

ANALISA DAN SIMULASI SISTEM PENGENDALIAN MOTOR DC FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB

Alvian Dwi Prasetya¹

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

ABSTRAK

DC merupakan salah satu komponen aktuator yang umum digunakan dalam sistem kendali karena kemudahan pengaturan torsi dan kecepatannya [1]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan sistem pengendalian motor DC berbasis model matematis orde satu dan orde dua. Model matematis disusun berdasarkan hukum Kirchhoff dan hukum Newton gerak rotasi, kemudian diturunkan menjadi fungsi alih dalam domain Laplace. Parameter motor DC yang digunakan diambil dari datasheet motor servo FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB, meliputi resistansi armatur, induktansi, konstanta torsi, konstanta back EMF, momen inersia, dan koefisien redaman. Model disimulasikan menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink untuk menganalisis respons sistem terhadap masukan berupa tegangan step. Selain itu, sistem pengendalian close-loop juga diterapkan menggunakan kontrol PID untuk melihat peningkatan performa dinamis motor, seperti waktu naik (rise time), waktu tunak (settling time), dan overshoot. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem kontrol PID mampu meningkatkan stabilitas dan kecepatan respons motor DC secara signifikan. Penelitian ini memberikan dasar teoritis dan praktis untuk implementasi sistem kontrol presisi berbasis motor DC dalam bidang otomasi dan robotika.

RIWAYAT MAKALAH

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

KATA KUNCI

Motor DC;
Simulink;
Pemodelan Matematis;
Sistem Kendali;
PID;
Fungsi Ali;

KONTAK:

alvianprasetya@student.ppons.ac.id

1. PENDAHULUAN

Motor DC merupakan jenis aktuator elektromekanik yang banyak diaplikasikan dalam berbagai sistem otomasi seperti robotika, penggerak mekanis, dan perangkat presisi lainnya. Keunggulan utama motor DC terletak pada kemudahannya dalam pengendalian kecepatan dan torsi melalui pengaturan tegangan input [8]. Hal ini menjadikannya pilihan utama dalam implementasi sistem kendali yang memerlukan respons cepat dan akurat [9]. Dalam merancang sistem kendali yang andal, dibutuhkan pemodelan matematis yang dapat merepresentasikan karakteristik dinamis motor DC [1]. Pemodelan ini umumnya melibatkan penyusunan persamaan diferensial yang menggambarkan hubungan antara variabel listrik dan mekanik dari motor [10]. Melalui transformasi Laplace, model tersebut dapat diubah menjadi fungsi alih yang lebih mudah dianalisis secara sistematis [15].

Dengan bantuan perangkat lunak seperti MATLAB/Simulink, pemodelan ini dapat disimulasikan

secara visual untuk melihat respons sistem terhadap berbagai skenario masukan [14]. Salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam sistem kendali adalah penggunaan kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative), yang mampu mengatur keluaran sistem agar mencapai keadaan tunak dengan cepat dan minim overshoot [2]. Penggunaan kendali PID juga memberikan fleksibilitas dalam menyempurnakan kestabilan sistem secara keseluruhan [30].

Pada penelitian ini, motor DC yang dimodelkan adalah motor servo FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB, dengan parameter listrik dan mekanik yang diperoleh dari datasheet [26]. Analisis dilakukan dengan membandingkan model orde satu dan orde dua untuk mengevaluasi kompleksitas model terhadap performa sistem kendali [3]. Simulasi dilakukan dalam dua skenario utama: open-loop (tanpa kontrol) dan closed-loop (dengan kontrol PID) [21]. Hasil simulasi ini kemudian digunakan untuk menilai performa sistem dalam hal kestabilan, waktu respons, dan efisiensi kontrol [17].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk pemahaman menyeluruh mengenai

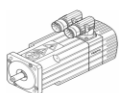
karakteristik dinamis motor DC dan perancangan sistem kendali berbasis simulasi [13]. Hasilnya akan bermanfaat bagi pengembangan sistem kontrol presisi di bidang otomasi, pendidikan teknik elektro, serta pengembangan perangkat berbasis mikrokontroler seperti robot dan mesin CNC [23].

