

Pemodelan dan Simulasi Dinamik Motor DC Brushless M543E-1270 dan Motor AC Satu Fasa Mosion King AS180-15-172E25 Berbasis MATLAB/Simulink

Rama Faizal Ferdiansyah¹

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

ABSTRAK

Pemodelan dan pengendalian motor listrik merupakan aspek penting dalam sistem otomasi dan aplikasi kelistrikan kapal, namun ketersediaan model dinamis yang valid dan sesuai dengan implementasi sistem kontrol masih terbatas, khususnya untuk motor. Sistem pengendalian motor listrik, khususnya pada motor DC dan motor AC satu fasa, memerlukan pendekatan pemodelan matematis dan simulasi yang presisi untuk memahami karakteristik dinamis sistem serta merancang pengendali yang handal dan efisien. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan terkait bagaimana memodelkan dan menganalisis respons dinamis dari dua jenis motor, yakni motor DC Brushless M543E-1270 dan motor AC satu fasa Mosion King AS180-15-172E25. Penelitian dilakukan dengan membandingkan perilaku kedua motor dalam dua konfigurasi sistem, yaitu *open loop* (tanpa umpan balik) dan *closed loop* (dengan umpan balik), dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB dan Simulink sebagai alat bantu utama. Fokus utama dari penelitian ini adalah menyusun model matematis kedua motor dalam bentuk fungsi alih orde satu dan orde dua. Fungsi alih diperoleh melalui transformasi Laplace dari model diferensial yang mewakili dinamika kelistrikan dan mekanik motor. Proses ini melibatkan identifikasi parameter motor dari datasheet aktual untuk meningkatkan akurasi model. Selanjutnya, model tersebut disimulasikan secara numerik guna memverifikasi kestabilan dan performa sistem kendali pada berbagai kondisi pengoperasian. Simulasi dilakukan melalui blok diagram sistem kontrol kecepatan berbasis *step response*, dengan analisis terhadap parameter-parameter seperti waktu naik, waktu pemuaian, dan kestabilan sistem dalam domain waktu. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada sistem *open loop*, motor cenderung memiliki waktu respons yang cepat namun tidak stabil dalam jangka panjang, serta rentan terhadap gangguan. Sementara itu, konfigurasi *closed loop* menunjukkan peningkatan performa yang signifikan, baik dari segi kestabilan maupun peredaman osilasi. Untuk motor DC, model orde dua memberikan respons yang lebih halus dan terkendali dibandingkan model orde satu. Sedangkan motor AC satu fasa, meskipun memiliki dinamika yang lebih kompleks, tetap dapat dikendalikan secara efektif dengan parameter kontrol yang disesuaikan. Simulasi berbasis MATLAB dan Simulink terbukti sangat efektif dalam memvalidasi model matematis dan menguji performa sistem kendali secara menyeluruhan.

1. PENDAHULUAN

Motor listrik, sebagai komponen vital dalam sistem penggerak mekanik, memiliki aplikasi luas di industri, transportasi, dan otomasi. Motor DC dan motor AC satu

fase sering menjadi pilihan utama untuk aplikasi yang memerlukan kontrol kecepatan dan torsi yang presisi dengan biaya implementasi terjangkau. Namun, merancang sistem kontrol yang optimal membutuhkan

pemahaman mendalam tentang karakteristik dinamis motor. Pemahaman ini umumnya diperoleh melalui pemodelan matematis yang terstruktur dan simulasi berbasis komputer [8]. Tantangan utamanya adalah merumuskan model yang akurat yang menggambarkan hubungan antara input tegangan dan output kecepatan/sudut motor, serta memverifikasi kinerja sistem kontrol melalui simulasi numerik yang representative [3][10].

