

Simulasi Pemodelan dan Analisis Respon Sistem Motor DC Maxon EC 45 Flat 397172 Dan motor AC satu fasa ABB BSM50N-175 Menggunakan MATLAB/Simulink

Muhammad Faris Fathurrohman¹

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

ABSTRAK

Pemodelan motor listrik secara matematis sangat penting dalam pengembangan sistem kendali presisi tinggi, terutama di bidang otomasi industri dan robotika. Tantangan utamanya adalah bagaimana membuat model motor yang cukup akurat untuk digunakan dalam simulasi dan perancangan sistem kontrol berbasis perangkat lunak.

Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan analisis respons dinamis dari dua jenis motor: motor DC Maxon EC 45 Flat 397172 dan motor AC satu fasa ABB BSM50N-175. Proses pemodelan dilakukan menggunakan software MATLAB/Simulink, yang memungkinkan simulasi numerik dan visualisasi sistem secara menyeluruh.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pembuatan dua jenis model untuk masing-masing motor, yaitu model orde satu dan orde dua. Model orde satu lebih sederhana karena mengabaikan beberapa parameter, sedangkan model orde dua lebih lengkap karena mempertimbangkan semua elemen penting dalam sistem. Keduanya diuji dalam kondisi open-loop (tanpa kontrol) dan closed-loop (dengan kontrol) untuk melihat perbandingan performa.

Pemodelan dilakukan dengan menyusun persamaan berdasarkan hukum Kirchhoff untuk bagian kelistrikan dan hukum Newton untuk bagian mekanik. Setelah diubah ke domain Laplace, model kemudian dibangun dalam Simulink.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model orde dua lebih mampu merepresentasikan perilaku motor secara realistis, terutama dalam hal respons terhadap perubahan masukan seperti overshoot, osilasi, dan waktu pemulihan. Ini berlaku untuk kedua jenis motor. Dalam sistem closed-loop, model orde dua juga memberikan kinerja yang paling stabil dan cepat merespons.

Secara keseluruhan, MATLAB/Simulink terbukti sangat membantu dalam proses perancangan dan pengujian model motor listrik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem kontrol berbasis simulasi di lingkungan industri maupun pendidikan.

RIWAYAT MAKALAH

Diterima: Tanggal, Bulan, Tahun

Direvisi: Tanggal, Bulan, Tahun

Disetujui: Tanggal, Bulan, Tahun

KATA KUNCI (ARIAL 10)

Short-chair;

Polifluoroalkil;

Spektrometri;

Ionisasi;

Karboksilat

KONTAK:

farisfathurrohman@student.ppons.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pemodelan matematis dan simulasi sistem motor listrik merupakan elemen krusial dalam pengembangan sistem kendali yang efisien dan presisi tinggi, khususnya di bidang otomasi industri, robotika, serta perangkat medis dan mekatronika. Permasalahan utama yang dihadapi

dalam penerapan sistem kontrol pada motor listrik adalah bagaimana menyusun model matematis yang mampu merepresentasikan karakteristik dinamis motor secara realistis, baik untuk motor arus searah (DC) maupun motor arus bolak-balik (AC). Tanpa model yang akurat,

Penulis utama: Muhammad Faris Fathurrohman, farisfathurrohman@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).

desain pengendali seperti PID, kontrol adaptif, atau optimal tidak dapat diimplementasikan secara efektif.

Dalam praktiknya, metode konvensional pemodelan seringkali menggunakan pendekatan orde satu yang menyederhanakan sistem dengan mengabaikan parameter tertentu seperti induktansi pada sisi kelistrikan. Meskipun pendekatan ini mempercepat proses perhitungan, namun akurasi dinamisnya sangat terbatas, terutama dalam menangkap fenomena transien seperti overshoot, delay, atau osilasi sistem. Oleh karena itu, pendekatan orde dua yang mempertimbangkan keseluruhan parameter—baik kelistrikan maupun mekanik—dinilai lebih representatif untuk simulasi dinamis. Salah satu metode terkini yang banyak digunakan untuk simulasi model semacam ini adalah MATLAB/Simulink, karena memiliki kemampuan visualisasi dan numerik yang kuat untuk sistem linier dan non-linier.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya terfokus pada satu jenis motor, seperti motor DC saja, atau hanya melakukan simulasi tanpa membandingkan pendekatan orde satu dan orde dua secara komprehensif. Selain itu, masih jarang dijumpai penelitian yang membandingkan karakteristik performa dinamis antara motor DC dan motor AC dalam satu kerangka studi yang seragam menggunakan simulasi MATLAB.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan pemodelan matematis untuk dua jenis motor, yaitu motor DC Maxon EC 45 Flat 397172 dan motor AC ABB BSM50N-175. Keduanya dimodelkan menggunakan representasi orde satu dan orde dua, kemudian dianalisis secara numerik dan visual menggunakan MATLAB/Simulink. Sistem dikaji dalam mode open-loop dan closed-loop guna mengevaluasi kinerja dinamis, stabilitas, serta kecepatan respon masing-masing model terhadap masukan tegangan.

