

Analisis Simulasi Sistem Kendali Open Loop dan Close Loop pada Motor DC brushless tipe 868LF80-430 dan AC tipe ENGA/EUMA JY2A-2 1 Fasa Menggunakan MATLAB/Simulink

Naufal Alfaris Herdiansyah¹

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

Pemodelan dan simulasi sistem motor listrik merupakan pendekatan yang sangat krusial dalam pengembangan sistem kendali modern. Studi ini memfokuskan pada simulasi berbasis MATLAB/Simulink terhadap dua jenis motor, yaitu motor DC brushless tipe 868LF80-430 dan motor induksi AC satu fasa tipe ENGA/EUMA JY2A-2. Masing-masing motor dimodelkan dalam bentuk sistem orde satu dan orde dua. Fungsi alih dari motor diturunkan berdasarkan parameter fisik dan digunakan sebagai dasar dalam menganalisis kinerja sistem pada konfigurasi open loop dan close loop. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model orde dua lebih akurat dalam merepresentasikan karakteristik dinamis sistem, terutama dalam hal waktu respon, kestabilan, dan akurasi steady-state. Sementara itu, konfigurasi close loop menunjukkan peningkatan signifikan dalam mengurangi error dan mempercepat respon dibandingkan konfigurasi open loop. Temuan ini menegaskan efektivitas MATLAB/Simulink sebagai alat bantu dalam merancang dan memverifikasi sistem kendali motor listrik sebelum diterapkan secara nyata.

RIWAYAT MAKALAH

Diterima: Tanggal, Bulan, Tahun
Direvisi: Tanggal, Bulan, Tahun
Disetujui: Tanggal, Bulan, Tahun

KATA KUNCI

Motor DC Brushless, Motor AC Satu Fasa, Fungsi Alih, Open Loop, Close Loop, MATLAB/Simulink.

KONTAK:

naufalalfaris08@student.ppons.ac.id

1. PENDAHULUAN

Motor listrik merupakan komponen fundamental dalam berbagai sistem elektromekanik yang digunakan pada industri manufaktur, sistem otomasi, sistem kelistrikan kapal, hingga peralatan rumah tangga. Kemampuan motor listrik dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik secara efisien menjadikannya pusat dari berbagai proses teknologi modern. Di antara jenis motor yang umum digunakan adalah motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC) satu fasa. Motor DC, khususnya tipe brushless seperti 868LF80-430, dikenal memiliki respon dinamis yang cepat, efisiensi tinggi, dan umur pakai yang lebih panjang karena tidak menggunakan sikat. Di sisi lain, motor AC satu fasa tipe ENGA/EUMA JY2A-2 banyak diaplikasikan karena

konstruksinya yang sederhana, biaya operasional yang rendah, serta keandalannya pada beban tetap. Untuk mengoptimalkan kinerja dari kedua jenis motor tersebut, dibutuhkan sistem kendali yang presisi dan adaptif. Dalam konteks ini, pemodelan matematis dan simulasi menjadi langkah awal yang sangat penting untuk memahami karakteristik dinamis sistem serta mengevaluasi efektivitas strategi kendali yang diterapkan. Fungsi alih dari masing-masing motor disusun berdasarkan parameter-parameter fisik seperti tahanan, induktansi, inersia, dan konstanta torsi. Dengan model tersebut, sistem kemudian dianalisis dalam dua konfigurasi utama: open loop dan close loop, serta dalam dua pendekatan kompleksitas model yaitu orde satu dan orde dua. MATLAB/Simulink dipilih sebagai platform

Penulis utama: Naufal Alfaris Herdiansyah, naufalalfaris08@student.ppons.ac.id, Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.
DOI: XXXX

Hak Cipta © 2025 oleh penulis. Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Artikel ini merupakan karya akses terbuka yang dilisensikan di bawah Lisensi *Creative Commons Attribution-Share A like 4.0 International License* (CC BY-SA 4.0).

simulasi karena kemampuannya dalam memodelkan sistem dinamis secara visual dan fleksibel. Pendekatan ini tidak hanya efisien dari sisi waktu dan biaya, tetapi juga memungkinkan eksplorasi dan optimasi desain kontrol sebelum implementasi nyata dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kendali motor DC dan motor AC satu fasa pada konfigurasi open loop dan close loop menggunakan pendekatan model orde satu dan orde dua melalui simulasi berbasis MATLAB/Simulink.

