

Analisa Perbandingan Kinerja Kontrol PID dan Fuzzy Logic Pada Sistem *Load Frequency Control* di *Steam Power Plant*

Pingky Tri Nur Rizky^a, Yuliyanto Agung Prabowo^{b*}, Wahyu Setyo Pambudi^c,
Lugas Jabbar Wakito^d

^{a,b,c,d}Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

*correspondence : agungp@itats.ac.id

Abstract—*Load Frequency Control (LFC) plays a critical role in maintaining power and frequency stability in power generation systems when load variations occur. Disturbances, such as load increases or decreases, can cause power deviations that compromise system reliability; therefore, the system requires an effective control strategy. This study analyses the performance of an LFC system by comparing a Proportional–Integral–Derivative (PID) controller with a Fuzzy Logic Controller (FLC). The modelling and simulation use the dynamic characteristics of the turbine, governor, and generator of a coal-fired steam power plant, specifically PLTU Paiton. The study evaluates system performance under three operating conditions: no disturbance, load increase, and load decrease. The assessment focuses on maximum power deviation and settling time as the primary performance indicators. The simulation results show that both controllers successfully maintain stable operating conditions, although they exhibit different dynamic responses. Under no-disturbance conditions, the PID controller reaches stability more quickly, with a settling time of 18.126 s, compared with 28.038 s for the Fuzzy controller. During load increases, the PID-controlled system stabilises at 194.652 s, while the Fuzzy-controlled system reaches stability at 200.524 s. Similarly, during load reductions, the PID controller achieves stability at 194.378 s, whereas the Fuzzy controller stabilises at 196.559 s. In terms of maximum power deviation, the PID controller produces a deviation of approximately 0.47%, while the Fuzzy controller limits the deviation to around 0.41%. These results indicate that the PID controller offers faster recovery, whereas the Mamdani-based Fuzzy controller delivers a smoother response with smaller deviations. Consequently, the Fuzzy Logic Controller represents a promising approach for further development to enhance LFC performance in power generation systems*

Index Terms— *PID Controller; FLC; System Stability; LFC; Load Control.*

Abstrak— *Load Frequency Control (LFC) berperan penting dalam menjaga kestabilan daya dan frekuensi pada sistem pembangkit listrik akibat perubahan beban. Gangguan berupa penambahan dan pengurangan beban dapat menimbulkan deviasi daya yang memengaruhi keandalan sistem, sehingga diperlukan metode pengendalian yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem LFC dengan membandingkan kontrol PID dan Fuzzy Logic Controller (FLC). Pemodelan dan simulasi dilakukan berdasarkan karakteristik turbin, governor, dan generator pada pembangkit listrik tenaga uap, pada Plant di PLTU Paiton. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa gangguan, penambahan beban, dan pengurangan beban dengan parameter evaluasi berupa deviasi daya maksimum dan waktu stabil (settling time). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kedua metode mampu mencapai kondisi stabil, namun dengan karakteristik respon yang berbeda. Pada kondisi tanpa gangguan, PID mencapai stabil lebih cepat (18,126 s) dibandingkan Fuzzy (28,038 s). Saat penambahan beban, sistem dengan PID kembali stabil pada 194,652 s, sedangkan Fuzzy pada 200,524 s. Pada pengurangan beban, PID stabil pada 194,378 s dan Fuzzy pada 196,559 s. Dari sisi deviasi maksimum, PID menghasilkan sekitar 0,47%, sedangkan Fuzzy lebih kecil yaitu sekitar 0,41%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontrol PID unggul dalam kecepatan pemulihan, sementara Fuzzy Mamdani memberikan respons yang lebih halus dengan deviasi yang lebih kecil, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja LFC pada pembangkit listrik.*