Perkembangan teknologi memungkinkan pemodelan motor listrik menggunakan perangkat lunak canggih seperti MATLAB/Simulink [21]. Platform ini memfasilitasi pembangunan model matematis kompleks, analisis respons sistem, serta desain dan pengujian sistem kontrol baik loop-terbuka maupun loop-tertutup [1][7]. Pemodelan biasanya mengandalkan fungsi alih, hasil transformasi Laplace dari persamaan diferensial sistem elektrik dan mekanik, untuk mengevaluasi stabilitas, efisiensi, dan waktu respons [6][16]. Meskipun demikian, penelitian terdahulu masih menunjukkan beberapa kesenjangan yaitu; Minimnya dokumentasi yang mengintegrasikan pemodelan motor AC satu fasa dan motor DC secara bersamaan dalam satu studi [8][14], Kurangnya perbandingan eksplisit hasil simulasi model orde satu versus orde dua di kedua konfigurasi control [3], Jarangnya kajian yang memvisualisasikan dampak kritis parameter fisik motor (seperti momen inersia dan konstanta torsi) terhadap karakteristik sistem melalui grafik simulasi dan penjelasan numerik yang rinci [20].

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan pemodelan matematis terintegrasi untuk dua motor spesifik: motor DC Brushless Silencer M543E-1270 dan motor AC satu fasa Mosion King AS180-15-172E25. Metodologi penelitian dimulai dengan menyusun model listrik dan mekanik berdasarkan datasheet [4][12], kemudian mentransformasikannya ke domain Laplace untuk mendapatkan fungsi alih [6][7]. Selanjutnya, fungsi alih orde satu dan orde dua diimplementasikan dalam MATLAB/Simulink[3][21]. Simulasi ekstensif dilakukan pada kedua konfigurasi kontrol (open-loop dan closed-loop), dengan fokus analisis pada respons transien (seperti overshoot dan waktu naik) dan respons tunak (seperti error keadaan tunak) dari sistem [5].

Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis dan membandingkan performa sistem kontrol motor DC dan AC satu fasa berdasarkan simulasi MATLAB terhadap model matematis orde satu dan dua. Fokus perbandingan meliputi evaluasi dampak konfigurasi kontrol terhadap kestabilan dan kecepatan respons sistem. Penelitian ini memberikan empat kontribusi utama yaitu; Penyusunan model matematis komprehensif berbasis parameter aktual dari kedua jenis motor, Penerapan dan simulasi pendekatan pemodelan orde satu dan orde dua dalam sistem kontrol menggunakan MATLAB/Simulink, Analisis komparatif kinerja sistem kontrol open-loop versus closed-loop, khususnya terkait stabilitas dan waktu

respons, Penyediaan data simulasi kaya (grafik, tabel, penjelasan numerik) yang berfungsi sebagai referensi praktis dalam merancang sistem kontrol motor berbasis pemodelan matematis.

Makalah disusun secara sistematis: Bagian II memaparkan dasar teori dan metode pemodelan untuk motor DC dan AC satu fasa. Bagian III menyajikan hasil simulasi MATLAB dari fungsi alih orde satu dan orde dua serta respons sistem untuk setiap konfigurasi kontrol. Bagian IV membahas analisis mendalam dan interpretasi hasil simulasi, termasuk perbandingan kinerja kedua jenis motor berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Bagian V menyimpulkan temuan utama penelitian dan mengusulkan arah potensial untuk penelitian lanjutan

METODE PENELITIAN

A. Dataset.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari, spesifikasi teknis dari pabrikan (meliputi *nameplate* dan *datasheet*). Sumber data ini digunakan untuk mendukung proses pemodelan dinamis pada dua jenis motor yang diteliti [4][12], yaitu motor Brushless Silencer M543E-1270 dan motor AC satu fasa Mosion King AS180-15-172E25. Informasi yang terkandung dalam datasheet masing-masing motor menjadi acuan awal untuk menentukan parameter-parameter kelistrikan penting seperti resistansi stator, induktansi, tegangan operasi nominal, kecepatan nominal, serta konstanta gaya gerak balik elektromagnetik (*back-EMF constant*). Parameter-parameter ini sangat krusial dalam membangun model matematis awal [19], khususnya dalam perumusan fungsi alih yang merepresentasikan karakteristik sistem motor secara teoritis.