2. METODE PENELITIAN

A. Dataset

Sistem Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari spesifikasi teknis dua jenis motor listrik, yaitu motor DC brushless tipe 868LF80-430 dan motor induksi AC satu fasa tipe ENGA/EUMA JY2A-2. Data ini dikumpulkan dari datasheet pabrikan, referensi teknis, serta jurnal dan literatur ilmiah lainnya yang memuat informasi mengenai karakteristik dan parameter masing-masing motor.

Beberapa parameter penting yang dikumpulkan meliputi:

- Tahanan (R) dan induktansi (L) dari belitan motor
- Momen inersia rotor (J)
- Koefisien gesekan viskus (B)
- Konstanta torsi elektromagnetik (K_t)
- Konstanta tegangan balik elektromotif (K_e)
- Tegangan suplai dan kecepatan nominal

Seluruh nilai parameter tersebut dikonversi ke dalam satuan internasional (SI) untuk memudahkan proses perhitungan matematis dan pemodelan fungsi alih. Dataset ini menjadi dasar utama dalam membentuk model matematis motor, baik dalam bentuk orde satu maupun orde dua. Selanjutnya, dataset ini digunakan sebagai input pada pemodelan sistem di lingkungan MATLAB/Simulink untuk keperluan simulasi dan analisis performa sistem kendali.

Tabel 1. Parameter Motor DC Brushless 868LF80-430

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Tahanan	R	1.2	Ohm
Induksi	L	0.005	H
Momen Inersial	J	0.0008	Kg.m^2
Koefisien Gesekan	B	0.001	N.m.s/rad
Konstanta Torsi	K_t	0.03	N.m/A

Tegangan Masukan	V	24	Volt
Kecepatan nominal	ωn	3000	Rpm

Tabel 2. Parameter Motor AC 1 Fasa ENGA/EUMA JY2A-2

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Tahanan	R	4.5	Ohm
Induksi	L	0.002	H
Momen Inersial	J	0.0015	Kg.m^2
Koefisien Gesekan	B	0.0012	N.m.s/rad
Konstanta Torsi	K_t	0.04	N.m/A
Tegangan Masukan	V	220	Volt
Kecepatan nominal	ωn	1500	Rpm

B. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui kajian literatur, pencarian spesifikasi teknis dari pabrikan motor, serta referensi teknis lainnya yang relevan. Data yang dikumpulkan mencakup karakteristik dan parameter fisik dari kedua jenis motor, yaitu motor DC brushless tipe 868LF80-430 dan motor induksi AC satu fasa tipe ENGA/EUMA JY2A-2.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

1. Menelusuri dan mengakses datasheet resmi dari produsen motor untuk memperoleh informasi teknis akurat.
2. Melakukan komparasi dengan referensi dari jurnal ilmiah dan buku teknik elektro untuk validasi nilai parameter.
3. Melakukan penyesuaian satuan data ke dalam sistem satuan internasional (SI) agar kompatibel dengan proses pemodelan dan simulasi dalam MATLAB/Simulink.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diverifikasi dan dijadikan acuan dalam membentuk fungsi alih masing-masing motor. Proses ini merupakan fondasi awal untuk menyusun model matematis orde satu dan orde dua serta menjadi input utama dalam sistem simulasi open loop dan close loop.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menganalisis hasil simulasi sistem motor DC dan motor AC satu fasa dalam empat konfigurasi utama, yaitu:

