

## PENGATURAN PADA PEMBANGKIT MIKROHIDRO MENGGUNAKAN PID-NBA (NOVEL BAT ALGORITHM)

Irna Tri Yuniahastuti<sup>1</sup>, Churnia Sari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

<sup>1,2</sup>Jl. Setiabudi No.85 Madiun, Jawa Timur, Indonesia telp. 0351-462986

e-mail: <sup>1</sup>irnatri@unipma.ac.id, <sup>2</sup>s.churnia@unipma.ac.id

### Abstrak

Salah satu permasalahan umum pada pembangkit mikrohidro adalah perubahan beban dari sisi konsumen. Sehingga beberapa cara digunakan untuk memperbaiki permasalahan tersebut. Pada penelitian ini, diusulkan pengaturan frekuensi pada pembangkit mikrohidro menggunakan algoritma Novel Bat Algorithm (NBA). Algoritma digunakan untuk menghitung PID, nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Pengaturan dilakukan pada sisi mekanis yaitu pengaturan servomotor sebagai governor. Hasil nilai tuning PID-NBA adalah  $K_p=0.073752$ ,  $K_i=0.0023433$ ,  $K_d=0.0031542$ . Sistem diuji dengan gangguan sebesar 0.1 pu untuk melihat kestabilan sistem setelah diberi gangguan. Respon frekuensi dibandingkan dengan beberapa metode, yaitu tanpa kontrol, trial, BA dan NBA. Dengan metode PID-NBA didapatkan settling time= 3.5 s dan overshoot  $-1.615e-5$  &  $3.74e-07$ , hasil yang didapatkan lebih baik daripada ketiga metode yang lain. Overshoot mampu diperkecil dan waktu yang dicapai untuk mencapai stabil lebih cepat.

**Kata Kunci:** governor; mikrohidro; Novel Bat Algorithm (NBA).

### Abstract

One of the common problems in micro-hydro plants are changes in load from the consumer side. So that several ways are used to fix this problem. In this study, it is proposed that the frequency setting of the micro-hydro generator use the Novel Bat Algorithm (NBA). Algorithms are used to calculate PID, the values of  $K_p$ ,  $K_i$  and  $K_d$ . The arrangement is made on the mechanical side, namely the servomotor setting as a governor. The result of the PID-NBA tuning value is  $K_p= 0.073752$ ,  $K_i= 0.0023433$ ,  $K_d= 0.0031542$ . The system was tested with a disturbance of 0.1 pu to see the stability of the system after being given a disturbance. The frequency response was compared with several methods, namely without control, trial, BA and NBA. With the PID-NBA method, the obtained settling time = 3.5 s and overshoot  $-1.615e-5$  &  $3.74e-07$ , the results obtained are better than the other three methods. Overshoot can be minimized and the time achieved to achieve stability is faster .

**Keywords:** governor; microhydro; Novel Bat Algorithm (NBA).

## 1. PENDAHULUAN

Pengembangan pembangkit mikrohidro menjadi kebijakan pemerintah dalam menggalakkan program energi baru terbarukan (EBT). Selain mikrohidro, penggunaan panel surya juga makin eksis di Indonesia. Tetapi pada penelitian ini hanya dibahas mengenai pembangkit mikrohidro. Mikrohidro dikembangkan selain karena kondisi geografis Indonesia yaitu karena masalah keuntungan secara ekonomis. Hal ini karena air dianggap sebagai bahan bakar yang gratis.

Selain diuntungkan dengan masalah geografis, Indonesia juga memiliki banyak sungai yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mikrohidro [1]. Potensi mikrohidro di Indonesia dari sungai dapat menghasilkan energi listrik rata-rata sekitar 15

kW atau lebih. Sungai-sungai yang terdapat pada setiap provinsi memiliki potensi energi bervariasi, di Jawa timur menempati posisi pertama sebagai provinsi paling potensial memiliki sungai untuk dibangun mikrohidro . Lokasi-lokasi sungai ini juga kebanyakan terletak di desa-desa terpencil sehingga pembangunan mikrohidro merupakan pilihan yang tepat dengan memanfaatkan sungai di daerah yang belum mendapat pasokan listrik

Pembangkit listrik tenaga Mikrohidro merupakan suatu sistem pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan ketinggian dan debit air. Semakin tinggi ketinggian dan debit air maka semakin besar energi yang dihasilkan [2] . Penelitian pada topik kestabilan frekuensi menggunakan *hybrid* SMES dan CES [3] menghasilkan penalaan LFC dengan *hybrid* SMES-PID dan CES-PID menghasilkan overshoot paling rendah dan waktu mencapai steady state (*settling time*) paling kecil sehingga sistem cepat kembali pada keadaan stabil setelah mengalami gangguan.

