

Buku Optimasi Load Frequency Control (LFC)

by Kadaryono Kadaryono

Submission date: 22-Jul-2023 02:03PM (UTC+0800)

Submission ID: 2134884595

File name: Buku_Kadaryono_Optimasi_Load_Frequency_Control_LFC.pdf (972.06K)

Word count: 4239

Character count: 27054

**IR. KADARYONO, M.T.
MUALIFI USMAN, ST., M.T.**



OPTIMASI LOAD FREQUENCY CONTROL (LFC)

**Pada Sistem Pembangkit Listrik
Tenaga Mikrohidro di Kabupaten Jombang
Menggunakan Metode Firefly Algorithm (FA)**

OPTIMASI LOAD FREQUENCY CONTROL (LFC)
Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di
Kabupaten Jombang Menggunakan Metode Firefly
Algorithm (FA)

Copyright © Desember 2022

Penulis : **IR. Kadaryono, M.T.**
Mualifi Usman, ST., M.T
Desain Sampul : **Muzammil Akbar**
Editor : **Machrus Ali, ST., MT., IPM.**

Ukuran: 14.8 x 21 cm; Hal: vii + 45 (52)
Cetakan I, Desember 2022
ISBN 978-623-5451-61-9



Penerbit
Insight Mediatama
Anggota IKAPI No. 338/JTI/2022
Watesnegoro No. 6 (61385) Mojokerto
Whatsapp 081234880343
Email: insightmediatama@gmail.com

38
© **All Rights Reserved** Ketentuan Pidana Pasal 112-119 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur¹⁸ kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku dengan judul: *Optimasi Load Frequency Control (LFC)* Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kabupaten Jombang Menggunakan Metode *Firefly Algorithm (FA)*.

Kami³⁷ menyadari bahwa buku ini jauh dari kesempurnaan, namun kami berharap semoga buku ini bermanfaat didunia ilmu pengetahuan dan teknologi.

⁶
Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	1
1.2 Manfaat	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Pemodelan Sistem.....	10
2.2.1 SistemPembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro ..	10
2.2.2 Diagram Skematik LFC pada Generator.....	12
2.2.3 PID (Proportional Integral Derivative)	15
2.2.4 Variabel Penelitian	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Optimasi.....	17
3.2 Tahapan Penelitian.....	19
3.3 Lokasi Penelitian.....	20
3.4 Variabel Penelitian.....	20
3.5 Pengumpulan Data	21
3.6 Firefly Algorithm	21
3.6.1 Penggunaan FA dalam Penelaan PID	24

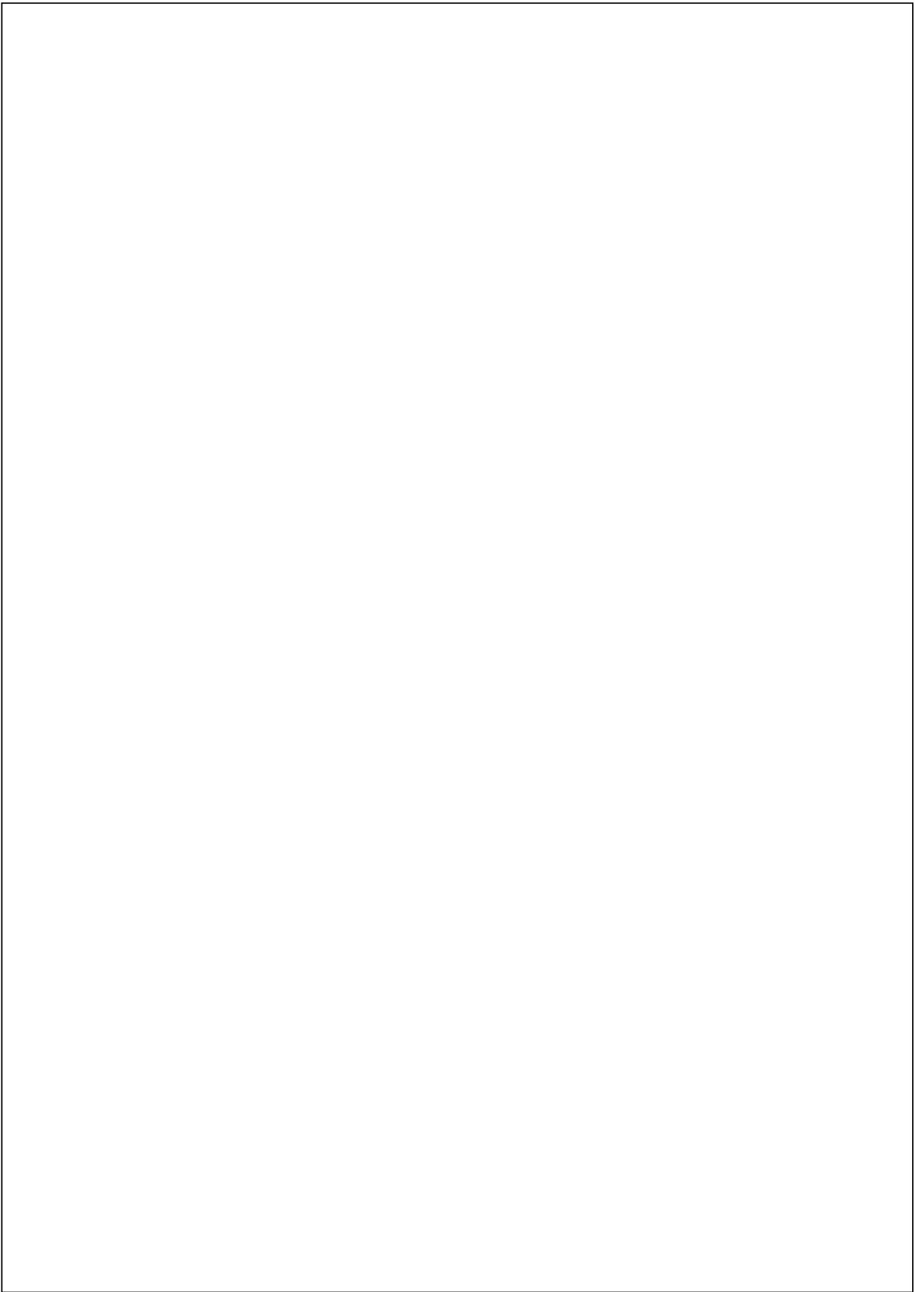
41	BAB IV SIMULASI DAN ANALISA	28
4.1	Model PLTMH.....	28
4.2	Load Frequency Control (LFC)	30
4.3	Parameter PLTMH.....	30
4.4	Model Kontrol.....	33
	DAFTAR PUSTAKA.....	42
	BIODATA PENULIS.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Parameter FA	27
Tabel 4.1. Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro	32
Tabel 4.2. Konstanta K_p , K_i , dan K_d PLTMH	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Blog Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro	11
Gambar 2.2. Diagram Skematik LFC pada Generator	14
Gambar 2.3. Blok Diagram PID Controller	15
Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Langkah-langkah Penelitian	17
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengaturan Frekuensi pada sistem PLTMH	18
Gambar 3.3. Diagram Alir Penalaan FA pada PID	26
Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem PLTMH	29
Gambar 4.2. Pengaturan Frekuensi pada PLTMH	33
Gambar 4.3. Blok Diagram Load Frequency Control (LFC)	34
Gambar 4.4. Model Simulasi Beberapa Macam Kontrol	35
Gambar 4.5. Hasil Respon LFC	36
Gambar 4.6. Hasil Reson Sistem PLTMH	38



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan ¹⁰ pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikro hidro merupakan ² sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. ⁴ Secara teknis, mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air(sumber energi), turbin dan generator (Tsabit Mustarin. 2015).