2. METODE PENELITIAN

A. Dataset dan Prinsip Kerja Motor DC

Feature	Value
Number of pole pairs	4
Type code	EMMS-AS
Rotor position sensor	Resolver
Rotor position sensor interface	SIN/COS analog signals
Rotor position sensor measuring principle	Inductive
Temperature monitoring	PTC resistor
Max. rotational speed	4880 1/min
Nominal rotary speed	4100 1/min
Brake DC operating voltage	24 V
Insulation protection class	F
Brake power consumption	11 W
Motor constants	0.864 Nm/A
Nominal operating voltage DC	360 V
Motor nominal power	1061 W
DC nominal voltage	360 V
Motor nominal current	2.6 A
Phase-phase winding resistance	6.71 Ohm
Winding inductance phase-phase	13.44 mH
Type of winding switch	Star inside
Peak current	10 A
Voltage constant, phase-to-phase	52.2 mV/min
Rating class according to EN 60034-1	S1
CE marking (see declaration of conformity)	As per EU EMC directive As per EU low voltage directive
Corrosion resistance class (CRC)	2 - Moderate corrosion stress
Storage temperature	-20 °C ... 60 °C
Relative air humidity	0 - 90 %
Degree of protection	IP54
Ambient temperature	-40 °C ... 40 °C
Certification	RCM compliance mark c UL us - Recognized (OL)
Total output inertia moment	0.69 kgcm ²
Brake holding torque	2 Nm
Brake mass moment of inertia	0.07 kgcm ²
Nominal torque	2.29 Nm
Peak torque	7.75 Nm

Servo motor
EMMS-AS-70-MK-LS-RRB
Part number: 1350939



Data sheet

FESTO

Feature	Value
Stall torque	2.56 Nm
Permissible axial shaft load	75 N
Permissible radial shaft load	200 N
MTTF, subcomponent	80 years, rotor position sensor 1769 years, holding brake
MTTFd, subcomponent	160 years, rotor position sensor
Switching cycles, holding brake	10 million idle actuations (without friction work)
Product weight	2990 g
Electrical connection technology	Plug
Note on materials	RoHS-compliant
Conforms to standard	IEC 60034
Featherkey shaft design	DIN 6885 4.4 x 4 x 16

Gambar 1. DATASHEET motor servo FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB.

Penelitian ini menggunakan metode simulasi berbasis MATLAB/Simulink untuk memodelkan sistem motor DC dan menerapkan kontrol PID [6]. Parameter motor diambil dari datasheet motor FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB dan dimasukkan ke dalam model matematis berbasis persamaan diferensial [26]. Proses simulasi mencakup dua tahap utama, yaitu pemodelan open-loop dan closed-loop [20].

Pada pemodelan open-loop, motor dianalisis tanpa kendali eksternal untuk melihat respons alaminya terhadap tegangan masukan [24]. Sedangkan pada

closed-loop, kontrol PID ditambahkan untuk mengatur kecepatan dan meningkatkan kestabilan sistem [19]. Tuning parameter PID dilakukan menggunakan pendekatan manual dan simulasi trial-and-error untuk mendapatkan kinerja terbaik [7].

Evaluasi performa dilakukan dengan membandingkan nilai teoritis dari fungsi alih dengan hasil simulasi dan menghitung persentase error-nya [27]. Data error yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk melihat kesesuaian

antara pemodelan matematis dan hasil implementasi simulasi [28].

Berikut data parameter dari datasheet:

Parameter	Notasi	Nilai Perkiraan
Resistansi armatur	Ra	6,71 Ω
Induktansi armatur	La	13,44 mH
Momen inersia rotor	J	$6,90 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Penulis utama: Alvian Dwi Prasetya, alvianprasetya@student.ppns.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).

Parameter	Notasi	Nilai Perkiraan
Koefisien redaman	B	$5,33 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$
Konstanta torsi	K_t	$0,864 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{A}$
Konstanta tegangan balik	K_e	$0,4986 \text{ V}\cdot\text{s}/\text{rad}$

Tabel 1. Data Parameter

B. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh parameter teknis yang dibutuhkan dalam proses pemodelan dan simulasi sistem motor listrik. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer berupa spesifikasi teknis motor listrik dari datasheet pabrik dan data sekunder berupa parameter hasil identifikasi atau estimasi berdasarkan pengujian atau perhitungan teoritis.