Permasalahan pada pembangkit mikrohidro biasanya adalah putaran pada generator tidak konstan akibat terjadi perubahan beban sehingga menyebabkan terjadinya fluktuasi frekuensi pada sistem yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan alat kontrol dan peralatan listrik konsumen . Terdapat 2 jenis pengaturan yaitu pengaturan mekanis dengan governor dan pengaturan elektronis dengan pengaturan ELC (*Electronic Load Controller*). Governor bekerja dengan mengatur debit air yang masuk pada turbin untuk memutar generator [4]. Pengaturan debit air dilakukan dengan membuka gate pada penstock menggunakan motor servo sebagai aktuator. Pengaturan sudut putar motor servo harus diperhatikan untuk mendapatkan sudut agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Pengaturan dilakukan agar perbandingan nilai referensi dan respon dari generator memiliki nilai eror yang kecil. Sehingga dilakukan pengaturan berbasis PID untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini PID dituning menggunakan algoritma untuk menentukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ .

## 2. METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah pembangkit mikrohidro Seloliman dengan kapasitas output daya 25 kW. Perancangan dan simulasi sistem dilakukan di Lab terpadu lantai 5 Universitas PGRI Madiun (UNIPMA). Komponen utama pada pembangkit mikrohidro seloliman disajikan pada Gambar 1. Air berasal dari aliran sungai yang dimanfaatkan oleh warga untuk mengalir sawah serta digunakan untuk memutar turbin yang menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan pembangkit Seloliman disalurkan kepada warga sekitar serta selebihnya dijual ke Perusahaan Listrik Negara (PLN).

### 2.1. Data Sistem

Berdasarkan pembangkit mikrohidro di Seloleman, didapatkan data generator disajikan pada Tabel 1 data ini digunakan untuk membuat pemodelan sistem pada simulink Matlab. Sedangkan generator dan turbin pembangkit mikrohidro ditunjukkan pada Gambar 1. Pada penelitian ini mengatur pengaturan di sisi mekanis yaitu pengaturan servomotor sebagai governor yang mengatur besar kecilnya aliran air yang mengalir ke turbin. Penelitian ini akan menjadi rujukan penelitian selanjutnya yang akan membahas pengaturan output pembangkit mikrohidro di sisi yang lain.

### 2.1. Perancangan Model yang diusulkan

Berdasarkan Tabel 1, dibuat diagram blok simulink Matlab yang ditunjukkan pada Gambar 2. Simulasi ini dirancang pada simulink versi Matlab 2014.a. Pemodelan pembangkit mikrohidro terdiri dari blok turbin, generator berdasarkan referensi [5]. Dari pemodelan tersebut, blok PID berfungsi memberikan nilai sebagai masukan turbin yang mengatur besar kecilnya daya yang keluar pada generator. PID terdiri dari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang ditala nilainya secara trial. Dengan nilai PID trial hasil yang didapatkan kurang

optimal sehingga pada penelitian ini nilai PID akan dihitung menggunakan algoritma cerdas NBA. Penelitian pengaturan pembangkit mikrohidro menggunakan kontrol cerdas antara lain PID-ANFIS [6], PID berbasis NN [5], LFC pada mikrohidro dengan CES-BA [7].

Sehingga pada penelitian ini, diharapkan dengan menggunakan tuning PID-BA akan didapatkan overshoot dan setting time yang lebih cepat kembali ke keadaan stabil setelah diberi gangguan. Gangguan diasumsikan sebagai perubahan beban di sisi konsumen.