Buku ini dikembangkan dengan menggunakan

beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya. Buku ini merupakan kelanjutan dari paper ©2013 IEEE Tiejun Sun, Hongtao Mi, 2013, yang berjudul: ³⁴ *Electromagnetic Performance Controlling Using Intelligent Algorithm for Hydroelectric Generator* pada ²⁷ *International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC)* (Tiejun. 2013). Dalam *paper* ini membahas tentang penggunaan *Intelligent Algorithm* untuk pengaturan *exitasi* pada *Generator*. Dalam paper ini digunakan Fuzzy-PID controller dan IPSO (Improved PSO) algorithm. Paper ini belum membahas LFC, PID-ZN, PID-*Auto*

Tunning, Valve, Sensor, Turbin, Governor, PID-AI lain, *Fuzzy-AI, ANFIS, Generator lain, PID-PSO* (Standart). Pada penelitian yang akan dilakukan, membahas tentang kontrol PID dengan menggunakan *tunning PID-FA* (Standart).

Paper lainnya yang berhubungan dengan buku ini adalah jurnal Dwi Hendra Kusuma, 2016 yang berjudul *Desain Optimasi Load Frequency Control (LFC)*. Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan *Proportional Integral Derivative (PID) Controller* Berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)*.

Perkembangan dalam bidang teknologi kontrol saat ini semakin pesat salah satunya teknologi pengendali ²⁵ pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Mikro hidro atau yang dimaksud dengan

²⁵ pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH),
⁴⁰ adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang
menggunakan tenaga air sebagai tenaga
penggerakannya seperti, saluran irigasi, sungai atau
air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi
terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikro hidro
merupakan ² sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro
yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. ⁴ Secara
teknis, mikro hidro memiliki tiga komponen utama
yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan
generator.

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. (Tsabit Mustarin. 2015)

Untuk mendapatkan nilai konstanta PID Controller secara manual, akan memerlukan waktu

yang panjang dan hasil yang didapat kurang maksimal. Untuk memperoleh hasil yang optimal diperlukan metode yang baik untuk menentukan konstanta PID Controller. Konstanta PID Controller yang tepat akan menghasilkan control LFC yang baik. Dengan kestabilan frekuensi yang baik akan berdampak pada keamanan peralatan listrik penduduk desa Sumber kecamatan Wonosalam menjadi lebih baik dan stabil dibandingkan dengan kontrol konvensional.

1.2 Manfaat

1. Dengan buku ini bisa digunakan untuk melihat langsung kondisi PLTMH di desa Sumber kecamatan Wonosalam, dari segi pengamanan jaringan, pentanahan, atau keselamatan daerah lingkungan sekitarnya.

2. Dengan buku ini diharapkan dapat memperbaiki frekuensi PLTMH sehingga terhindar dari kerusakan peralatan listrik akibat tidak stabilnya frekuensi.
3. Dengan adanya hasil buku ini diharapkan dapat menambah keilmuan dibidang konversi energi.
4. Dengan buku ini hasilnya bisa digunakan untuk mempublikasikan karya ilmiah peneliti, dengan mengadakan seminar nasional atau memasukkan buku ini kedalam jurnal nasional.
5. Peneliti bisa mengembangkan ilmu ketenagalistrikan dan dapat dipakai untuk membuat jurnal di International ³¹ International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI 2018)

LANDASAN TEORI**2.1 Kajian Pustaka**

47

Kundur, P, *Power System Stability and*

Control, dibahas tentang kesetabilan dan control generator, teori tentang generator, karakteristik generator, turbin air, governor, kesetabilan frekuensi, daya dan tegangan generator, sistem kerja kontroler.

26

Imam Robandi, *Desain Sistem Tenaga Modern:**Optimasi, Logika Fuzzy, dan Algoritma Genetika;*

membahas tentang desain turbin, AVR, LFC, generator dan algoritma *Artificial Intelligence*.

17

DS.Henderson, *An advanced electronic load**governor for control of Micro hydroelectric power**generation;* membahas tentang governor untuk

mengotrol pembangkit listrik tenaga air. Muh Budi R

Widodo, Soediby, Ali Musyafa, dan Imam Robandi
Aplikasi Fuzzy PID pada Pengendali Wicket Gate
pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro;
membahas tentang aplikasi PID pada pengendali
wicket Gate pada pembangkit listrik tenaga
mikrohidro, tuning PID konvensional, auto tuning
PID, PID dituning dengan AI, penggunaan Fuzzy
Sugeno dan Mamdani. M. Hammandlu, H. Goyal,
*Proposing a new advanced control technique for
micro hydro power plants*; membahas teknik kontrol
pada plan mikrohidro, beberapa teknik kontrol
kecepatan putar, teknik kontrol kesetabilan tegangan,
kontrol frekuensi. Yang, X. S. Firefly algorithms for
multimodal optimization; membahas tentang
algoritma firefly, pergerakan firefly, kecepatan
firefly, kecerahan firefly. Dimas Angriawan Santoso

Perancangan *Load Frequency Control* (LFC) dengan *Capasitive Energy Storage* (CES) menggunakan *Particle Swarm Optimization* dan *Bacteria Foraging Algorithm* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro; membahas tentang perancangan *Load FrequencyControl* (LFC), desain sistem LFC dan simulasi dengan Matlab.

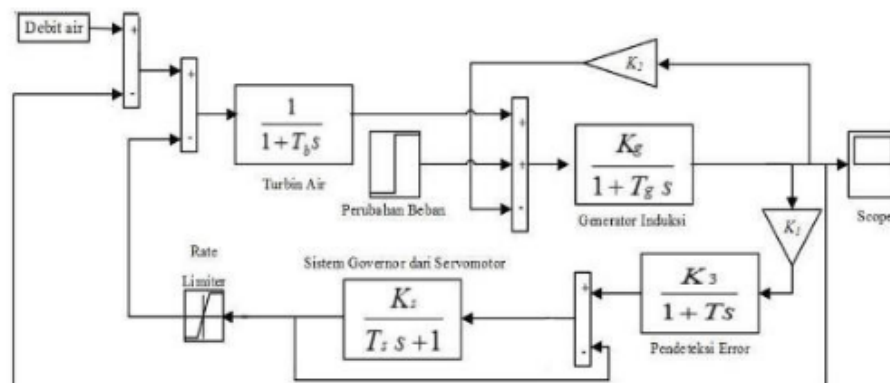
2.2 Pemodelan Sistem

2.2.1 ²⁰ Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro

Hidro

²⁰ Sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada buku 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 2.1. Menunjukkan konfigurasi dari pembangkit Listrik tenaga mikro hidro yang dirancang pada buku ini.