Kata Kunci— *PID Controller; FLC; Stabilitas Sistem; LFC; Load Control.*

I. INTRODUCTION

Stabilitas frekuensi merupakan faktor utama dalam menjamin keandalan sistem tenaga listrik, karena frekuensi mencerminkan keseimbangan antara daya yang dihasilkan pembangkit dengan daya yang digunakan oleh beban. Penyimpangan dari frekuensi nominal 50 Hz dapat menimbulkan berbagai dampak serius, seperti terganggunya kinerja peralatan, kerusakan mesin sinkron, hingga potensi terjadinya pemadaman luas (*blackout*), sehingga pengendalian frekuensi menjadi hal yang sangat penting dalam operasi sistem. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 20 Tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (*Grid Code*), setiap pembangkit diwajibkan memiliki mekanisme pengendalian frekuensi otomatis yang mampu merespons perubahan beban. Salah satu mekanisme utama adalah *Free Governor Control (FreeGov)* atau primary frequency control, yang bekerja melalui governor turbin generator untuk segera merespons perubahan frekuensi akibat ketidakseimbangan daya. Saat beban meningkat dan frekuensi cenderung menurun, governor secara otomatis menambah pasokan energi primer (uap, air, atau bahan bakar) ke turbin agar daya keluaran naik, sedangkan ketika beban menurun dan frekuensi naik, governor mengurangi suplai energi. Dengan respon yang sangat cepat dalam hitungan detik, FreeGov berfungsi sebagai lini pertahanan pertama dalam menjaga frekuensi agar tidak menyimpang lebih jauh.

Pengendalian Frekuensi Beban atau *Load Frequency Control (LFC)* memegang peranan yang sangat krusial dalam menjaga stabilitas operasi sistem pembangkitan listrik. Dalam sistem tenaga listrik, kualitas energi listrik yang baik merupakan kebutuhan utama untuk memastikan keandalan dan keamanan pasokan energi kepada konsumen. Untuk mencapai kualitas energi listrik yang sesuai standar, diperlukan perangkat pengendali yang mampu mempertahankan frekuensi sistem pada nilai nominal yang telah ditetapkan oleh pemerintah, yaitu sebesar 50 Hz. LFC berfungsi sebagai sistem kontrol otomatis yang mengatur dan menjaga kestabilan frekuensi dengan cara memberikan perintah koreksi kepada sistem governor pada pembangkit listrik. Pada sistem kelistrikan besar, seperti jaringan listrik Jawa-Bali-Madura (Jamali), tantangan terbesar dalam pengendalian frekuensi terjadi pada saat beban mencapai titik tertinggi, yang dikenal sebagai periode beban puncak. Selama periode ini, permintaan energi listrik meningkat secara signifikan akibat konsumsi listrik yang tinggi dari sektor rumah tangga, industri, maupun komersial. Peningkatan beban ini menyebabkan fluktuasi daya yang cukup besar, sehingga respon turbin terhadap perubahan beban menjadi tidak optimal. Akibatnya, kecepatan turbin mengalami penurunan yang berimbas langsung pada penurunan frekuensi sistem pembangkitan [1].