**Tabel 1.** Spesifikasi Generator

Parameter	Unit	Nilai
Daya (S)	KVA	40
Tegangan (V)	V	400/231
Arus (I)	A	57.7
Frekuensi (f)	Hz	50
Power factor (pf)	Pf	0.8
Kecepatan (rpm)	Rpm	1500
Eksitasi (v, i)	V, A	27.0/ 2.15
Jam kerja	Jam	2800
Pabrikan	PT. A Van Kaick Indonesia	

**Tabel 2.** Pseudo code dari NBA

Novel bat algorithm
<p><b>Input:</b> N: the number of individuals (bats) contained by the population  M: maximum number of iteration  P: the probability of habitat selection  w: inertia weight  C: the compensation rates for Doppler Effect in echoes  h: contraction-expansion coefficient  G: the frequency of updating the loudness and pulse emission rate <math>\alpha</math>,  <math>\gamma, f_{min}, f_{max}, A_0, r_0</math> : parameters in basic BA</p> <p>t = 0; Initialize the population and the related parameters.  Evaluate the objective function value of each individual.  While (t &lt; M)      If (rand(0,1) &lt; P)      Else      If (rand(0,1) &gt; <math>r_i</math>)      End if      If <math>g^t</math> does not improve in G time step.          Re-initialize the loudness <math>A_i</math> and set temporary pulse rates <math>r_i</math> which is a uniform random number between [0.85, 0.9].      End if  T= t + 1;  End while  <b>Output:</b> the individual with the best objective function value in the population</p>

### 2.3. Novel Bat Algorithm (NBA) [10]

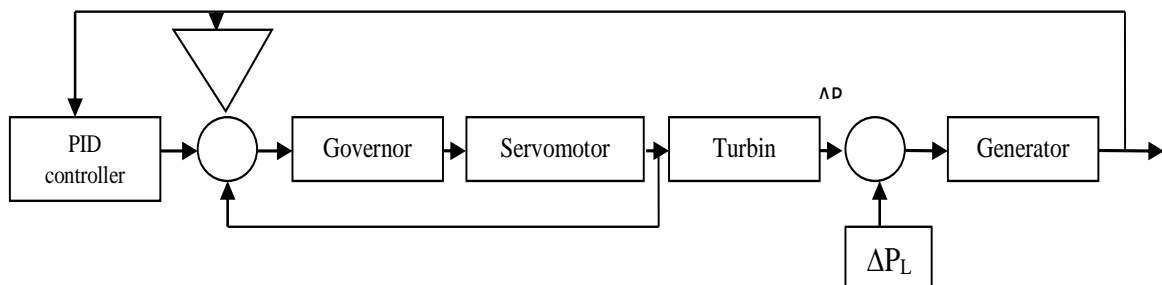
*Novel Bat Algorithm* (NBA) merupakan pengembangan dari metode Bat Algorithm (BA)[8]. Algoritma yang diusulkan menggabungkan pemilihan habitat kelelawar dan kompensasi adaptasi diri mereka untuk efek doppler bergema ke dasar algoritma kelelawar (BA). Pada metode BA, efek doppler tidak dipertimbangkan, habitat kelelawar dalam mencari makan juga tidak dipertimbangkan. Sehingga pada metode NBA, beberapa sifat tersebut dipertimbangkan.

Untuk merumuskan formula algoritma yang diusulkan secara matematis terdapat 2 aturan kecuali aturan dari algoritma *bat algorithm* (BA).

