



# Perancangan Sistem Kendali Motor DC dengan Fuzzy Menggunakan Matlab

Bagus Dharmawan Hadi <sup>1</sup>, Rahajeng Kurnianingtyas <sup>2</sup>

<sup>12</sup> Politeknik Negeri Indramayu, Jl. Raya Lohbener Lama No. 08 Indramayu 45252, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL	A B S T R A K
Received: Januari 26, 25 Revised: March 11, 25 Available online: Sept 27, 25	<p>Penelitian ini mengkaji penerapan Fuzzy Logic Controller (FLC) untuk optimalisasi kinerja motor Arus Searah (DC). Motor DC menawarkan keunggulan seperti torsi start yang tinggi dan kemudahan perawatan, membuatnya cocok untuk menggantikan mesin berbahan bakar minyak yang berkontribusi terhadap polusi dan pemanasan global. Transisi ke kendaraan listrik didukung oleh kemajuan teknologi baterai, yang menyediakan listrik DC yang andal. Aspek penting dalam menggunakan motor DC pada kendaraan adalah kontrol kecepatan, yang penting untuk optimalisasi kinerja. Metode kontrol tradisional seperti pengontrol PID menghadapi tantangan dengan sistem yang kompleks dan nonlinier. FLC memberikan alternatif dengan menggunakan aturan fuzzy untuk pengambilan keputusan, meningkatkan stabilitas, akurasi, dan respons dinamis dalam berbagai kondisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter kontrol yang optimal untuk motor DC dengan menggunakan FLC. Simulasi yang dilakukan di Simulink Matlab menunjukkan bahwa FLC memungkinkan sistem mencapai titik setel yang diinginkan dengan overshoot minimal dan waktu penyelesaian yang cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rise time sekitar 1,05 detik dan settling time sekitar 1,1 detik</p> <p>Kata kunci— motor DC, nilai optimal, Fuzzy Logic Controller, Simulink</p>
CORRESPONDENCE	A B S T R A C T
E-mail: <sup>1</sup> bagusdharmawanhadi@polindra.ac.id	<p>This study investigates the application of a Fuzzy Logic Controller (FLC) for optimizing the performance of Direct Current (DC) motors. DC motors offer advantages such as high starting torque and ease of maintenance, making them suitable for replacing petroleum-fueled engines that contribute to pollution and global warming. The transition to electric vehicles is supported by advancements in battery technology, which provides reliable DC electricity. A crucial aspect of using DC motors in vehicles is speed control, which is essential for performance optimization. Traditional control methods like PID controllers face challenges with complex and nonlinear systems. FLC provides an alternative by employing fuzzy rules for decision-making, improving stability, accuracy, and dynamic response under varying conditions. This research aims to determine the optimal control parameters for DC motors using FLC. Simulations conducted in Simulink Matlab demonstrate that the FLC enables the system to reach the desired set point with minimal overshoot and a rapid settling time. The result shows that rise time is around 1.05 seconds and settling time approximately 1.1 seconds.</p> <p>Keywords— DC motor, Optimal value, Fuzzy Logic Controller, Simulink</p>

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, perkembangan transportasi seperti motor, mobil, bus mulai beralih dari yang dulunya menggunakan energi minyak bumi sebagai bahan bakar utama menjadi energi listrik dari sebuah motor. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar minyak bumi yang berkontribusi lebih banyak dalam emisi gas buang yang dapat menyebabkan polusi dan pemanasan global [1]. Dari isu yang mulai meresahkan ini, pergantian transportasi berbahan minyak menjadi energi listrik mulai digiatkan oleh pemerintah [2, 3]. Wacana ini juga didukung dengan adanya teknologi baterai yang lebih baik sebagai tempat penyimpanan energi listrik [4]. Dengan teknologi baterai yang mendukung sebagai penyedia listrik DC, maka

penggunaan motor DC sebagai penggerak utama dari kendaraan listrik, menggantikan kendaraan konvensional.