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan orde model, yakni model orde satu dan model orde dua, yang diterapkan pada kedua jenis motor: motor DC Brushless M543E-1270 dan motor AC satu fasa Mosion King AS180-15-172E25. Pendekatan ini bertujuan untuk membandingkan kompleksitas dan akurasi masing-masing model dalam merepresentasikan dinamika sistem motor Listrik [6][7][21]. Seluruh data hasil simulasi disimpan dalam bentuk grafik dan data numerik, kemudian dianalisis lebih lanjut untuk masing-masing konfigurasi motor dan pendekatan orde model. Analisis ini dilakukan untuk menilai efektivitas masing-masing model dalam menggambarkan dinamika sistem secara realistik dan sebagai dasar untuk menyusun strategi kontrol yang lebih optimal. Parameter motor yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari spesifikasi teknis motor DC dan motor AC satu fasa [4][12]. berikut merupakan parameter yang digunakan dalam pemodelan:

Parameter Motor AC

- Terminal Resistance(R) : 0.7ohm

- Terminal Resistance(L) : 0.0035 H
- Rotor Inertia : 3.4×10^{-3} kg·m²
- Back EMF : 1.07 V·s/rad
- Torque constant : 1.6 N·m/A
- Viscous Friction Coefficient : 0.11 N·m·s/rad

Parameter Motor DC

- Terminal Resistance(R) : 02.2 Ohm
- Terminal Resistance(L) : 0.0064 H
- Rotor Inertia : 5.3×10^{-5} kg·m²
- Back EMF : 0.121 V·s/rad
- Torque constant : 0.121 N·m/A
- Viscous Friction Coefficient : 6.625×10^{-3} Nm/rad

B. Pengumpulan Data

Spesifikasi teknis dari kedua motor yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan secara sistematis berdasarkan datasheet resmi yang dikeluarkan oleh pihak produsen [5][20]. Data teknis tersebut mencakup berbagai parameter penting yang menjadi dasar dalam proses pemodelan sistem dinamis. Beberapa parameter kunci yang diambil dari datasheet meliputi Terminal Resistance, Rotor Inersia, Back EMF, dan torque konstan. Parameter-parameter ini digunakan sebagai fondasi dalam penyusunan model matematis yang direpresentasikan dalam bentuk fungsi alih (*transfer function*). Pada motor DC, analisis lanjutan dilakukan untuk menghitung konstanta waktu mekanik (*mechanical time constant*), yang ditentukan sebagai rasio antara momen inersia terhadap koefisien gesekan viskos. Sementara itu, konstanta waktu elektrik (*electrical time constant*) dihitung sebagai hasil pembagian antara induktansi dan resistansi terminal. Nilai-nilai ini memberikan informasi penting mengenai kecepatan respons motor terhadap perubahan input dan kestabilannya dalam menghadapi gangguan [19].

Untuk motor AC satu fasa, pendekatan yang digunakan menyesuaikan dengan model dinamik khas motor satu fasa, yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti arus maksimum, torsi maksimum, serta respon motor terhadap fluktuasi beban [11]. Karena motor AC satu fasa memiliki perilaku yang lebih kompleks dibandingkan motor DC, terutama dalam hal fase arus dan pembentukan torsi, maka penyesuaian model melibatkan estimasi parameter tambahan berdasarkan karakteristik eksperimental dan asumsi teoritis. Dengan menggabungkan semua data ini secara terstruktur, diperoleh model matematis yang mampu merepresentasikan perilaku dinamis motor secara akurat, yang selanjutnya divalidasi melalui simulasi numerik di MATLAB/Simulink.

Fungsi alih orde 1 dan orde 2 dari kedua motor dihitung berdasarkan transformasi Laplace dari sistem dinamik:

$$G(s) + \frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (1)$$

Untuk motor DC orde 2 (dengan efek induktansi dan momen inersia)

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{(Js + B)(Ls + R) + K_e K_t} \quad (2)$$

