

Research Article

Pengaruh Nilai Tahanan Pengereman Dinamis terhadap Waktu, Jarak Henti, dan Suhu Motor Brushless DC pada Mobil ListrikJosua Perjuangan Siregar¹, David Setiawan², Hamzah Eteruddin^{3*}

ABSTRAK: Artikel ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi nilai tahanan pada sistem pengereman dinamis terhadap kinerja penghentian dan suhu motor Brushless DC (BLDC) pada mobil listrik. Tiga nilai tahanan eksternal (11 Ω , 15 Ω , dan 18 Ω) diuji pada empat tingkat pembukaan pedal akselerator (25%, 50%, 75%, 100%) menggunakan beban 65 kg di lintasan datar. Parameter yang diukur meliputi waktu henti, jarak henti, dan suhu motor; setiap kondisi diuji ulang lima kali dan dianalisis menggunakan nilai rata-rata. Hasil menunjukkan bahwa penurunan nilai tahanan meningkatkan arus dan torsi pengereman, sehingga waktu dan jarak henti berkurang, disertai penurunan suhu motor. Pada pedal 100%, tahanan 11 Ω menghasilkan waktu henti terpendek (5,75 s), jarak henti terpendek (20,31 m), dan suhu terendah (41,7 °C) dibanding nilai tahanan lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan nilai tahanan rendah dengan kapasitas daya yang memadai dapat meningkatkan efektivitas pengereman dinamis sekaligus mengurangi beban termal pada motor BLDC.

Kata kunci: Pengereman Dinamis, BLDC, Nilai Tahanan Eksternal, Waktu Henti, Jarak Henti, Suhu Motor.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan motor Brushless Direct Current (BLDC) pada kendaraan listrik terus meningkat karena efisiensi tinggi, kerapatan daya yang baik, serta kebutuhan perawatan yang rendah dibanding motor ber-sikat. Dalam konteks keselamatan operasi, performa sistem pengereman menjadi krusial, tidak hanya untuk memperpendek jarak dan waktu henti, tetapi juga menjaga batasan termal komponen penggerak agar reliabilitas jangka panjang terjaga [1], [2], [3], [4]. Pada kendaraan listrik, tiga pendekatan pengereman elektrik yang umum adalah pengereman dinamik, plugging, dan regeneratif; masing-masing memiliki karakteristik respons torsi, alur energi, dan kompleksitas kendali yang berbeda [1], [5], [6].

Pengereman dinamik pada BLDC memanfaatkan aksi generator: saat suplai dimatikan dan fasa stator dikondisikan melalui rangkaian tertentu, energi kinetik rotor dikonversi menjadi energi listrik yang kemudian dibuang sebagai panas pada tahanan eksternal. Implementasi praktisnya kerap memanfaatkan dioda bebas pada inverter dan jaringan tahanan/relay untuk membentuk lintasan arus pengereman. Nilai tahanan menjadi parameter kunci karena menentukan besarnya arus balik, torsi pengereman elektromagnetik, dan laju disipasi energi, sehingga secara langsung memengaruhi profil deselerasi [7], [8], [9], [10], [11].

OPEN ACCESS **Afiliasi:**

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, Indonesia

³Program Studi Teknik Elektro, Jakarta Global University, Depok, Indonesia

Korespondensi:

Email: heteruddin@jgu.ac.id

Diterima Redaksi:

31-07-2025

Selesai Revisi:

28-08-2025

Diterbitkan Online:

28-12-2025

Cara Mengutip Artikel ini (IEEE):

J. P. Siregar, D. Setiawan, and H. Eteruddin, "Pengaruh Nilai Tahanan Pengereman Dinamis terhadap Waktu, Jarak Henti, dan Suhu Motor Brushless DC pada Mobil Listrik", ET, vol. 1, no. 02, pp. 71–78, Dec. 2025.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Berbagai studi telah menunjukkan kelayakan dan efektivitas pengereman dinamik BLDC pada skala laboratorium hingga prototipe kendaraan ringan. Laporan tersebut umumnya membahas rancangan rangkaian, strategi pemecutan sakelar, serta pengaruh variasi tahanan terhadap waktu mencapai keadaan stasioner atau kecepatan nol [7], [9]. Di sisi lain, karya-karya tentang pengereman regeneratif menekankan pemulihan energi ke baterai menggunakan konverter DC-DC (misalnya buck-boost) dan skema kendali arus, namun menambah kompleksitas dan ketergantungan pada kondisi SOC/tegangan baterai, yang tidak selalu ideal untuk skenario darurat dengan kebutuhan torsi pengereman tinggi [12], [13].

