

Penerapan Kontroler ANFIS untuk Load Frequency Control

Agustinus Bayu Dewanto*, Rochmad Yunus Bachtiar, Fandi Setiawan, Ni Made Omiku Radha Saraswati, Andhika Hermawan, Afrizal Ardiansyah, Ilham Riza Hutama, Wahyu Setyo Pambudi, Misbahul Muni

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhitama Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: ^{1,*}a.bayudewanto@gmail.com, ²rochmad.sby45@gmail.com, ³fandiss10@gmail.com, ⁴omikusaraswati@gmail.com,

⁵andhikah077@gmail.com, ⁶afrizal.ardiansyh@gmail.com, ⁷ilhamriza.h24@gmail.com, ⁸wahyusp@itats.ac.id, ⁹munir@itats.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Feb 19, 2023

Accepted : Mar 28, 2023

Published : Mar 31, 2023

KORESPONDENSI

Email: a.bayudewanto@gmail.com

A B S T R A K

Load Frequency Control (LFC) merupakan system yang bekerja satu kesatuan dengan sistim boiler-turbin-generator yang berfungsi untuk mempertahankan frekuensi 50 HZ dengan cara memberikan perintah control ke sistem governor pada pembangkit listrik saat ketika posisi beban puncak yang mengakibatkan terjadinya penurunan frekuensi, nantinya LFC memerintahkan governor turbin untuk membuka katup untuk mengalirkan uap yang dihasilkan dari sistim boiler. Pada penelitian ini membandingkan dua kinerja kontroler pada LFC yaitu PID dan ANFIS melalui simulasi matlab. Hasil simulasi didapatkan hasil Settling Time kontrol ANFIS Mamounia waktu yang lebih cepat 76% jika dibandingkan dengan control PID. Kontrol ANFIS dapat merespon perubahan beban terhadap kondisi steady state frekuensi dengan error 0,6% yang lebih efektif dibandingkan dengan control PID.

Kata Kunci: Load Frequency Control; PID; ANFIS

A B S T R A C T

Load Frequency Control (LFC) is a system that works as a unit with the boiler-turbine-generator system which functions to maintain a frequency of 50 HZ by giving control to the governor system at the power plant when the peak load position results in a decrease in frequency, later LFC instructs the turbine governor to open a valve to drain the steam generated from the boiler system. In this study, we compared the performance of two controllers on LFC, namely PID and ANFIS through Matlab simulations. The simulation results show that the Settling Time of the ANFIS Mamounia control is 76% faster than the PID control. ANFIS control can respond to changes in load to steady state frequency conditions with an error of 0.6% which is more effective than the PID control.

Keywords: Load Frequency Control; PID; ANFIS

1. PENDAHULUAN

Load Frequency Control (LFC) sangat penting peranannya pada operasi sistem pembangkitan listrik. Upaya untuk memperoleh kualitas energi listrik dengan baik diperlukan perangkat sistem yang dapat mempertahankan frekuensi sesuai dengan mutu standar yang ditetapkan oleh Pemerintah. LFC berfungsi sebagai piranti yang dapat mempertahankan frekuensi pembangkitan sebesar 50 Hz dengan cara memberikan perintah kontrol ke sistem governor pada sistem pembangkitan. Pada sistem kelistrikan Jawa-Bali -Madura pada saat beban tertinggi disebut sebagai waktu beban puncak. Saat memasuki periode ini maka beban akan terjadi fluktuasi kenaikan yang cukup tinggi, sehingga respon turbin terhadap beban akan mengalami penurunan kecepatan, akibat respon tersebut frekuensi yang dihasilkan oleh sistem pembangkitan mengalami penurunan, frekuensi listrik ini akan terus di monitoring agar tidak terjadi penurunan yang ekstrem [1]. Pada saat beban terjadi penurunan maka LFC mulai bekerja dengan memerintahkan governor turbin membuka katupnya untuk mengalirkan volume uap yang dihasilkan dari sistem boiler. LFC menjadi aspek bagian yang sangat penting untuk menjaga kestabilan frekuensi dan keseimbangan sistem interkoneksi dengan berbagai kondisi perubahan beban. Jika LFC tidak bekerja dengan baik maka terjadi unbalance atau ketidakseimbangan pada sistem interkoneksi jaringan.