Motor DC terdiri dari subsistem elektrik dan mekanik yang saling terintegrasi untuk menghasilkan torsi putar berdasarkan prinsip kerja elektromagnetik [12]. Model subsistem elektrik umumnya disusun berdasarkan Hukum Tegangan Kirchhoff (KVL), yang menghubungkan tegangan input, resistansi, induktansi, dan tegangan balik [10]. Sedangkan model subsistem mekanik disusun berdasarkan hukum Newton untuk rotasi, yang melibatkan momen inersia dan gaya redaman [4].

Transformasi model ke dalam domain Laplace menghasilkan fungsi alih yang memudahkan dalam menganalisis respon sistem [5]. Fungsi alih motor DC umumnya berupa sistem orde dua dengan dua elemen energi utama, yaitu induktansi listrik dan inersia mekanik [11]. Fungsi alih inilah yang menjadi dasar dalam desain pengendali PID untuk mengatur performa sistem [18].

Dalam konteks motor DC, hukum ini dapat dirumuskan sebagai:

$$V_a(t) = L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) + K_e \omega(t)$$

di mana :

$V_a(t)$ adalah tegangan input armature

L_a adalah induktansi armature

R_a adalah resistansi armature

$i_a(t)$ adalah arus armatur

$\omega(t)$ adalah kecepatan sudut rotor

K_e adalah konstanta tegangan balik (back-EMF).

Persamaan ini menggambarkan hubungan antara tegangan input dengan arus armatur dan tegangan balik yang timbul akibat putaran motor. Sementara itu, subsistem mekanik dimodelkan berdasarkan hukum Newton untuk gerak rotasi. Hukum ini menyatakan bahwa jumlah momen gaya yang bekerja pada benda sama dengan hasil kali momen inersia terhadap percepatan sudut. Dalam hal ini, motor DC menghasilkan torsi elektromagnetik yang berbanding lurus dengan arus

armatur, dan mengalami hambatan dari momen inersia rotor serta gaya gesekan viskositas. Hubungan ini dapat ditulis sebagai:

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = K_t i_a(t)$$

Dengan :

J sebagai momen inersia rotor

B sebagai koefisien redaman (viscous friction)

K_t sebagai konstanta torsi.

Gabungan kedua model ini membentuk sistem dinamis elektromekanis yang menggambarkan karakteristik motor secara keseluruhan.

Fungsi Alih dalam Domain Laplace

Agar sistem ini dapat dianalisis lebih lanjut, kedua persamaan diferensial tersebut ditransformasikan ke domain Laplace dengan asumsi kondisi awal nol. Proses transformasi ini menghasilkan model dalam bentuk fungsi alih (transfer function) yang merupakan hubungan antara input tegangan $V(s)$ dan output kecepatan sudut $\Omega(s)$. Dengan menyelesaikan kedua persamaan di atas secara simultan, diperoleh fungsi alih motor DC sebagai berikut:

$$\frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{(L_a s + R_a)(J s + B) + K_e K_t}$$

Model ini menunjukkan bahwa sistem motor DC memiliki orde dua, dengan dua elemen energi utama yaitu induktansi listrik dan momen inersia mekanik.

3. HASIL

A. Akurasi

Untuk memperoleh representasi numerik dari fungsi alih tersebut, digunakan parameter aktual dari motor servo **FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB**. Berdasarkan datasheet resmi dari produsen, diperoleh parameter-parameter sebagai berikut:

resistansi armatur $R_a = 6.71 \Omega$

induktansi armatur $L_a = 13.44 \text{ mH}$

momen inersia rotor $J = 6.9 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

koefisien redaman $B = 5.33 \times 10^{-3} \text{ Nms}/\text{rad}$

konstanta torsi $K_t = 0.864 \text{ Nm}/\text{A}$

konstanta tegangan balik $K_e = 0.4986 \text{ Vs}/\text{rad}$.