Walaupun kemajuan tersebut signifikan, masih terbatas penelitian eksperimental yang secara sistematis memetakan pengaruh variasi nilai tahanan eksternal pada pengereman dinamik BLDC terhadap tiga indikator kinerja yang saling terkait waktu henti, jarak henti, dan kenaikan suhu motor, terutama pada skenario uji lapangan dengan variasi kecepatan awal yang representatif untuk operasi kendaraan [14]. Sebagian besar publikasi berfokus pada metrik tunggal (misalnya waktu henti) atau aspek elektrik semata, sementara distribusi termal antara tahanan dan motor, serta keterkaitannya dengan dinamika deselerasi dan jarak henti, relatif kurang dieksplorasi dalam kondisi operasional nyata [15], [16].

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh beberapa nilai tahanan eksternal pada sistem pengereman dinamik motor BLDC terhadap kinerja deselerasi prototipe kendaraan listrik. Pengujian dilaksanakan di lintasan datar dengan beberapa tingkat kecepatan awal (merepresentasikan bukaan pedal akselerator), disertai replikasi guna memastikan reliabilitas data. Luaran utama meliputi: (i) karakteristik waktu henti, (ii) jarak henti, dan (iii) kenaikan suhu motor, yang bersama-sama digunakan untuk merumuskan rekomendasi pemilihan tahanan yang menyeimbangkan performa pengereman dan batasan termal komponen penggerak.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan eksperimental pada sebuah kendaraan listrik rakitan yang digerakkan oleh motor BLDC dan dilengkapi dengan sistem pengereman dinamis berbasis resistor eksternal. Tujuan utama dari pengujian adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi nilai tahanan terhadap tiga parameter utama sistem pengereman, yaitu waktu pengereman, jarak berhenti, dan suhu motor.

Platform, spesifikasi, dan skenario uji

Dalam melakukan pengujian, peralatan yang digunakan adalah membuat platform (protoipe) kendaraan listrik berpenggerak BLDC (merk Yalu; 60 VDC; 2.2 kW; 46 A; 595 r/min; Insulation Class F; IP33). Lintasan uji yang digunakan adalah jalan datar sepanjang ± 250 m. Variasi operasi: pedal akselerator 25%, 50%, 75%, 100%. Beban pengujian dilakukan untuk 65 kg dan 100 kg. Sementara strategi pengereman dilakukan dengan cara : 1. Dinamik (hubung beban resistor ke jalur pengereman pengendali BLDC), dan 2. Mekanis (kaliper menjepit cakram pada poros roda), serta 3. Kombinasi (pengereman dinamik dan mekanis).

Desain Sistem

Gambar 1. memperlihatkan kendaraan listrik yang digunakan dirakit secara mandiri dan terdiri atas: motor BLDC tipe tiga fase, pengontrol kecepatan motor (ESC), rangka sasis roda empat, sistem pengereman mekanis cakram, dan sistem pengereman dinamis dengan konfigurasi tahanan eksternal.



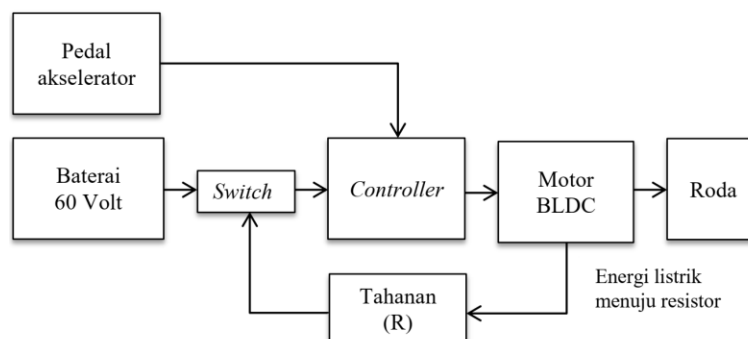
Gambar 1. Blok Diagram Pengereman Dinamik