Penerapan LFC untuk mendapatkan respon terbaik perlu menggunakan sistem kontrol, sistem kontrol yang bisa digunakan adalah Proportional Integral Derivative (PID) dikombinasi dengan Modification Firefly Algorithm (MFA) dimana nilai undershoot kecil [2]. Selain menggunakan PID-MFA penerapan LFC ini juga bisa menggunakan gabungan Fuzzy-PI dengan rata – rata error frekuensi 0.1 Hz [3].

Berdasarkan hal ini, penelitian yang dilakukan mencoba untuk menerapkan kontroler Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), pemilihan kontroler ANFIS pada penelitian ini karena hasil respon yang optimal pada proses kontrol [4], [5].

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, antara sistem fuzzy menggunakan metode Mamdani dan sistem yang menggunakan ANFIS terdapat selisih antara 0.006 hingga 0.01. Sehingga untuk pengontrolan suhu dan level air pada sistem hidroponik, ANFIS dapat memberikan hasil yang lebih akurat, walaupun nilai selisih yang diperoleh tidaklah terlalu signifikan.

ANFIS merupakan gabungan dari mekanisme Fuzzy Inference System (FIS) yang digunakan dalam arsitektur jaringan saraf tiruan. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang (TSK) ANFIS merupakan arsitektur yang secara fungsional sama dengan model berbasis aturan fuzzy Sugeno [6]. Agar dapat mengetahui performa dari ANFIS untuk LFC maka dalam penelitian ini juga dibandingkan dengan PID yang merupakan kontrol close loop yang dapat memperbaiki response output [7], [8]

2. METODOLOGI PENELITIAN

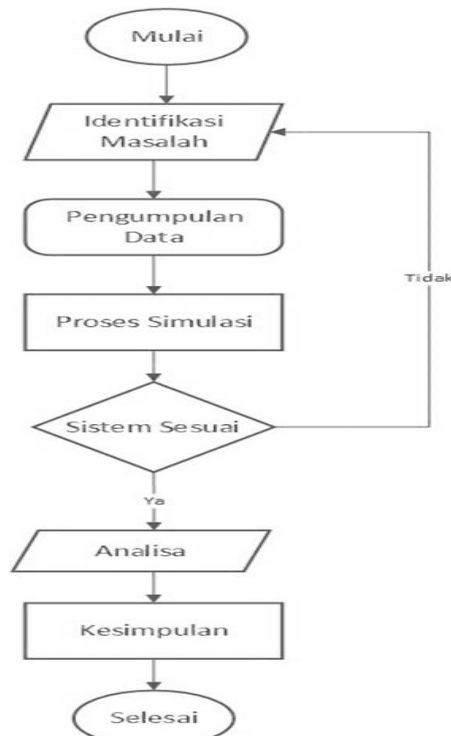
2.1 Load Frequency Control (LFC)

LFC Merupakan Mekanisme dalam sistem tenaga listrik untuk memperbaiki mutu dan keandalan frekuensi sistem. LFC digunakan untuk mengatur ketika terdapat penyimpangan frekuensi dari nilai normal untuk tetap masuk dalam batas toleransi yang diperbolehkan dikarenakan daya aktif berhubungan dengan frekuensi. Pada saat terjadi peningkatan beban maka hal ini dapat mempengaruhi frekuensi, dengan mengatur besarnya nilai yang ada dalam generator agar frekuensi dalam nominal normal agar tetap efisien [9].

2.2 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) merupakan metode penggabungan dari metode Fuzzy Inference System (FIS) dan jaringan saraf Tiruan (JST) yang dapat memetakan nilai masukan menuju nilai keluaran berdasarkan logika Fuzzy sesuai dengan bentuk aturan Fuzzy untuk mendapatkan efektivitas yang tinggi karena prediksi tingkat kesalahannya kecil dengan tahapan pengambilan data, pengolahan data, perancangan sistem ANFIS, pelatihan ANFIS, uji validasi, dan analisis hasil [10] [11].

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan simulasi dengan kontrol ANFIS (Artificial Neuro Fuzzy Inference System) yang dijalankan pada simulasi tersebut pada software Matlab, adapun alur penelitian yang dikerjakan seperti yang direpresentasikan menggunakan diagram alir pada gambar 1 sebagai berikut ini :