Frekuensi sistem tenaga listrik harus selalu dipertahankan dalam batas toleransi yang sangat ketat, dengan nilai frekuensi yang stabil dan berpusat pada angka nominal tertentu (misalnya, 50 Hz di Indonesia). Ketidakstabilan frekuensi dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti kerusakan peralatan listrik, penurunan efisiensi, hingga gangguan besar pada sistem distribusi dan pembangkitan. Oleh karena itu, pengendalian frekuensi beban atau *Load Frequency Control (LFC)* menjadi salah satu aspek yang sangat penting dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik. *Load Frequency Control (LFC)* dirancang untuk mengatur perubahan daya akibat fluktuasi permintaan beban listrik serta memastikan kestabilan frekuensi dengan cara menyeimbangkan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin dengan daya listrik yang dibebankan ke jaringan. salah satu masalah kontrol yang paling krusial, *Load Frequency Control (LFC)*, harus terus ditingkatkan untuk memastikan tujuan kontrol. Untuk sistem tenaga yang saling terhubung, kontrol tujuannya adalah untuk mempertahankan frekuensi bersih pada nilai nominal, misalnya 50Hz serta untuk memastikan bahwa aliran daya stabil pada nilai yang dijadwalkan. Karya ini mengusulkan strategi *Load Frequency Control (LFC)* seperti fuzzy pengendali berbasis logika fuzzy [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian yang telah dilakukan, yang berjudul “Analisa Perbandingan Pengaturan Frekuensi Pada PLTMH Dengan PID Berbasis PSO dan GA” membahas pengaturan frekuensi pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan kontroler PID yang dioptimasi dengan metode *Genetic Algorithm (GA)* dan *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan antara kontroler PID konvensional dengan PID-GA dan PID-PSO menggunakan simulasi dengan variasi beban 128 kW, 118 kW, dan 108 kW. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontroler PID-GA dan PID-PSO mampu menstabilkan frekuensi lebih cepat dibandingkan PID konvensional, dengan nilai settling time yang lebih rendah. Overshoot dan settling time dari metode GA dan PSO relatif serupa, tetapi GA memberikan respon yang sedikit lebih cepat dalam beberapa skenario. Dengan demikian,

optimasi PID menggunakan GA dan PSO terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kestabilan sistem tenaga listrik PLTMH dibandingkan metode PID konvensional [3].

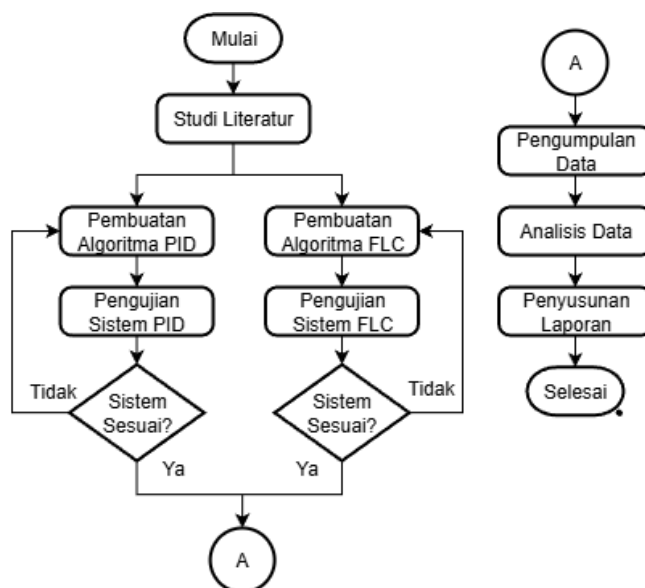
Pada Penelitian yang telah dilakukan oleh, yang mempunyai judul “*Fuzzy based load frequency control of power system incorporating nonlinearity*” penelitian ini mengusulkan penggunaan pengontrol fuzzy-PID untuk mengatasi permasalahan kestabilan frekuensi pada sistem tenaga listrik tiga area yang saling terhubung. Dalam penelitian ini, parameter pengontrol disesuaikan menggunakan metode *fuzzy* untuk mengurangi deviasi daya dan frekuensi yang terjadi dalam sistem. Studi ini juga membandingkan efektivitas fuzzy-PID dengan metode kontrol berbasis optimasi lainnya, seperti PSO-PID, GA-PID, dan FPA-PID [4].