Tahanan eksternal terpasang secara paralel pada terminal stator setelah sumber daya diputus, mensimulasikan kondisi braking without power. Nilai tahanan yang digunakan dalam pengujian adalah 11 Ω , 15 Ω , dan 18 Ω dengan kapasitas resistor 20 Watt, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Beban

Setiap nilai tahanan dikaitkan dengan kondisi pengereman berbeda untuk mengamati perubahan parameter dinamik dan termal. Dengan demikian, studi ini tidak hanya memberikan kontribusi pada aspek kontrol motor, tetapi juga memperluas pemahaman mengenai dinamika pengereman dan implikasi termalnya pada motor BLDC, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Pengereman Dinamik

Variabel Penelitian

Penelitian ini memfokuskan pengamatan pada Variabel bebas: nilai tahanan pengereman (11 Ω , 15 Ω , 18 Ω), Variabel terkontrol: massa kendaraan, kondisi jalan (datar, aspal kering), suhu lingkungan (sekitar 30°C), Variabel terukur: 1. Waktu pengereman (dalam detik), dihitung dari saat pedal dilepas hingga kendaraan berhenti total. 2. Jarak berhenti (dalam meter), diukur dari titik awal pengereman hingga titik henti kendaraan. 3. Suhu motor (dalam °C), diukur menggunakan sensor suhu kontak tipe K pada bodi motor setelah setiap siklus pengereman. 4. Arus pengereman dinamik (dalam ampere), dihitung berdasarkan tegangan terminal dan nilai resistansi menggunakan persamaan [7]:

$$I = \frac{E_r}{R_a + R_p} \quad (1)$$

di mana E_r adalah tegangan terminal motor saat dilepas dari sumber, R_a tahanan internal (stator) motor (Ω), dan R_p tahanan pengereman eksternal (Ω). Sementara daya resistor menggunakan persamaan $P = \frac{V_r^2}{R_p}$, sedangkan estimasi jarak henti (jarak pengereman, d) menggunakan persamaan $d = 0,039 \frac{V_a^2}{a}$ [15]. Selanjutnya momen inersia beban didapat dari persamaan $I_L = \frac{m \times r^2}{2}$ [17], [18]. Sementara konstanta waktu mekanis $T_0 = \frac{I_L \times n_1^2}{131,5 \times P}$ [14], dengan pendekatan waktu henti praktis $t \approx 5 \times T_0$. Faktor keselamatan desain, adalah dengan memperhatikan daya puncak $P = \frac{V_r^2}{R_p}$ tidak melebihi 20 W. Disipasi termal menggunakan *heatsink* agar rating resistor tidak terlampaui.

Prosedur Eksperimen

Eksperimen dilakukan dalam dua kondisi utama: 1). Tanpa Beban Tambahan: kendaraan diuji tanpa penumpang atau beban eksternal. 2). Dengan Beban Tambahan: kendaraan diberi beban tambahan sekitar 65 kg dan 100 kg untuk mensimulasikan kondisi aktual berkendara. Setiap pengujian dilakukan pada empat level input akselerasi melalui pedal: 25%, 50%, 75%, dan 100%, yang merepresentasikan kecepatan kendaraan berbeda. Total sebanyak 24 kombinasi pengujian dilakukan (3 nilai tahanan $\times$ 2 kondisi beban $\times$ 4 level akselerasi). Untuk tiap kombinasi, kendaraan dijalankan dalam lintasan datar sepanjang ± 250 meter, kemudian dilakukan pengereman secara penuh hingga berhenti total. Pengujian diulang sebanyak tiga kali untuk tiap kondisi guna memperoleh nilai rerata yang lebih representatif.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan ditampilkan dalam bentuk tabel serta grafik. Perhitungan inersia dilakukan berdasarkan massa kendaraan dan jari-jari roda menggunakan rumus:

$$J = m \cdot r^2 \quad (2)$$

Sedangkan waktu karakteristik pengereman (time constant) diperkirakan menggunakan pendekatan:

$$T_0 = \frac{131,5 \cdot J \cdot n_1}{P} \quad (3)$$

dengan

$$P = \frac{V}{R'} \text{ dan } n_1 \text{ adalah putaran awal motor (rpm).}$$

Hubungan jarak dan percepatan dihitung menggunakan persamaan:

$$d = 0,039 \cdot \frac{v^2}{a} \quad (4)$$

untuk kecepatan v dalam km/jam dan percepatan a dalam m/s^2 , mengikuti model pengereman kendaraan ringan menurut Greibe [15].