Gambar 2.1.Diagram blok sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (Tsabit Mustarin et.al., 2015) (Djalal et.al., 2015)

Dari blok pendeteksi error, sinyal $\Delta\omega$ akan diteruskan ke blok servomotor yang digunakan sebagai governor. Pada blok ini terdapat parameter Ks dan Ts . Adapun pada sisi output governor ada sinyal yang diumpanbalikkan 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. (Tsabit Mustarin, 2015)\

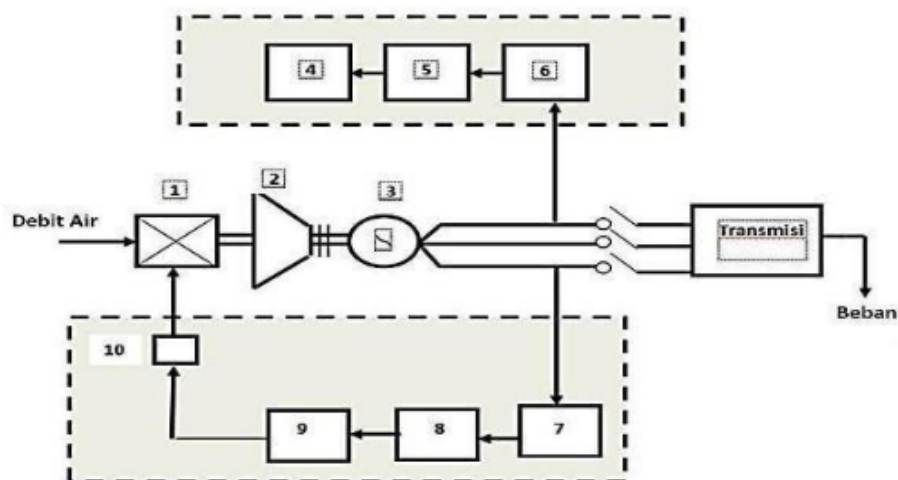
2.2.2 Diagram Skematik LFC Pada Generator (Kurang teori microhidro)

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. Oleh karena itu, pengendalian frekuensi diperlukan agar selalu berada pada daerah kerja sangat

diperlukan. Saat ini Artificial Intelligence (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan diantaranya sebagai control steer kendaraan, sebagai control sudu turbin angin, sebagai kontrol mikrohidro, sebagai control kecepatan motor DC.

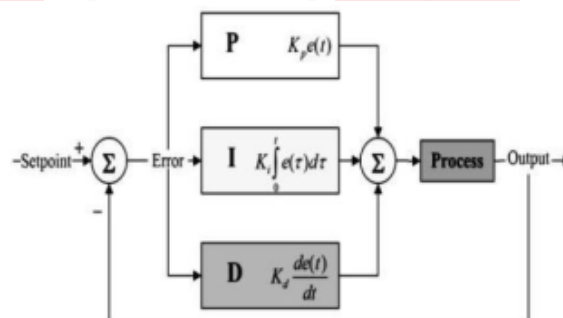
Berikut ini adalah diagram skematik LFC pada Generator. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Skematik LFC pada Generator (Saadat, 1999).

2.2.3 PID (*Proportional Integral Derivative*)

¹ PID (*Proportional Integral Derivative*) Controller merupakan controller untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / *feed back* pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*.



Gambar 2.3. *Blok Diagram PID Controller*

Ada 3 macam control PID yaitu control PI, PD, dan PID. PI adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional dan integratif. PD adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional dan derivatif. Dan PID adalah kontrol yang menggunakan komponen proportional, integratif, dan derivative

2.2.4 Variabel Penelitian

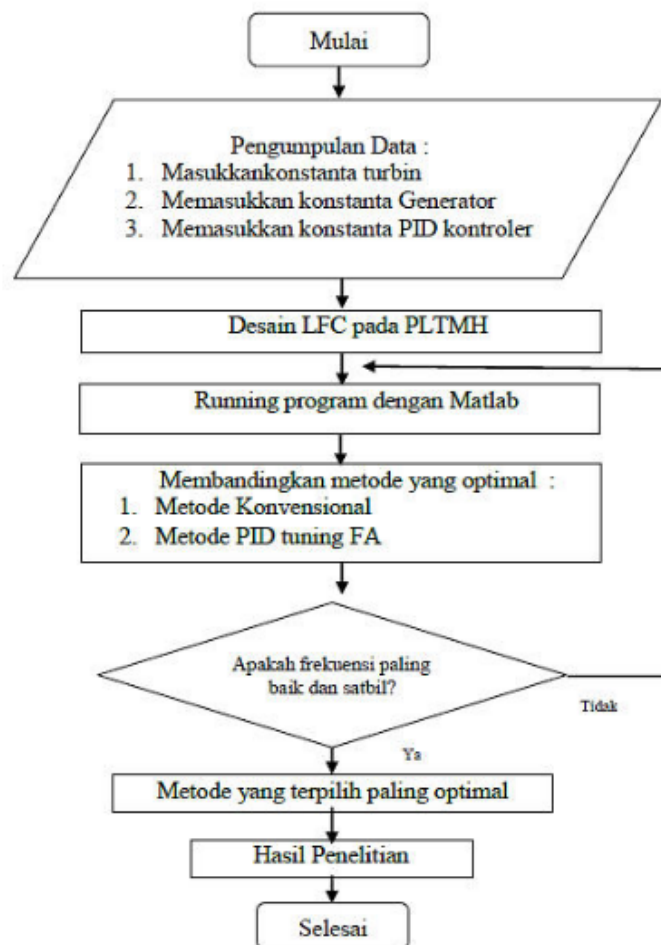
Dalam buku ini akan digunakan variabel untuk masing-masing tahapan perencanaan meliputi: desain PLTMH, frekuensi sistem, konstanta membership function konstanta (w , $c1$ dan $c2$), konstanta turbin (Tb , ω , fg), konstanta generator (Kg , Tg , Sg , Vg , pf , $K1, K2, K3$), governor (Ks , Ts).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 METODE OPTIMASI