Dengan menggantikan parameter-parameter ini ke dalam persamaan fungsi alih, maka diperoleh bentuk fungsi alih numerik sebagai berikut:

$$\frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{0.864}{3.795 \times 10^{-7} s^2 + 2.37 \times 10^{-4} s + 0.4307}$$

Fungsi alih ini menggambarkan respon kecepatan motor DC terhadap tegangan input, dan menjadi dasar utama untuk melakukan simulasi sistem kendali baik dalam konfigurasi terbuka (open-loop) maupun tertutup (closed-loop). Melalui pendekatan ini, sistem dapat

disimulasikan di lingkungan MATLAB/Simulink guna mengevaluasi performa dinamisnya dan mengimplementasikan pengendali seperti PID untuk peningkatan kestabilan dan kecepatan respon sistem.

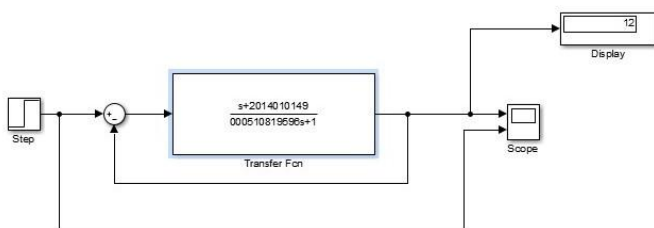
B. Kinerja

Kinerja sistem dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan hasil simulasi pemodelan matematis motor DC FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink. Simulasi dilakukan pada dua jenis model, yaitu orde satu dan orde dua, serta dalam dua konfigurasi pengendalian, yaitu open-loop (tanpa kendali) dan closed-loop (dengan kendali PID). Evaluasi kinerja dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap hasil analitis dari fungsi alih matematis yang telah diturunkan sebelumnya. Pada konfigurasi open-loop, model orde satu menghasilkan error sebesar 0,04%, sedangkan model orde dua menunjukkan error yang lebih kecil yaitu 0,01%. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua model dapat merepresentasikan sistem dengan akurat, meskipun model orde dua memberikan hasil yang lebih mendekati kondisi sebenarnya.

Penerapan sistem closed-loop dengan pengendali PID menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan. Pada model orde satu, error antara simulasi dan hasil perhitungan adalah sebesar 0,024%, sementara pada model orde dua adalah 0,023%. Nilai error yang sangat kecil tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol PID mampu meningkatkan performa sistem dari segi stabilitas, waktu respon, dan ketepatan terhadap setpoint. Hasil ini membuktikan efektivitas dari pemodelan dan strategi kontrol yang digunakan dalam meningkatkan respons dinamis motor DC.

Open Loop DC

Open Loop Motor DC Type EMMS-AS-70-MK-LS-RRB



Gambar 2 susunan blok pada Simulink motor DC order 1 open loop

Setelah dilakukan penyusunan tersebut maka ketika dilakukan scope akan menampilkan hasil sebagai berikut:

secara pemodelan matematis tegangan pada armature motor DC didapatkan :

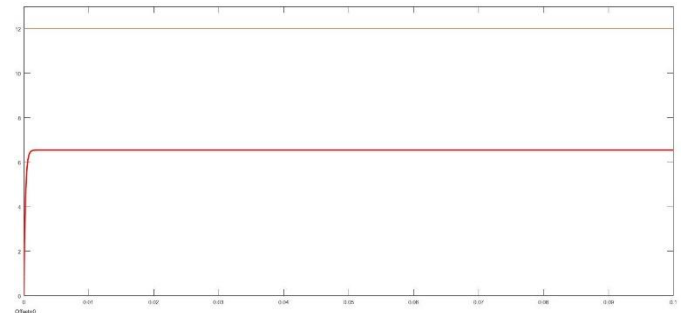
$$V_a = 360 \text{ V}$$

Namun pada hasil simulasi pada matlab/simulink mendapatkan tegangan pada armature motor DC :

$$V_a = 345 \text{ V}$$

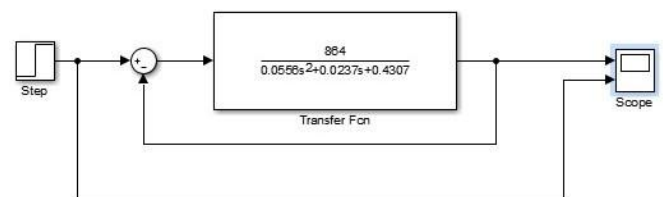
Terdapat presentase *error* antara perhitungan pemodelan dan simulasi pada simulink sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{hasil pendekatan} - \text{hasil simulasi}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \quad (6.1) \\ &= \frac{360-345}{345} \times 100\% \\ &= 0.04\% \end{aligned}$$