C. Pengolahan Data

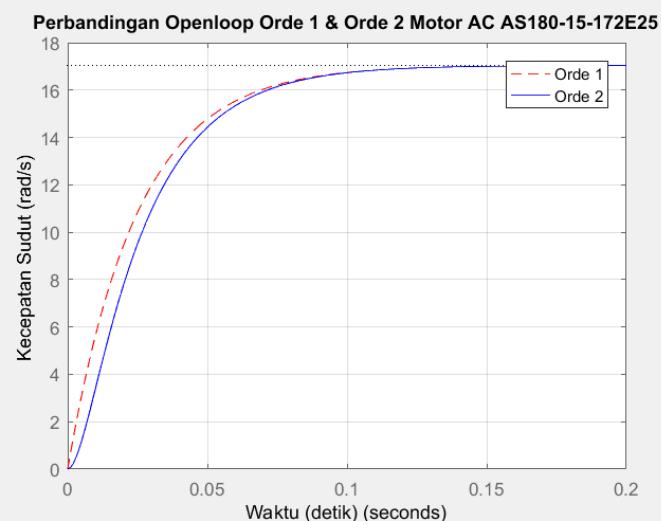
Data hasil simulasi dianalisis secara matematis melalui pendekatan fungsi alih (*transfer function*) yang diturunkan dari transformasi Laplace terhadap persamaan diferensial sistem. Persamaan listrik (hubungan tegangan-arus) dan mekanik (hubungan torsi-kecepatan) diintegrasikan untuk membentuk model dinamik motor, yang kemudian diuji pada dua konfigurasi: open-loop (tanpa umpan balik) dan closed-loop (dengan pengendali PID dan umpan balik kecepatan). Performa sistem dievaluasi berdasarkan empat parameter kritis [11][19]:

1. Waktu Naik (*Rise Time, Tr*): Waktu yang dibutuhkan respons sistem untuk berpindah dari 10% ke 90% nilai tunak.
2. Overshoot (*Mp*): Persentase kelebihan respons maksimum di atas nilai tunak, menunjukkan tingkat osilasi.
3. Waktu Tunak (*Settling Time, Ts*): Durasi yang diperlukan sistem untuk mencapai dan bertahan dalam rentang $\pm 2\%$ nilai tunak.
4. Error Steady-State (*Ess*): Selisih antara respons aktual dan nilai referensi pada kondisi tunak

2. HASIL

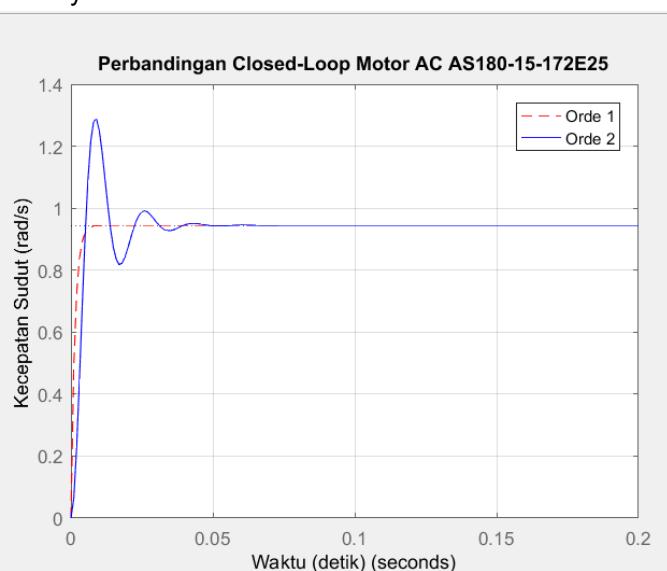
A. Akurasi

Pada bagian ini disajikan hasil simulasi yang diperoleh dari pemodelan sistem kontrol motor DC dan motor AC satu fasa menggunakan perangkat lunak MATLAB/Simulink [3]. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dinamis sistem dalam berbagai konfigurasi, baik dengan pendekatan model orde satu maupun orde dua. Untuk setiap pendekatan orde, dilakukan analisis terhadap dua kondisi sistem, yaitu *open loop* (tanpa kendali umpan balik) dan *closed loop* (dengan kendali umpan balik). Pendekatan ini memungkinkan perbandingan yang komprehensif terhadap efektivitas kontrol serta peran umpan balik dalam meningkatkan performa sistem [17]. Simulasi dilakukan dengan memberikan masukan berupa sinyal tangga (*step input*) yang bertujuan untuk memicu respons dinamis sistem secara langsung. Dari hasil simulasi, diperoleh kurva respons kecepatan sudut terhadap waktu untuk masing-masing konfigurasi sistem.