1. Kerangka Konsep Penelitian

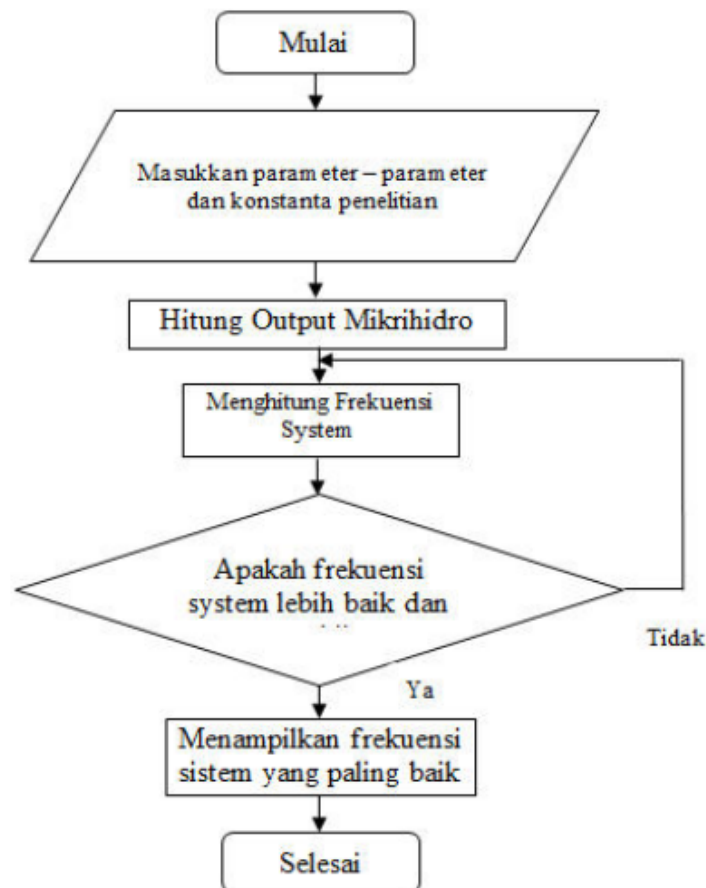
Diagram alir proses langkah-langkah penelitian terlihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir proses langkah-langkah penelitian

2. **Diagram alir penyelesaian Desain pengaturan frekuensi sistem PLTMH**

Diagram alir penyelesaian desain pengaturan frekuensi pada sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir pengaturan frekuensi pada sistem PLTMH

3.2 Tahapan Penelitian

1. Membuat desain kontrol LFC pada PLTMH, meliputi desain turbin, desaignerator, desain kontroler.
2. Menentukan konstanta variable turbin, generator dan PID kontroler
3. Membandingkan kesetabilan frekuensi pada PLTMH sebelum menggunakan controller dan setelah menggunakan PID kontroler tanpa tunning, dengan auto tuning PID dan PID dituning dengan FA.
4. Memperbaiki setting PID kontroler dengan hasil tuning FA, dengan memperbaiki rangkaian kontrolnya.
5. Membuat paper untuk seminar atau jurnal.

3.3 Lokasi Penelitian

Buku ini dilakukan dengan melakukan analisis dari data-data yang ada pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di desa Sumber kecamatan Wonosalam kabupaten Jombang.

3.4 Variabel Penelitian

Dalam buku ini akan digunakan variabel untuk masing-masing tahapan perencanaan meliputi; desain PLTMH, frekuensi sistem, konstanta PID (k_p , K_i , K_d), konstanta firefly algorithm (β , y , α), konstanta turbin (T_b , ω , f_g), konstanta generator (K_g , T_g , S_g , V_g , pf , K_1 , K_2 , K_3), governor (K_S , T_s).

3.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam buku ini adalah data yang ada pada Sumber kecamatan Wonosalam kabupaten Jombang. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Data teknis pipa penstock, runner, turbin, generator.
2. Desain governor, Turbin, generator dan PID controller.
3. Mengukur, mencatat dan menganalisa tentang frekuensi, tegangan, arus dandaya sistem.

3.6 FIREFLY ALGORITHM (FA)

Metode yang digunakan untuk mengoptimisasi parameter PID adalah metode *Firefly Algorithm* (FA). Algoritma ini pertama ditemukan oleh Dr. Xin-

She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Pada algoritma ini terdapat tiga perumusan dasar :

1. Semua kunang-kunang adalah unisex, jadi suatu kunang-kunang akan tertarik dengan kunang-kunang lain terlepas dari jenis kelamin mereka.
2. Daya tarik sebanding dengan kecerahan, maka kunang-kunang dengan kecerahan lebih redup akan bergerak ke arah kunang-kunang dengan kecerahan lebih terang dan kecerahan berkurang seiring dengan bertambah jarak. Apabila tidak ada kunang-kunang yang memiliki kecerahan paling cerah maka kunang-kunang akan bergerak random.

3. Tingkat kecerahan kunang-kunang

dideterminasikan oleh tempat dari fungsi objektif kunang-kunang.

Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika (Yang, X. S, 2009). Berdasarkan pada ketiga peraturan ini, langkah dasar dari algoritma kunang-kunang (FA) dapat diringkas sebagai *pseudo code* berikut(Dimas Angriawan 2014).

Fungsi objektif $f(x)$, $x = (x_1, \dots, x_d)^T$

Inisialisasi populasi kunang-kunang x_i ($i = 1, 2, \dots, n$)

Tentukan koefisien penyerapan cahaya y

while($t < \text{Max Generation}$)


```
for i = 1 : n semua n kunang-kunang
```

```
  for j = 1 : i semua n kunang-kunang
```

```
    Intensitas cahaya  $I_i$  pada  $x_i$  ditentukan oleh  $f(x_i)$ 
```

```
    if ( $I_j > I_i$ )
```

```
      Pindahkan kunang-kunang  $I$  menuju  $j$  pada dimensi  $d$ 
```

```
    end if
```

```
    Ketertarikan populasi dengan  
    jarak  $r$  pada  $\exp[-y r]$  Evaluasi  
    solusi baru dan perbarui  
    intensitas cahaya end for j
```

```
  end for i
```

```
Urutkan peringkat kunang-kunang dan cari posisi terbaik baru
```

```
end while
```

3.6.1 PENGGUNAAN FA DALAM PENALAN PID

Gambar 3.3 menunjukkan diagram alur algoritma metode *Firefly Algorithm (FA)* yang digunakan pada penelitian buku ini.

