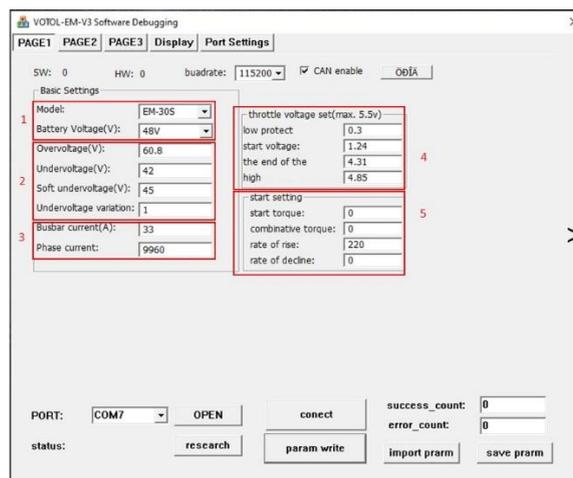


Gambar 6. Pemasangan Motor pada Roda Gerobak

Pembatasan kecepatan putaran motor BLDC dilakukan pada software pengaturan driver. Berikut ini adalah tahapan pengaturan pada driver.

1. Pengaturan Tegangan Kerja

Gambar 7 menunjukkan pengaturan tegangan kerja pada driver.



Gambar 7. Pengaturan Tegangan

Bagian utama yang harus diatur adalah :

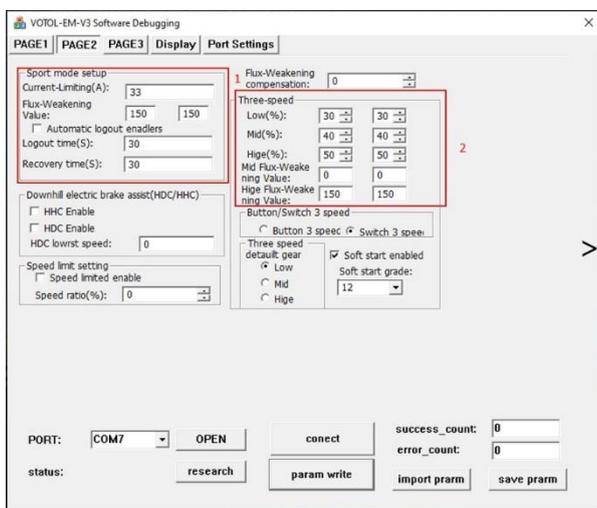
- Kotak 1, yaitu pemilihan jenis driver dan tegangan kerja baterai sebagai pencatu daya driver motor BLDC
- Kotak 2, yaitu pembatasan tegangan yang masuk pada driver. *Overvoltage* menunjukkan batas atas tegangan dengan nilai *default* 60,8 Volt dan *undervoltage* adalah batas bawah tegangan dengan nilai *default* 42 Volt. Jika tegangan baterai naik lebih tinggi dari 60,8 atau turun lebih rendah dari 43 V, maka driver akan menghentikan motor.

- Kotak 3, yaitu Batasan arus yang diijinkan pada busbar driver. Nilai ini disesuaikan dengan batasan sesuai spesifikasi driver.
- Kotak 4, yaitu pembacaan signal tegangan tegangan dari *throttle* untuk mengaktifkan putaran motor BLDC. Pengaturan dilakukan dengan batasan tegangan terendah 0,3V dan tegangan aktivasi untuk memulai putaran motor saat *throttle* mengirim tegangan 1,24V. Batas atas tegangan throttle adalah 4,85V.

- Kotak 5, yaitu pengaturan torsi awalan untuk penggerak mula pada motor.

2. Pengaturan Kecepatan Motor

Gambar 8 menunjukkan pengaturan persentase kecepatan motor melalui driver.

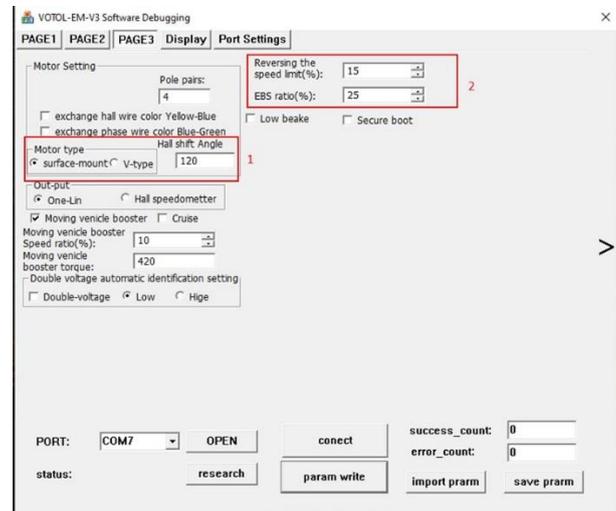


Bagian utama yang harus diatur adalah :

