

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY PID UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR BLDC PADA PENGGERAK SEPEDA LISTRIK

Badriawan¹, Rizana Fauzi², Martdiansyah³, Aidynal Mustari⁴, Mery Subito⁵, Tan Suryani⁶,

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako^{1,2,3}

Email : badriawan.f44119070@gmail.com¹

ABSTRACT

The development of electric vehicle technology, particularly electric bicycles, requires a speed control system that is stable, responsive, and accurate in order to improve comfort and operational efficiency. The Brushless Direct Current (BLDC) motor is widely used as the driving system of electric bicycles due to its high efficiency, high starting torque, and long service life. However, conventional speed control methods still have limitations in maintaining stability under system variations. This study aims to implement a Fuzzy-PID algorithm for speed control of a 500Watt, 48 Volt BLDC motor based on the ARM STM32F412 microcontroller. The Fuzzy method is employed to adaptively adjust the PID parameters (K_p , K_i , and K_d) based on the error and delta error values, thereby improving the performance of the PID controller. Testing was conducted at several reference speed variations, namely 221 RPM, 265 RPM, 307 RPM, 352 RPM, 398 RPM, and 440 RPM, without load variations. The experimental results show that the Fuzzy-PID control system provides a more stable response compared to the conventional PID without Fuzzy logic, characterized by smaller overshoot, faster settling time, and lower steady-state error. Consequently, the motor speed can be maintained closer to the desired setpoint.

Keywords: BLDC Motor, Fuzzy-PID, Speed Control, Electric Bicycle, STM32F412

INTISARI

Perkembangan teknologi kendaraan listrik, khususnya sepeda listrik, menuntut sistem pengendalian kecepatan yang stabil, responsif, dan akurat agar kenyamanan serta efisiensi penggunaan dapat meningkat. Motor Brushless Direct Current (BLDC) banyak digunakan sebagai penggerak sepeda listrik karena memiliki efisiensi tinggi, torsi awal besar, dan umur pakai yang panjang, namun pengendalian kecepatan secara konvensional masih memiliki keterbatasan dalam menjaga kestabilan terhadap perubahan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Fuzzy-PID dalam pengaturan kecepatan motor BLDC 500Watt 48 Volt berbasis mikrokontroler ARM STM32F412. Metode Fuzzy digunakan untuk menyesuaikan parameter K_p , K_i , dan K_d secara adaptif berdasarkan nilai error dan delta error sehingga mampu meningkatkan kinerja kontrol PID. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi kecepatan referensi yaitu 221 RPM, 265 RPM, 307 RPM, 352 RPM, 398 RPM, dan 440 RPM tanpa variasi pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali Fuzzy-PID mampu memberikan respon yang lebih stabil dibandingkan tanpa Fuzzy-PID, dengan nilai overshoot yang lebih kecil, waktu tunak yang lebih cepat, serta error steady-state yang rendah sehingga kecepatan motor dapat dipertahankan mendekati nilai setpoint yang diinginkan.

Kata kunci: Motor BLDC, Fuzzy-PID, Kendali Kecepatan, Sepeda Listrik, STM32F412

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi sepeda listrik terus berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan mobilitas yang efisien dan berkelanjutan. Hingga saat ini masih banyak sekali riset yang dilakukan dalam rangka pengembangan kendaraan Listrik, salah satunya adalah sepeda Listrik (Rakhmawati, dkk., 2019). Jenis motor listrik yang banyak digunakan sebagai penggerak kendaraan listrik adalah motor BLDC (Tibor dkk., 2011). Menurut penelitian sebelumnya (Astuti & Masdi, 2022) yang berjudul “system kendali motor BLDC menggunakan PWM berbasis mikrokontroler arduino uno” penelitian dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi tanpa beban dan pengujian dengan beban. Pengujian motor BLDC dalam keadaan tanpa beban dilakukan dengan cara memberikan nilai set poin PWM dan tegangan input bervariasi dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai set poin PWM maka nilai rpm motor akan semakin tinggi atau kecepatan bertambah dengan nilai tegangan yang sama. Kemudian Pengujian motor BLDC dalam keadaan berbeban menunjukkan bahwa, arus pada saat berbeban meningkat dikarenakan adanya beban pada motor yang menyebabkan kecepatan putar motor berkurang.