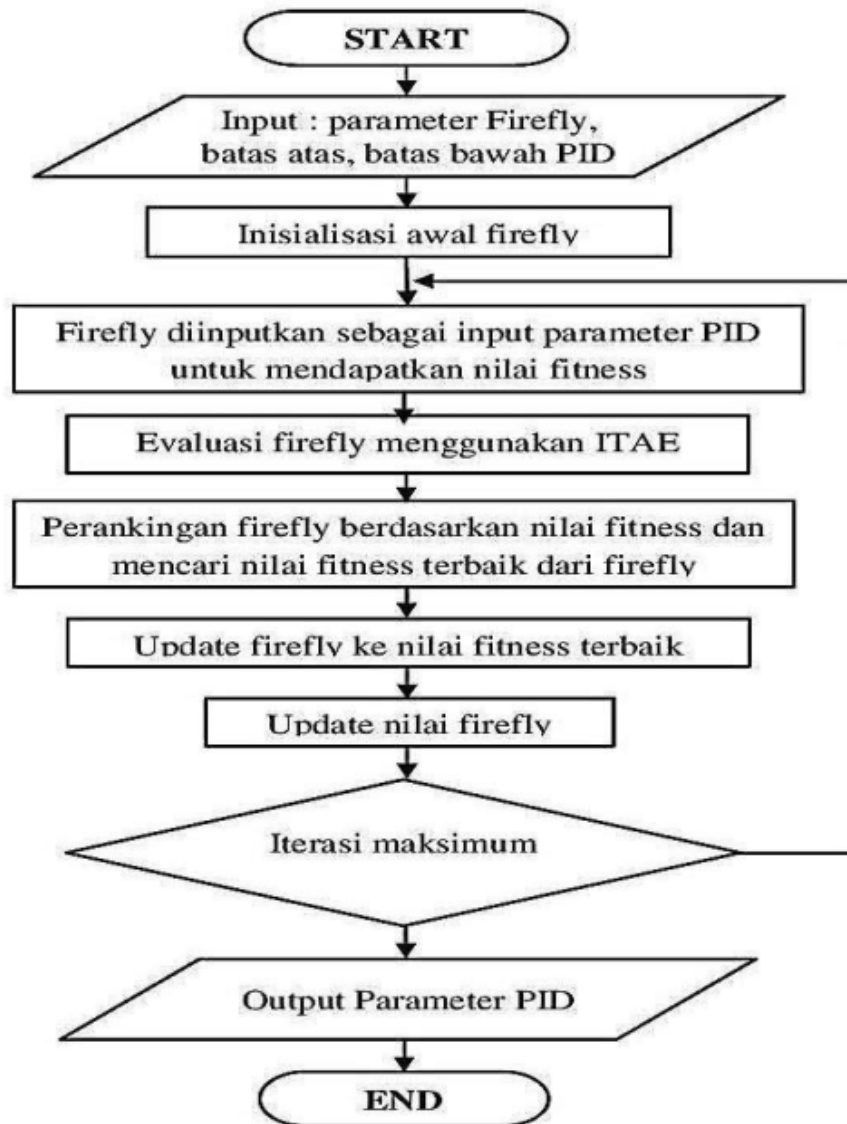
15

Fungsi objektif yang digunakan untuk menguji kestabilan sistem adalah dengan *Integral Time Absolut Error* (ITAE).

29

$$ITAE = \int_0^t |\Delta\omega(t)| dt$$

Parameter PID yang ditala oleh FA adalah Kd, Kp, Ki. Adapun untuk diagram alur proses penalaan parameter PID dengan menggunakan metode *firefly algorithm* ditunjukkan oleh *flowchart* pada Gambar 3.3. Dengan melihat diagram alur, akan lebih memudahkan kita untuk mengetahui runtutan-runtutan proses yang perlu dilakukan untuk menyusun suatu sistem (Yang, X. S, 2009).



Gambar 3.3. Diagram alir penalaan FA pada PID
(Yang, X. S, 2009)

Adapun data **parameter**-parameter FA yang

digunakan ditunjukkan pada tableberikut.

Tabel 3.1 Parameter FA

Parameter	Nilai
<i>Alpha</i>	0.25
<i>Beta</i>	0.2
<i>Gamma</i>	1
<i>Dimensi</i>	3
<i>Jumlah Kunang-Kunang</i>	50
<i>Iterasi maksimum</i>	50

BAB IV

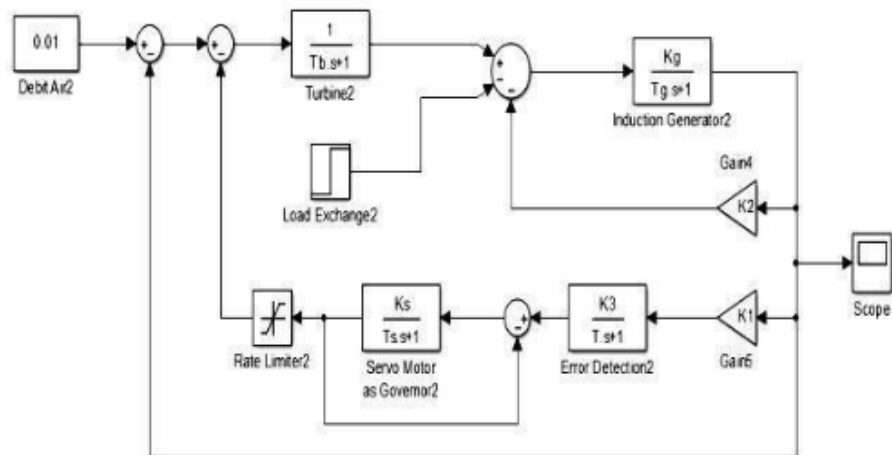
SIMULASI DAN ANALISA

¹⁰ Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

(PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan ² sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. ¹⁶ Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator.

4.1 Model PLTMH

Diagram bol system PLTMH ²³ dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1. Diagram blok sistem PLTMH

Dari blok pendeteksi error, sinyal $\Delta\omega$ akan diteruskan ke blok servomotor 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.

4.2 Load Frequency Control (LFC)

LFC bekerja secara bersamaan dengan sensor frekwensi dengan tujuan utamanya adalah menjaga agar frekwensi tetap sama sebagai ukuran dari perubahan daya aktif sistem. Oleh karena itu, pada LFC terdapat variabel daya aktif referensi P_{ref} sehingga seperti pada AVR maka pada komparator akan terbaca seberapa besar perubahan daya aktif yang terjadi yang kemudian disebut sebagai error sebesar ΔP . Error inilah yang kemudian sebagai input utama dari governor.

4.3 Parameter PLTMH

Pada diagram blok diatas terdapat parameter-parameter yang menunjukkan masing-masing bagian

dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Dimulai dari bagian input sistem yang nilainya diperoleh dari besarnya debit air untuk memutar turbin air. Selanjutnya masuk pada blok Turbin Air yang memiliki parameter T_w pada turbin, energi air yang memutar turbin dikonversikan menjadi daya mekanis yang menjadi salah satu nilai masukan untuk generator. Dari blok pendeteksi error, sinyal akan diteruskan ke blok servomotor yang digunakan sebagai governor. Pada blok ini terdapat parameter K_s dan T_s . Adapun pada sisi output governor ada sinyal yang diumpanbalikkan 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.