Kemudian, motor DC membutuhkan sistem kendali yang dapat menjaga performa motor DC tetap optimal[5]. Sistem kendali sudah banyak diterapkan pada industri maupun non-industri. Sistem pengendalian motor yang sering digunakan adalah sistem kendali PID [6] [7]. Sistem kendali PID ini memiliki kelemahan sehingga biasanya sistem kendali ini dikombinasikan dengan pengendali lain LQR-PID [8]. Namun, LQR-PID ini tetap memiliki kelemahan yaitu rentan terhadap gangguan dan respon yang cenderung kaku. Sistem kendali lain yang dapat mengendalikan kecepatan motor DC adalah sistem kendali Fuzzy. Sistem kendali Fuzzy memiliki kelebihan yaitu lebih fleksibel untuk diterapkan pada motor

DC dengan karakteristik yang kompleks atau nonlinier dan memberikan respon kontrol yang lebih halus [9] [10].

Dalam perancangan sistem pengendalian ini dibutuhkan perangkat lunak yang dapat melakukan simulasi kendali kecepatan motor DC menggunakan Fuzzy Logic Controller yaitu Simulink Matlab. Hal ini berguna untuk mengetahui respon sistem motor DC untuk mengikuti nilai yang ditentukan (*set point*) sehingga diperoleh nilai unjuk kerja yang optimal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

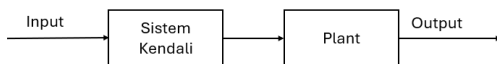
### A. Motor DC

Motor DC adalah salah satu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau kinetik. Motor DC ini disuplai dari arus listrik searah seperti baterai berkapasitas besar seperti aki atau dengan mengubah arus listrik AC dari listrik PLN menjadi arus listrik DC. Keuntungan dari motor DC adalah perawatan yang lebih mudah dan nilai torsi awal yang cukup besar serta mudah untuk dikendalikan [11]. Dari nilai lebih ini yang menyebabkan motor DC banyak digunakan terutama pada bagian industri. Beberapa komponen dari motor DC adalah stator, rotor, kumparan rotor (*armature*) dan sikat (*brush*) [12]. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan (*armature*) maka akan terjadi medan magnet yang berinteraksi dengan medan magnet pada stator. Hasil yang diberikan dari interaksi ini adalah gaya Lorentz yang membuat kumparan rotor berputar. Putaran rotor ini yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan alat atau beban lainnya.

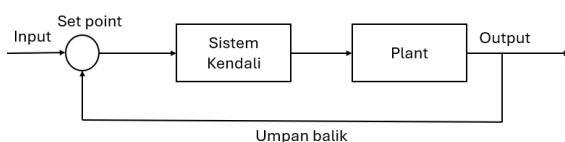
### B. Sistem Kendali

Sistem kendali adalah sebuah mekanisme yang dirancang oleh manusia untuk mengatur atau mengarahkan sistem untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam kehidupan sehari-hari, sistem kendali banyak digunakan pada berbagai perangkat elektronik, mesin, dan proses industri untuk memastikan bahwa suatu proses berjalan sesuai dengan keinginan [13]. Sistem kendali memungkinkan manusia untuk mengotomatisasi berbagai tugas yang sebelumnya memerlukan pengawasan manual, sehingga meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keandalan. Pada dasarnya, sistem kendali bekerja sesuai dengan nilai masukan (input), memproses nilai tersebut, dan menghasilkan nilai keluaran (output) yang sesuai [14].

Open-Loop System



Close-Loop System

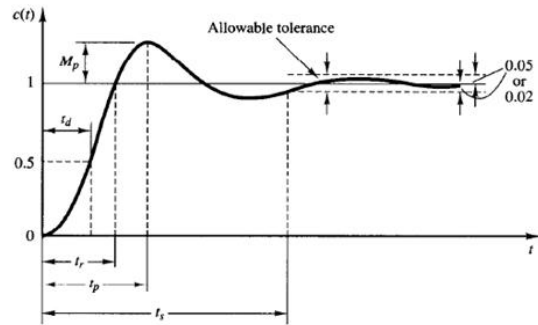


Gambar 1. Open-Loop System dan Close-Loop System

Seperti yang kita ketahui, sistem kendali dibagi menjadi dua yaitu sistem kendali terbuka dan sistem kendali tertutup. Gambar 1 menunjukkan sistem kendali terbuka dan sistem kendali tertutup. Pada sistem kendali terbuka (*open-loop*

*system*), sistem hanya dipengaruhi oleh nilai masukan (*set point*) yang diberikan. Sedangkan pada sistem kendali tertutup (*close-loop system*) terdapat umpan balik yang kembali ke input sebagai nilai koreksi.