II. LANDASAN TEORI

A. Motor BLDC

Motor BLDC adalah motor listrik *Synchronous AC* 3 fasa yang mempunyai dua bagian, yaitu stator dan rotor. Rotor adalah bagian yang bergerak, tersusun dari magnet permanen sedangkan stator adalah bagian yang diam dan terbuat dari kumparan 3 fasa. Motor BLDC merupakan motor sinkron magnet permanen yang disuplai oleh sumber listrik DC untuk kontrolnya, dan untuk menggerakkan bagian rotor motor di suplai oleh sumber listrik AC tiga fasa. Pada motor BLDC, kumparan stator dililitkan secara

trapesium, dan EMF balik yang dihasilkan memiliki bentuk gelombang trapesium. Karena bentuk gelombang trapesiumnya, arus searah diperlukan untuk mendapatkan performa terbaik dari motor BLDC. Sebaliknya, motor AC sinkron dililitkan secara sinusoidal dan menghasilkan EMF balik sinusoidal, sehingga memerlukan arus penggerak sinusoidal untuk mencapai performa terbaik. [1].

B. Kontruksi Motor BLDC

Setiap motor BLDC memiliki dua bagian utama yaitu rotor dan stator.

1. Rotor

Rotor adalah bagian motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator, dimana pada motor DC *brushless* bagian rotornya berbeda dengan rotor pada motor DC konvensional yang hanya tersusun dari satu buah electromagnet yang berada diantara *brushes* (sikat) yang terhubung pada dua buah motor hingga delapan kutub magnet permanen berbentuk persegi panjang yang saling direkatkan menggunakan semacam “epoxy” dan tidak ada *brushes*-nya. Rotor dibuat dari magnet tetap dan dapat didesain dari dua sampai delapan kutub Magnet Utara (N) atau Selatan (S). Material magnetis yang bagus sangat diperlukan untuk mendapatkan kerapatan mean magnet yang bagus. Rotor dibuat dari magnet tetap dan dapat desain dari dua sampai delapan kutub Magnet Utara (N) atau Selatan (S). Material magnetis yang bagus sangat diperlukan untuk mendapatkan kerapatan mean magnet yang bagus.

2. Stator

Stator adalah bagian pada motor yang diam/statis dimana fungsinya adalah sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Pada motor DC *brushless* statornya terdiri dari 12 lilitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana

stator pada motor DC *brushless* terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol sedangkan pada motor DC konvensional statornya terdiri dari dua buah kutub magnet [2]

C. Prinsip Kerja Motor BLDC

Prinsip kerja motor BLDC adalah gaya tarik menarik antara magnet permanen pada rotor dan elektromagnet pada stator, saat suatu kutub akan saling tolak menolak dengan kutub yang sejenisnya begitupun sebaliknya akan saling tarik menarik jika magnetnya berlawanan kutub (Fairuzza 2016). Singkatnya, motor BLDC menggunakan magnet permanen pada rotor dan kumparan stator dengan kontroler elektronik untuk mengalirkan arus secara bergantian, menghasilkan rotasi tanpa sikat mekanis [3].

D. Kontrol Kecepatan Motor BLDC

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator ke kumparan rotor. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis – garis fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator [4].

E. Sistem Kendali PID

Kontroler Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan metode kendali

klasik yang banyak digunakan dalam sistem industri karena sederhana dan efektif [5].

F. Logika Fuzzy

Konsep logika fuzzy diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Berbeda dengan logika klasik yang bersifat biner (0 atau 1), logika fuzzy menggunakan derajat keanggotaan dalam rentang $[0,1]$. [6].

5.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy didefinisikan sebagai pasangan elemen dan fungsi keanggotaan:

$$F = \{(X, \mu_F(X)) | x \in X\}$$

5.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan yang umum digunakan:

- Linear naik
- Linear turun
- Segitiga
- Trapesium

5.3 Sistem Kendali Fuzzy

Sistem kendali fuzzy terdiri dari empat tahap utama:

1. **Fuzzifikasi** – Mengubah input crisp menjadi nilai fuzzy
2. **Basis Aturan (Rule Base)** – Aturan IF-THEN
3. **Inferensi Fuzzy** – Proses pengambilan keputusan
4. **Defuzzifikasi** – Mengubah output fuzzy menjadi nilai crisp

Metode inferensi yang umum digunakan adalah metode Mamdani (Max-Min)

G. Fuzzy-PID Controller

Kontroler Fuzzy-PID merupakan kombinasi antara kontrol PID dan logika fuzzy. Pada metode ini, logika fuzzy

digunakan untuk menyesuaikan parameter K_p , K_i , dan K_d secara adaptif berdasarkan nilai:

- Error (e)
- Perubahan error (Δe)

Struktur ini memungkinkan parameter PID berubah secara real-time mengikuti dinamika sistem.