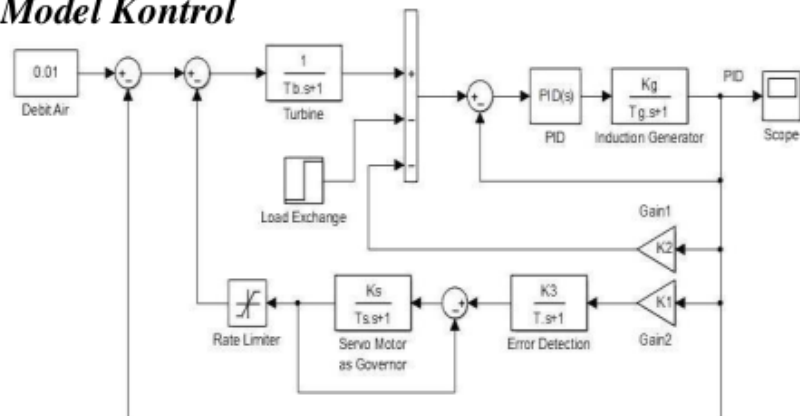
Selain parameter - parameter yang telah ditentukan sebelumnya, terdapat juga nilai input pada generator yang berasal dari *Load Exchange* atau perubahan frekuensi beban. Sinyal input akibat perubahan beban ini merupakan bagian yang sangat menentukan bagaimana system pengaturan frekuensi ini berjalan. Nilai sinyal ini dapat berubah-ubah nilainya, tergantung besar atau kecilnya beban daya listrik yang digunakan oleh pelanggan.

Tabel 4.1. Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

	Nilai	Keterangan
<i>Tb</i>	1	Respon waktu turbin air (s)
<i>Kg</i>	1	Penguatan pengatur generator indksi (s)

T_g	13,333	Respon waktu generator induksi (s)
$K1$	5	Konstanta penguatan <i>Error Detection</i>
$K2$	8,52	Konstanta penguatan deviasi frekuensi
$K3$	0,004	Penguatan pengatur <i>Error Detection</i>
T	0,02	Respon waktu <i>Error Detection</i>
T_s	0.1	Konstanta waktu governor (s)
KS	2,5	Penguatan pengatur governor
S_g	40	Rating daya generator mikro hidro (kVA)
pf	0,8	Faktor daya
V_g	400/231	Tegangan nominal generator (V)
ω	1500	Kecepatan rotasi nominal (rpm)
f_g	50	Frekuensi nominal mikro hidro (Hz)

4.4 Model Kontrol



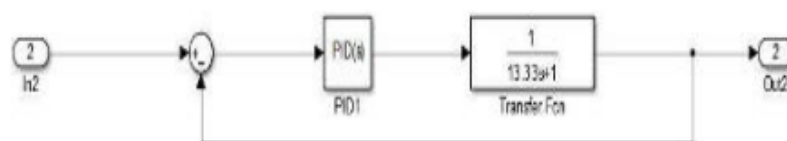
Gambar 4.2. Pengaturan Frekuensi pada PLTMH

Dengan memasukkan parameter-parameter dan running program pada plan pembangkit mikrohidro didapatkan nilai konstanta PID pada masing-masing model. Konstanta K_p , K_i dan K_d pada PID dapat dilihat pada table 4.2. dibawah ini:

Tabel 4.2. Konstanta K_p , K_i dan K_d PLTMH

	Un-control	PID	PID-Auto	PID-ZN	PID-FA
K_p	-	1	15,664	10	43,4532
K_i	-	1	21,619	1,21	1,0021
K_d	-	0	-2,711	0	0,01

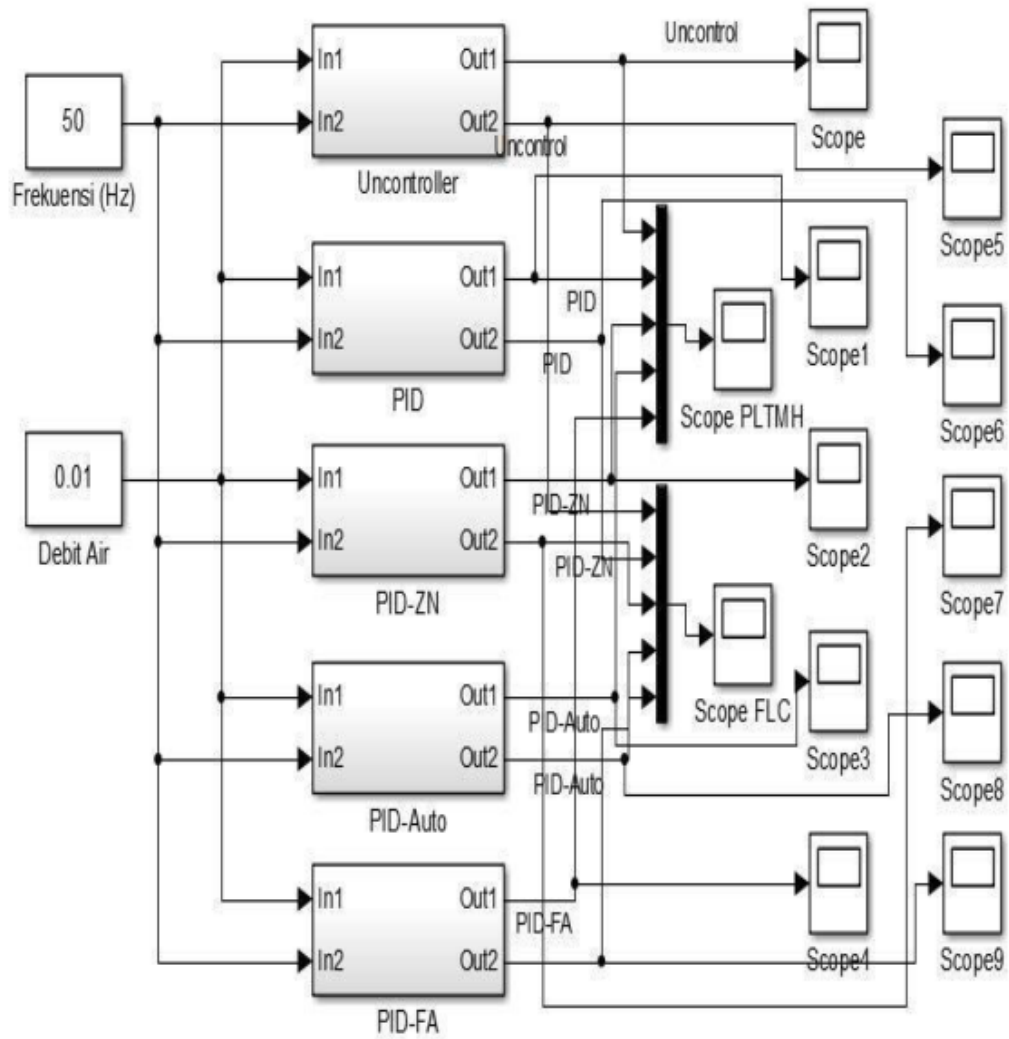
Blok diagram Load Frequency Control LFC dapat dilihat pada Gambar 4.3.dibawah ini:



Gambar 4.3. Blok diagram Load Frequency Control (LFC)

Gambar rancangan simulasi Pembangkit Mikrohidro

7 dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini :