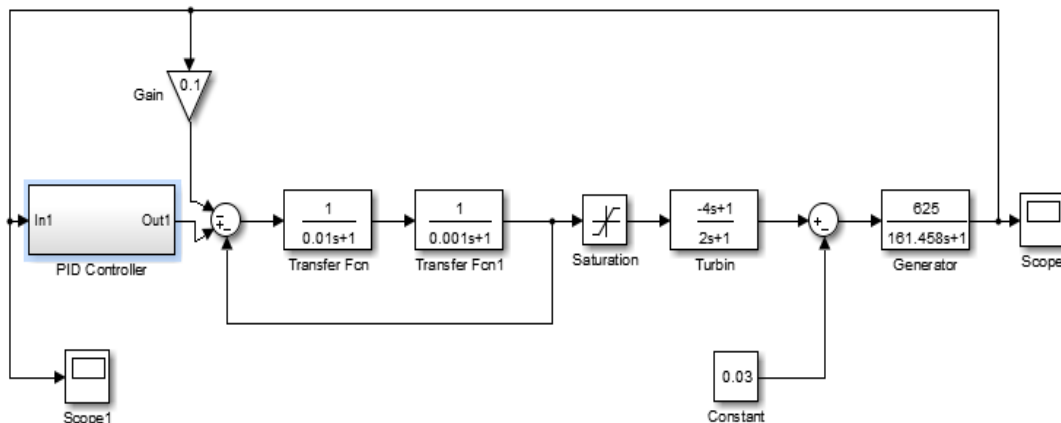
- a) Seluruh kelelawar dapat mencari makan di habitat yang berbeda tergantung pada seleksi stokastik
- b) Semua kelelawar dapat mengimbangi efek doppler dalam gema. Kelelawar dapat menyesuaikan tingkat kompensasi secara adaptif kedekatan target mereka.



**Gambar1.** Generator dan Turbin Pembangkit Seloliman



**Gambar2.** Pemodelan pembangkit Mikrohidra [8]

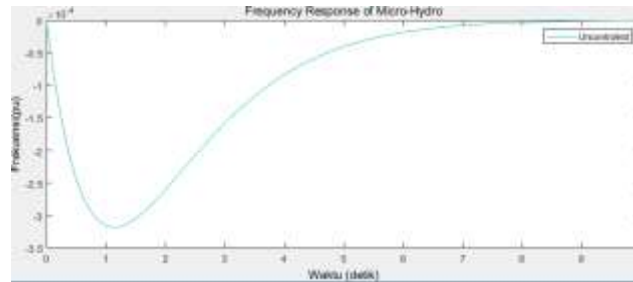


**Gambar3.** Pemodelan pembangkit Mikrohidra [5]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Simulasi model yang diusulkan

Sistem pembangkit mikrohidro yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 3. Input sistem berupa aliran air sungai, output berupa frekuensi dibandingkan dengan sistem tanpa kontrol dan sistem dengan kecerdasan buatan NBA. Hasil tuning NBA disajikan pada Tabel 2.



Gambar 4. Simulasi pembangkit mikrohidro tanpa kontrol

Tabel 2. Hasil tuning NBA

PARAMETER	HASIL NBA
KP	0.073752

Tabel 3. Respon frekuensi sistem uncontrolled

KARAKTERISTIK	NILAI
OVERSHOOT (pu)	-0.0003180
SETTLING TIME (s)	>10

#### 3.1. Hasil dan Analisa

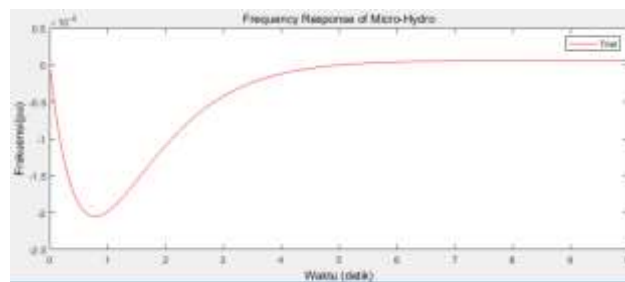
Berdasarkan model pembangkit mikrohidro dengan menggunakan *uncontrolled* sesuai pada Gambar 4, didapatkan hasil respon frekuensi sistem tanpa kontrol seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari gambar tersebut didapatkan waktu sistem untuk mencapai kondisi setimbang dengan nilai >10 dan didapatkan nilai overshoot sebesar -0.0003180 pu seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Sistem diberi gangguan sebesar 0.1 pu untuk melihat respon frekuensi dari model sistem. Seberapa cepat sistem kembali dalam keadaan stabil dan tinggi puncak gelombang (*overshoot*).

Pada sistem tanpa kontrol, waktu untuk mencapai kondisi seimbang terlalu lama dan *overshoot* masih sangat tinggi. Sehingga perlu perbaikan dengan metode yang lain. Sistem diberikan gangguan sebesar 0.1 pu sebagai asumsi perubahan beban puncak mencapai 10% dari kondisi normal.