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimental terhadap perhitungan teoritis serta tren dari literatur terdahulu. Grafik digunakan untuk memvisualisasikan korelasi antara nilai tahanan dan setiap parameter terukur, serta menunjukkan efektivitas pengereman dinamis dibandingkan pengereman mekanis konvensional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen disajikan berdasarkan variasi pengujian: tanpa beban dan berbeban, serta pengaruh nilai resistansi.

3.1 Pengujian Tanpa Beban:

Pada kondisi tanpa beban, motor berputar bebas (hanya tahanan stator dan friksi minimal). Tabel 1. merangkum arus pengereman, waktu berhenti (dari kecepatan penuh hingga berhenti), dan suhu motor untuk kondisi throttle 100% pada tiga nilai R:

Tabel 1. Pengujian Tanpa Beban

Resistansi R (Ω)	Arus Pengereman I (A)	Waktu Berhenti t (s)	Suhu Motor Akhir ($^{\circ}\text{C}$)
11	0,734	0,94	35,7
15	0,539	1,28	35,8
18	0,450	1,54	35,8

Dengan semakin besar R, arus pengereman berkurang (sesuai $I = V / (R_a + R)$), sehingga torsi rem lebih kecil dan waktu berhenti bertambah. Data percobaan menunjukkan bahwa arus terukur terbesar (0,734 A) terjadi pada R = 11 Ω , sedangkan arus terendah (0,450 A) pada R = 18 Ω . Sejalan dengan itu, waktu berhenti motor meningkat dari 0,94 s (R=11 Ω) menjadi 1,54 s (R=18 Ω). Grafik arus terhadap tahanan menggambarkan tren ini secara eksponensial. Pengukuran suhu motor (setelah rem dinamis) relatif stabil pada sekitar 35–36 $^{\circ}\text{C}$ karena waktu pengereman singkat; suhu terendah teramati pada R=11 Ω karena motor berhenti lebih cepat. Dengan kata lain, nilai tahanan kecil menghasilkan pengereman cepat dan pemanasan motor lebih rendah.

3.2 Pengujian dengan Beban:

Saat mobil diberi beban (termasuk penumpang 65 kg atau 100 kg), inersia sistem bertambah sehingga waktu dan jarak berhenti lebih panjang. Tabel 2. menampilkan data untuk throttle 100% pada beban ~65 kg (kondisi mobil tertekan pedal penuh) pada tiga nilai R.

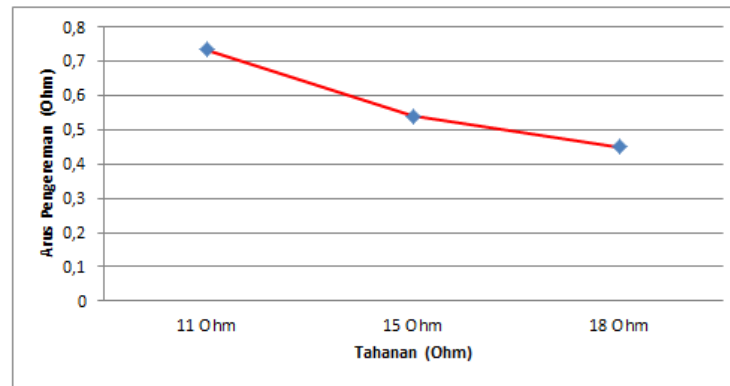
Tabel 2. Pengujian Dengan Beban

Resistansi R (Ω)	Arus Pengereman I (A)	Waktu Berhenti t (s)	Jarak Berhenti d (m)	Suhu Motor Akhir ($^{\circ}\text{C}$)
11	0,771	5,75	20,312	41,7
15	0,566	5,91	27,573	41,9
18	0,472	9,42	33,070	42,0