Keunggulan Fuzzy-PID dibandingkan PID konvensional:

- Lebih adaptif terhadap perubahan beban
- Mampu menangani sistem nonlinier
- Mengurangi overshoot
- Mempercepat waktu tunak (settling time)
- Memperkecil error steady-state

Pendekatan ini sangat sesuai untuk pengendalian kecepatan motor BLDC pada sepeda listrik, dimana sistem memiliki karakteristik nonlinier dan beban yang dapat berubah-ubah [7].

H. Mikrokontroler STM32F412

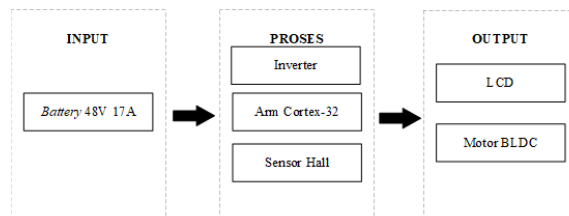
Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler STM32F412 berbasis ARM Cortex-M4. Mikrokontroler ini memiliki:

- Arsitektur 32-bit
- FPU (Floating Point Unit)
- Dukungan DSP
- Timer PWM resolusi tinggi
- Antarmuka komunikasi UART, SPI, I2C

Kemampuan tersebut memungkinkan implementasi algoritma Fuzzy-PID secara real-time untuk pengendalian motor BLDC.

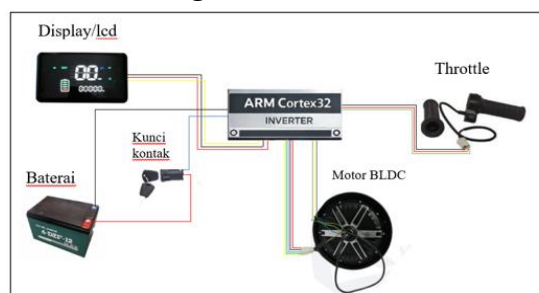
III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok



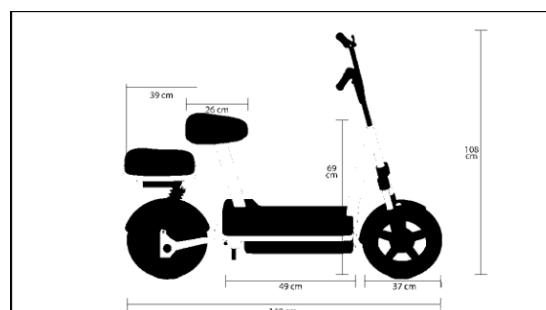
Gambar 3.1 Diagram Blok

B. Skema Rangkaian Alat

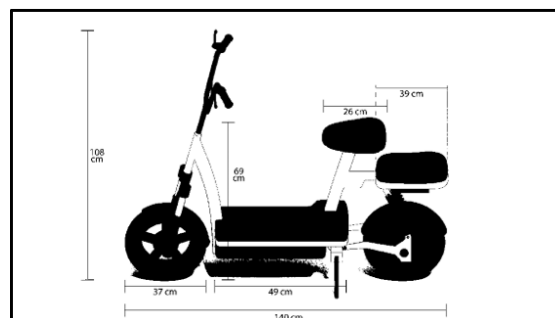


Gambar 3.2 Skema Rangkaian Alat

C. Desain Alat

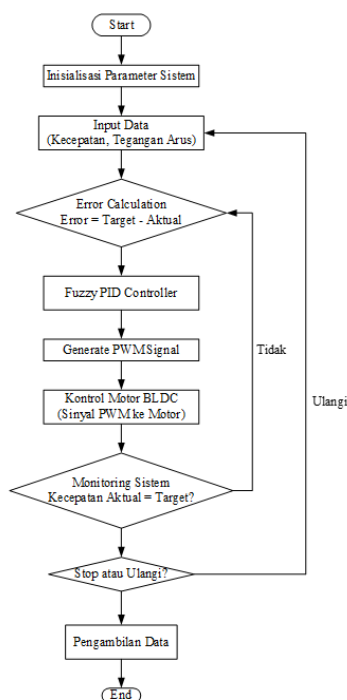


Gambar 3.3 Tampak kanan



Gambar 3.4 Tampak Kiri

D. Diagram Alir Alat



Gambar 3.4 Diagram Alir Alat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Fisik Alat