Tujuan utama dari sistem pengendalian secara umum adalah untuk mendapatkan nilai yang optimal dari respon sistem yang diberikan dengan menggunakan sistem pengendali. Secara umum, karakteristik respon sistem dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik Sistem Orde Dua

Terdapat beberapa karakteristik pada sistem orde dua seperti waktu tunda (*delay time*), waktu naik (*rise time*), waktu puncak (*peak time*), waktu tunak (*settling time*) dan *error steady state*.

### C. Fuzzy Logic

Logika Fuzzy adalah sebuah metode berdasarkan pada logika-logika manusia yang digunakan untuk menangani data yang tidak pasti atau tidak jelas [15]. Hal ini berbeda dengan biner yang memiliki nilai angka 0 dan 1 yang bersifat absolut menilai benar dan salah, logika fuzzy bekerja dengan data yang bersifat ambigu atau tidak presisi sehingga keputusannya tidak hanya berada pada benar atau salah tetapi juga di antaranya. Tahapan pada sistem fuzzy adalah sebagai berikut,

- Fuzzifikasi**  
Pada tahap ini proses mengubah data input menjadi bentuk fuzzy dengan derajat keanggotaan tertentu.
- Inferensi Fuzzy**  
Tahap ini terjadi proses pengambilan keputusan berdasarkan aturan fuzzy (IF – THEN) yang telah ditentukan.
- Defuzzifikasi**  
Proses mengubah keluaran dari fuzzy menjadi bilangan numerik kembali sehingga dapat digunakan untuk melakukan kontrol pada sistem.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Model dari motor DC

Berdasarkan data dari penelitian yang dilakukan, pemodelan dari motor DC yaitu MS150DC servo modular dapat dituliskan dalam bentuk matriks ruang keadaan (*state space*) sebagai berikut.

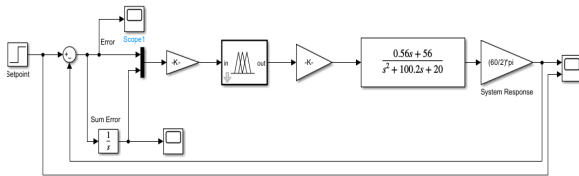
$$\begin{bmatrix} \dot{\omega} \\ \dot{i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1/\tau_{\omega} & 0 \\ 0 & -1/\tau_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{\omega}/\tau_{\omega} \\ K_i/\tau_i \end{bmatrix} V \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega} \\ \dot{i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1/5 & 0 \\ 0 & -1/0.01 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2.8/5 \\ 0.99/0.01 \end{bmatrix} V \quad (6)$$

Pada model motor DC yang telah diperoleh pada persamaan 6, maka selanjutnya adalah melakukan konversi dari persamaan ruang keadaan ke dalam fungsi transfer. Setelah dikonversi maka akan diperoleh fungsi transfer dalam bentuk numerator dan denominator.

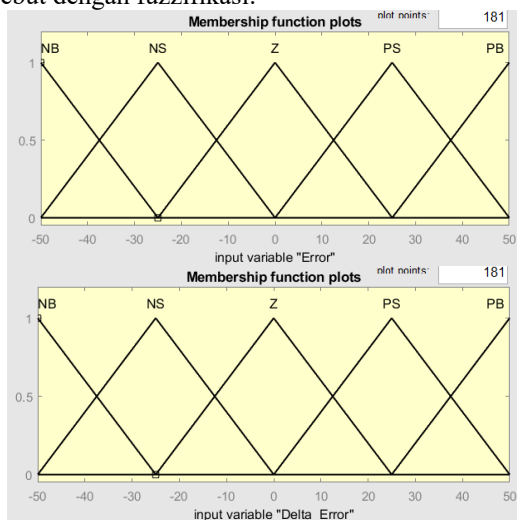
#### B. Perancangan Sistem Fuzzy Logic Controller (FLC)