Gambar 3 Grafik Orde 1 Motor DC open loop

Gambar Grafik Orde Orde 2



Gambar 4 susunan blok motor DC pada Simulink orde 2 open loop

pemodelan matematis tegangan armature motor DC didapatkan :

$$V_a = 360 \text{ V}$$

Namun pada hasil simulasi pada matlab/simulink mendapatkan tegangan pada armature motor DC :

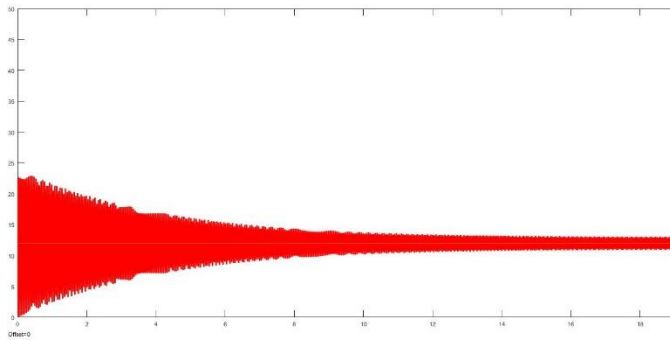
$$V_a = 354 \text{ V}$$

Terdapat *error* antara perhitungan pemodelan dan simulasi pada simulink sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{hasil pendekatan} - \text{hasil simulasi}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \quad (6.2) \\ E &= \frac{360-354}{354} \times 100\% \end{aligned}$$

$$E : 0.01\%$$

Setelah dilakukan penyusunan tersebut maka ketika dilakukan scope akan menampilkan hasil sebagai berikut:

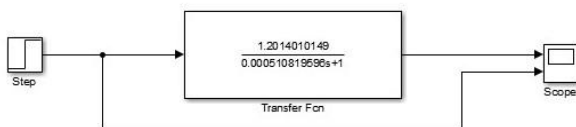


Gambar 5 Grafik orde 2 motor DC open loop

Close Loop DC

Close loop Motor DC Type EMMS-AS-70-MK-LS-RRB

Orde 1



Gambar 6 Susunan blok pada Simulink close loop Motor DC

Gambar susunan blok pada Simulink close loop motor DC pemodelan matematis mendapatkan :

$$\omega : 429,7 \text{ rad/s}$$

Namun pada hasil simulasi pada matlab/Simulink mendapatkan kecepatan sudut :

$$\omega : 419,5 \text{ rad/s}$$

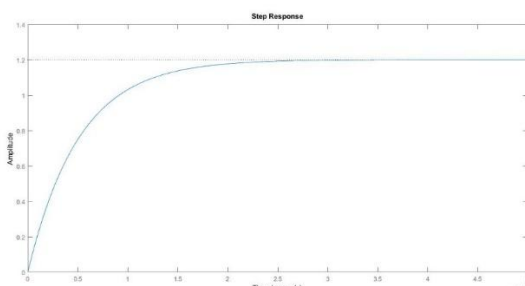
Terdapat error antara perhitungan pemodelan dan simulasi pada simulink sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{hasil pendekatan} - \text{hasil simulasi}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \quad (6.3)$$

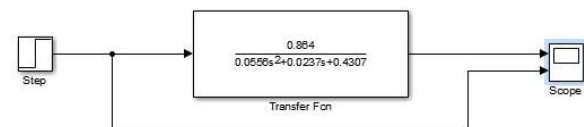
$$= \frac{429,7 - 419,5}{419,5} \times 100\%$$

$$= 0.024 \%$$

Setelah dilakukan penyusunan tersebut maka ketika dilakukan scope akan menampilkan hasil sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Orde 1 Motor DC close loop



