

## Optimasi Load Frequency Control (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis PID-ANFIS

Mochamad Andrik<sup>1</sup>, Mohamad Farul<sup>2</sup>, Iwan Cahyono<sup>3</sup>, Rukslin<sup>4</sup>  
(<sup>1,2,4</sup>)Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

(<sup>3</sup>)Teknik Sipil, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

<sup>1</sup>[mochamadandrik@gmail.com](mailto:mochamadandrik@gmail.com), <sup>2</sup>[mohamadfarul081291@gmail.com](mailto:mohamadfarul081291@gmail.com),

<sup>3</sup>[iwan.cahyono@ft-undar.ac.id](mailto:iwan.cahyono@ft-undar.ac.id), <sup>4</sup>[rukslin@ft-undar.ac.id](mailto:rukslin@ft-undar.ac.id)

### Abstract

*Microhydro Power Plant is a small-scale power plant. Microhydro plants are built in areas where there is no power grid. In areas with sufficient water potential to generate electrical energy. The problem that often occurs in the micro-hydro generator system is the occurrence of non-constant generator. This is caused by changes in connected loads. Thus causing frequent fluctuations in the frequency of the system that can cause damage to electrical equipment. Therefore used Load Frequency Control (LFC) in order to control the frequency can be more stable. To get the optimal control parameter in micro hydro power plant system is used an Artificial Intelligence (AI) that is Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) method. ANFIS data is taken from PID controller training data. By using PID-ANFIS control method, microhydro generating system can accelerate settling time and minimize overshoot.*

**Keywords:** ANFIS, Micro hydro, LFC, PID

### 1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro semakin banyak digunakan sebagai alternatif sumber energi listrik, pembangkit listrik tenaga mikro hidro memiliki kelebihan secara teknis dan ekonomis. Hal tersebut disebabkan mikro hidro adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang tidak memerlukan instalasi penyimpanan air yang luas dan ramah lingkungan. Permasalahan yang sering terjadi pada sistem pembangkit mikro hidro adalah terjadinya putaran tidak konstan generator yang disebabkan oleh perubahan beban yang tersambung. Sehingga menyebabkan terjadinya fluktuasi frekuensi pada sistem yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan listrik. Frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan generator mikro hidro sangat dipengaruhi oleh kecepatan putar generator. Sedangkan kecepatan putar generator dipengaruhi oleh beban. Pada malam hari (diatas pukul 23.00), sembilan puluh persen rumah mematikan lampu, maka beban mikro hidro menjadi turun. Hal ini akan mengakibatkan roda gerak berputar lebih cepat. Akibatnya frekuensi listrik akan naik dan bila terlalu tinggi akan merusak alat-alat elektronik yang digunakan di rumah-rumah. Oleh karena itu, pengendalian frekuensi agar

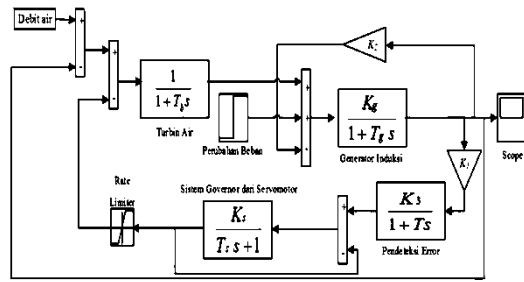
selalu berada pada daerah kerja antara 49 Hz – 51 Hz sangat diperlukan. [1,2]

Mekanisme pengontrolan dilakukan secara otomatis yaitu dengan mengatur posisi bukaan gate sehingga aliran air yang masuk dapat disesuaikan dengan beban, ataupun menyesuaikan daya beban pada sistem dengan pembangkitan untuk peredaman osilasi frekuensi yang terjadi. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tugas akhir dengan judul Penggunaan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Sebagai Pengoptimasi *Load Frequency Control* (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

### 2. METODELOGI PENELITIAN

#### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada paper ini menggunakan sebuah generator induksi, sebuah motor servo yang dioperasikan sebagai governor, dan beberapa komponen-komponen yang dimodelkan pada simulasi menggunakan program MATLAB-SIMULINK. Gambar berikut menunjukkan konfigurasi dari pembangkit Listrik tenaga mikro hidro yang dirancang pada penelitian penelitian ini [2]