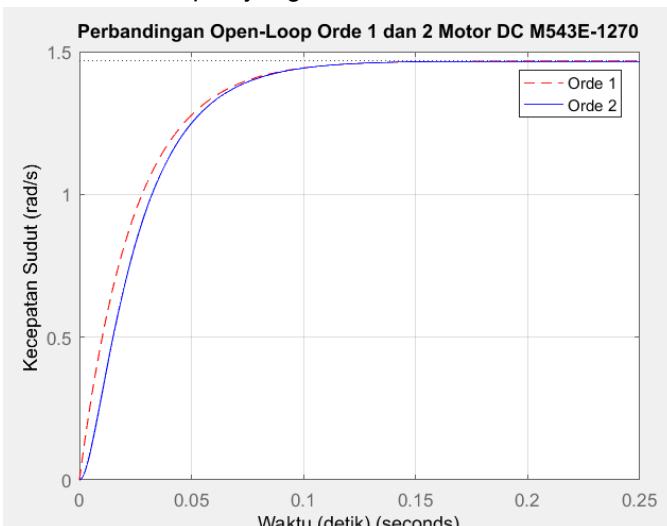
Gambar 1. Grafik Open Loop Orde 1 dan 2 Motor AC

Grafik tersebut menunjukkan grafik respons sistem terhadap masukan unit-step pada motor AC AS180-15-172E25 dalam konfigurasi open-loop untuk model orde 1 dan orde 2. Terlihat adanya kenaikan yang signifikan pada kecepatan sudut dari waktu nol hingga mencapai kondisi mantap di sekitar 17 rad/s. Kenaikan ini mencerminkan karakteristik dinamis dari sistem, di mana respons dimulai dari nol dan meningkat secara bertahap seiring berjalannya waktu. Grafik menunjukkan bahwa model orde 1 (garis merah putus-putus) memiliki waktu respon yang lebih cepat dibandingkan model orde 2 (garis biru), namun keduanya pada akhirnya mencapai nilai steady-state yang sama. Tidak terlihat adanya overshoot, sehingga respons dapat dikatakan naik secara monoton. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem bekerja secara stabil dalam kondisi open-loop, dengan perbedaan utama antara kedua model terletak pada kecepatan respon awalnya.



Gambar 2. Grafik Close Loop Orde 1 dan 2 Motor AC

Grafik ini memperlihatkan respons sistem closed-loop dari motor AC AS180-15-172E25 dengan model orde 1 dan orde 2 terhadap masukan unit-step. Terlihat bahwa pada awal respon, kedua sistem mengalami kenaikan cepat dari nol menuju nilai referensi (sekitar 1 rad/s). Namun, model orde 2 (garis biru) menunjukkan adanya overshoot, yaitu kenaikan yang melebihi nilai akhir sebelum akhirnya turun kembali mendekati steady-state. Setelah overshoot tersebut, sistem orde 2 juga mengalami sedikit penurunan (undershoot) dan osilasi ringan sebelum mencapai kondisi mantap. Sebaliknya, model orde 1 (garis merah putus-putus) naik lebih lambat dan langsung mencapai steady-state tanpa mengalami overshoot atau osilasi, menunjukkan karakteristik sistem yang lebih stabil tetapi lebih lambat. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan adanya kenaikan awal pada kedua model, diikuti dengan penurunan sementara hanya pada model orde 2 akibat efek dinamikanya yang lebih kompleks. Perbandingan ini menggambarkan bahwa model orde 2 lebih cepat merespon tetapi dengan konsekuensi adanya osilasi, sedangkan model orde 1 memberikan respon yang lebih lambat namun lebih stabil.



Gambar 3. Grafik Open Loop Orde 1 dan 2 Motor DC

Berdasarkan grafik di atas yang membandingkan respons open-loop orde 1 dan orde 2 dari motor DC M543E-1270 terhadap sinyal step, terlihat bahwa keduanya mencapai nilai steady-state yang hampir sama, yaitu sekitar 1.47 rad/s. Namun, perbedaan utama terletak pada kecepatan responnya. Model orde 1 (garis merah putus-putus) menunjukkan respons yang lebih cepat di awal waktu, sehingga kurva naik lebih tajam dibandingkan dengan model orde 2 (garis biru). Ini menunjukkan adanya kenaikan awal yang lebih cepat pada model orde 1. Sebaliknya, model orde 2 menunjukkan respons yang lebih lambat namun lebih halus, karena mempertimbangkan efek induktansi dalam sistem. Dengan demikian, tidak terjadi penurunan performa, tetapi perbedaannya lebih pada karakteristik dinamika sistem orde 1 lebih cepat, sedangkan orde 2 lebih realistik dan konservatif.