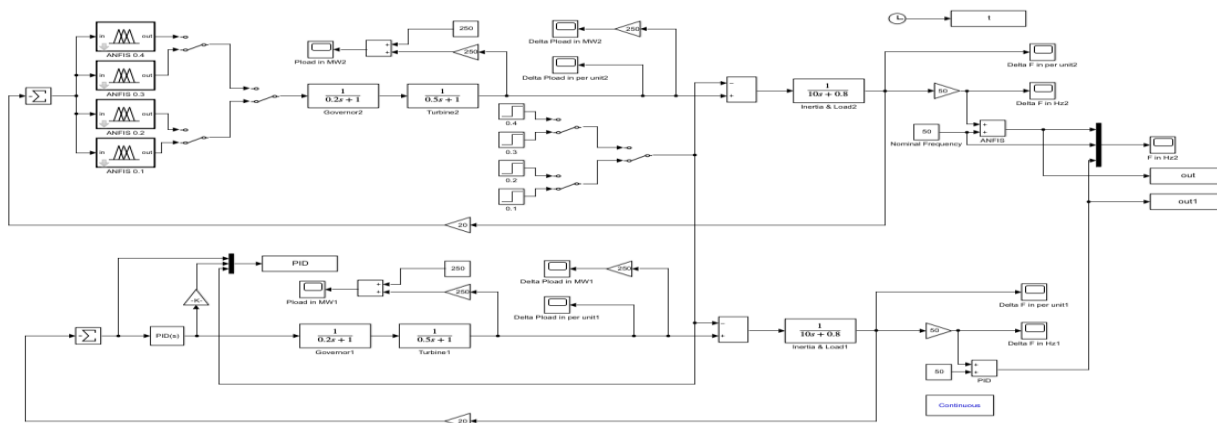


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi masalah terkait dengan perubahan frekuensi terhadap fluktuasi beban, kemudian dilakukan pengumpulan data yaitu pemodelan governor, steady state frequency deviation dan perubahan nilai beban. Tahap selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan software matlab dengan menerapkan kontroler ANFIS. Pelatihan dilakukan untuk mendapatkan respon governor secara cepat untuk kembali ke kondisi nominal saat terjadi perubahan beban. Metode optimasi kontroler ANFIS yang digunakan adalah metode hybrid yang menggunakan kombinasi metode backpropagation dan least-squares regression untuk mengatur parameter FIS. Setelah dilakukan

percobaan simulasi respon governor terhadap fluktuasi beban kemudian dianalisa mengenai respon yang didapatkan dan menghitung errornya. Desain rancangan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Skema Perancangan Simulasi Pada Matlab

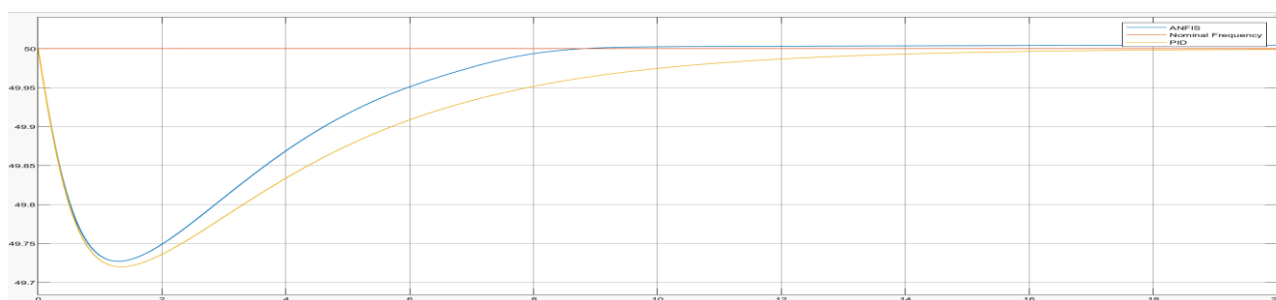
Model matlab kontroler ANFIS LFC terdiri dari transfer function governor, turbin, inertia & load, dan input beban dengan keluaran frequency. Sistem kontrol ANFIS LFC menggunakan metode ANFIS yang menggabungkan kecerdasan buatan (neural network) dengan logika fuzzy untuk mengambil keputusan kontrol. Komponen-komponen yang ada dalam model MATLAB kontroler ANFIS LFC meliputi:

1. Transfer Function Governor adalah fungsi transfer yang merepresentasikan karakteristik governor pada generator.
2. Transfer Function Turbin adalah fungsi transfer yang merepresentasikan respons dinamis turbin terhadap perubahan beban
3. Inertia & Load mencakup elemen-elemen seperti momen inersia generator dan beban yang terhubung ke sistem.
4. Input Beban adalah sinyal yang menggambarkan besaran beban pada sistem, yang dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu.
5. Keluaran frekwensi adalah hasil keluaran dari sistem kontrol ANFIS LFC, yaitu nilai frekuensi aktual sistem tenaga listrik. Tujuan dari kontrol ini adalah menjaga frekuensi kembali ke nilai nominal setelah terjadi perubahan beban.