Pada Penelitian yang telah dilakukan oleh, yang mempunyai judul “*Three Area Power System Load Frequency Control Using Fuzzy Logic Controller*” Pada penelitian ini membahas penerapan *Fuzzy Logic Controller (FLC)* untuk *Load Frequency Control (LFC)* pada sistem tenaga listrik tiga area yang saling terhubung. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang pengontrol yang kuat untuk memastikan kinerja sistem tetap optimal dalam menghadapi gangguan beban. Metodologi penelitian melibatkan pemodelan sistem tenaga dengan menggunakan Persamaan matematika dan penerapan FLC berbasis *Proportional-Integral (PI)*. Simulasi dilakukan dimana kinerja sistem dievaluasi berdasarkan waktu pemulihan dan overshoot frekuensi setelah terjadi gangguan beban. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan FLC mampu meredam osilasi frekuensi secara efektif dengan settling time sekitar 9-10 detik dan overshoot yang sangat kecil, hanya 0,04% dari frekuensi nominal 50 Hz [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pengaturan frekuensi pada sistem tenaga listrik menggunakan berbagai pendekatan kontroler yang dioptimasi. Penelitian yang dikembangkan adalah Perancangan dan simulasi *Fuzzy Logic Controller (FLC)* dan simulasi PID untuk *Load Frequency Control (LFC)* pada sistem pembangkitan satu area. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja FLC dalam menstabilkan frekuensi sistem ketika terjadi perubahan beban, serta membandingkannya dengan karakteristik sistem tanpa pengendali *fuzzy*. Pengujian dilakukan melalui simulasi dengan memodelkan sistem pembangkit termal satu area sebagai studi kasus.

III. METODOLOGI

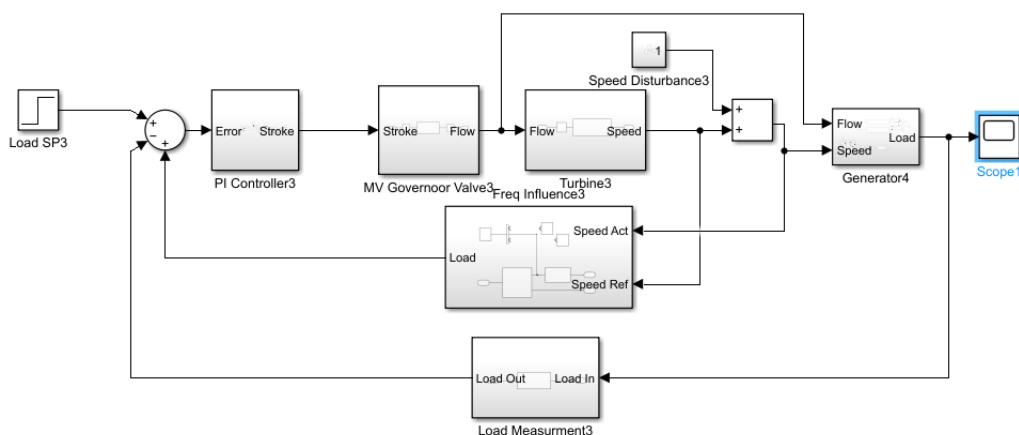
Penelitian ini bersifat pengujian dan percobaan, sehingga metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini melibatkan pengukuran, analisis data numerik, serta evaluasi kinerja sistem berdasarkan parameter yang terukur. Pengujian dan percobaan dalam penelitian ini dilakukan terhadap *Load Frequency Control (LFC)* unit PLTU untuk menganalisis efektivitas sistem dalam menjaga kestabilan frekuensi selama perubahan beban awal. Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan akan dianalisis menggunakan metode kuantitatif melalui pendekatan perhitungan teknis dan simulasi.



Gambar 1 Flowchart penelitian

A. Perancangan Model Plant

Model Simulink *Load Frequency Control (LFC)* yang dirancang merupakan sistem pembangkit satu area yang terdiri dari blok governor, turbin, generator, serta sistem pengukuran beban sebagai umpan balik. Proses dimulai dari pemberian sinyal referensi beban (*Load SP*) yang dibandingkan dengan daya aktual sehingga menghasilkan sinyal error. Error tersebut diproses oleh PI Controller untuk menghasilkan sinyal kontrol berupa stroke yang mengatur bukaan katup pada *MV Governor Valve*. Bukaan katup menentukan besar aliran uap menuju turbin, yang kemudian mempengaruhi kecepatan putar dan daya mekanik turbin. Daya mekanik ini diteruskan ke generator untuk menghasilkan daya listrik sekaligus menentukan frekuensi sistem. Model juga dilengkapi dengan blok *Speed Disturbance* untuk mensimulasikan gangguan pada sistem serta *Load Measurement* sebagai sistem umpan balik daya. Respon frekuensi keluaran diamati melalui scope untuk menganalisis kestabilan sistem terhadap perubahan beban dan gangguan.



