

Penalaan Optimal PSS-AVR menggunakan Bat Algorithm (BA) untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada sistem SMIB

Irna Tri Yuniahastuti
Universitas PGRI Madiun
e-mail: irnatri@unipma.ac.id

Ina Sunaryantiningsih
Universitas PGRI Madiun
e-mail: inas@unipma.ac.id

Dwiky Fitrianto
Universitas PGRI Madiun
dwikyfitrianto7@gmail.com

Abstrak

Artikel ini berfokus pada setting *Power System Stabilizer* (PSS) dan AVR (*Automatic Voltage Regulation*) pada *single machine infinite bus* (SMIB) untuk meningkatkan kestabilan sistem dinamik. Nilai K_{PSS} , T_w , K_1 , K_2 , K_3 , K_4 dari PSS dan nilai K_A dari AVR akan diatur/ ditala menggunakan *artificial intellegent* yang bernama Bat Algorithm (BA). Tujuan dari penalaan ini adalah meminimalkan *overshoot* dan menaikkan nilai *settling time*. Simulasi dilakukan dengan perubahan beban 1%. Hasil simulasi menunjukkan, dengan pengaturan nilai PSS dan AVR menggunakan BA mampu meredam *overshoot* ketika terjadi perubahan beban, serta didapatkan waktu dalam mencapai steady state lebih cepat dibandingkan yang lain.

Kata kunci : AVR; PSS; SMIB, *overshoot*; *settling time*; Bat Algorithm, *artificial intelligent*

1. Pendahuluan

Penggunaan peralatan tambahan yang tidak tepat pada sistem tenaga listrik dapat menyebabkan beberapa masalah. Kesalahan yang paling sering terjadi adalah pengambilan sinyal referensi atau kesalahan pengambilan nilai parameter pada suatu peralatan.

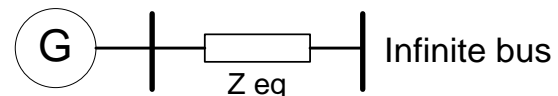
Secara umum *Power System Stabilizer* (PSS) berfungsi untuk menambah redaman pada sistem ketika terjadi perubahan beban (meningkat atau menurun) yang dapat menimbulkan osilasi. Penggunaan PSS dapat meredam osilasi sistem sehingga sistem tetap stabil dan kembali ke keadaan semula. Masukan PSS adalah sinyal frekuensi serta keluarannya sebagai masukan dari PSS. PSS-AVR akan berfungsi dengan baik ketika diatur dengan nilai yang tepat. Secara singkat, fokus artikel ini adalah mengatur nilai PSS-AVR untuk mendapatkan frekuensi osilasi minimum ketika terjadi perubahan beban.

Penelitian terdahulu tentang kestabilan sistem tenaga listrik menggunakan kecerdasan buatan antara lain menggunakan PSO (Soebagio, Soeprijanto, Purnomo, & Haddin, 2012), C-PSO (Bamatraf, 2010), ACO (Fachruddin), BA (S, 2014), PSO (M, 2006), GSA (Shayegi, 2012). Pada penelitian ini hanya menggunakan Bat Algorithm (BA) untuk mengamati kestabilan sistem.

2. Desain dan Metodologi

Konfigurasi dari generator yang saling terhubung dengan *infinite bus* digambarkan pada Gambar 1.

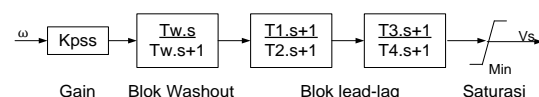
Pemodelan sistem dari SMIB diasumsikan dengan sebuah generator.



Gambar 1. Representasi SMIB

2.1 Power System Stabilizer (PSS)

Kestabilan dinamik adalah kestabilan sistem tenaga listrik akibat perubahan beban kecil (Adi, 2012). Perubahan beban mengakibatkan osilasi frekuensi tetapi jika tidak segera diatasi dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan penambahan peredam yang dinamakan *Power System Stabilizer* (PSS). Pemodelan linier dari PSS ditunjukkan pada Gambar 2.