Gambar 4.1 Bentuk Fisik Alat

B. Pengujian Sensor Speedometer dan Alat Ukur Tachometer

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian sensor Speedometer

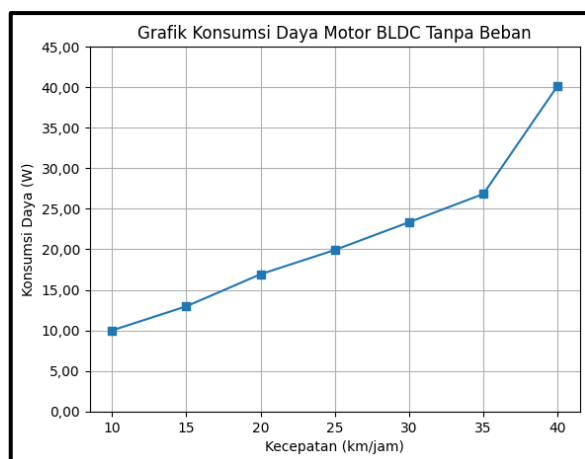
NO	Tachometer (RPM)	Speedometer (RPM)	Error (%)
1.	395	221	0,44
2.	480	265	0,44
3.	558	307	0,44
4.	652	352	0,79
5.	819	398	0,57
6.	824	440	0,51
7.	845	485	0,47
8.	951	530	0,49
9.	995	573	0,46
10.	1055	618	0,45
Rata-rata			0,46

Pada Tabel 4.1, nilai kecepatan yang ditampilkan oleh sensor speedometer pada awalnya masih berupa kecepatan linier kendaraan dalam satuan km/jam. Namun, dalam penelitian ini nilai tersebut dikonversi ke dalam satuan RPM (Revolution Per Minute) agar dapat dibandingkan secara langsung dengan hasil pengukuran menggunakan tachometer, yang secara alami mengukur kecepatan putar motor dalam satuan RPM. Konversi kecepatan dari km/jam ke RPM perlu dilakukan karena sistem pengendalian kecepatan motor BLDC bekerja berdasarkan kecepatan putar motor, bukan kecepatan linier kendaraan. Selain itu, algoritma Fuzzy-PID yang digunakan dalam penelitian ini menjadikan nilai RPM sebagai kecepatan referensi (set point) dan kecepatan aktual dalam proses perhitungan error dan evaluasi performa sistem. Oleh karena itu, penyamaan satuan kecepatan menjadi RPM bertujuan agar analisis data menjadi konsisten, akurat, dan relevan terhadap sistem kendali motor BLDC.

C. Pengujian Konsumsi Daya Tanpa Beban

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Konsumsi Daya Tanpa Beban

Kecepatan (km/h)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
10	50	0,20	10,00
15	49,9	0,26	12,97
20	49,8	0,34	16,93
25	49,8	0,40	19,92
30	49,7	0,47	23,35
35	49,7	0,54	26,83
40	49,6	0,81	40,17



Grafik 4.1 Pengujian Konsumsi Daya Motor BLDC Tanpa Beban

Hasil pengujian konsumsi daya motor BLDC tanpa beban menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan sepeda listrik, maka arus dan daya listrik yang dikonsumsi motor cenderung meningkat. Pada kecepatan rendah 10 km/jam, motor hanya membutuhkan daya sebesar 10,00 W dengan arus 0,20 A pada tegangan 50 V. Seiring peningkatan kecepatan hingga 35 km/jam, arus yang mengalir meningkat secara bertahap sehingga daya juga bertambah hingga 26,83 W. Peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada kecepatan 40 km/jam, di mana arus naik

menjadi 0,81 A dan daya yang dikonsumsi mencapai 40,17 W. Hal ini disebabkan karena motor BLDC memerlukan energi yang lebih besar untuk mempertahankan putaran yang lebih tinggi, meskipun dalam kondisi tanpa beban. Tegangan cenderung stabil di kisaran 49,6–50 V, yang menunjukkan bahwa sumber daya bekerja dengan baik dan perubahan konsumsi daya lebih dipengaruhi oleh peningkatan arus akibat kenaikan kecepatan motor. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi daya motor BLDC pada sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran motor meskipun tanpa beban mekanis.