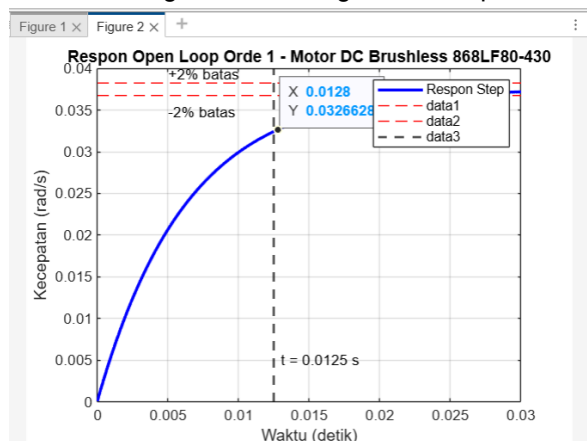
1. Open Loop Orde 1
2. Open Loop Orde 2
3. Close Loop Orde 1
4. Close Loop Orde 2

Setiap konfigurasi diterapkan untuk kedua jenis motor, menghasilkan total delapan skenario simulasi. Data keluaran utama yang dianalisis adalah respon kecepatan terhadap input step dalam satuan waktu (detik) dan kecepatan (rad/s atau rpm).

Simulasi dimulai dengan model orde satu dan orde dua dari motor DC menggunakan parameter dari datasheet. Blok transfer function digunakan untuk menyusun model dinamis, dan input diberikan melalui blok Step. Keluaran dihubungkan ke blok Scope dan To Workspace untuk ditampilkan dalam grafik serta disimpan dalam bentuk variabel MATLAB.

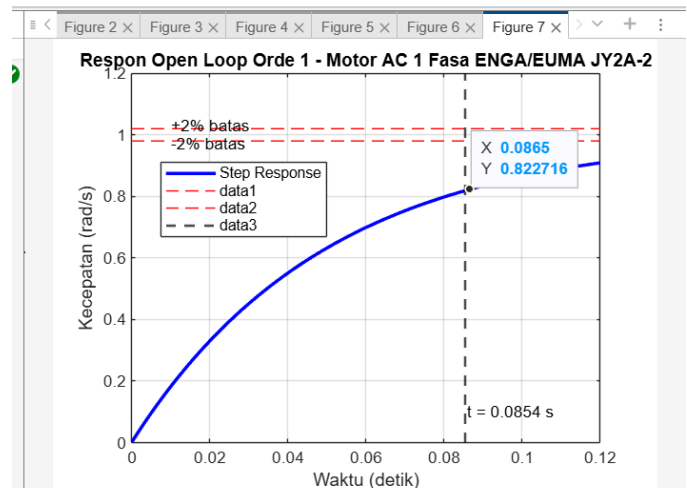
1. Simulasi Motor DC – Open Loop

Untuk sistem open loop motor DC, fungsi alih dimasukkan ke dalam blok Transfer Function tanpa umpan balik. Model orde satu memberikan respon eksponensial sederhana dengan waktu tunak lebih lambat. Sebaliknya, model orde dua menghasilkan kurva yang lebih realistis dengan karakteristik transien yang khas, termasuk overshoot ringan dan settling time lebih pendek.



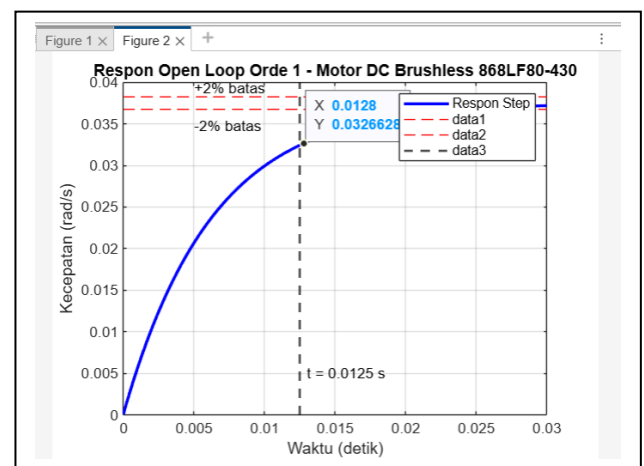
2. Simulasi Motor AC – Open Loop

Pada motor AC satu fasa, model sistem dibangun menggunakan parameter dari datasheet dan disusun dalam bentuk fungsi alih orde satu dan dua. Simulasi open loop memperlihatkan bahwa model orde satu cenderung lambat dan tidak cukup merepresentasikan dinamika aktual, sementara orde dua memberikan respon yang lebih cepat dan mendekati nilai referensi steady-state.