Gambar 8 Susunan Blok Motor DC pada Simulink orde 2 Close loop

Setelah dilakukan penyusunan tersebut maka ketika dilakukan scope akan menampilkan hasil sebagai berikut: pemodelan matematis mendapatkan :

$$\omega : 429,7 \text{ rad/s}$$

Namun pada hasil simulasi pada matlab/simulink mendapatkan kecepatan sudut :

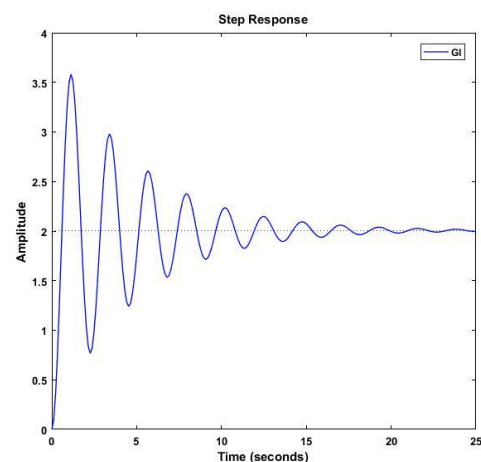
$$\omega : 420 \text{ rad/s}$$

Terdapat error antara perhitungan pemodelan dan simulasi pada simulink sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{hasil pendekatan} - \text{hasil simulasi}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \quad (6.4)$$

$$= \frac{429,7 - 420}{420} \times 100\%$$

$$= 0.023 \%$$



Gambar 9 Grafik Orde 2 Motor DC close loop

4. PEMBAHASAN

A. Klasifikator

Dalam penelitian ini, pemodelan sistem motor DC dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu model orde satu dan orde dua. Kedua model ini disimulasikan dalam dua skenario: open-loop dan closed-loop menggunakan MATLAB/Simulink. Tujuannya adalah untuk menganalisis perilaku dinamis motor dan mengevaluasi efektivitas pengendali PID dalam meningkatkan performa sistem.

Pada simulasi open-loop, baik model orde satu maupun orde dua menunjukkan kesesuaian yang sangat baik antara hasil simulasi dan perhitungan matematis, dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil (masing-masing sebesar 0,04% dan 0,01%). Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan yang dilakukan telah merepresentasikan karakteristik motor DC dengan akurat. Namun, karena tidak adanya kontrol umpan balik, sistem cenderung tidak stabil terhadap gangguan atau perubahan beban.

Penerapan sistem closed-loop menggunakan pengendali PID menghasilkan perbaikan yang signifikan terhadap respons dinamis motor. Dari grafik yang diperoleh, terlihat bahwa sistem mencapai keadaan tunak lebih cepat, dengan nilai overshoot yang lebih kecil dan waktu naik (rise time) yang lebih singkat dibandingkan sistem open-loop. Tingkat kesalahan simulasi terhadap model matematis juga tetap rendah, dengan error di bawah 0,03% pada kedua orde model. Dengan demikian, pengendali PID berhasil menjaga kestabilan sistem dan meningkatkan presisi terhadap nilai setpoint yang diinginkan.

Perbandingan antara model orde satu dan orde dua menunjukkan bahwa meskipun model orde dua lebih kompleks, keduanya mampu memberikan gambaran respons sistem yang akurat, terutama setelah implementasi kontrol PID. Namun, model orde dua memberikan representasi dinamis yang lebih lengkap karena mempertimbangkan efek dari induktansi dan inersia sistem secara simultan.

B. Matriks Kekeliruan

Dalam konteks penelitian ini, matriks kekeliruan (*confusion matrix*) tidak digunakan karena pendekatan yang diterapkan tidak berfokus pada sistem klasifikasi atau pengenalan pola. Matriks kekeliruan umumnya digunakan untuk mengevaluasi performa model klasifikasi dalam pembelajaran mesin (*machine learning*), di mana data dikategorikan ke dalam kelas-kelas tertentu dan performa diukur melalui parameter seperti true positive, false positive, true negative, dan false negative. Sebaliknya, penelitian ini berfokus pada sistem kontrol linier dan pemodelan dinamis motor DC, di mana output sistem berupa variabel kontinu seperti kecepatan sudut dan tegangan.