Grafik konsumsi daya motor BLDC tanpa beban menunjukkan kenaikan daya yang sebanding dengan peningkatan kecepatan

D. Pengujian Konsumsi Daya Output Pada Inverter

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Konsumsi daya Output Inverter

Kecepatan (km/h)	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya (W)
10	0,1	0,9	0,09
15	0,2	6,5	1,30
20	0,3	9,0	2,70
25	0,3	10,6	3,18
30	0,4	12,8	5,12
35	0,4	15	6,00
40	0,5	24,3	12,15

Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa konsumsi daya output inverter mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kecepatan motor. Pada kecepatan rendah (10–20 km/h), arus dan tegangan yang dihasilkan masih relatif kecil sehingga daya yang dikonsumsi juga rendah. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja inverter masih ringan.

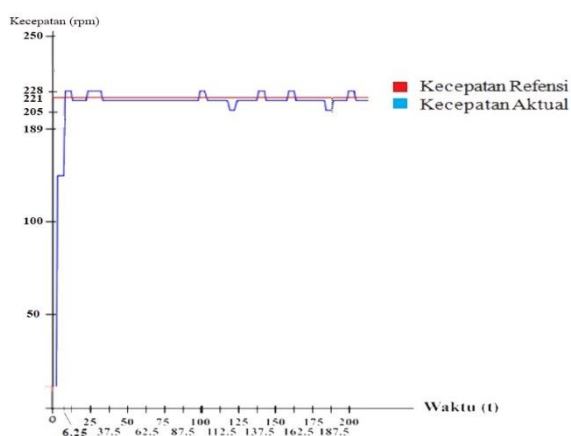
E. Pengujian Pengendalian Kecepatan Putaran Motor BLDC

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Pengendalian Kecepatan Putaran Motor BLDC

No	Nilai RPM Referensi	Nilai RPM Aktual	Nilai Error (RPM)
1	221	395	0,44
2	265	480	0,44
3	307	558	0,44
4	352	652	0,79
5	398	819	0,57
6	440	824	0,51

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa kecepatan putar aktual berbeda jauh dengan kecepatan referensi ini dikarenakan pada pengujian tidak menggunakan pengendali Fuzzy-PID, tetapi peneliti hanya menggunakan penguatan pada *throttle* gas untuk mengatur kecepatan.

F. Pengujian Menggunakan Fuzzy-PID



Grafik 4.2 Pengujian Pengendalian Menggunakan Fuzzy-PID

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa saat motor BLDC mulai beroperasi dari kondisi awal, kecepatan motor mengalami kenaikan yang cepat hingga mencapai nilai referensi. Pada proses tersebut terjadi overshoot, namun besarnya overshoot masih dalam batas yang wajar dan lebih kecil

dibandingkan dengan sistem tanpa menggunakan Fuzzy-PID. Waktu yang dibutuhkan motor untuk mencapai nilai referensi dari kondisi awal adalah sekitar 6,25 detik, yang menunjukkan respon sistem yang cukup cepat. Setelah mencapai nilai referensi, kecepatan motor dapat dipertahankan dengan baik di sekitar nilai yang diinginkan, dengan fluktuasi yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kendali Fuzzy-PID mampu memperbaiki respon sistem, terutama dalam menekan overshoot dan meningkatkan kestabilan kecepatan motor BLDC.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan penelitian pada tugas akhir yang berjudul “Implementasi Algoritma Fuzzy Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Blcdc Pada Penggerak Sepeda Listrik” didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengendalian kecepatan motor BLDC menggunakan metode Fuzzy-PID berhasil diimplementasikan dengan baik.
2. Kontroler Fuzzy-PID mampu memberikan respon kecepatan yang cepat dalam mencapai nilai referensi, dengan overshoot yang kecil dan masih dalam batas yang dapat diterima.
3. Pada kondisi tunak, kecepatan motor BLDC dapat mengikuti kecepatan referensi dengan fluktuasi yang kecil, sehingga error steady-state yang dihasilkan relatif rendah.
4. Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa variasi kecepatan, perbandingan antara tachometer dan sensor speedometer menunjukkan nilai error yang relatif kecil. Nilai error pengukuran berada pada rentang 0,44% hingga 0,45% untuk seluruh variasi kecepatan yang diuji. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor speedometer memiliki tingkat akurasi yang baik dengan error di bawah

1%, sehingga layak digunakan sebagai alat ukur kecepatan motor BLDC.