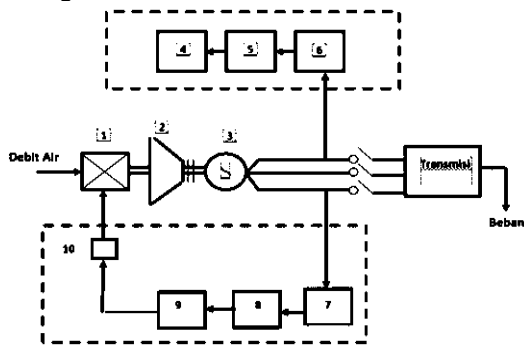


**Gambar 2.1.** Diagram blok sistem pembangkit listrik tenaga

Dari blok pendeteksi error, sinyal  $\Delta\omega$  akan diteruskan ke blok servo motor yang digunakan sebagai governor. Pada blok ini terdapat parameter  $K_s$  dan  $T_s$ . Adapun pada sisi output governor ada sinyal yang diumpun balikkan sebagai nilai masukan pada governor tersebut. Juga output dari governor ini diteruskan ke *rate limiter* yang berfungsi untuk membatasi sinyal pada nilai saturasi paling tinggi dan paling rendah yang telah ditentukan. Dari keluaran *rate limiter* ini, diteruskan sebagai masukan pada blok turbin air. [3]

**2.2. Diagram Skematik LFC Pada Generator**

Berikut ini adalah diagram skematik LFC pada Generator. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.2



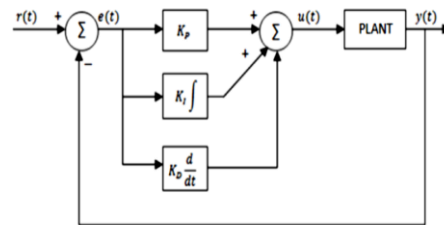
**Gambar 2.2.** Diagram Skematik LFC pada Generator [3]

1. Valve, 2. Turbin, 3. Generator, 4. Sistem Eksitasi, 5. AVR, 6. Sensor Tegangan, 7. Sensor frekuensi, 8. LFC, 9. Governor, 10. Valve Control Mechanism

**2.3 Proporsional Integral Derivatif (PID)**

Kontrol PID telah banyak digunakan pada industri khususnya aplikasi kontrol karena strukturnya simple, algoritma kontrol yang

konperhensip, dan biayanya murah. Berikut model skematik dari control PID ditunjukkan oleh Gambar 2.3 sebagai berikut:



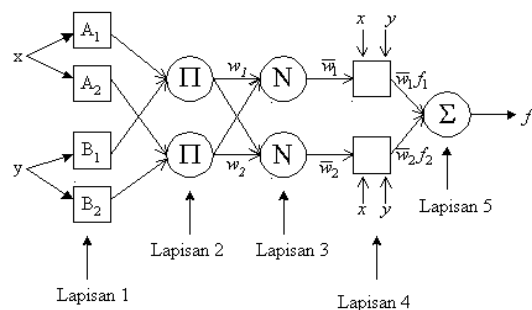
**Gambar 2.3** Sistem kontrol *Proporsional Integral Derivatif* (PID)

Kontrol signal  $u(t)$  adalah kombinasi *linear* dari *error e(t)*, yaitu *Integral* dan *Derivatif*

**2.4. Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System (ANFIS)**

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inference fuzzy yang digunakan adalah sistem inference fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi.