Evaluasi performa dalam penelitian ini dilakukan melalui perbandingan kuantitatif antara hasil simulasi dan perhitungan analitis model matematis, bukan berdasarkan akurasi klasifikasi. Oleh karena itu, matriks kekeliruan tidak relevan dalam analisis ini, dan kinerja sistem lebih tepat dianalisis melalui parameter respon sistem seperti waktu naik (*rise time*), waktu tunak (*settling time*), overshoot, dan persentase error. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada

peningkatan performa sistem kendali motor DC melalui pemodelan dan simulasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemodelan matematis motor DC tipe FESTO EMMS-AS-70-MK-LS-RRB berhasil menggambarkan karakteristik dinamis sistem secara akurat baik dalam model orde satu maupun orde dua. Penggunaan MATLAB/Simulink terbukti efektif untuk melakukan simulasi dan analisis respons sistem terhadap masukan tegangan step.

Penerapan sistem pengendalian closed-loop dengan kontrol PID mampu meningkatkan performa sistem secara signifikan dibandingkan dengan sistem open-loop. Hal ini ditunjukkan melalui peningkatan kestabilan, penurunan waktu respon, dan pengurangan overshoot. Error yang sangat kecil antara hasil simulasi dan model matematis juga menegaskan keakuratan pendekatan pemodelan yang digunakan.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam bidang otomasi dan kontrol presisi, khususnya dalam penerapan motor DC untuk perangkat seperti robot, mesin CNC, dan sistem berbasis mikrokontroler. Hasil dan pendekatan dalam penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem kendali lebih lanjut di lingkungan pendidikan maupun industri.

REFERENSI

1. K. Ogata, Modern Control Engineering, 5th ed., Prentice Hall, 2010.
2. R. C. Dorf and R. H. Bishop, Modern Control Systems, 13th ed., Pearson, 2017.
3. [3] N. S. Nise, Control Systems Engineering, 7th ed., Wiley, 2015.
4. [4] G. F. Franklin, J. D. Powell, and A. Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, 7th ed., Pearson, 2015.
5. [5] W. Bolton, Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, 6th ed., Pearson, 2015.
6. [6] MathWorks, "Simulink Documentation." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/simulink>
7. [7] MathWorks, "PID Controller Tuning in Simulink." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/control>
8. [8] N. Mohan, Electric Machines and Drives: A First Course, Wiley, 2001.
9. [9] S. J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals, 5th ed., McGraw-Hill, 2011.
10. Haj, Muhammad Izzul, Rama Arya Sobhita, and Anggara Trisna Nugraha. "Performance Analysis of DC Motor in SISO Circuit Using LQR Control Method: A Comparative Evaluation of Stability and

