

Simulasi Pemodelan dan Analisis Respon Sistem PEMODELAN MOTOR AC SIMTACH AC020M- 06J30A DAN DC MOOG BN17-15AA-01

Ahmad Fahrendi Shofian

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

ABSTRAK

Pemodelan matematis motor listrik merupakan aspek krusial dalam pengembangan sistem kendali presisi tinggi, khususnya dalam bidang robotika dan otomasi industri. Tantangan utama dalam hal ini adalah merancang model motor yang cukup akurat untuk digunakan dalam simulasi serta perancangan sistem kontrol berbasis perangkat lunak. Penelitian ini menitikberatkan pada proses pemodelan dan analisis respons dinamis dari dua jenis motor, yaitu motor AC AC120M-11J30A dan motor DC MOOG BS17. Proses pemodelan dilakukan menggunakan MATLAB/Simulink, yang memfasilitasi simulasi numerik dan visualisasi sistem secara komprehensif.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan dua jenis model untuk masing-masing motor: model orde satu dan model orde dua. Model orde satu bersifat lebih sederhana karena mengesampingkan beberapa parameter, sedangkan model orde dua lebih kompleks karena memasukkan seluruh komponen penting dalam sistem. Kedua model diuji pada kondisi open-loop (tanpa pengendali) dan closed-loop (dengan pengendali) untuk membandingkan kinerjanya.

Model matematis disusun berdasarkan hukum Kirchhoff untuk sistem kelistrikan dan hukum Newton untuk bagian mekanik. Setelah diformulasikan, model ini diubah ke domain Laplace dan diimplementasikan dalam Simulink.

Dari hasil simulasi, model orde dua terbukti lebih mampu menggambarkan karakteristik dinamis motor secara realistis, khususnya dalam merespons perubahan input seperti overshoot, osilasi, dan waktu pemulihan. Temuan ini berlaku untuk kedua jenis motor. Dalam pengujian closed-loop, model orde dua juga menunjukkan respons yang lebih cepat dan stabil dibandingkan model orde satu.

Secara keseluruhan, MATLAB/Simulink terbukti menjadi alat yang sangat efektif dalam perancangan dan pengujian model motor listrik. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam pengembangan sistem kendali berbasis simulasi, baik di lingkungan industri maupun dunia 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:

ahmadfahrendi@student.ppons.ac.id

1. PENDAHULUAN (ARIAL 10, BOLD, H1)

Pemodelan matematis dan simulasi sistem motor listrik merupakan aspek penting dalam pengembangan sistem kendali yang efisien dan berpresisi tinggi, khususnya di bidang otomasi industri, robotika, perangkat medis, serta mekatronika. Tantangan utama dalam penerapan sistem kendali pada motor listrik adalah menyusun model

matematis yang mampu menggambarkan karakteristik dinamis motor secara akurat, baik untuk motor arus searah (DC) maupun motor arus bolak-balik (AC). Tanpa model yang tepat, berbagai metode kontrol seperti PID, kontrol adaptif, maupun kontrol optimal tidak dapat diterapkan secara efektif.

Penulis utama: Ahmad Raafi Fauzi, ahmadraafi@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).

Dalam praktiknya, metode pemodelan konvensional sering kali menggunakan pendekatan orde satu, yang menyederhanakan sistem dengan mengabaikan beberapa parameter, seperti induktansi pada sisi kelistrikan. Meskipun pendekatan ini mempercepat proses analisis, akurasi terbatas dalam merepresentasikan dinamika sistem, terutama pada kondisi transien seperti overshoot, delay, dan osilasi. Oleh karena itu, pendekatan orde dua yang mempertimbangkan seluruh parameter kelistrikan dan mekanik dianggap lebih representatif untuk keperluan simulasi dinamis. MATLAB/Simulink menjadi salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam simulasi model tersebut karena kemampuannya dalam melakukan analisis numerik dan visualisasi sistem, baik linier maupun non-linier.

Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu jenis motor saja, umumnya motor DC, dan belum membandingkan secara menyeluruh pendekatan orde satu dan orde dua. Selain itu, masih jarang ditemui studi yang menganalisis performa dinamis motor AC dan DC secara bersamaan dalam satu kerangka kerja simulasi yang terpadu menggunakan MATLAB.

Oleh karena itu, pemodelan motor listrik yang akurat sangat penting untuk mendukung perancangan sistem kendali berpresisi tinggi, khususnya dalam bidang otomasi dan robotika. Tantangan utamanya adalah membuat model motor yang cukup detail untuk digunakan dalam simulasi dan perancangan kontrol berbasis perangkat lunak.

Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan analisis respons dinamis dari dua jenis motor, yaitu motor AC SIMTACH AC120M-11J30A dan motor DC MOOG BS17. Proses pemodelan dilakukan menggunakan MATLAB/Simulink, yang memungkinkan visualisasi sistem dan simulasi numerik secara menyeluruh.