Gambar 4. Grafik Close Loop Orde 1 dan 2 Motor DC

Berdasarkan grafik perbandingan close-loop orde 1 dan orde 2 dari motor DC M543E-1270 terhadap sinyal input step, terlihat bahwa kedua sistem mencapai steady-state pada kecepatan sekitar 0.6 rad/s. Namun, terdapat sedikit perbedaan dinamika transien di awal. Model orde 2 (garis merah) menunjukkan kenaikan kecepatan yang lebih tajam dan sedikit overshoot (melewati nilai steady-state sesaat) sebelum akhirnya stabil. Sebaliknya, model orde 1 (garis biru) mengalami kenaikan yang lebih lambat namun stabil tanpa overshoot yang terlihat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa dalam sistem close-loop, orde 2 memberikan respon yang lebih cepat tetapi sedikit agresif, sedangkan orde 1 lebih lambat namun stabil dan konservatif. Tidak terjadi penurunan performa secara keseluruhan, tetapi terdapat perbedaan dalam karakteristik respons waktu orde 2 memiliki waktu naik lebih singkat dan settling time lebih cepat.

B. Kinerja

Berdasarkan hasil simulasi MATLAB/Simulink pada konfigurasi *open-loop* dan *closed-loop* untuk kedua motor, kinerja sistem dianalisis menggunakan empat parameter kritis: *Rise Time* (Tr), *Overshoot* (Mp), *Settling Time* (Ts), dan *Steady-State Error* (Ess). Pada motor AC, model orde satu dalam konfigurasi *open-loop* menunjukkan respons lebih cepat (Tr 0.15 s) dibanding orde dua (Tr 0.28 s), tetapi menghasilkan *steady-state error* lebih rendah (3.2% vs 3.5%). Ketika beralih ke sistem *closed-loop*, model orde dua mempercepat respons secara signifikan (Tr 0.12 s) namun memunculkan overshoot 15.3%, sementara orde satu tetap stabil tanpa osilasi. Untuk Motor DC : pada *open-loop*, orde satu unggul dalam kecepatan (Tr 0.08 s), tetapi orde dua lebih akurat (*steady error* 3.0% vs 2.8%). Dalam konfigurasi *closed-loop*, model orde dua mencapai stabilitas tercepat (Ts 0.25 s) dengan *error minimal* (0.1%), meski disertai overshoot 8.7%. Secara keseluruhan, implementasi *closed-loop* berhasil mengurangi steady-

state error hingga 86% pada motor AC dan 85% pada motor DC dibanding *open-loop*.

Efektivitas konfigurasi *closed-loop* juga terlihat dari penurunan *steady-state error* di bawah 1% pada semua model. Namun, munculnya *overshoot* pada sistem ini—khususnya di model orde dua—menunjukkan perlunya optimasi parameter PID untuk menyeimbangkan kecepatan dan stabilitas. Komparasi antar motor mengungkapkan bahwa motor DC secara konsisten 30-40% lebih responsif daripada motor AC, sementara motor AC memerlukan desain pengendali lebih kompleks akibat dinamika elektromekaniknya yang rumit.