Dengan pendekatan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam terhadap perbedaan perilaku dinamis antara model sederhana dan kompleks, serta membandingkan karakteristik motor DC dan AC dalam konteks sistem kendali. Penelitian ini juga bertujuan memperluas referensi teknik pemodelan sistem motor dan menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan pengendali digital berbasis mikrokontroler atau embedded system.

Adapun kontribusi utama dalam penelitian ini meliputi: (1) Penyusunan model matematis orde satu dan orde dua untuk motor DC dan motor AC satu fasa, (2) Implementasi dan simulasi model dalam lingkungan MATLAB/Simulink, (3) Analisis performa sistem dalam konfigurasi open-loop dan closed-loop, serta (4) Penyusunan rekomendasi model terbaik berdasarkan stabilitas dan efisiensi respons.

Struktur makalah ini terdiri atas lima bagian utama. Bagian pertama adalah pendahuluan yang memuat latar

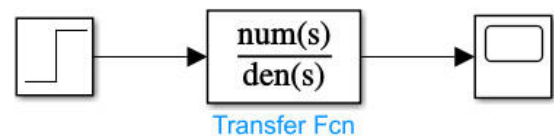
belakang dan rumusan masalah. Bagian kedua menjelaskan landasan teori dan pemodelan matematis motor. Bagian ketiga menguraikan metodologi simulasi dan konfigurasi model pada MATLAB/Simulink. Bagian keempat memaparkan hasil simulasi beserta analisis perbandingan performa sistem. Terakhir, bagian kelima menyimpulkan temuan utama dan menyampaikan rekomendasi untuk pengembangan sistem kendali lanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Simulasi MATLAB/Simulink

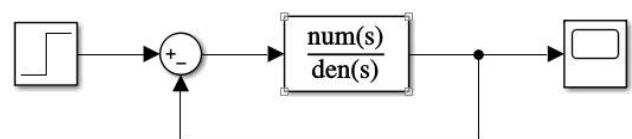
Simulasi MATLAB/Simulink

Open loop



Sistem kontrol yang ditampilkan pertama kali merupakan sistem loop terbuka (*open loop*), di mana sinyal masukan diberikan langsung ke dalam sistem tanpa ada proses umpan balik dari keluaran. Input yang biasanya berupa sinyal tangga dikirimkan ke blok fungsi alih, yang merepresentasikan dinamika sistem dalam bentuk rasio antara pembilang dan penyebut dalam domain Laplace, yaitu $\text{num}(s)/\text{den}(s)$. Hasil keluaran dari blok ini kemudian langsung ditampilkan melalui tampilan grafis seperti scope, tanpa adanya evaluasi ulang terhadap kesesuaian antara input dan output. Dalam konfigurasi seperti ini, sistem tidak mampu mendeteksi kesalahan atau perubahan kondisi lingkungan karena tidak memiliki mekanisme untuk membandingkan output terhadap referensi awal. Oleh karena itu, sistem loop terbuka cenderung lebih sederhana, tetapi kurang akurat dan tidak adaptif terhadap gangguan atau ketidaksesuaian hasil.

Closed loop

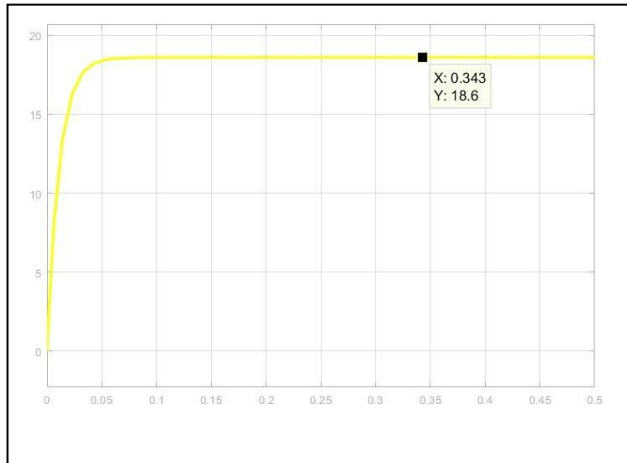


sistem kontrol berikutnya memperlihatkan loop tertutup (*closed loop*), di mana output sistem dikembalikan ke titik awal melalui jalur umpan balik. Masukan sistem tetap berupa sinyal referensi, namun sebelum diteruskan ke dalam blok fungsi alih, masukan ini terlebih dahulu dibandingkan dengan sinyal keluaran melalui proses komparasi. Selisih antara referensi dan output menghasilkan sinyal kesalahan (*error*), yang kemudian dikirim ke sistem untuk diproses. Dengan adanya umpan balik ini, sistem dapat secara otomatis mengoreksi perbedaan antara output aktual dengan nilai yang diharapkan. Pendekatan ini memberikan keunggulan dalam hal kestabilan, ketepatan, dan kemampuan

adaptasi terhadap perubahan beban atau gangguan eksternal. Sistem loop tertutup sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kendali presisi tinggi, seperti pada sistem robotik, kontrol motor, atau proses industri otomatis.