Perancangan sistem Fuzzy dilakukan dengan menggunakan bantuan program Simulink Matlab. Kemudian perancangan pada Simulink adalah sebagai berikut



Gambar 3. Sistem kendali dengan Fuzzy Logic Controller

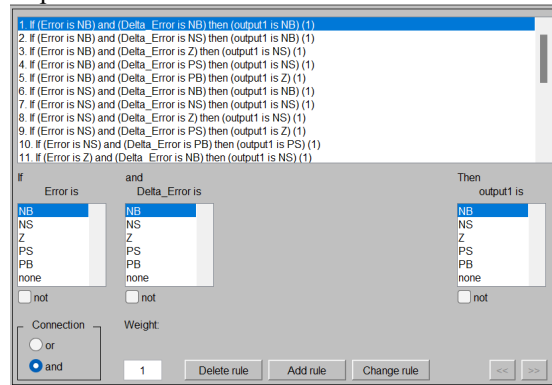
Sinyal step diberikan sebagai nilai masukan dan nilai yang keluar dari plant akan kembali ke set point sebagai koreksi. Selanjutnya nilai tersebut akan disebut sebagai error dan delta error yang akan diproses oleh sistem kendali Fuzzy. Di dalam *Fuzzy Logic Controller* (FLC), nilai error dan delta error akan diproses menjadi nilai Fuzzy atau yang disebut dengan fuzzifikasi.



Gambar 4. Membership function pada variabel error dan delta error

Nilai fungsi keanggotaan terdiri dari negatif besar (NB), negatif kecil (NS), nol (Z), positif kecil (PS) dan positif besar (PB). Setelah dilakukan pengaturan fungsi keanggotaan pada variabel error dan delta error, maka selanjutnya adalah penetapan aturan-aturan (IF-THEN). Aturan-aturan tersebut menentukan keputusan apa yang akan diambil untuk menghasilkan nilai output pengendali.

Nilai keluaran dari pengendali ini yang akan mempengaruhi nilai keluaran dari plant yang dikendalikan untuk mencapai nilai optimal.

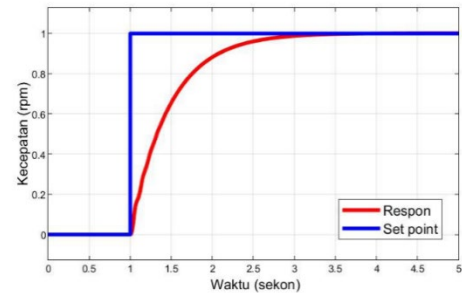


Gambar 5. Penetapan aturan fuzzy (IF – THEN)

Setelah aturan fuzzy dibuat, maka proses selanjutnya adalah defuzzifikasi. Pada proses ini bilangan fuzzy diubah kembali menjadi bilangan numerik pada nilai output pada pengendali dengan tujuan untuk mengendalikan plant dalam studi ini adalah motor DC agar sesuai dengan nilai set point yang diinginkan.

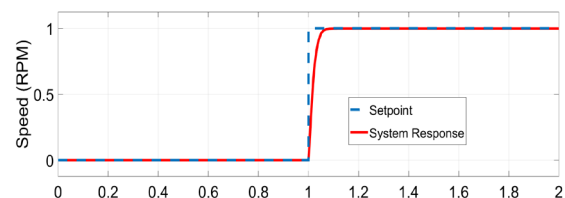
#### IV. ANALISIS DATA

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, sistem kendali dengan menggunakan model motor DC yang sama yaitu sistem kendali menggunakan LQR-PID.



Gambar 6. Sistem respon dengan LQR-PID[16]

Pada gambar 6 dapat terlihat respon yang diperoleh motor DC dengan sistem kendali LQR-PID. Hasil menunjukkan bahwa sistem mendekati set point namun membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama yaitu dengan settling time sebesar 2 detik.