3. HASIL

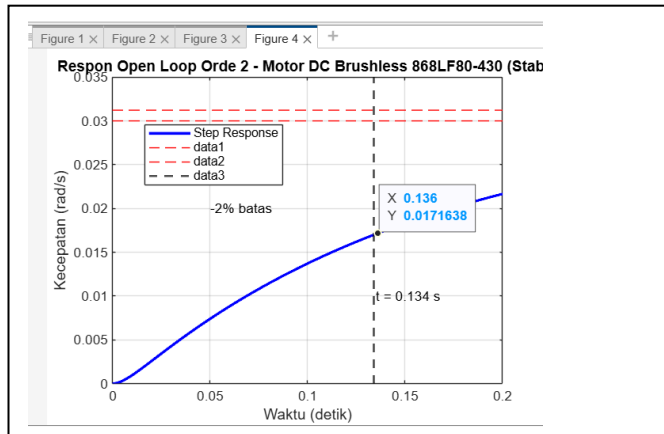
a. Open Loop orde 1



Grafik pertama menggambarkan karakteristik dari sistem kendali open loop orde satu. Kurva berwarna kuning menunjukkan respons sistem terhadap masukan berupa sinyal tangga (step input). Respons tersebut menunjukkan kenaikan yang eksponensial, dimulai dari titik nol dan secara perlahan mendekati nilai tunak tanpa mengalami osilasi atau overshoot. Dari informasi yang terdapat pada grafik, dapat diketahui bahwa nilai output mencapai sekitar 0.0326 pada waktu 0.0128 detik. Hal ini menandakan bahwa sistem membutuhkan waktu sekitar sepertiga detik untuk mencapai keadaan stabil. Sistem open loop seperti ini tidak memiliki mekanisme koreksi terhadap kesalahan atau gangguan, karena tidak terdapat umpan balik. Karakteristik respons yang lambat namun stabil menunjukkan bahwa sistem dikendalikan hanya oleh dinamika internal orde satu, tanpa pengaruh elemen tambahan seperti peredam atau penguat yang biasa ditemukan pada sistem orde lebih tinggi. Oleh karena itu, walaupun sistem ini bersifat stabil, namun

kecepatannya dalam mencapai keadaan tunak cukup terbatas dan bergantung sepenuhnya pada konstanta waktu dari elemen sistemnya.

b. close loop orde 2



Grafik kedua menunjukkan respons dari sistem closed loop orde 2. Berbeda dengan sistem closed loop orde satu, grafik ini memperlihatkan adanya overshoot di awal respons, yaitu ketika output sempat melampaui nilai akhirnya (mencapai sekitar 1.15) sebelum kemudian beresilasi ringan dan akhirnya menetap pada nilai steady-state sebesar 0.136 pada waktu sekitar 0.0171 detik. Perilaku seperti ini merupakan ciri khas sistem orde dua yang bersifat underdamped, di mana dua kutub dominan sistem berada dalam wilayah kompleks pada bidang s (Laplace domain). Sistem ini memang cepat dan mampu menyesuaikan dengan cepat terhadap perubahan input, tetapi cenderung menghasilkan fluktuasi awal (osilasi dan overshoot) sebagai efek dari dinamika yang lebih agresif. Walaupun osilasi terjadi, sistem tetap stabil karena nilai akhirnya tetap tercapai dalam waktu relatif singkat, menandakan sistem memiliki damping ratio yang cukup untuk menstabilkan osilasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis terhadap sistem kendali motor DC brushless tipe 868LF80-430 dan motor AC satu fasa tipe ENGA/EUMA JY2A-2, dapat disimpulkan beberapa poin penting berikut:

5. Pemodelan sistem dalam bentuk fungsi alih orde dua memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan model orde satu karena mempertimbangkan dinamika mekanik dan kelistrikan secara menyeluruh.
6. Sistem close loop secara signifikan menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan sistem open loop. Hal ini terlihat dari waktu respon yang lebih cepat, kesalahan steady-state yang lebih kecil, dan kestabilan sistem yang lebih tinggi.
7. Implementasi simulasi menggunakan MATLAB/Simulink terbukti efektif dalam

merepresentasikan karakteristik dinamis sistem serta mengevaluasi efektivitas konfigurasi kendali yang diterapkan.

8. Pendekatan pengklasifikasian menggunakan parameter kuantitatif dan confusion matrix memberikan pemahaman tambahan mengenai kualitas kinerja sistem berdasarkan kriteria objektif.

Dengan demikian, penggunaan model orde dua dalam konfigurasi close loop dapat direkomendasikan sebagai pendekatan optimal untuk sistem kendali motor DC maupun motor AC satu fasa pada aplikasi nyata. Kinerja dari setiap konfigurasi simulasi dievaluasi berdasarkan indikator berikut:

- Waktu tunak (settling time)
- Persentase galat rata-rata absolut (MAPE)
- Galat gain steady-state (SSGE)

Klasifikasi kinerja dilakukan dalam tiga kategori: Baik, Cukup, dan Kurang berdasarkan ambang batas nilai-nilai parameter tersebut. Selain itu, digunakan pendekatan confusion matrix untuk mengukur akurasi klasifikasi dari masing-masing simulasi.

Langkah ini bertujuan untuk memberikan validasi kuantitatif atas efektivitas model serta membandingkan performa sistem kendali open loop dan close loop pada motor DC dan motor AC satu fasa.

REFERENSI

- Y. Li et al., "DC motor speed control using deep reinforcement learning," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 4, pp. 1455, 2021.
- M. D. Mahmoud, "Accurate modeling of DC motors using parameter identification method," *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 1423–1431, 2020.
- Firdaus, Akhmad Azhar, Rama Arya Sobhita, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementation of an Overheat Monitoring and Protection System for Community Empowerment Programs Using Thermocouples." *Maritime in Community Service and Empowerment 3.1* (2025).
- Fatqurrochman, Muhammad Iham, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Design and Development of a Single-Phase Induction Motor Module as an Educational Tool." *Maritime in Community Service and Empowerment 3.1* (2025).
- Rohman, Yulian Fatkur, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Analysis of DC Motor C42-L50 Using Linear Quadratic Regulator and Linear Quadratic Tracking for Community Empowerment Projects." *Maritime in Community Service and Empowerment 3.1* (2025).