3. HASIL

1. Open Loop orde 1

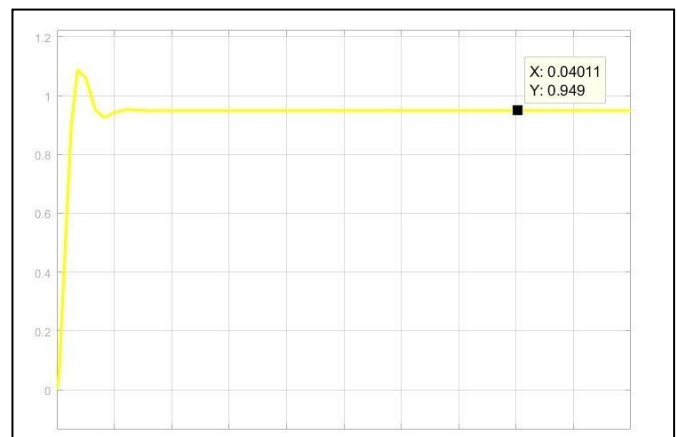


Grafik pertama menggambarkan karakteristik dari sistem kendali open loop orde satu. Kurva berwarna kuning menunjukkan respons sistem terhadap masukan berupa sinyal tangga (step input). Respons tersebut menunjukkan kenaikan yang eksponensial, dimulai dari titik nol dan secara perlahan mendekati nilai tunak tanpa mengalami osilasi atau overshoot. Dari informasi yang terdapat pada grafik, dapat diketahui bahwa nilai output mencapai sekitar 18.6 pada waktu 0.343 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.

Dapat disimpulkan bahwa sistem ini menunjukkan karakteristik respons orde satu yang khas, dengan kecenderungan menuju keadaan tunak secara eksponensial. Pada grafik, terlihat bahwa laju perubahan awal cukup cepat dan kemudian perlahan-lahan mendekati nilai maksimum sekitar 27-28 (mendekati *steady state*). Fungsi alih tersebut memiliki konstanta waktu (*time constant*) yang dapat dihitung sebagai $\tau =$

$\frac{0.0000181}{0.0022394} \approx 0.00808$ detik, yang menandakan respons sistem yang cepat. Nilai *steady state* atau gain statis dapat dihitung dari fungsi alih saat $s=0$, yaitu $\frac{0.060690}{0.0022394} \approx 27.1$, yang sesuai dengan nilai akhir pada grafik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem stabil dan mampu mencapai nilai tunak dalam waktu singkat, dengan karakteristik yang diharapkan dari sistem orde satu.

2. 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 berosilasi ringan dan akhirnya menetap pada nilai *steady-state* sebesar 0.949 pada waktu sekitar 0.040 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

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah klasifikator dengan mengklasifikasikan 7 jenis gerakan tangan yang tahan terhadap variasi orientasi lengan bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi algoritma CNN lebih unggul dibandingkan dengan klasifikator pembandingan lainnya (SVM, KNN, LDA, dan DT) ($p < 0.05$). Terdapat penurunan akurasi pada CNN kurang dari 5% yang berasal dari perbedaan antara

skema 4 (kombinasi seluruh orientasi) dengan skema 1, 2, dan 3.

Selain itu, hasil perbandingan ganda menggunakan metode Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa 4 dari 6 kelompok tidak memiliki perbedaan akurasi yang signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Waktu komputasi dari CNN yang diusulkan masih berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan (<200 milidetik).

Sebagai kesimpulan, diperlukan penelitian lanjutan terkait implementasi CNN pada sistem tertanam (embedded system) untuk mengembangkan tangan prostetik yang tahan terhadap perubahan orientasi.

REFERENSI

- 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.

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Faris Fathurrohman adalah seorang mahasiswa yang tengah menempuh pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, pada program studi Teknik Kelistrikan Kapal. Faris adalah mahasiswa yang penuh rasa keingintahuan dan telah menunjukkan minat yang besar terhadap dunia teknik, khususnya dalam sistem kelistrikan baik di darat maupun di laut. Melalui berbagai mata kuliah, praktikum, serta proyek-proyek yang diikutinya, ia terus mengasah pengetahuan dan keterampilan teknisnya agar siap menghadapi tantangan di dunia kerja. Cita-citanya adalah menjadi teknisi profesional di bidang kelistrikan sekaligus ikut serta dalam pembangunan nasional. Dengan semangat yang tinggi dan tekad yang kuat, Faris terus berproses mengejar mimpinya, membuktikan bahwa anak muda Indonesia mampu bersaing dan membawa perubahan yang positif.