Gambar 2 Model Plant

Gambar di atas menunjukkan konfigurasi lengkap model plant Load Frequency Control (LFC) yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap blok merepresentasikan komponen utama pada sistem pembangkit, mulai dari pengendali (PI Controller), governor valve, turbin, hingga generator dan sistem pengukuran beban sebagai umpan balik. Alur sinyal memperlihatkan hubungan sebab-akibat antara perubahan beban terhadap respon frekuensi sistem. Adanya blok gangguan kecepatan (speed disturbance) bertujuan untuk mensimulasikan kondisi nyata di lapangan ketika terjadi fluktuasi sistem. Melalui model ini, dapat dianalisis bagaimana kinerja pengendali dalam menjaga kestabilan frekuensi agar tetap mendekati nilai nominal meskipun terjadi perubahan beban maupun gangguan eksternal.

B. Perancangan PID Controller

Perancangan kontroler PI (Proportional-Integral) dilakukan untuk menjaga kestabilan frekuensi sistem pembangkitan ketika terjadi perubahan beban. Pada sistem *Load Frequency Control (LFC)*. Kontroler PI dipilih karena memiliki struktur yang sederhana, mampu menghilangkan kesalahan mantap (*steady-state error*), serta memberikan respon yang stabil dan halus terhadap perubahan beban pada sistem nonlinier seperti governor-turbin-generator [6] [7]. Adapun nilai parameter kontroler diperoleh dengan *trial and error* diperoleh $K_p = 0.00001$ dan $K_i = 0.01$ dengan hasil response terbaik sesuai dengan performa yang direncanakan.

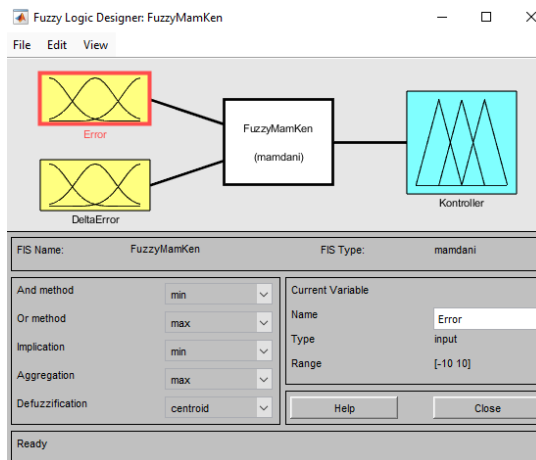
C. Perancangan Fuzzy Logic Controller (FLC)

Selanjutnya merancang sistem Fuzzy logic dengan menggunakan metode mamdani, terlihat Gambar 4 menunjukkan tampilan Fuzzy Logic Designer dengan nama sistem fuzzyMamKen yang menggunakan metode Mamdani sebagai pendekatan inferensi logika fuzzy. Sistem ini dirancang dengan dua variabel input dan satu variabel output. [4][5][8][9].