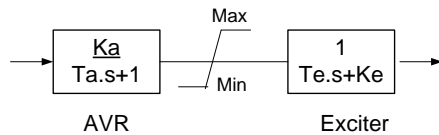
Gambar 2. Blok diagram dari PSS

2.2 Automatic Voltage Regulation (AVR)

Kontrol sistem eksitasi menghasilkan tegangan emf dari generator. Tidak hanya mengatur tegangan keluaran generator, tetapi digunakan untuk mengatur *power factor* (pf), mengatur arus dan memperbaiki variabel yang lain. Artikel ini menggunakan tipe *exciter* tipe 1 (Robandi,

2006). Transfer fuction AVR dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (1)

$$\frac{V_R(s)}{V_c(s)} = \frac{K_A}{T_A \cdot s + 1} \quad (1)$$



Gambar 3. Blok diagram AVR pada sistem eksitasi

Blok Ampifier mempunyai konstanta waktu ditulis sebagai T_A dan blok amplifier mempunyai konstanta gain ditulis sebagai K_A . Keluaran dari AVR adalah dibatasi oleh limiter dengan nilai maksimum ΔV_{Rmax} dan nilai minimum ΔV_{Rmin} . Rentang nilai parameter K_A dan T_A diantara 10-400 pu dan 0.02-0.1 s (Soebagio, Soeprijanto, Purnomo, & Haddin, 2012).

3. Bat Algorithm (BA)

Bat Algorithm (BA) adalah sebuah algoritma metaheuristik baru yang dikenalkan oleh Xin Yang pada 2010. Algoritma ini terinspirasi oleh kebiasaan Kelelawar. Kelelawar merupakan binatang yang paling terkenal karena satu-satunya mamalia yang mempunyai sayap untuk terbang dan mempunyai kemampuan ekolokasi. Kemampuan itu digunakan sebagai sonar yang bernama ekolokasi untuk mendeteksi makanan, menghindari rintangan dan mencari sarang dalam kegelapan. Kelelawar ini membangkitkan pulsa dengan suara frekuensi tinggi dan mendengarkan gema yang memantul kembali dari objek di sekitarnya. Pulsa yang dibangkitkan bervariasi dan dapat dihubungkan dengan binatang lain dengan strategi berburu tergantung pada jenis spesies. Kelelawar biasanya menggunakan sinyal frekuensi modulasi pendek sekitar 1 oktaf, ketika yang lain menggunakan sinyal frekuensi konstan sebagai ekolokasi. Lebar sinyal bervariasi tergantung pada spesies dan sering ditingkatkan sebagai harmonik. Secara singkat, dengan kemampuan ekolokasi kelelawar dapat terbang dalam kegelapan untuk mencari makanan tanpa menabrak apapun. *Pseudo code* dari BA ditunjukkan pada Gambar 4.

```

Objective function  $f(x)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_d)^T$ 
Initialize the bat population  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) and  $v_i$ 
Define pulse frequency  $f_i$  at  $x_i$ 
Initialize pulse rates  $r_i$  and the loudness  $A_i$ 
while ( $t < \text{Max number of iterations}$ )
    Generate new solutions by adjusting frequency,
    and updating velocities and locations/solutions
    if ( $\text{rand} > r_i$ )
        Select a solution among the best solutions
        Generate a local solution around the selected best solution
    end if
    Generate a new solution by flying randomly
    if ( $\text{rand} < A_i$  &  $f(x_i) < f(x^*)$ )
        Accept the new solutions
        Increase  $r_i$  and reduce  $A_i$ 
    end if
    
```

```

Rank the bats and find the current best  $x^*$ 
end while
Postprocess results and visualization
    
```