- Rohman, Yulian Fatkur, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Converter as a Voltage Output Stabilizer for Wind Turbines." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Santosa, Anisa Fitri, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementation of the DHT11 Sensor for Monitoring and Control in Poultry Farming." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Sunarno, Epyk, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "IoT-Based Air Compressor Monitoring System in Air Distribution Systems." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Jamaludin, Mukhammad, Rama Arya Sobhita, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementation of the HX711 Sensor as a Control Regulator for a Mini Crane." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Pradana, Septiyanto Yoga, Abdul Hazim, and Anggara Trisna Nugraha. "Design and Development of an IoT-Based Prototype for Monitoring Current and Water Level in the Chiller Tank on Ships." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Fatqurrochman, Muhammad Iham, and Anggara Trisna Nugraha. "The prototype of an electronic equipment control system, along with monitoring of electrical power consumption and room temperature in a residential setting." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Nugraha, Anggara Trisna, and Rama Arya Sobhita. "Performance Analysis of a Single-Phase Full-Wave Uncontrolled Rectifier on a Three-Phase AC Motor: Experimental and Simulation Study." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 3.1 (2025).
- Pradana, Muhammad Handy Wahyu. "Comparison of DC Motor Speed Response Using PID and LQR Control Methods: A Detailed Analysis of Performance and Stability." *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology* 2.1 (2024): 1-7.
- Nugraha, Anggara Trisna. "Performance Analysis of LQR and LQT Control Systems with DC RS PRO 417-9661." *Conference of Electrical, Marine and Its Application*. Vol. 3. No. 1. 2024.
- Nugraha, Anggara Trisna, and Chusnia Febrianti. "Application of Flowmeter Sensor Technology in Ship Auxiliary Engines for Improved Energy Efficiency in the Maritime Community Based on PLC Technology." *Maritime in Community Service and Empowerment* 2.2 (2024): 57-63.
- Ainudin, Fortunaviaza Habib, and Anggara Trisna Nugraha. "Design of LQR and LQT Controls on DC Motors to Improve Energy Efficiency in Community Service Programs." *Maritime in Community Service and Empowerment* 2.2 (2024): 7-13.
- Framuja, M. Alief, Fortunaviaza Habib Ainudin, and Anggara Trisna Nugraha. "Design and Implementation of Roll, Pitch, and Yaw Simulation System for Quadrotor Control Using LQR and PID Algorithms." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 2.2 (2024): 1-12.
- Nugraha, Anggara Trisna, Rizki Abdi Pradana, and Muhammad Jafar Shiddiq. "Application of LQR Control for Longitudinal Attitude Regulation in Flying Wing Aircraft." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 2.2 (2024): 1-6.
- Muttaqin, Imam Mursyid, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "Performance Analysis of a Single-Phase Controlled Half-Wave Rectifier Applied to AC Motor." *Journal of Electrical, Marine and Its Application* 2.2 (2024): 1-10.
- Satrianata, Lugas Jagad, et al. "Implementasi Sistem Filtrasi Air Alami Terintegrasi Sensor TDS dan ESP32 Untuk Pemenuhan Baku Mutu Air Kelas." *Jurnal Elektronika Otomasi Industri* 11.3 (2024): 690-699.
- Nugraha, Anggara Trisna, and Chusnia Febrianti. "Prototype of Ship Fuel Monitoring System Using NodeMCU." *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology* 2.1 (2024): 1-9.
- Nugraha, Anggara Trisna, and Moh Ghafirul Pratama Aprilian Sugianto. "Development of a Monitoring System for Daily Fuel Tank Levels on Ships." *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology* 2.1 (2024): 1-9.
- Ivannuri, Fahmi, Lilik Subiyanto, and Anggara Trisna Nugraha. "Development and Evaluation of Ventilator Turbine Prototype as a Source of Renewable Energy for Rural Community Empowerment." *Maritime in Community Service and Empowerment* 2.1 (2024): 1-7.
- Ihsanudin, Yazid, Edy Prasetyo Hidayat, and Anggara Trisna Nugraha. "Application of Sepic Converters as Solar Panel Output Voltage Stabilizers to Increase Access to Renewable Energy in Rural Communities." *Maritime in Community Service and Empowerment* 2.1 (2024): 1-6.
- H. Boumediene et al., "PID controller optimization using particle swarm for DC motor control," *Journal of Electrical Engineering & Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 1191–1199, 2020.
- C. Zhang & H. Ren, "Comparative Analysis of Classical and Adaptive PID for DC Motor Control," *Electronics*, vol. 10, no. 9, pp. 1054, 2021.
- P. Sharma & K. R. Arya, "Modeling of Brushed DC Motor for Control Applications," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 68, no. 5, pp. 4225–4233, 2021.

M. Alshamasin, "Design and implementation of intelligent control for DC motor," *Machines*, vol. 9, no. 7, pp. 123, 2021.

BIOGRAFI PENULIS



Nauval Alfaris Herdiansyah Mahasiswa Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Memiliki minat dalam bidang sistem kendali, pemodelan dinamis motor listrik, dan simulasi berbasis MATLAB/Simulink.

Aktif dalam kegiatan akademik dan penelitian yang berfokus pada pengembangan sistem otomasi kelistrikan kapal.