Kontroler ANFIS telah diadaptasi untuk merespons perubahan beban dengan mengubah saklar pada diagram Simulink. Hal ini memungkinkan kontroler ANFIS untuk secara dinamis menyesuaikan parameter-parameter neural network dan aturan fuzzy berdasarkan sinyal beban yang bervariasi, sehingga memungkinkan sistem untuk tetap menjaga kestabilan frekuensi sistem tenaga listrik dalam menghadapi fluktuasi permintaan daya yang berubah-ubah. Berdasarkan hasil pengujian LFC dengan Beban 0,1/25MW didapatkan hasil seperti pada tabel 1 dibawah ini, dimana nilai overshoot ANFIS sama dengan 0 lebih rendah dibandingkan dengan overshoot PID, namun nilai rise time ANFIS lebih besar dibandingkan dengan PID.

Tabel 1. Hasil Uji LFC dengan beban 0,1/25MW

Parameter	ANFIS	PID
Rise Time	7.9012	0.0016
Settling Time	8.6114	14.1695
Settling Min	50.0040	49.7200
Setting Max	50.0045	49.9990
Overshoot	0	0.0020
Undershoot	0	0
Peak	50.0045	50
PeakTime	20	0



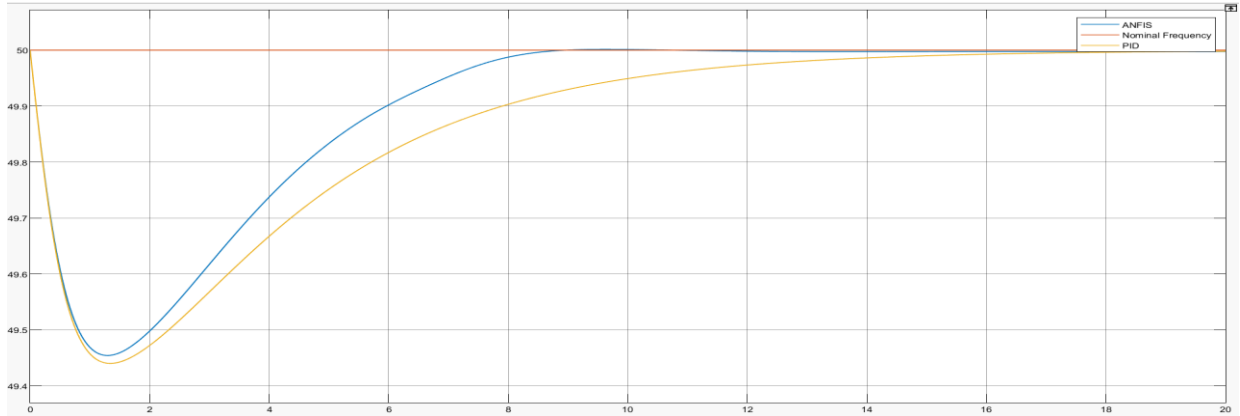
Gambar 3. Hasil Respon Uji LFC dengan beban 0,1/25MW

Berdasarkan tabel 1 dan dibandingkan dengan Gambar 3 hasil respon uji untuk pengujian dengan beban 0,1/25MW, rise time yang didapatkan metode ANFIS lebih tinggi di poin 7.9 di bandingkan PID 0.0016 serta peak

time dipoint 20 dibanding 0 namun untuk settling time ANFIS lebih sedikit dipoint 8.61 dibandingkan PID di poin 14.16 serta untuk overshoot ANFIS lebih bagus dengan nilai 0 dibanding PID yang masih terjadi overshoot di poin 0.0020. Tabel 2 dibawah ini merupakan hasil pengujian LFC dengan Beban 0,2/50 MW.