Gambar 4. *Pseudo code* dari BA

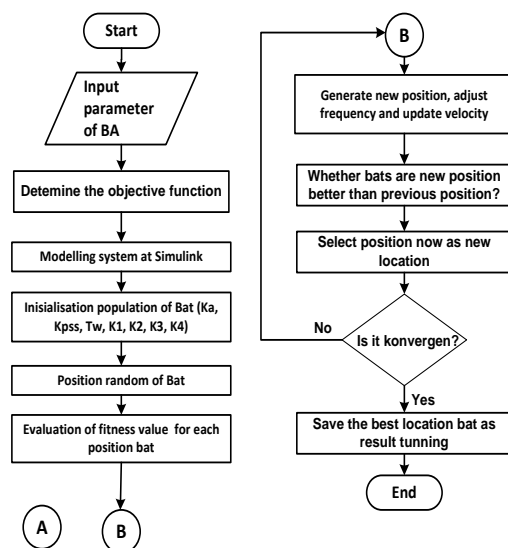
Untuk mensimulasikan aturan dari *Bat Algorithm* (BA) dapat dituliskan dengan posisi (x_i), kecepatan (v_i) dan dimensi (d_i) untuk mendapatkan posisi baru. Untuk mendapat solusi baru menurut persamaan (2) sampai (4)

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min}) \cdot \beta \quad (1)$$

$$v \frac{t+1}{i} = v \frac{t}{i} + \left(x \frac{t}{i} - x^* \right) \cdot f_i \quad (2)$$

$$x \frac{t+1}{i} = x \frac{t}{i} + v \frac{t}{i} \quad (3)$$

Salah satu lokasi pencarian adalah diantara solusi terbaik, untuk mendapatkan solusi baru masing-masing kelelawar membangkitkan pulsa emisi menggunakan cara acak di tempat tersebut.



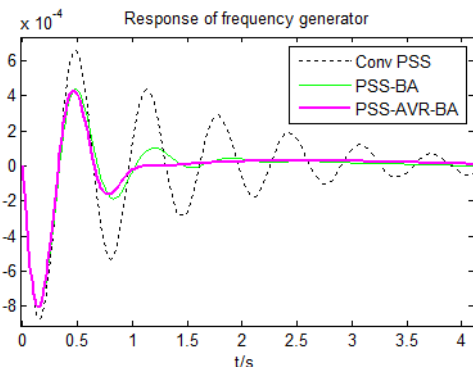
Gambar 5. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

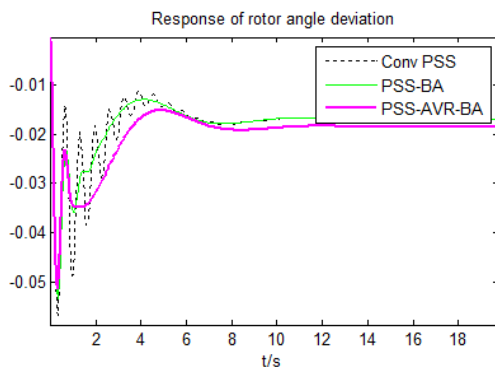
Pada artikel ini simulasi menggunakan Matlab 2010b yang digunakan untuk menampilkan sistem kestabilan dinamik, berdasarkan informasi dari kecepatan rotor, sudut deviasi dan deviasi tegangan terminal pada SMIB dengan parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan respon kecepatan deviasi rotor, sudut deviasi rotor dan tegangan deviasi. Dimana sistem yang dibandingkan adalah konvensional PSS, PSS-BA dan PSS-AVR-BA. Pada sistem digunakan gangguan sekitar 1%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penalaan PSS-AVR menggunakan BA dapat meningkatkan respon sistem antara lain kecepatan deviasi, sudut deviasi dan deviasi terminal sudut rotor sehingga kestabilan sistem dapat terjaga.

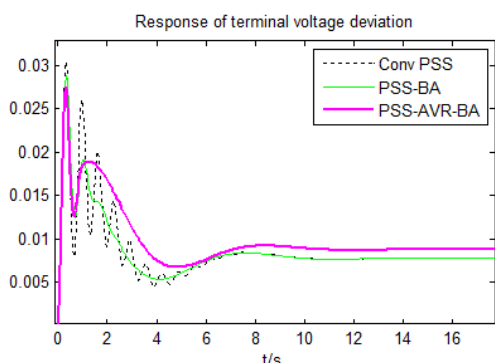
Gambar 7 menunjukkan respon deviasi kecepatan rotor PSS-AVR-BA sangat berdekatan dengan metode lainnya dan hampir sama tetapi berbeda dari segi kecepatan mencapai *steady state*. PSS-AVR-BA lebih cepat mencapai *steady state* ketika diberi gangguan perubahan beban 1%. Gambar 8 menunjukkan respon sudut deviasi rotor yang tidak dapat kembali ke keadaan semula tetapi ketika overshoot sistem PSS-AVR-BA lebih baik daripada yang lain. Pada Gambar 8, menunjukkan tegangan deviasi pada terminal menunjukkan PSS-AVR-BA lebih besar daripada yang lain tetapi mempunyai overshoot yang paling minimal. *Overshoot* dan *settling time* ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Pengaturan gain PSS-AVR dan meredam *overshoot* dan *mempercepat settling time*.