Hasil menunjukkan tren serupa: semakin besar R, arus rem menurun (dari 0,771 A ke 0,472 A) dan jarak berhenti meningkat (dari ~20,31 m ke ~33,07 m). Karena beban lebih berat, jarak berhenti jauh lebih besar daripada kasus tanpa beban. Misalnya, tanpa pengereman dinamik (hanya mekanik) jarak berhenti pada throttle 100% adalah 17,35 m untuk beban 65 kg; dengan pengereman dinamik jarak ini berkurang menjadi sekitar 10,45 m (pada R=11 Ω). Dalam percobaan berbeban, suhu motor akhir lebih tinggi (~41–42 $^{\circ}\text{C}$) karena waktu pengereman lebih lama. Namun, penggunaan pengereman dinamik tetap menurunkan suhu motor dibanding coasting tanpa rem dinamik. Data ini mengkonfirmasi bahwa pengereman dinamik efektif mempercepat penghentian kendaraan (jarak berhenti lebih pendek) dan sedikit mengurangi pemanasan motor.

3.3 Pengaruh Variasi Nilai Resistansi:

Dari kedua kondisi (tanpa beban dan berbeban), terbukti bahwa nilai tahanan rem memegang peranan penting. Grafik arus terhadap tahanan, sebagaimana terlihat pada Gambar 4. menunjukkan hubungan proporsional terbalik: $\text{arus} \propto 1/R$. Akibatnya, torsi pengereman ($\tau = I k t$) mengecil saat R naik.

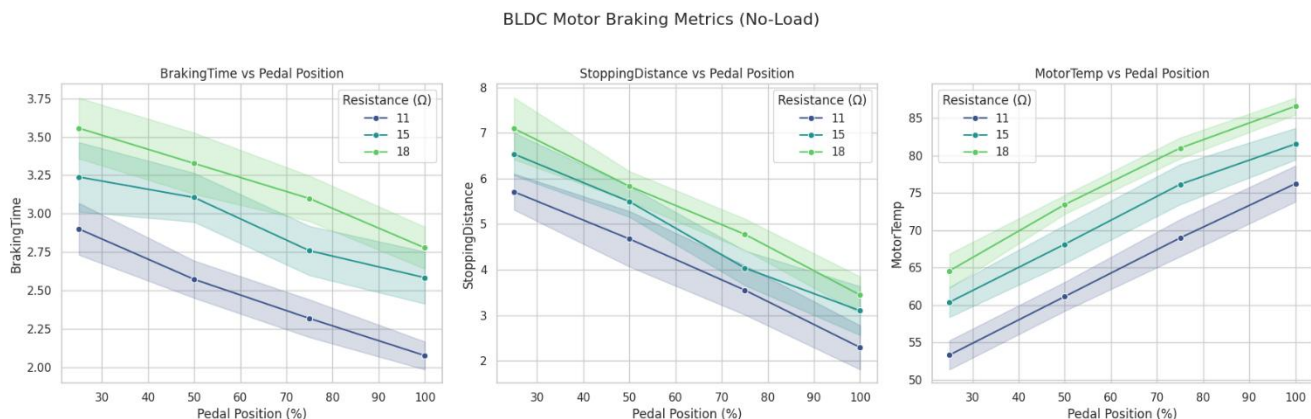


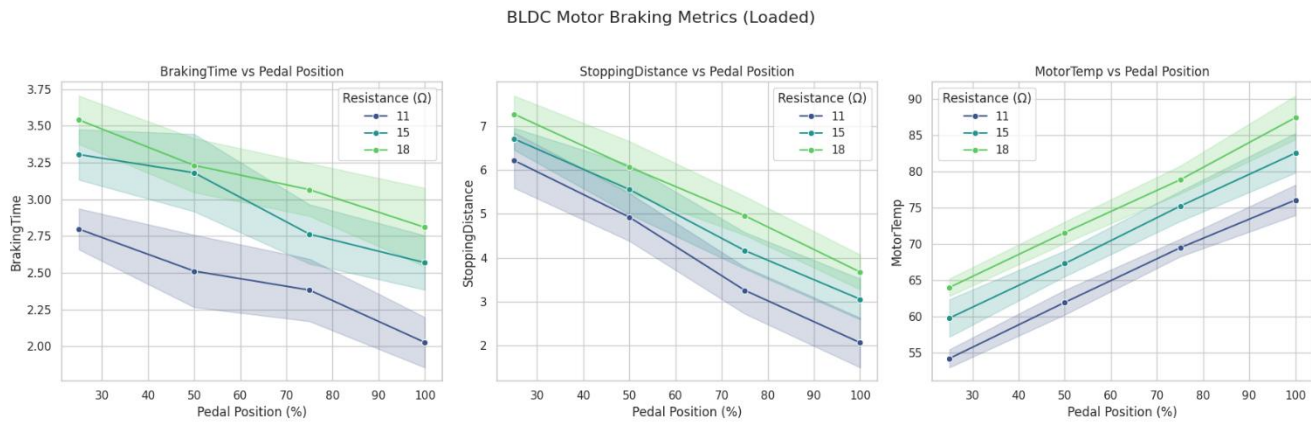
Gambar 4. Arus pengereman terhadap variasi nilai tahanan