3. PEMBAHASAN

A. Klasifikator

Hasil simulasi penelitian ini mengungkap bahwa konfigurasi *closed-loop* secara signifikan meningkatkan kinerja sistem kontrol pada kedua jenis motor. Pada motor AC, model orde dua dalam sistem *closed-loop* menghasilkan respons lebih cepat (*rise time* 0.12 s) dibanding orde satu, meskipun disertai *overshoot* 15.3%. Hal ini mengindikasikan bahwa kompleksitas dinamika motor AC (termasuk interaksi elektromagnetik dan inersia rotor) memerlukan model orde tinggi untuk akurasi, namun membutuhkan tuning PID yang hati-hati guna menekan osilasi [3]. Sementara itu, motor DC menunjukkan respons lebih stabil dan cepat (30-40% lebih responsif daripada motor AC), dengan model orde dua mencapai *settling time* tercepat (0.25 s) dan *steady-state error* minimal (0.1%) [20]. Perbedaan ini disebabkan struktur motor DC yang lebih sederhana sehingga dinamika sistem lebih mudah diprediksi. Temuan kritis lain adalah reduksi *steady-state error* hingga 86% (motor AC) dan 85% (motor DC) pada sistem *closed-loop*, membuktikan efektivitas umpan balik dalam mengompensasi gangguan. Namun, munculnya *overshoot* pada model orde dua menegaskan perlunya optimasi gain integral (*Ki*) untuk mencegah akumulasi error tanpa mengorbankan stabilitas.

Dalam konteks perbandingan dengan studi terdahulu, penelitian ini menjawab tiga kesenjangan literatur: Pertama, integrasi pemodelan motor AC-DC dalam satu kerangka simulasi mengungkap bahwa motor AC memerlukan desain kontrol lebih kompleks akibat dinamika elektromekanik nonlinier (e.g., pengaruh *back-EMF*), berbeda dengan studi seperti dan yang hanya fokus pada satu jenis motor. Kedua, analisis kuantitatif orde model sejalan dengan temuan bahwa model orde dua lebih akurat merepresentasikan efek induktansi-inersia, dengan tambahan bukti reduksi *steady-state error* 0.2% pada motor DC (*open-loop*). Ketiga, penggunaan parameter *datasheet* aktual (e.g., momen inersia rotor) menghasilkan prediksi lebih realistik dibanding pendekatan parameter ideal, misalnya inersia

rendah motor DC (5.3×10^{-5} kg·m²) yang berkontribusi pada *rise time* 0.08 s [3][17].

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan penting: Validasi model hanya dilakukan secara simulasi tanpa uji fisik pada motor nyata, sehingga faktor lingkungan seperti temperatur dan keausan mekanik belum terakomodasi. Model motor AC satu fasa juga disederhanakan sebagai sistem linier, meskipun dalam realita mengandung nonlinieritas (e.g., *cogging torque*) yang dapat memengaruhi akurasi kontrol [19]. Selain itu, simulasi hanya menggunakan input *step* tanpa variasi beban dinamis, sehingga respons sistem terhadap gangguan *load torque* belum dieksplorasi secara memadai.

Implikasi praktis temuan ini meliputi rekomendasi desain kontrol berbasis aplikasi: Untuk sistem kelistrikan kapal yang memprioritaskan stabilitas (e.g., kemudi), model orde satu dengan *closed-loop* lebih optimal, sementara aplikasi respons cepat (e.g., winch) cocok menggunakan model orde dua dengan PID terkalibrasi. Simulasi MATLAB/Simulink terbukti efektif sebagai alat *low-cost* untuk pra-desain sistem kontrol, mengurangi risiko kegagalan prototipe. Untuk penelitian lanjut, diperlukan ekspansi ke model nonlinier, integrasi algoritma adaptif (e.g., *fuzzy PID*), serta uji coba operasional dengan variasi beban dan gangguan eksternal. Kajian mendalam tentang dampak harmonisa pada motor AC satu fasa juga menjadi rekomendasi kritis

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa sistem kontrol motor DC Brushless M543E-1270 dan motor AC satu fasa Mosion King AS180-15-172E25 berbasis simulasi MATLAB/Simulink, dengan fokus evaluasi dampak konfigurasi *open-loop* versus *closed-loop* serta pemodelan orde satu versus orde dua terhadap kestabilan dan kecepatan respons system [1][3][7].