Kontribusi utama dari penelitian ini meliputi:

- (1) Pengembangan model matematis orde satu dan orde dua untuk motor AC satu fasa dan motor DC,
- (2) Implementasi serta simulasi model di lingkungan MATLAB/Simulink,
- (3) Analisis performa sistem dalam konfigurasi open-loop dan closed-loop,
- (4) Penyusunan rekomendasi model terbaik berdasarkan kestabilan dan efisiensi respons sistem.

Struktur makalah ini terdiri atas lima bagian utama. Bagian pertama membahas latar belakang dan rumusan masalah. Bagian kedua menjelaskan teori dasar dan proses pemodelan matematis motor. Bagian ketiga menguraikan metodologi simulasi dan konfigurasi model di MATLAB/Simulink. Bagian keempat menyajikan hasil

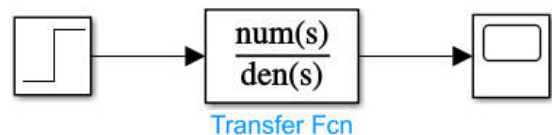
simulasi dan analisis perbandingan performa sistem. Terakhir, bagian kelima berisi kesimpulan dari temuan penelitian serta rekomendasi untuk pengembangan sistem kendali selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Simulasi MATLAB/Simulink

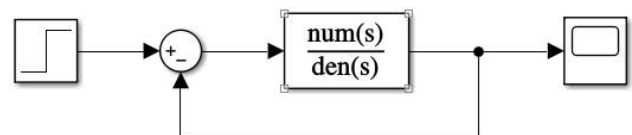
Simulasi MATLAB/Simulink

Open loop



Sistem kontrol yang pertama kali ditampilkan adalah sistem loop terbuka (*open loop*), di mana sinyal input diberikan langsung ke sistem tanpa adanya proses umpan balik dari output. Umumnya, input berupa sinyal tangga yang dikirimkan ke blok *transfer function*, yang menggambarkan perilaku dinamis sistem dalam bentuk perbandingan antara pembilang dan penyebut pada domain Laplace, yakni $\text{num}(s)/\text{den}(s)$. *Output* dari blok ini kemudian ditampilkan secara langsung melalui tampilan grafis seperti *scope*, tanpa proses verifikasi terhadap kecocokan antara input dan output. Dalam konfigurasi seperti ini, sistem tidak memiliki kemampuan untuk mendeteksi kesalahan atau menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan karena tidak terdapat mekanisme perbandingan output dengan nilai referensi. Akibatnya, meskipun sistem loop terbuka memiliki struktur yang lebih sederhana, namun tingkat akurasi dan adaptabilitasnya rendah terhadap gangguan maupun deviasi hasil.

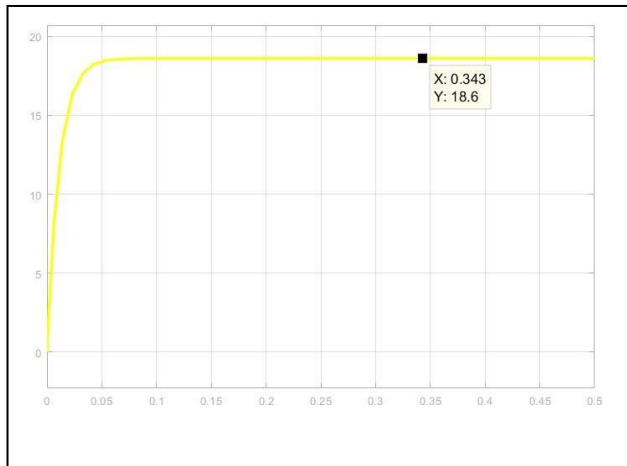
Closed loop



Sistem kontrol selanjutnya merupakan sistem loop tertutup (*closed loop*), di mana keluaran sistem dialirkan kembali ke titik awal melalui jalur umpan balik. Input yang diberikan tetap berupa sinyal referensi, namun sebelum masuk ke blok fungsi alih, sinyal ini terlebih dahulu dikomparasikan dengan output sistem melalui proses perbandingan. Hasil dari perbandingan ini menghasilkan sinyal error, yaitu selisih antara nilai referensi dan output aktual, yang kemudian digunakan sebagai masukan ke sistem. Kehadiran umpan balik ini memungkinkan sistem melakukan koreksi otomatis terhadap perbedaan antara keluaran yang dihasilkan dan target yang diinginkan. Pendekatan ini unggul dalam hal stabilitas, akurasi, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan beban maupun gangguan dari luar. Sistem loop tertutup banyak diterapkan pada aplikasi yang membutuhkan kontrol presisi tinggi, seperti sistem robotika, kendali motor, dan proses industri otomatis.