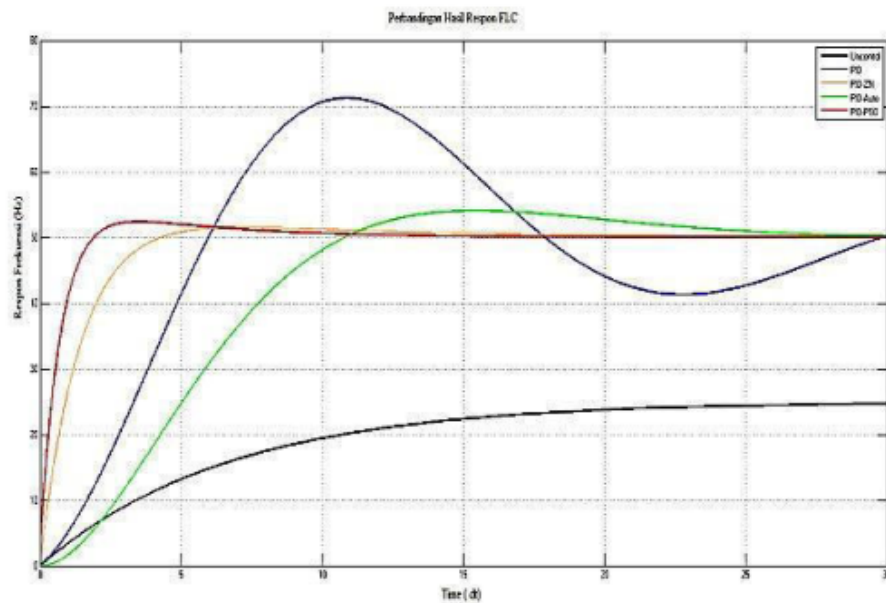


Gambar 4.4. Model Simulasi beberapa macam control

4.4 Hasil Penelitian

39

Hasil penelitian dapat digambarkan pada gambar 4.5 dan gambar 4.6. LFC bekerja secara bersamaan dengan sensor frekwensi agar frekwensi tetap sama. Hasil respon LFC dengan frekuensi refferensi 50 Hz pada berbagai model dapat dilihat pada gambar 4.5.

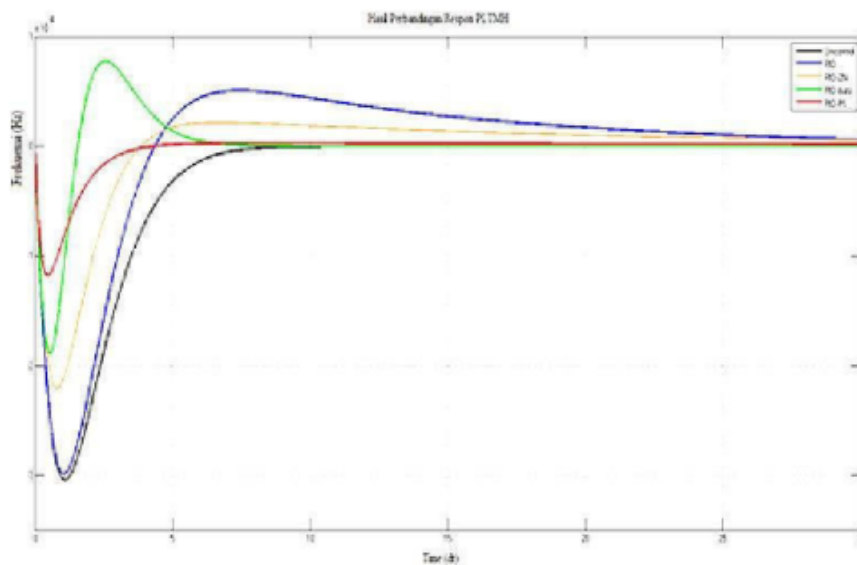


Gambar 4.5.. Hasil Respon LfC

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

1. Tanpa controller didapatkan tidak ada overshoot tapi sistem tidak bisa mencapai frekuensi yg diinginkan.
2. PID standar controller didapatkan terjadi overshoot frekuensi pada $t = 11$ detik sebesar 71 Hz dengan settling time = 30 detik.
3. PID Auto tuning controller didapatkan terjadi overshoot frekuensi pada $t = 15,5$ detik sebesar 54 Hz dengan settling time = 28,5 detik.
4. PID Ziegler Nichols controller didapatkan terjadi overshoot frekuensi pada $t = 15,5$ detik sebesar 51,5 Hz dengan settling time = 8,5 detik.

5. PID FA controller didapatkan terjadi overshoot frekuensi pada $t = 3,4$ detik sebesar 52 Hz dengan settling time = 5 detik.



Gambar 4.6. Hasil Respon sistem PLTMH Hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa:

1. Kontroler tanpa controller didapatkan undershoots = $-3,14 \times 10^{-5}$ (49.99985 Hz) pada saat $t = 1,15$ dengan settling time 10 detik.

2. PID standar controller didapatkan undershoots = $-3,14 \times 10^{-5}$ (49.99985 Hz) pada saat $t = 1,15$ overshoots = $5,1 \times 10^{-5}$ (50.0025 Hz) pada saat $t = 7,5$ dengan settling time 29 detik.
3. PID Auto tuning controller didapatkan undershoots = $-1,89 \times 10^{-5}$ (49.999 Hz) pada saat $t = 0,53$ overshoots = $7,73 \times 10^{-5}$ (50.004 Hz) pada saat $t = 7,5$ dengan settling time 9,5 detik.
4. PID Ziegler Nichols controller didapatkan undershoots = $-2,21 \times 10^{-5}$ (49,99 Hz) pada saat $t = 0,8$ overshoots = $2,15 \times 10^{-5}$ (50,01 Hz) pada saat $t = 6,6$ dengan settling time 19 detik.
5. PID FA controller didapatkan undershoots = $-1,18 \times 10^{-5}$ (49.9994 Hz) pada saat $t = 0,45$ dengan settling time 4,22 detik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 KESIMPULAN

Dari perbandingan hasil penelitian, sistem PLTMH dapat disimpulkan bahwa kontroler terbaik pada buku ini adalah PID-FA yaitu didapatkan undershoots = $-1,18 \times 10^{-5}$ (49.9994 Hz) pada saat $t = 0,45$ dengan settling time 4,22 detik. Ini berarti bahwa range frekuensi pada PID-FA adalah antara 49,9994 sampai 50.000 Hz. Dengan waktu perubahan maksimum 4,22 detik. Ini berarti lebih baik dari frekuensi yang diperbolehkan pada sistem, yaitu 49 – 50 Hz dengan perubahan 3 sampai 5 detik untuk gejala transien dan 10 sampai 20 detik untuk interkoneksi.

1.2 SARAN

Hasil penelitian bisa dikembangkan dengan menggunakan metode lain yang nantinya bisa didapatkan hasil yang paling baik.

DAFTAR PUSTAKA

DS. Henderson, "*An advanced electronic load governor for control of Micro hydroelectric power generation*", IEEE Transactions Energy Conversion, Vol.13, No.3, September 1998.