Hal ini membuat perlambatan linear lebih kecil sehingga jarak dan waktu berhenti meluas. Perubahan suhu motor pun mengikuti pola: semakin kecil R (arus lebih besar), motor berhenti lebih cepat dan suhu meningkat sedikit; sebaliknya R besar menyebabkan penghentian lambat dan motor memiliki lebih banyak waktu untuk membuang panas. Dengan demikian, nilai resistansi dapat dioptimalkan sesuai kebutuhan keamanan atau kenyamanan. Secara keseluruhan, hasil eksperimen menjawab pertanyaan penelitian tentang pengaruh tahanan, arus, suhu, dan jarak berhenti: pengereman dinamik menghasilkan pengurangan jarak berhenti dan suhu motor dibanding tanpa rem dinamik, terutama pada nilai R rendah. Analisis ini mendukung hipotesis bahwa nilai resistansi rem dapat disesuaikan untuk mengendalikan performa pengereman BLDC pada EV.

Selanjutnya grafik pada Gambar 5. memperlihatkan hasil pengujian tanpa beban, nilai resistansi $11\ \Omega$ secara konsisten menghasilkan waktu dan jarak henti terpendek di semua posisi pedal, dengan perbedaan semakin nyata pada pedal tinggi (75–100%), sementara suhu motor relatif stabil karena pembuangan panas lebih banyak terjadi di resistor. Pada pengujian berbeban, semua nilai waktu dan jarak henti meningkat, namun urutan performa tetap sama: $11\ \Omega$ terbaik, disusul $15\ \Omega$ dan $18\ \Omega$. Beban membuat gap performa antar-resistansi semakin jelas, terutama pada kecepatan awal tinggi, dan suhu motor lebih tinggi dibanding tanpa beban namun masih terkendali pada R_p rendah.

Secara keseluruhan, tren kedua skenario menunjukkan korelasi negatif antara nilai resistansi dan efektivitas pengereman—semakin kecil R_p , semakin besar arus dan torsi pengereman sehingga waktu serta jarak henti berkurang. Selain itu, R_p rendah juga membantu menjaga suhu motor tetap aman, khususnya saat berbeban, karena panas teralihkan ke resistor. Temuan ini mengarah pada rekomendasi penggunaan R_p sekitar $11\ \Omega$ untuk memaksimalkan keselamatan dan kinerja termal, dengan catatan kapasitas daya resistor mencukupi kebutuhan pembuangan energi.





Gambar 5. Arus pengereman terhadap variasi nilai tahanan, a. Kondisi tanpa beban, b. Kondisi berbeban.

4. KESIMPULAN

Pada pengujian berbeban, performa pengereman tetap menunjukkan pola yang konsisten, dengan nilai tahanan rendah memberikan hasil terbaik dalam hal waktu dan jarak henti, serta menjaga suhu motor dalam batas aman. Strategi kombinasi antara pengereman dinamik dan mekanis terbukti memberikan performa optimal dengan beban termal yang moderat. Implikasi dari temuan ini adalah bahwa pemilihan nilai tahanan harus mempertimbangkan keseimbangan antara efektivitas pengereman dan manajemen termal. Nilai tahanan sekitar 11 Ω dengan kapasitas daya memadai direkomendasikan untuk platform kendaraan listrik ringan. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan integrasi sistem pengereman regeneratif yang dikendalikan secara adaptif untuk memaksimalkan efisiensi energi sekaligus mempertahankan keunggulan termal dan keselamatan.