Tabel 1 Aturan Rule

Error \ ΔError	N	P	Z
N	N	N	Z
Z	N	Z	P
P	Z	P	P

Aturan fuzzy disusun berdasarkan pengetahuan logika kendali, di mana arah perubahan frekuensi dan laju perubahannya digunakan untuk menentukan aksi kontrol. Tabel 1 menunjukkan hubungan antara variabel input dan output:



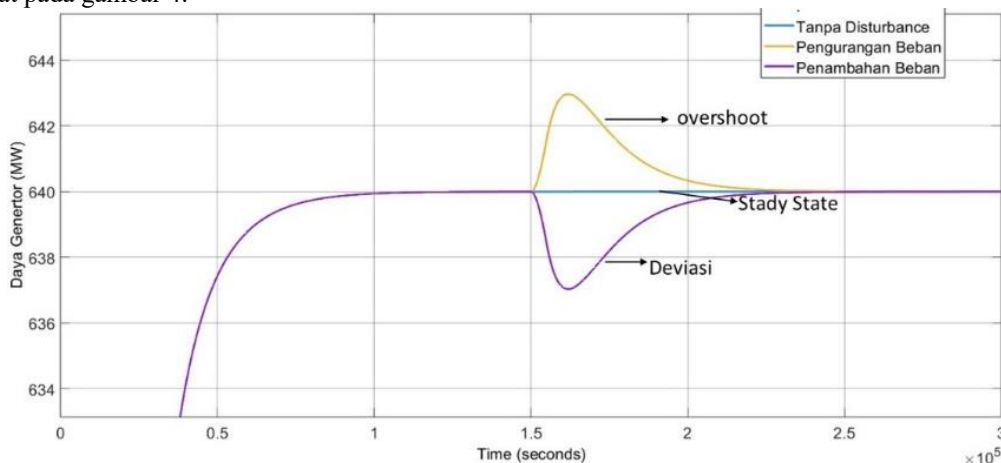
Gambar 3 Fuzzy Logic Designer

Setiap variabel pada sistem didefinisikan menggunakan tiga fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (*triangular membership function/trimf*), yaitu *Negatif*, *Zero*, dan *Positif*. Fungsi keanggotaan tersebut disusun secara simetris terhadap titik nol dengan daerah transisi yang saling tumpang tindih, sehingga memungkinkan terjadinya perubahan nilai keanggotaan secara bertahap dan menghasilkan respons sistem yang halus terhadap variasi input.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Controller PID

Secara keseluruhan, kontrol PID efektif dalam mempertahankan nilai daya terhadap gangguan pengurangan beban, namun masih memiliki keterbatasan pada kecepatan peredaman respons transien terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan keseluruhan respon daya menggunakan kontrol PID

Gambar 4 memperlihatkan gabungan respon daya generator menggunakan kontrol PID pada tiga kondisi operasi, yaitu tanpa gangguan, penambahan beban, dan pengurangan beban. Pada kondisi tanpa gangguan, respon sistem menunjukkan kenaikan daya secara bertahap hingga mencapai kondisi *steady-state* di sekitar nilai setpoint tanpa osilasi yang berarti. Ketika terjadi pengurangan beban, sistem mengalami respon transien yang ditandai dengan kenaikan daya secara cepat dan munculnya *overshoot*, yaitu daya generator sesaat melebihi nilai setpoint sebelum kembali turun menuju kondisi stabil. *Overshoot* ini terjadi karena kontroler merespon peningkatan kebutuhan daya dengan aksi koreksi yang cukup besar pada awal gangguan. Sebaliknya, pada kondisi penambahan beban, respon sistem menunjukkan penurunan daya sesaat di bawah nilai *setpoint* (*undershoot*) sebelum kembali naik dan mencapai kondisi *steady-state*. Fenomena ini terjadi akibat berkurangnya beban secara tiba-tiba yang