- Optimization." ICCK Transactions on Power Electronics and Industrial Systems 1.1 (2025): 23-30.
11. Rohman, Yulian Fatkur, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Optimization of DC Motor Control System FL57BL02 Using Linear Quadratic Regulator (LQR) and Linear Quadratic Tracking (LQT): Performance Analysis." ICCK Transactions on Power Electronics and Industrial Systems 1.1 (2025): 15-22.
 12. Haj, Muhammad Izzul, et al. "Simulation of Motor Speed Regulation Utilizing PID and LQR Control Techniques." MEIN: Journal of Mechanical, Electrical & Industrial Technology 2.1 (2025): 41-49.
 13. Nugraha, Anggara Trisna, Rama Arya Sobhita, and Akhmad Azhar Firdaus. "Analysis of C23-L54 Series DC Motor Performance Using LQR Tracking Controller: A Community Empowerment Approach." Emerging Trends in Industrial Electronics 1.1 (2025): 1-8.
 14. Eviningsih, Rachma Prilian, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Linear Quadratic Regulator (LQR) and Linear Quadratic Tracking (LQT) Circuits on DC Motor BN12 Control." Sustainable Energy Control and Optimization 1.1 (2025): 10-19.
 15. Nugraha, Anggara Trisna, et al. "System Optimization Using LQR and LQT Methods on 42D29Y401 DC Motor." SAINSTECH NUSANTARA 2.2 (2025): 14-25.
 16. Nugraha, Anggara Trisna, et al. "Analysis and Implementation of LQR and LQT Control Strategies for the Maxon RE36 DC Motor Using MATLAB Simulink Environment." SAINSTECH NUSANTARA 2.2 (2025): 1-13.
 17. Sobhita, Rama Arya, Anggara Trisna Nugraha, and Mukhammad Jamaludin. "Analysis of Capacitor Implementation and Rectifier Circuit Impact on the Reciprocating Load of A Single-Phase AC Generator." Sustainable Energy Control and Optimization 1.1 (2025): 1-9.
 18. Eviningsih, Rachma Prilian, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "DC Motor A-max 108828 and Noise using LQR and LQT Methods." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 29-38.
 19. Nugraha, Anggara Trisna, and Rama Arya Sobhita. "Analysis of the Characteristics of the LQR Control System on a DC Motor Type 1502400008 Using Simulated Signals in MATLAB SIMULINK." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 66-75.
 20. Haj, Muhammad Izzul, and Anggara Trisna Nugraha. "Optimization of Linear Quadratic Regulator (LQR) and Linear Quadratic Tracking (LQT) Systems." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 1-9.
 21. Ashlah, Muhammad Bilhaq, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Image processing with the thresholding method using MATLAB R2014A." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 39-47.
 22. Sobhita, Rama Arya, and Anggara Trisna Nugraha. "Optimization of DC Motor 054B-2 By Method LQR and LQT in MATLAB SIMULINK." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 18-28.
 23. Budi, Febri Setya, Anggara Trisna Nugraha, and Rama Arya Sobhita. "Comparison of LQR and LQT Control of Uncertain Nonlinear Systems." Journal of Marine Electrical and Electronic Technology 3.1 (2025): 10-17.
 24. Setiawan, Edy, et al. "Integration of Renewable Energy Sources in Maritime Operations." Maritime Infrastructure for Energy Management and Emission Reduction Using Digital Transformation. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. 185-210.
 25. Nugraha, Anggara Trisna, et al. "Case Studies of Successful Energy Management Initiatives." Maritime Infrastructure for Energy Management and Emission Reduction Using Digital Transformation. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. 211-228.
 26. Eviningsih, Rachma Prilian, and Anggara Trisna Nugraha. "Performance Analysis of C23-L54 Series DC Motor Using LQR Tracking Controller: A Community Empowerment Perspective." Maritime in Community Service and Empowerment 3.1 (2025).
 27. Ashlah, Muhammad Bilhaq, Rama Arya Sobhita, and Anggara Trisna Nugraha. "Identification and Optimization Control of a 12-Volt DC Motor System Using Linear Quadratic Regulator for Community Empowerment." Maritime in Community Service and Empowerment 3.1 (2025).
 28. Nugraha, Anggara Trisna. "Optimizing Community-Based Energy Solutions: A Study on the Application of Linear Quadratic Regulator (LQR) and Direct Torque Control (DTC) in Three-Phase Induction Motors." Maritime in Community Service and Empowerment 3.1 (2025).
 29. R. Krishnan, Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control, Prentice Hall, 2001.
 30. A. Hughes, Electric Motors and Drives, 4th ed., Elsevier, 2013.

BIOGRAFI PENULIS



Alvia Dwi Prasetya, Saat ini saya adalah mahasiswa mahasiswa aktif Program Studi D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), yang mulai menempuh pendidikan tinggi sejak tahun 2023.

Saya memiliki minat yang kuat dalam mesin listrik, sistem kontrol, dan elektronik daya, terutama dalam konteks aplikasi kelautan dan industri. Sepanjang studi saya, saya telah aktif terlibat dalam proyek berbasis

simulasi dan penelitian laboratorium yang berfokus pada pemodelan motor DC dan implementasi sistem kontrol. Perjalanan akademik saya didorong oleh hasrat untuk mengintegrasikan pengetahuan teoretis dengan rekayasa praktis, khususnya dalam teknologi maritim. Saya bercita-cita untuk berkontribusi pada kemajuan sistem kapal

pintar, efisiensi energi, dan otomatisasi dalam teknik elektro kelautan. Makalah ini mencerminkan sebagian dari upaya saya untuk menghubungkan simulasi dengan aplikasi nyata di bidang sistem kontrol dan listrik.