Sistem dengan pengaturan PID dengan cara *trial*, berdasarkan dengan sistem yang diusulkan didapatkan respon frekuensi dari sistem setelah diberi gangguan sebesar 0.1 pu. Dibutuhkan waktu >10 detik untuk sistem kembali ke posisi seimbang, hal ini sama dengan sistem tanpa kontrol. Sedangkan *overshoot* sebesar -0.0002055 & 5.940e-6 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, hasil yang didapat ini hanya berbeda sedikit dari sistem tanpa kontrol. Respon frekuensi dengan cara *trial* ditunjukkan pada gambar 5. Nilai acak yang dipilih secara *trial* dengan nilai yang tinggi dan rendah didapatkan respon frekuensi tidak dapat kembali ke posisi seimbang. Sehingga diusulkan dilakukan metode yang lain untuk memperbaiki keadaan tersebut.

Tabel 4. Respon frekuensi sistem trial

KARAKTERISTIK	NILAI
OVERSHOOT (pu)	-0.0002055 & 5.940e-6
SETTLING TIME (s)	>10

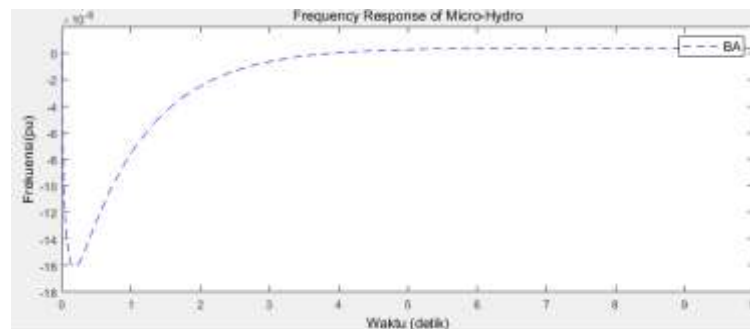


Gambar 5. Simulasi pembangkit mikrohidro dengan cara trial

Kemudian, metode ketiga yang diusulkan adalah dengan metode *Bat Algorithm* (BA). Dengan menggunakan algoritma buatan BA untuk menghitung nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Nilai  $K_p=0.01234$ ,  $K_i=0.0003122$ ,  $K_d=0.00043455$ . Respon frekuensi dengan gangguan sebesar 0.1 pu dengan hasil yang lebih baik dari metode sebelumnya. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk kembali ke posisi yang seimbang > 5detik dan *overshoot* juga turun dari metode sebelumnya menjadi -0.0001287 seperti yang ditunjukkan Tabel 5.

Tabel 5. Respon frekuensi BA

KARAKTERISTIK	NILAI
OVERSHOOT (pu)	-0.0001287
SETTLING TIME (s)	>5

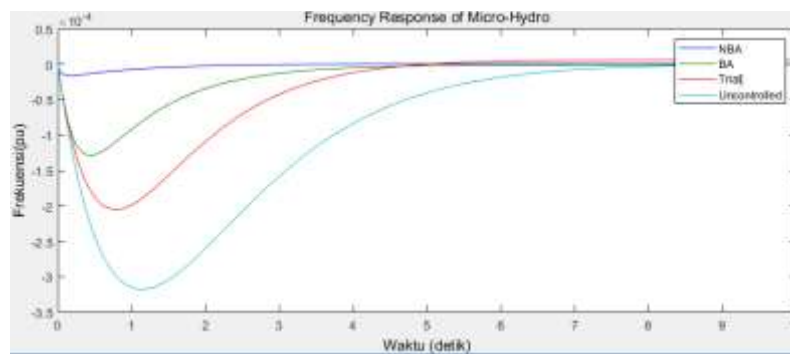


Gambar 6. Simulasi Pembangkit Mikroba dengan cara BA

Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah PID-NBA (*Novel Bat Algorithm*). Hasil yang didapatkan algoritma cerdas ini digunakan untuk menghitung nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Perbandingan respon frekuensi sistem setelah diberi gangguan sebesar 0.1 pu dengan beberapa metode ditunjukkan pada. Dari Gambar bahwa overshoot terkecil adalah dengan menggunakan algoritma NBA dibanding metode yang lain. Sehingga tujuan dari penelitian ini telah tercapai. *Settling time* dan *overshoot* sistem ditunjukkan pada Tabel 6. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk kembali ke keadaan seimbang setelah terjadi gangguan sebesar 0.1 adalah 3.5 detik, *overshoot* sistem juga telah dipangkas menjadi  $-1.615e-5$  pu. Sehingga metode yang diusulkan mampu memperbaiki *steady state* dan *overshoot*.