Dwaraka S. Padimiti and Badrul H. Chowdhury, "*Superconducting Magnetic Energy Storage System (SMES) for Improved Dynamic System Performance*", Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE

Imam Robandi, "*Desain Sistem Tenaga Modern: Optimasi, Logika Fuzzy, dan Algoritma Genetika*", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2006.

Imam Robandi, "*Modern Power System Control*", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2009

J. Kennedy and R. C. Eberhart. Particle swarm optimization.

In Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.

Kundur, P, (1994), *Power System Stability and Control*, EPRI, Mc.Graw Hill, Inc, New York.

Muh Budi R Widodo, Soedibyso, Ali Musyafa, dan Imam Robandi “*Aplikasi Fuzzy PIPD pada Pengendali Wicket Gate pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*” Prosiding Seminar Nasional Basic Science 7, Malang, 2010

M. Hammandlu, H. Goyal, “*Proposing a new advanced control technique for micro hydro power plants*”, Electrical power and Energy System, 2008

Saadat, H, (1999), *Power System Analysis*, Mc. Graw Hill Book Co, Singapore

Tsabit Mustarin, Teguh Yuwono, Imam Robandi,

“Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) dengan Superconducting Magnetic Energy Storage(SMES) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Firefly Algorithm(FA)”, Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No. 1, (2015) 1-6

Yang, X. S. (2009). "***Firefly algorithms for multimodal optimization***". ***Stochastic Algorithms: Foundations and Applications***, SAGA 2009. Lecture Notes in Computer Sciences 5792. pp. 169–178. Ar Xiv: 1003. 1466

Rizqi Nafiardli, Nasrul Fatkhur, Muhlasin, Askan, Machrus Ali, ***Optimasi Kontroller CES dan ANFIS Untuk Meredam Osilasi Frekuensi Pada Mikrohidro Berbasis Ant Colony Optimization***, SinarFe-1 7, ISSN (Print) : 2621-3540, ISSN (Online) : 2621-5551

BIODATA PENULIS



Kadaryono, Lahir di Jombang, 11 April 1966. Lulus S1 pada program studi Teknik Mesin pada tahun 1992 di Universitas Darul ‘Ulum Jombang. Lulus S2 pada program studi Magister Teknik Mesin pada tahun 2013 di Institut Teknologi Sepuluh Novemver Surabaya. Meniti karir sebagai dosen di Universitas Darul ‘Ulum Jombang sejak tahun Februari 1994 sampai sekarang. Aktif meneliti dan menulis di bidang Microhidro, Statika Struktur dan Kinematika Teknik



Mualifi Usman, Lahir di Jombang, 10 September 1984. Lulus S1 pada program studi Teknik Mesin pada tahun 2008 di Universitas Darul ‘Ulum Jombang. Lulus S2 pada program studi Magister Teknik Industri pada tahun 2016 di Institut Teknologi Nasional Malang. Meniti karir sebagai dosen di Universitas Darul ‘Ulum Jombang sejak tahun Februari 2016 sampai sekarang. Aktif meneliti dan menulis di bidang Proses Manufaktur I, Proses Manufaktur II dan Elektronika.

Buku Optimasi Load Frequency Control (LFC)

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	edoc.tips Internet Source	2%
2	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	1%
3	www.researchgate.net Internet Source	1%
4	Submitted to Universitas Siliwangi Student Paper	1%
5	etd.umy.ac.id Internet Source	1%
6	Submitted to Universitas Islam Bandung Student Paper	1%
7	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	1%
8	Submitted to Universitas Airlangga Student Paper	1%
9	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	1%
10	lib.geo.ugm.ac.id Internet Source	<1%

11	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
12	eprints.pknstan.ac.id Internet Source	<1 %
13	jurnal.pnj.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Institut Pertanian Bogor Student Paper	<1 %
15	ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %
16	publishing-widyagama.ac.id Internet Source	<1 %
17	Hanmandlu, M.. "Proposing a new advanced control technique for micro hydro power plants", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 200805 Publication	<1 %
18	eprints.umk.ac.id Internet Source	<1 %
19	Hendra ., Muhammad Syaiful, Anizar Indriani. "PEMBUATAN GENERATOR SINKRON UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DARI MAGNET MOTOR BEKAS DI DESA KEMUMU BENGKULU UTARA", Dharma Raflesia : Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS, 2017 Publication	<1 %

20 Jorfri Boike Sinaga, Azhar Azhar, Novri Tanti, Sugiman Sugiman. "Perancangan Model Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Teknologi Pompa Tanpa Motor (Hydraulic Ram Pump)", MECHANICAL, 2018

Publication

<1 %

21 Machrus Ali, Muhlasin, Hidayatul Nurohmah, Agus Raikhani, Hendi Sopian, Nyoman Sutantra. "Combined ANFIS method with FA, PSO, and ICA as Steering Control Optimization on Electric Car", 2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS), 2018

Publication

<1 %

22 Widia Nurdianti, Chandra Hendriyani. Jurnal Sekretaris & Administrasi Bisnis (JSAB), 2021

Publication

<1 %

23 eprints.unm.ac.id

Internet Source

<1 %

24 repository.unib.ac.id

Internet Source

<1 %

25 repository.upi.edu

Internet Source

<1 %

26 zombiedoc.com

Internet Source

<1 %

27 apps.dtic.mil

Internet Source

<1 %

28	eprint.stieww.ac.id Internet Source	<1 %
29	jtsiskom.undip.ac.id Internet Source	<1 %
30	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
31	www.semanticscholar.org Internet Source	<1 %
32	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
33	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
34	"Table of contents", Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC), 2013 Publication	<1 %
35	doaj.org Internet Source	<1 %
36	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
38	repository.ubharajaya.ac.id Internet Source	<1 %
39	tugasakhiramik.blogspot.com Internet Source	<1 %

<1 %

40

Muhammad Hasan Basri, Fredi Kusuma Putra, Tijaniyah Tijaniyah, Bachtera Indarto. "The Effect Of Turbine Level Of Model L And Turbine Model S In Gravitation Of Water Vortex Plant Power (GWVPP) Based On Cylinder Basin", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2020
Publication

<1 %

41

digilib.unimed.ac.id
Internet Source

<1 %

42

dspace.uii.ac.id
Internet Source

<1 %

43

repository.pip-semarang.ac.id
Internet Source

<1 %

44

repository.umsu.ac.id
Internet Source

<1 %

45

repository.umy.ac.id
Internet Source

<1 %

46

www.tandfonline.com
Internet Source

<1 %

47

R.Jasa Kusumo Haryo, Sukamto Sukamto. "Analisis Simulasi Power System Stabilizers (PSS) pada Single Machine Damping System", JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering), 2017

<1 %

48

Dady Sulaiman, Wibowo Romadhoni, Purnama Purnama. "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Pada Anak Sungai di Bulungan", Jurnal Kumparan Fisika, 2021

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Buku Optimasi Load Frequency Control (LFC)

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/100

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53