Untuk menjelaskan arsitektur ANFIS, disini diasumsikan fuzzy inference sistem (FIS) hanya mempunyai dua input,  $x$  dan  $y$ , serta satu output yang dilambangkan  $z$ . Pada model sugeno orde satu, himpunan aturan menggunakan kombinasi linier dari input-input yang ada, dapat diekspresikan sebagai berikut: Jika  $x$  adalah  $A_1$  dan  $y$  adalah  $B_1$  kemudian  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$ , Jika  $x$  adalah  $A_2$  dan  $y$  adalah  $B_2$  kemudian  $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$ . Struktur yang digambarkan dalam lingkaran blok atau disebut arsitektur jaringan syaraf sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.4 [4,5,6]



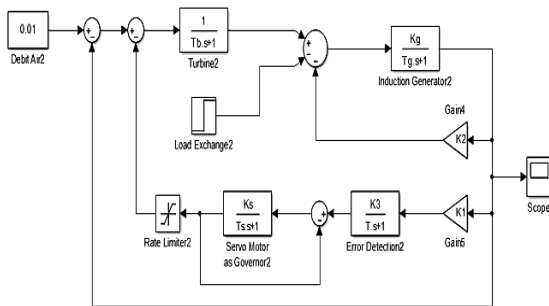
**Gambar 2.4.** Struktur ANFIS

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikro Hidro merupakan sebuah istilah yang terdiridari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator.

**3.1. Model PLTMH**

Diagram blok sistem PLTMH dapat dilihat pada gambar 3.1.

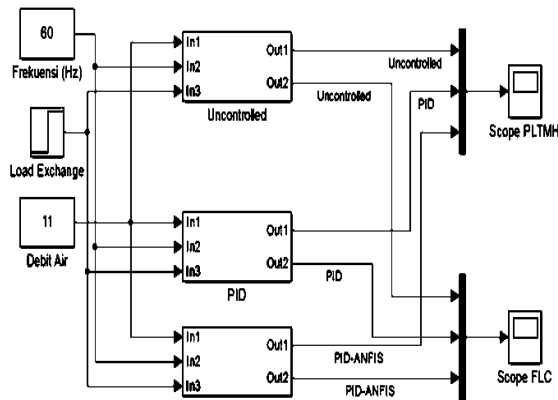


**Gambar 3.1.**Diagram blok sistem PLTMH

Dengan memasukkan parameter-parameter dan running program pada plan pembangkit mikro hidro didapatkan nilai konstanta PID pada masing-masing model.

**3.3. Model Kontrol menggunakan ANFIS**

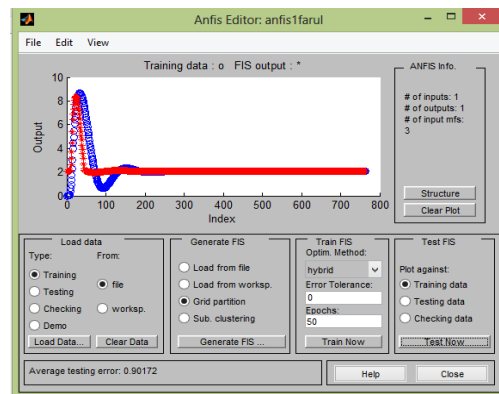
Rancangan simulasi Pembangkit Mikrohidro dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini:



**Gambar 3.3.** Model beberapa macam control

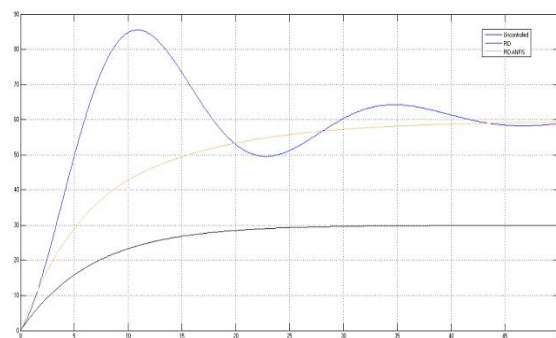
**3.4.. Proses ANFIS**

ANFIS merupakan metode pembelajaran dari hasil running suatu program, dalam hal ini mempelajari hasil control mikro hidro dengan control PID yang sudah disimpan training datanya pada simout. Data tersebut dimasukkan kedalam fuzzy Sugeno dengan memasukkan data training ke load data, generate FIS, memperbesar epochs menjadi 50, training dan kemudian test. Hasil kemudian diexportkan to file atau to workspace dengan nama yang sesuai dengan nama fuzzy yang telah kita buat pada plan. Hasil test akan terlihat seperti pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Hasil Training data ANFIS