Tabel 6. Respon frekuensi PID-BA

KARAKTERISTIK	NILAI
OVERSHOOT (pu)	$-1.615e-5$ & $3.74e-07$
SETTLING TIME (s)	3.5



Gambar 7. Simulasi pembangkit mikrohidro PID-NBA

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian ini hasil yang diperoleh antara lain, pemodelan pembangkit mikrohidro Seloliman berhasil dirancang di *Simulink* Matlab dimana hasil yang didapat mendekati keadaan yang sebenarnya. Sehingga pemodelan pembangkit seloliman dapat digunakan untuk simulasi dengan beberapa gangguan dan keadaan. Dengan metode yang diusulkan, mampu meredam overshoot sebesar  $-1.615e-5$  &  $3.74e-7$  dan memperbaiki waktu *steady state* menjadi 3.5 detik dengan gangguan yang diberikan sebesar 0.1 pu. Saran yang diusulkan adalah diperlukan analisis lebih lanjut, untuk pengaturan output yang lain (tegangan, *speed deviation*)

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Universitas PGRI Madiun yang telah mendukung pendanaan riset berupa hibah Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) 2020. Selain itu terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pengambilan data pembangkit mikrohidro seloliman trawas mojokerto Jawa timur sehingga penelitian ini dapat berjalan secara lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erinofiardi and e. a. Pritest Gokhale, "A Review on micro hydropower in Indonesia," in *International conference on energy and power (ICEP)*, Melbourne, 2016.
- [2] A. Sugiharto, "PLTMH sebagai alternatif pembangkit listrik ramah lingkungan," *Swara Patra: Majalah ilmiah PPSDM Migas*, vol. 8 No 1, pp. 107-118, 2018.
- [3] M. R. Djalal, H. Setiadi dan A. Imran, "Frequency stability improvement of microhydro power system using hybrid SMES and CES based on Cuckoo search algorithm," *Journal of mechatronic, Electrical power and vehicular technology (MEV)*, vol. 8, pp. 76-84, 2017
- [4] A. z. rosyidi and i. p. e. a. zulfatman, "Pengaturan frekuensi PLTMH menggunakan flow valve control berbasis fuzzy-PI," in *Seminar nasional teknologi informasi, komunikasi dan industri (SNTIKI-10)*, Riau, 2018.
- [5] L. jasa, a. priyadi and m. h. purnomo, "PID control for microhydro power plant based on Neural Network," in *IASTED Asian Conference*, Phuket, 2012.
- [6] M. Andrik, M. Farul, I. Cahyono and Rukslin, "Optimasi load frequency control (LFC) pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbasis PID-ANFIS," *Jurnal rekayasa mesin*, vol. 9 (No 1), pp. 61-64, 2018.
- [7] I. R. Irna Tri Yuniahastuti, "Load frequency control (LFC) of microhidro power plant with capasistive energy storage (CES) using Bat Algorithm (BA)," in *International*



*seminar on application for technology of information (iSEMANTIC)*, Semarang, 2016.

- [8] T. A, V. P and B. L. S, "Modelling of microhydro power plant and its control base on Neural Network," *International research journal of engineering and technolu (IRJET)*, vol. 02, no. 05, pp. 13-17, 2015.
- [9] X.-B. Meng, X. Gao, Y. Liu and H. Zhang, "A Novel bat algorithm with habitat selection and Doppler Effect in echoes for optimization," *Elsevier*, no. Expert System with Application, pp. 1-15, 2015.
- [10] S. X. Yang, *Nature-inspired metaheuristic algorithms*, Frome: Luniver Press, 2008.



**Prosiding- SEMASTER: Seminar Nasional Teknologi Informasi & Ilmu Komputer** is licensed under a [Creative Commons Attribution International \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)