Tabel 2. Hasil Uji LFC dengan Beban 0,2/50 MW

Parameter	ANFIS	PID
Rise Time	0.0020	0.0016
Settling Time	7.9645	14.1694
Settling Min	49.4541	49.4400
Setting Max	50.0013	49.9980
Overshoot	0.0076	0.0040
Undershoot	0	0
Peak	50.0013	50
PeakTime	9.6196	0

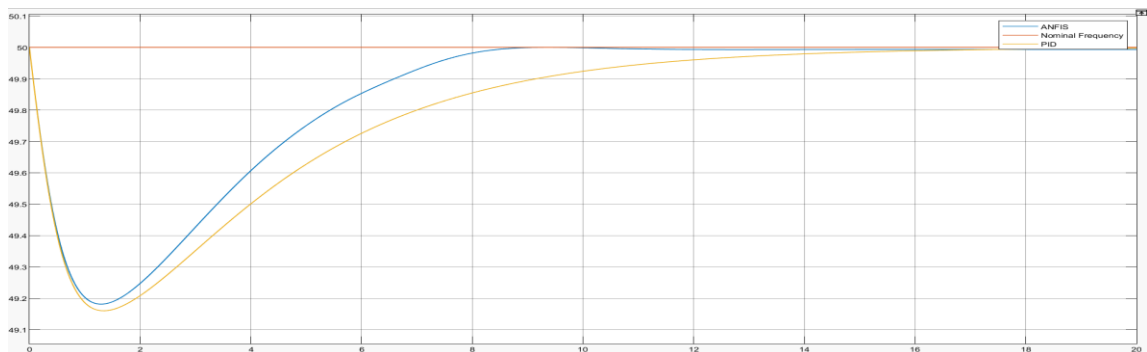


Gambar 4. Hasil Respon Uji LFC dengan Beban 0,2/50 MW

Berdasarkan tabel 2 dan dibandingkan dengan Gambar 4 hasil respon uji untuk pengujian dengan beban 0,2/50MW, didapatkan beberapa nilai hampir sama dimana titik rise time ANFIS 0.0020 dibanding PID 0.0016 dan peak bernilai 50.0013 dibanding PID bernilai 50, namun pada titik beban 0,2/50MW untuk ANFIS mempunyai overshoot 0.0076 lebih besar dibanding PID 0.0040 dan peak time 9.61 dibanding PID 0, untuk titik settling time ANFIS lebih baik dinilai 7.96 dibanding PID masih tinggi di nilai 14.16. Tabel 3 dibawah ini merupakan hasil pengujian LFC dengan Beban 0,3/75MW.

Tabel 3. Hasil Uji LFC dengan Beban 0,3/75MW

Parameter	ANFIS	PID
Rise Time	0.0036	0.0016
Settling Time	7.8687	14.1695
Settling Min	49.1812	49.1600
Setting Max	50	49.9970
Overshoot	0.0135	0.0059
Undershoot	0	0
Peak	50	50
PeakTime	9.3691	0



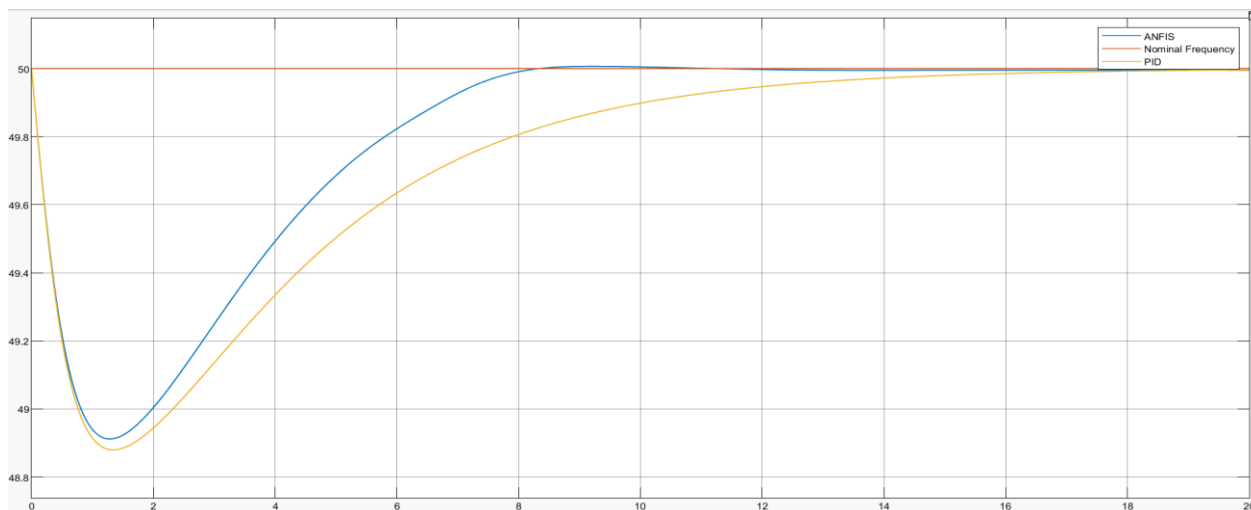
Gambar 5. Hasil Respon Uji LFC dengan Beban 0,3/75MW