- Kotak 1, yaitu pengaturan batas arus saat motor bekerja dan flux weakening value. Keduanya diatur sesuai dengan spesifikasi driver yang digunakan.
- Kotak 2, yaitu pengaturan kecepatan putaran motor. Batasan utama adalah pada kecepatan tinggi (*high*), motor diatur pada 50%. Artinya jika throttle memberikan tegangan maksimum, motor hanya akan dijalankan setengah dari kecepatan maksimumnya, atau setara dengan **200 rpm**. Dengan demikian, kelajuan linear roda dan gerobak adalah 0,5 dari kelajuan maksimumnya, yaitu **25 km/jam**. Pada posisi medium speed, saat throttle diputar penuh maka hanya akan menghasilkan 40% dari kecepatan maksimum motor, atau setara dengan **160 rpm**. Dengan demikian kelajuan linear gerobak adalah 0,4 dari dari kelajuan maksimumnya, yaitu **20 km/jam**. Pada posisi low speed, saat *throttle* diputar penuh maka hanya akan menghasilkan 30% dari kecepatan maksimum motor, atau setara dengan **120 rpm**. Dengan demikian kelajuan linear

gerobak adalah 0,3 dari dari kelajuan maksimumnya, yaitu **15 km/jam**.

3. Pengaturan Sudut Kurva dan Kecepatan Mundur
Gambar 9 menunjukkan pengaturan sudut kurva kecepatan dan persentase kecepatan saat gerobak digerakkan mundur.



Bagian utama yang harus diatur adalah :

- Kotak 1, yaitu hall shift angle. Pengaturan ini dapat diisi dengan nilai 60° atau 120°.
- Kotak 2, yaitu reversing speed atau kecepatan saat gerobak mundur. Nilai kecepatan sebaiknya cukup rendah agar menjaga kestabilan saat digerakkan mundur.

4 KESIMPULAN

Studi perencanaan kecepatan gerobak telah dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2020. Perhitungan kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh gerobak dengan roda penggerak berdiamter 66 cm dan kecepatan putaran motor 400 rpm menghasilkan nilai 50 km/jam. Dengan demikian, pembatasan perlu dilakukan pada driver agar kecepatan maksimum gerobak dapat dikendalikan sesuai peraturan, yaitu 25 km/jam.

Pengaturan dilakukan menggunakan software dengan 3 level kecepatan, yaitu batas atas kecepatan rendah dengan putaran 30% atau setara dengan 15 km/jam, kecepatan sedang dengan putaran 40% atau setara dengan 20 km/jam dan kecepatan tinggi dengan putaran 50% atau setara dengan 25 km/jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kami sampaikan kepada Rektor UMJ, LPPM UMJ atas pendanaan dan fasilitasi yang telah disediakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini. Kepada Fakultas, Program Studi kami mengucapkan terima kasih atas dukungan teknis melalui laboratorium, peralatan dan instrument penelitian sehingga penelitian ini berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. sonjaya Suhendar and E. Koswara, "Analisis Pengaruh dutycycle dan frekuensi Terhadap Kecepatan Motor Listrik," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*, 2020.
- [2] R. J. Andika, A. Rusdinar, and A. S. Wibowo, "Perancangan dan Implementasi Driver Motor Tiga Fasa untuk Pengendali Kecepatan Motor BLDC berbasis PWM pada Mobil Listrik," *EProceedings Eng.*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [3] O. A. Qudsi and S. D. Nugraha, "Desain dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Melalui Pengaturan Fluks," *INOVTEK-Seri Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 36–46, 2019.
- [4] R. F. Anugrah, "Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Six Step Comutation Dengan Kontrol PID (Propotional Integral Derivative)," *J. Tek. Elektro Dan Komput. TRIAC*, vol. 7, no. 2, pp. 57–63, 2020.
- [5] I. W. Widhiada, M. Widiyarta, and K. A. Utama, "Performansi Sistem Pengendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Logika Fuzzy Logic," *J. Mettek J. Ilm. Nas. Dalam Bid. Ilmu Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 11–19, 2020.
- [6] M. A. Rachmadi, M. A. Muslim, and E. Yudaningtyas, "Sistem Kontrol Kecepatan Sepeda Listrik Menggunakan Metode Self-Tuning Parameter PI dengan Metode Logika Fuzzy," *J. EECCIS Electr. Electron. Commun. Controls Inform. Syst.*, vol. 10, no. 1, pp. 26–32, 2016.
- [7] D. Harjono and W. Widodo, "Analisis Sistem Penggerak Motor BLDC Pada Mobil Listrik Ponocar," *J. ELIT*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2021.
- [8] J. Jatmiko, A. Basith, A. Ulinuha, M. A. Muhlasin, and I. S. Khak, "Analisis Peroforma dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W pada Prototipe Mobil Listrik Ababil," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 55–58, 2018.
- [9] N. I. Suendri, S. Hani, and S. Priyambodo, "ANALISIS PERFORMA BRUSHLESS MOTOR DC PADA MOBIL LISTRIK MOLISTA," *J. Elektr.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–25, 2018.
- [10] Y. C. Wibowo and S. Riyadi, "Analisa Pembebanan pada Motor Brushless DC (BLDC)," in *PROSIDING SEMINAR NASIONAL INSTRUMENTASI, KONTROL DAN OTOMASI*, 2018, pp. 277-282-277–282.
- [11] M. Perhubungan, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia," *Mentri Perhub. Repub. Indones.*, vol. 13, 2020.