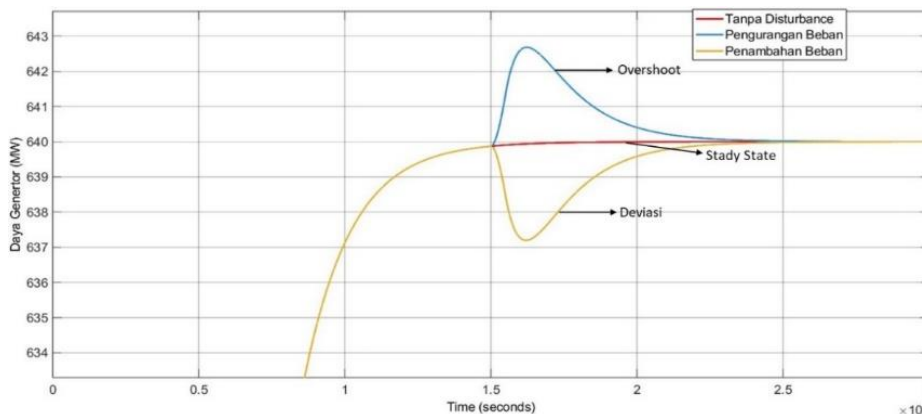
menyebabkan ketidakseimbangan daya sementara pada sistem. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa kontrol PID mampu mengembalikan sistem menuju kondisi stabil setelah terjadi gangguan, baik dalam bentuk penambahan maupun pengurangan beban. Meskipun muncul deviasi sementara berupa *overshoot dan undershoot*, respon sistem tetap teredam dan kembali menuju nilai setpoint dalam waktu tertentu, yang menandakan performa pengendalian yang cukup baik dalam menjaga kestabilan sistem, dan beriku merupakan tabel hasil menggunakan Controller PID.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Kontroller PID

Parameter	Nilai Tanpa Disturbance	Nilai Dengan Penambahan Beban	Nilai Dengan Pengurangan Beban
Setpoint Daya (MW)	640	640	640
Time Delay	3809 s	3809 s	3809 s
Time Constant	6042 s	6042 s	6042 s
Settling Time	18.126 s	18.126 s	18.126 s
Overshoot %	0 %	0%	0,47 %
Deviasi%	0%	0,47%	0%

B. Controller Fuzzy

Simulasi berikut menunjukkan hasil simulasi sistem Load Frequency Control menggunakan metode Fuzzy (Mamdani) tanpa gangguan, penambahan beban, dan pengurangan beban. Berikut merupakan hasil keseluruhan Simulasi menggunakan metode fuzzy logic terlihat pada gambar 5.



Gambar 5 Hasil Keseluruhan Controller Fuzzy

Dari gambar tersebut pengendali Fuzzy memiliki respon yang lebih halus dan lebih adaptif terhadap perubahan kondisi sistem. Walaupun waktu tunda dan waktu naik Fuzzy lebih besar (artinya sistem membutuhkan waktu lebih lama untuk mulai dan mencapai nilai referensi), *overshoot* yang dihasilkan lebih kecil, yang menunjukkan kestabilan dinamis yang lebih baik. Hal ini sesuai dengan karakteristik Fuzzy yang tidak hanya bergantung pada satu model matematis, tetapi menyesuaikan aksi kendali berdasarkan aturan logika dan tingkat kesalahan, berikut hasil pengendalian dari controller Fuzzy dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Controller Fuzzy

Parameter	Nilai Tanpa Disturbance	Nilai Dengan Penambahan Beban	Nilai Dengan Pengurangan Beban
Setpoint Daya (MW)	640	640	640
Time Delay	4795 s	4795 s	4795 s
Time Constant	9346 s	9346 s	9346 s
Settling Time	28.038 s	28.038 s	28.038 s
Overshoot %	0 %	0 %	0,41 %
Deviasi%	0%	0,47%	0%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi sistem Load Frequency Control menggunakan kontrol PID dan Fuzzy Mamdani, perbandingan kinerja kedua metode ditinjau berdasarkan waktu stabil (*settling time*) pada berbagai kondisi operasi dapat disimpulkan sebagai berikut. Pada kondisi tanpa disturbance, kontrol PID