Berdasarkan tabel 3 dan dibandingkan dengan Gambar 5 hasil respon uji untuk pengujian dengan beban 0,3/75MW, untuk ANFIS nilai lebih tinggi dibandingkan PID di titik rise time bernilai 0.0036 dibanding PID bernilai 0.0016, titik overshoot ANFIS 0.0135 dibanding PID 0.0059, dan peak time 9.36 dibanding 0, untuk settling time

ANFIS bernilai 7.86 dibanding PID 14.16. Tabel 4 dibawah ini merupakan hasil pengujian LFC dengan Beban 0,4/100 MW

Tabel 4. Hasil Uji LFC dengan Beban 0,4/100 MW

Parameter	ANFIS	PID
Rise Time	0.0019	0.0016
Settling Time	7.6231	14.1694
Settling Min	48.9121	48.8799
Setting Max	50.0066	49.9960
Overshoot	0.0227	0.0079
Undershoot	0	0
Peak	50.0066	50
PeakTime	9.2071	0



Gambar 6. Hasil Respon Uji LFC dengan Beban 0,4/100 MW

Berdasarkan tabel 4 dan dibandingkan dengan Gambar 6 hasil respon uji untuk pengujian dengan beban 0,4/100MW, untuk settling time ANFIS bernilai 7.62 dibanding PID 14.16, namun untuk rise time pada ANFIS bernilai 0.0019 dibanding PID 0.0016, overshoot 0.0227 dibanding PID 0.0079, dan peak bernilai 50.0066 dibanding PID 50.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan data hasil simulasi melalui pengujian Load Frequency Control menggunakan metode ANFIS dengan PID terhadap perubahan beban, maka didapatkan hasil bahwa nilai settling time kontrol ANFIS mempunyai waktu yang lebih cepat 76% jika dibandingkan dengan kontrol PID. Kontrol ANFIS mampu merespon perubahan beban terhadap kondisi steady state frekuensi dengan error 0,6%. Pada penerapan ini kontrol ANFIS rata-rata nilai overshoot sangat rendah ketika keadaan untuk mencapai titik steady state.

REFERENCES

- [1] S. K. Pandey, S. R. Mohanty, and N. Kishor, "A literature survey on load-frequency control for conventional and distribution generation power systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 25, pp. 318–334, 2013.
- [2] M. Arrohan, R. Fajardika, M. Muhlasin, and M. Ali, "Optimasi Frekuensi Kontrol pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler Berbasis ACO dan MFA," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 65–68, 2018.
- [3] R. Humamuddin, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Kontrol Frekuensi Menggunakan Metode Kontrol Beban Elektronik Dengan Sistem Kontrol Fuzzy – Pi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Frequency Controller Using Electronic Load Controller Method With Fuzzy – Pi Controlling System for Picohydro Power Pla," vol. 5, no. 1, pp. 877–884, 2018.
- [4] M. Ali and M. Muhlasin, "Kontrol Kecepatan Putaran Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM) Menggunakan PID, FLC Dan ANFIS," *J. Elektro*, vol. 4, no. 1, p. 253, 2019.
- [5] E. Fitiani and N. Fithri, "Komparasi Simulasi Kontrol Suhu dan Level Air Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Sistem Fuzzy Mamdani dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *J. Ampere*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2021.
- [6] K. Amara et al., "Improved Performance of a PV Solar Panel with Adaptive Neuro Fuzzy Inference System ANFIS based MPPT," *7th Int. IEEE Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2018*, vol. 5, pp. 1098–1101, 2018.
- [7] F. S. Syahriyar and W. S. Pambudi, "Implementasi Kontrol Proporsional Integral Derivative (PID) pada Robot Pengambil Gambar Untuk Keperluan Vlog," vol. 3, pp. 101–107, 2021.
- [8] A. Budianto, W. S. Pambudi, S. Sumari, and A. Yulianto, "PID control design for biofuel furnace using arduino," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 16, no. 6, 2018.

- [9] M. I. Mosaad and F. Salem, "LFC based adaptive PID controller using ANN and ANFIS techniques," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 212–222, 2014.
- [10] J. S. R. Jang and C. T. Sun, "Neuro-Fuzzy Modeling and Control," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 3, pp. 378–406, 1995.
- [11] D. Sharma, "Automatic generation control of multi source interconnected power system using adaptive neuro-fuzzy inference system," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 3, pp. 66–80, 2020.