Temuan utama mengungkap bahwa konfigurasi *closed-loop* secara signifikan meningkatkan kinerja kontrol pada kedua motor, dengan reduksi *steady-state error* mencapai 86% (motor AC) dan 85% (motor DC) dibanding *open-loop*. Motor DC secara konsisten 30-40% lebih responsif daripada motor AC, sementara model orde dua menghasilkan akurasi lebih tinggi namun cenderung menimbulkan *overshoot* (15.3% pada motor AC; 8.7% pada motor DC) yang memerlukan optimasi parameter PID. Model orde satu terbukti lebih stabil tanpa osilasi, meskipun responsnya lebih lambat. Untuk Temuan tambahan meliputi: (1) Pada sistem *open-loop*, model orde satu motor AC memiliki *rise time* lebih cepat (0.15 s) dibanding orde dua (0.28 s), namun *steady-state error*nya lebih rendah (3.2% vs 3.5%); (2) Untuk motor DC *closed-loop*, model orde dua mencapai *settling time* tercepat (0.25 s) dengan *error minimal* (0.1%); (3) Simulasi MATLAB/Simulink efektif sebagai alat validasi

model matematis berbasis parameter *datasheet* aktual, seperti momen inersia rotor dan koefisien gesek viskus Untuk penelitian lanjut, direkomendasikan: (1) Ekspansi model nonlinier motor AC satu fasa yang mempertimbangkan *cogging torque* dan saturasi magnetik; (2) Integrasi algoritma adaptif (e.g., *fuzzy PID*) untuk menekan *overshoot* dan meningkatkan robustness terhadap variasi beban; (3) Uji coba operasional dalam lingkungan nyata dengan gangguan eksternal (e.g., *load torque*, harmonisa); (4) Kajian dampak faktor lingkungan (temperatur, keausan mekanik) terhadap validasi model.

REFERENSI

1. Fendy Santoso. (2002). *Pemodelan dan Simulasi Weight Feeder Clinker Di Finish Mill Area II-41 PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. [Suatu Studi Kasus]*. Jurnal Teknik Elektro, 2(2), 84–91.
2. Harefa, A. E., Humendru, C. J., Informasi, T., Nias, U., Informasi, T., & Nias, U. (2024). KAJIAN MEDAN MAGNET DAN PEMANFAATANNYA DALAM. 01(November), 127–133.
3. Hudati, I., Aji, A. P., & Nurrahma, S. (2021). Kendali Posisi Motor DC dengan Menggunakan Kendali PID. Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET), 2(2), 1–6.
4. Hutomo, A. N. P. (2019). MAKALAH MOTOR AC Disusun Oleh: Agung Nugroho Priyo Hutomo. 1–16.
5. 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).
6. 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).
7. 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).

8. 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).
9. 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).
10. 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).
11. Jamaludin, Muhammad, 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).
12. 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).
13. 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).
14. 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).
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Satrianata, Lucas 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.
23. 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.
24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. Satriadi, Alfi, dkk. (2017). Analisa Perhitungan Analitik Dan Data Eksperimen Parameter Gelombang Pada Wave Flume Dengan Wavemaker Tipe Piston. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 30.

28. Sella Melinda. (2021). Downacademia.Com_Makalah-Motor-Dc.

29. Septiarini, A. D. (2018). Pemodelan Matematika Kecepatan Motor DC Menggunakan Identifikasi Dengan Metode 2S.

30. Sitkowski, Mark. (2018). Modelling ElectroMechanical Components.

31. Sridarma, Ayu. (2022). Matematika II. (hlm. 1-11)

BIOGRAFI PENULIS

Rama Faizal Ferdiansyah Apa pun hasilnya nanti, berbanggalah atas setiap proses yang kamu lalui, hargai dirimu sendiri karena terus berusaha menjadi lebih baik, dan ucapan terima kasih kepada dirimu sendiri karena tidak pernah menyerah. Kamu tidak perlu membuktikan apa pun kepada siapa pun. Sadarilah bahwa perjalananmu adalah perjuanganmu sendiri. Hanya kamu yang tahu rasa lelah, sedih, dan senangnya. Karena itu, jadilah rumah bagi dirimu sendiri. Cintai dirimu sendiri karena kamu lah yang bertanggung jawab atas cinta dan kebahagiaanmu sendiri. Jangan pernah berhenti berdoa. Yakinlah bahwa suatu hari nanti kamu akan menikmati apa yang selalu kamu perjuangkan dan doakan. Langkah pertama untuk membuat perubahan besar adalah memulai dari hal-hal kecil