mencapai kondisi stabil dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan kontrol Fuzzy Mamdani. Kontrol fuzzy membutuhkan waktu settling yang lebih lama sebelum sistem benar-benar mencapai kondisi steady-state. Kontrol PID mencapai kondisi stabil pada waktu 18.126s, sedangkan kontrol Fuzzy Mamdani mencapai kondisi stabil pada waktu 28.038s. Dengan demikian, kontrol PID lebih cepat mencapai kondisi steady-state dibandingkan kontrol fuzzy dengan selisih waktu sebesar 9.912 s, Selanjutnya pada kondisi penambahan beban, kontrol PID mampu mengembalikan daya generator ke kondisi stabil lebih cepat dibandingkan kontrol Fuzzy Mamdani. PID mencapai kondisi stabil pada 194.652 s, sedangkan Fuzzy pada 200.524 s, dengan selisih waktu stabil sebesar 5.872 s. Pada kondisi pengurangan beban, PID kembali menunjukkan respon yang lebih cepat dengan waktu stabil 18.126 s, sementara Fuzzy Mamdani memerlukan 28.038 s. Selisih waktu stabil pada kondisi ini sebesar 9.912 s, yang menegaskan bahwa kontrol PID lebih cepat dalam memulihkan sistem ke kondisi stabil dibandingkan kontrol fuzzy.

VI. REFERENCES

- [1] A. B. Dewanto *et al.*, "Penerapan Kontroler ANFIS untuk Load Frequency Control," *BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 133–138, Mar. 2023, doi: 10.47065/bees.v3i3.3174.
- [2] D. V. Doan, K. Nguyen, and Q. V. Thai, "Load-Frequency Control of Three-Area Interconnected Power Systems with Renewable Energy Sources Using Novel PSO~PID-Like Fuzzy Logic Controllers", *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 12, no. 3, pp. 8597–8604, Jun. 2022.
- [3] M. Prambudi, M. Effendy, and E. A. Hakim, "Analisa Perbandingan Pengaturan Frekuensi Pada PLTMH Dengan PID Berbasis PSO dan GA," *JEECOM*, vol. 3, no. 2, 2021.
- [4] S. Yadav, K. Namrata, N. Kumar, and A. Samadhiya, "Fuzzy based load frequency control of power system incorporating nonlinearity," in *4th International Conference on Energy, Power, and Environment, ICEPE 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/ICEPE55035.2022.9798219.
- [5] S. K. Jain, A. Bhargava and R. K. Pal, "Three area power system load frequency control using fuzzy logic controller," 2015 International Conference on Computer, Communication and Control (IC4), Indore, India, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/IC4.2015.7375614.
- [6] M. F. Harianto, Y.A. Prabowo, "Sistem Kontrol Pemanas Air Kamar Mandi Menggunakan PID Controller". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika, SNESTIK I*, Surabaya, 2021, pp.155-160. 2021, doi: <https://doi.org/10.31284/p.snestik.2021.1777>.
- [7] Y.A. Prabowo, H. Ashidiqi, Fathammubina, A. Fahruzi. "The Implementation of Cascade Strategy for Liquid Temperatur Control on Three Tank Using PID Controler", *Jural E-Komtek*, vol.6, no.1, pp. 1-14, 2022, doi:<https://doi.org/10.37339/e-komtek.v6i1.893>
- [8] W.S.Pambudi, R.A.Firmasnyah, Y.A.Prabowo, T.Suheta, Fathammubina, "Designing ANFIS Controller for MPPT on Photovoltaic System", *Jurnal Rekaya Elektrika*, vol.19, no.2, pp.64-70. 2023, doi: 10.17529/jre.v19i2.23394.
- [9] Y.A. Prabowo, L.E.U.M.Putra, "Perancangan Hour Meter Berbasis Internet of Things Menggunakan Logika Fuzzy", *JIRE*, vol.5, no.1, pp.53-61, 2021.
- [10] W.S.Pambudi, T.Suheta, "Implementation of Fuzzy-PD for Folding Machine Prototype Using LEGO EV3". *TELKOMNIKA*, vol.16, no.4, pp.1625-1632, 2018, doi:<http://doi.org/10.12928/telkomnika.v16i4.7569>