❖ UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kendaraan Listrik Universitas Lancang Kuning atas fasilitas eksperimen yang telah disediakan.

❖ DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Trzynadlowski, *Control of Electric Motor Drives*. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [2] E. Mehrdad, G. Yimin, S. Longo, and K. Ebrahimi, *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- [3] A. Hughes and B. Drury, *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*, 3rd ed. London: Newnes, 2019. doi: 10.1016/B978-0-08-102615-1.09989-X.
- [4] H. Eteruddin, E. Santoni, and D. Setiawan, "Analisa Pengontrolan Motor DC Sebagai Penggerak Kendaraan Listrik," *Metr. Ser. Hum. dan Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 53–63, 2022, [Online]. Available: <https://publikasi.kocenin.com/index.php/huma/article/view/368>
- [5] A. Emadi, Y. J. Lee, and K. Rajashekara, "Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 6, pp. 2237–2245, 2008, doi: 10.1109/TIE.2008.922768.
- [6] A. Teasdale, L. Ishaku, C. V. Amaechi, I. Adelusi, and A. Abdelazim, "A Study on an Energy-Regenerative Braking Model Using Supercapacitors and DC Motors," *World Electr. Veh. J.*, vol. 15, no. 7, pp. 1–27, 2024, doi: 10.3390/wevj15070326.
- [7] G. Rakasiwi and S. Riyadi, "Analisa Pengereman Dinamik Pada Motor Brushless DC (BLDC)," in *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO)*, Bandung: ITB, 2018.

- [8] R. D. Purba, “Analisis Perbandingan Pengaruh Tahanan Pengereman Dan Posisi Sikat Terhadap Metode Pengereman Dinamik Dan Plugging Pada Motor Arus Searah Penguatan Shunt,” Departemen Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2016.
- [9] M. H. Pradipta, T. Sukmadi, and M. Facta, “Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi,” *Transient*, vol. 3, no. 4, 2014.
- [10] H. A. Junior Sumadi and S. S. Anugrah Putri, “Pengembangan Sistem Penggerak Roda pada Mekanisme Kerja Alat Uji Suspensi Menggunakan Motor BLDC,” Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2022. doi: 10.31963/sinergi.v20i1.3484.
- [11] Adam, Z. Abidin, Z. Efendi, D. Alkhalefi, I. Budiman, and B. Prasetyo, “Control System for BLDC (Brushless Direct Current) Motor in Electric Vehicles,” in *12th Applied Business and Engineering Conference*, Bandar Lampung: Politeknik Negeri Lampung, 2024, pp. 450–457. [Online]. Available: <https://abecindonesia.org/proceeding/index.php/abec/article/download/458/401/2026#:~:text=A BLDC motor is an,of motors in electric vehicles>.
- [12] C. Li, L. Zhang, S. Lian, and M. Liu, “Research on regenerative braking control of electric vehicles based on game theory optimization,” *Sci. Prog.*, vol. 107, no. 2, pp. 1–21, 2024, doi: 10.1177/00368504241247404.
- [13] X. Nian, F. Peng, and H. Zhang, “Regenerative Braking System of Electric Vehicle Driven by Brushless DC Motor,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 10, pp. 5798–5808, 2014.
- [14] L. Arinando and F. Rohman, “Desain dan analisis pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC pada purwarupa kendaraan listrik,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 183–187, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i2.1240.
- [15] P. Greibe, *Braking Distance, Friction and Behaviour*, no. July. Lyngby: Trafitec, 2007. [Online]. Available: <http://www.trafitec.dk/sites/default/files/publications/braking distance - friction and driver behaviour.pdf>
- [16] R. A. D. Apresco, “Perbandingan Unjuk Kerja Motor Brushless Direct Current dan Brushed DC pada Nogogeni Urban Konsep,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [17] M. Adnan and M. Y. M. Y. A. W., “Rancang Bangun Sistem Pengereman Dinamik Motor DC Magnet Permanen untuk Kendaraan Listrik Ringan,” Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makasar, 2022.
- [18] R. A. Freedman and H. D. Young, *Sears & Zemansky’s University Physics*, 15th ed. Boston: Pearson Education, 2016. doi: 10.1016/b978-1-933762-32-6.50016-8.