Gambar 1. Respon deviasi kecepatan rotor



Gambar 2. Respon deviasi sudut rotor



Gambar 3. Respon deviasi tegangan terminal

Tabel 1. Overshoot (pu)

	Conv-PSS	PSS-BA	PSS-AVR-BA
$\Delta\omega$	$-8,7.10^{-4}$ & $6,599.10^{-4}$	$-8,024.10^{-4}$ & $4,343.10^{-4}$	$-8,016.10^{-4}$ & $4,277.10^{-4}$
$\Delta\delta$	$-0,0566$ & 0	$0,05329$ & 0	$-0,05125$ & 0
ΔV_t	0 & $0,03042$	0 & $0,02887$	0 & $0,02752$

Tabel 2. *Setting time* (s)

	Conv-PSS	PSS-BA	PSS-AVR-BA
$\Delta\omega$	8,5	5,7	5
$\Delta\delta$	14	14	11
ΔV_t	14	14	10

Pada penelitian ini, konvensional PSS adalah pengaturan PSS dengan memasukkan nilai acak (*trial and error*), PSS-BA adalah pengaturan PSS yang nilainya di *tuning/* di tala menggunakan *Artificial intelligent* BA (*Bat Algorithm*). Dan yang terakhir adalah PSS-AVR-BA, dimana nilai PSS dan AVR di dapat dari penalaan menggunakan .

5. Kesimpulan

Bat Algorithm (BA) dapat digunakan untuk mentala setting PSS dan gain dari AVR. Metode penalaan ini didapatkan dengan cara mengurangi *comprehensive damping index* (CDI) dari SMIB. Tujuan dari metode ini adalah untuk meningkatkan respon kestabilan dinamik sistem tenaga listrik dalam mencapai *steady state/* keadaan stabil kemudian dibandingkan dengan konvensional PSS dan PSS-BA

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S. (2012). *Desain Kontroller untuk Kestabilan Dinamik Sistem Tenaga Listrik*. Surabaya: ITS press.
- Bamatraf, R. M. (2010). *Desain Kontrol Optimal PSS dan FACTS menggunakan Craziness Particle Swarm Optimization pada Sistem Interkoneksi Jawa Bali 500kV*. *Tugas Akhir Departement of Electrical Engineering, ITS*.
- Fachruddin. (t.thn.). *Optimisasi dual input power system stabilizer (PSS) menggunakan ant colony optimization (ACO)*. *Tugas Akhir departement of electrical engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2013.
- M, E. Z. (2006). *Optimal tuning of power system stabilizer and AVR gains using particle swarm optimization*. *elsevier*, 551-557.
- Robandi, I. (2006). *Desain Sistem Tenaga Modern*. Yogyakarta: Andi Press.
- S, A. E. (2014). *Optimization of Power System Stability using BAT Search Algorithm*. *Electrical Powerand Energy System*, 083-090.

Shayegi, A. G. (2012). Optimal tuning of PID type stabilizer and AVR gain using GSA technique. *IJPTE Journal*, 98-106; vol. 4, no. 11.

Soebagio, Soeprijanto, A., Purnomo, M. H., & Haddin, M. (2012, August). Optimal setting gain of PSS-AVR based on Particle Swarm Optimization for power system stability improvement. *Journal of Theoretical and Applied Information technology*, 42-48 ; Vol 42, No.1.