Gambar 7. Grafik respon motor DC dengan sistem kendali FLC

Pada sistem kendali menggunakan Fuzzy dapat terlihat bahwa sistem dapat mendekati nilai set point lebih cepat. Nilai yang dibutuhkan sistem untuk mencapai *set point* (rise time) adalah sebesar 1,05 detik dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai keadaan stabil (*settling time*) atau memasuki *steady state* adalah sekitar 1,1 detik.

## V. PENUTUP

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, terdapat perbedaan motor DC yang dikendalikan dengan LQR-PID dan logika fuzzy. Pada sistem motor DC yang dikendalikan dengan LQR-PID memiliki waktu sebesar 2 detik untuk mencapai nilai yang diinginkan, sedangkan pada sistem motor DC yang dikendalikan dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) memiliki waktu yang lebih cepat yaitu sekitar 1,05 detik untuk mencapai set point dan waktu untuk mencapai kestabilan sekitar 1,1 detik. Hal ini disebabkan karena Fuzzy dengan aturan-aturan yang sesuai dapat memperoleh nilai unjuk kerja yang optimal. Semakin banyak aturan yang dibuat maka hasil yang diperoleh semakin bagus namun hal tersebut akan menjadi lebih kompleks.

## REFERENSI

- [1] A. Kurnia and S. Sudarti, "Efek Rumah Kaca Oleh Kendaraan Bermotor," *Gravitasi*, vol. 4, no. 02, pp. 1-9, 2021.
- [2] M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, and K. Ebrahimi, *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. CRC press, 2018.
- [3] E. Liun, "Dampak Peralihan Massal Transportasi Jalan Raya Ke Mobil Listrik," *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 19, no. 2, pp. 113-122, 2018.
- [4] M. A. Hannan, M. M. Hoque, A. Hussain, Y. Yusof, and P. J. Ker, "State-of-the-Art and Energy Management System of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicle Applications: Issues and Recommendations," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19362-19378, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2817655.
- [5] N. S. Nise, *Control systems engineering*. John Wiley & Sons, 2020.
- [6] S. K. Suman and V. K. Giri, "Speed control of DC motor using optimization techniques based PID Controller," in *2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH)*, 2016: IEEE, pp. 581-587.
- [7] A. Ma'arif, R. ISTIARNO, and S. SUNARDI, "Kontrol proporsional integral derivatif (pid) pada kecepatan sudut motor dc dengan pemodelan identifikasi sistem dan tuning," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, p. 374, 2021.
- [8] L. A. Alwal, P. K. Kihato, and S. I. Kamau, "DC Servomotor-based Antenna Positioning Control System Design using PID and LQR Controller," in *Proceedings of the Sustainable Research and Innovation Conference*, 2022, pp. 30-35.
- [9] Y. A. Almatheel and A. Abdelrahman, "Speed control of DC motor using Fuzzy Logic Controller," in *2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, 16-18 Jan. 2017 2017, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICCCCEE.2017.7867673.
- [10] M. A. Ardiansyah, R. Rakhmawati, H. E. H. Suharyanto, and E. Purwanto, "Evaluasi performa fuzzy logic controller untuk mengatur kecepatan motor dc penguatan terpisah," *Energi & Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 100-110, 2020.
- [11] A. W. Ibrahim, T. W. Widodo, and T. W. Supardi, "Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC," *IJEIS*, vol. 6, no. 1, pp. 93-104, 2016.
- [12] M. N. Yuski, W. Hadi, and A. Saleh, "Rancang Bangun Jangkar Motor DC," *Yuski et al*, vol. 2, pp. 98-103, 2017.
- [13] K. A. Roni and C. Cekdin, *Sistem Kendali Proses Industri*. Penerbit Andi, 2020.
- [14] D. Setiawan, "Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 15, no. 1, pp. 7-14, 2017.
- [15] A. K. Rajagiri, S. Rani, and S. S. Nawaz, "Speed control of DC motor using fuzzy logic controller by PCI 6221 with MATLAB," in *E3S Web of Conferences*, 2019, vol. 87: EDP Sciences, p. 01004.
- [16] R. Kurnianingtyas, "PERANCANGAN MOTOR DC DENGAN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC REGULATOR MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB," *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 128-133, 2024.