5. Hasil pengujian tanpa pengendali Fuzzy-PID menunjukkan rpm aktual jauh melebihi rpm referensi dengan error sebesar 0,44–0,51. Hal ini menandakan bahwa tanpa Fuzzy-PID, sistem belum mampu mengendalikan kecepatan motor BLDC secara akurat dan stabil. tanpa mekanisme pengendalian umpan balik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tanpa Fuzzy-PID, sistem tidak mampu mengontrol kecepatan motor secara akurat dan stabil sesuai nilai referensi.
6. Hasil pengujian menggunakan pengendali Fuzzy-PID mampu membuat rpm aktual mengikuti rpm referensi dengan baik. Pada rentang 221–440 rpm, error yang dihasilkan sangat kecil, yaitu antara 0,03 hingga 0,01. Hal ini membuktikan bahwa Fuzzy-PID efektif dalam menjaga kestabilan dan meningkatkan akurasi pengendalian kecepatan motor BLDC.

B. Saran

Dari hasil perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai bentuk pengembangan lebih lanjut, di antaranya adalah:

1. Pengujian dengan variasi beban mekanis misalnya simulasi tanjakan, penumpang, atau permukaan jalan berbeda agar kinerja kendali Fuzzy-PID pada motor BLDC benar-benar teruji dalam kondisi yang lebih mendekati penggunaan sepeda listrik di lapangan.
2. Melakukan analisis parameter Fuzzy-PID yang lebih sistematis, misalnya dengan membandingkan beberapa bentuk fungsi keanggotaan dan kombinasi rule base, sehingga dapat diperoleh set parameter

yang paling optimal untuk meminimalkan overshoot, mempercepat waktu tunak, dan memperkecil error steady-state pada berbagai kecepatan referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anugrah, R. F. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Six Step Comutation Dengan Kontrol PID (Propotional Integral Derivative). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*, 7(2), 57–63.
<https://doi.org/10.21107/triac.v7i2.7923>
- [2]. Astuti, P., & Masdi, H. (2022). Sistem Kendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan PWM Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 120–135.
<https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.216>
- [3]. Putri, B. P., Sutedjo, S., Qudsi, O. A., & Mahendra, L. S. (2022). Alat Penstabil Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Kontrol PID. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 134–140.
<https://doi.org/10.23917/emitor.v22i2.19>
- [4]. Rifqi Muwafiqul Hilmi, D. R. Z., Arifin, A., Arifin, A., Estiyono, A., & Estiyono, A. (2022). Sistem Karakterisasi dan Perencanaan Pengendali PID sebagai Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC untuk Kursi Roda Tricycle. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i2.85505>
- [5]. Ardiansyah, Muchlis Dwi, and Fatkhur Rohman. "Implementasi Dan Analisis Kendali Kecepatan Motor Blde 1 Kw Menggunakan Algoritma PID." *Jurnal Eltek* 17.2 (2019): 81-93.
- [6]. Rohman, Fatkhur, and Muhammad Arif Nur Huda. "Implementasi dan Analisis Kendali Kecepatan Motor BLDC 1 kW Tanpa Beban Menggunakan Algoritma PID." *Jurnal Eltek* 17.02 (2019).

- [7]. Iradiratu, D. P. K., and Tria Wisnu Saputra. "Penerapan Metode Fuzzy Logic Sebagai Pengatur Kecepatan Pada Motor BLDC." *SinarFe7* 1.1 (2018): 318-326.
- [8]. Mulyadi, A., Rois, M. Z., Kaloko, B. S., Lestari, R. F., Gozali, R. M., & Prasetyono, S. (2022). Analisis Efisiensi Kinerja Motor BLDC Menggunakan Metode Kontrol Sliding Mode Observer PI. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 8(3), 86-91.
- [9]. Zahwa Dinda, Aulia. "PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM KENDALI ADAPTIVE PID PADA MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MENGGUNAKAN METODE MODEL REFERENCE ADAPTIVE CONTROLLER (MRAC)." (2023)*Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, 20(3), 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.32497/orbith.v20i3>
- [10]. Pratama, W. R., Yulianti, B., & Sugiharto, A. (2022). Prototipe Smart Parking Modular Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Industri*, 11(1), 52-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.35968/jti.v11i2.954.g927>
- [11]. Juanda, E. A., & Khairullah, F. (2021). Tinkercad Application Software to Optimize Teaching and Learning Process in Electronics and Microprocessors Subject. *Proceedings of the 6th UPI International Conference on TVET 2020 (TVET 2020)*, 520(1), 124-128. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210203.101>