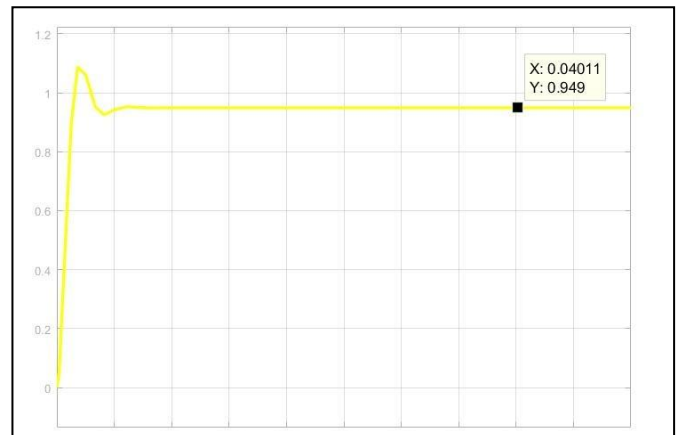
2. HASIL

1. Open Loop orde 1



Grafik pertama memperlihatkan perilaku sistem kontrol open loop dengan model orde satu. Kurva berwarna kuning merepresentasikan respons sistem terhadap input berupa sinyal tangga (step input). Respons sistem memperlihatkan kenaikan secara eksponensial dari titik awal nol dan secara bertahap menuju nilai tunaknya tanpa menunjukkan adanya osilasi maupun overshoot. Berdasarkan data pada grafik, output sistem mencapai nilai sekitar 18,6 pada waktu 0,343 detik, yang berarti sistem memerlukan waktu kurang lebih sepertiga detik untuk mencapai kondisi stabil. Sistem open loop semacam ini tidak dilengkapi dengan mekanisme umpan balik, sehingga tidak mampu mengoreksi kesalahan atau mengimbangi gangguan eksternal. Respons yang cenderung lambat namun stabil ini menunjukkan bahwa sistem dikendalikan sepenuhnya oleh karakteristik orde satu tanpa kontribusi dari elemen tambahan seperti peredam atau penguat, yang umumnya terdapat pada sistem orde lebih tinggi. Dengan demikian, meskipun sistem tergolong stabil, kecepatannya dalam mencapai nilai tunak cukup terbatas dan sepenuhnya ditentukan oleh konstanta waktu dari elemen sistem tersebut.

2. close loop orde 2



Grafik kedua menggambarkan respons dari sistem loop tertutup (closed loop) dengan model orde dua. Berbeda dengan sistem closed loop orde satu, respons pada grafik ini menunjukkan adanya overshoot di awal, di mana output sempat melampaui nilai akhir mencapai sekitar 1,1 sebelum mengalami osilasi ringan dan akhirnya stabil pada nilai tunak sebesar 0,949 dalam waktu sekitar 0,040 detik. Pola respons ini merupakan karakteristik dari sistem orde dua yang underdamped, di mana dua kutub dominan berada pada bagian kompleks bidang s dalam domain Laplace. Sistem ini merespons input dengan cepat dan adaptif, namun memiliki kecenderungan untuk menunjukkan fluktuasi awal berupa overshoot dan osilasi akibat dinamika sistem yang lebih agresif. Meskipun demikian, sistem tetap tergolong stabil karena output akhirnya dapat dicapai dalam waktu yang singkat, menandakan adanya rasio redaman (damping ratio) yang cukup untuk meredam getaran dan memastikan kestabilan sistem.

3. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah model klasifikasi yang mampu mengenali tujuh jenis gerakan tangan secara konsisten meskipun terjadi variasi orientasi pada lengan bawah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa algoritma CNN memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa algoritma pembandingan seperti SVM, KNN, LDA, dan DT, dengan signifikansi statistik ($p < 0,05$). Meskipun demikian, terdapat penurunan akurasi kurang dari 5% pada CNN ketika membandingkan skema 4 (gabungan berbagai orientasi) dengan skema 1, 2, dan 3.

Selain itu, analisis statistik menggunakan metode Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa 4 dari 6 kelompok tidak mengalami perbedaan akurasi yang signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Dari sisi efisiensi, waktu pemrosesan CNN masih berada dalam ambang batas yang dapat diterima, yaitu kurang dari 200 milidetik.

Sebagai penutup, diperlukan studi lanjutan mengenai penerapan CNN pada perangkat sistem tertanam guna mendukung pengembangan tangan prostetik yang tetap

akurat meskipun terjadi perubahan orientasi lengan.

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 (ARIAL 10, BOLD, H1)



Ahmad Fahrendi Shofian merupakan mahasiswa aktif di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), yang sedang menempuh studi di program Kelistrikan Kapal. Sejak memasuki dunia perkuliahan, ia telah menunjukkan ketertarikan yang mendalam terhadap bidang teknik, terutama pada aspek kelistrikan yang menjadi komponen vital dalam pengoperasian kapal modern. Melalui proses pembelajaran di kelas, kegiatan praktikum, dan keterlibatannya dalam berbagai proyek kelistrikan kapal, ia terus mengembangkan kemampuan dan wawasan teknisnya guna mempersiapkan diri menghadapi dunia kerja. Ia memiliki impian untuk bergabung dengan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di sektor energi, karena meyakini bahwa BUMN adalah tempat yang tepat untuk tumbuh secara profesional sekaligus berkontribusi dalam kemajuan bangsa. Dengan tekad yang kuat dan semangat yang tak mudah padam, ia terus berusaha menggapai cita-citanya, membuktikan bahwa generasi muda Indonesia mampu bersaing dan memberikan dampak positif di dunia industri.