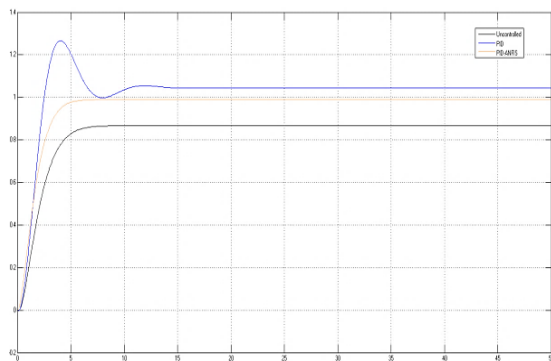
Hasil penelitian dapat digambarkan pada gambar 3.5 dan gambar 3.6. LFC bekerja secara bersamaan dengan sensor frekwensi agar frekwensi tetap sama. Hasil respon LFC dengan frekuensi refferensi 60 Hz pada berbagai model dapat dilihat pada gambar 3.5.



**Gambar 3.5.** Hasil Respon LFC

Dari gambar grafik hasil respon LFC diatas dapat di jelaskan bahwa: Tanpa kontroller

tidak ada overshoot tapi sistem tidak bisa mencapai tegangan yg diinginkan, yaitu undershoot 49,97 % yaitu pada tegangan 119,93 volt. Pada PID didapatkan terjadi overshoot 42,54% pada tegangan 342,11 Volt, undershoot sebesar 17,39% pada tegangan 198,25 volt dengan settling time = 37 detik. Pada ANFIS standar kontroller didapatkan overshoot 4,16% pada tegangan 250,54 dengan settling time = 25 detik.



Gambar 3.6. Hasil Respon sistem PLTMH

Haril grafik di atas dapat diartikan bahwa: Tanpa controller didapatkan undershoots =  $-3,14 \times 10^{-5}$  (49.99985 Hz) pada  $t = 1,15$  settling time 10 detik. Pada PID controller undershoots =  $-3,14 \times 10^{-5}$  (49.99985 Hz) pada  $t = 1,15$  overshoots =  $5,1 \times 10^{-5}$  (50.0025 Hz) pada  $t = 7,5$  settling time 29 detik. Pada ANFIS controller undershoots =  $-0,05 \times 10^{-5}$  (49.99975 Hz) pada  $t = 0,096$  settling time 3,76 detik.

#### 4. Kesimpulan

Dari perbandingan hasil penelitian dari beberapa model kontrol PID model pengaturan PID\_ANFIS, undershoots terkecil ( $0,05 \times 10^{-5}$ ) pada PID\_ANFIS dan settling time tercepat (25 detik). Hal ini menunjukkan bahwa dengan model kontrol PID\_ANFIS system akan lebih cepat merespon dan memperbaiki frekuensi agar tetap konstan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Tri Siswanto, Dwi Hendra Kusuma, Rukslin, Agus Raikhani, *Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)*, SENTIA-2016, Polinema, Malang, pp: B35-B39
- [2] Dwi Ajiatmo, Agus Raikhani, *Desain Optimasi LFC Pada Micro-Hydro Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO)*, Semnasinotek-2017, UN PGRI, Kediri, pp: 75-81
- [3] Hadi Saadat, *Power Sistem Analisis*, McGraw-Hill, Inc 1999
- [4] Jang, J.-S., Sun, C.-T., Mizutani, E., 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing – A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Prentice-Hall
- [5] Buyung Imawan, Suprima, Yanuangga G Hartlambang, Muhlasin, *Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Hybrid ANFIS-PID-FA Controller*, SENTIA-2016, Polinema, Malang, pp: B15-B20.
- [6] Hartanto, Arif Rochmansyah, Tri Siswanto, Hidayatul Nurohmah, *Desain Optimasi Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Hybrid ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) dengan PID-PSO (Proportional Integral Derivative – Particle Swarm Optimiazation) Controller*, SENTIA-2016, Polinema, Malang, pp: B44-B48