Loudness	0.5
Upper and lower frequency	100 & 0
Pulse rate	0.6
Gamma and alpha	0.9

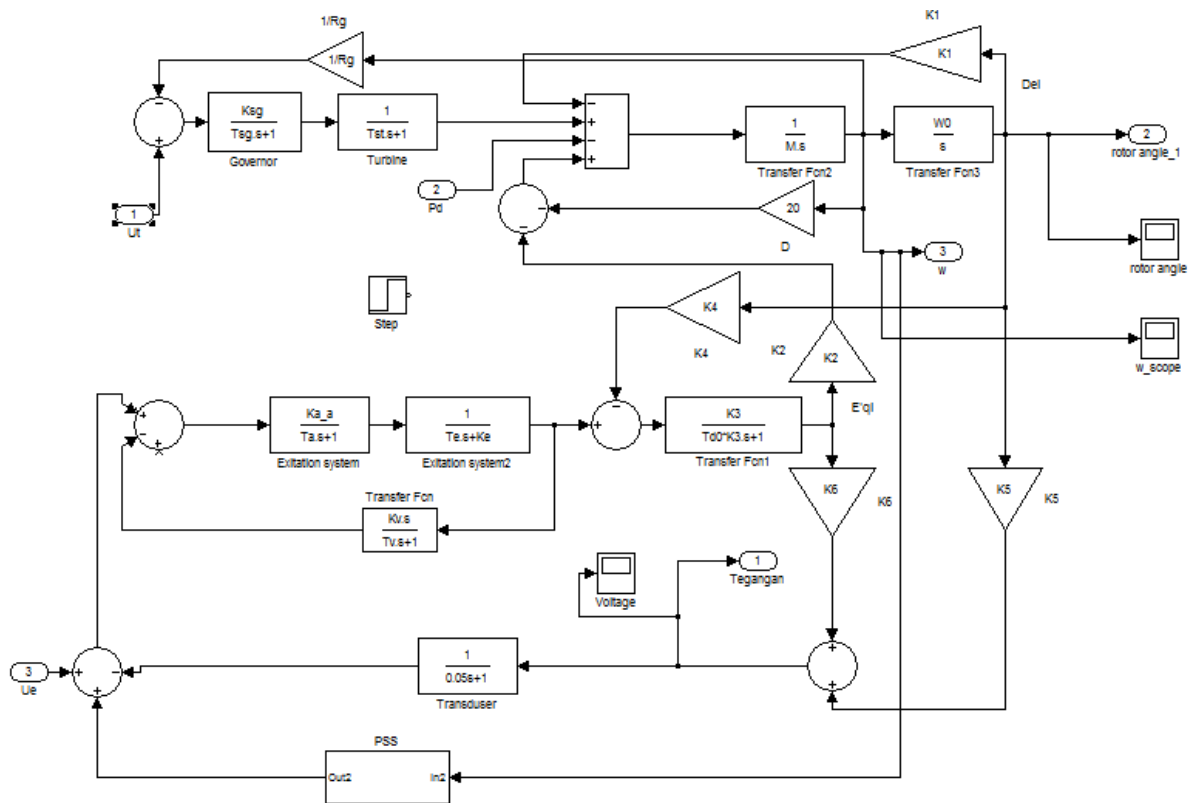
LAMPIRAN

Tabel 2. Parameter BA

Parameter BA	
Maximum iteration	50
Population size	35
Dimension	7

Tabel 3. Parameter PSS dan AVR

Parameter	Conv-PSS	PSS-BA	PSS-AVR-BA
K_A	400	400	350.1847
K_{PSS}	8	14.4043	11.2325
T_w	0.05	0.1806	0.1983
T_1	0.1	0.5733	1.2987
T_2	0.05	0.0818	0.0372
T_3	0.7	0.9154	1.5751
T_4	0.2	0.0232	0.1589



Gambar 4. Pemodelan linear SMIB

Tabel 4. Parameter dari SMIB

$K_1 - K_2$		Parameter SMIB					
K_1	2.9181	H	5.19	T_{d0}	9.45	D	20
K_2	2.7280	K_{sg}	20	K_E	15	W_O	$2 \cdot \pi / 50$
K_3	0.1534	T_{sg}	1	T_E	1.25	M	$2 \cdot H$
K_4	5.0992	T_{st}	0.15	K_V	0.05		
K_5	-0.5329	K_A	400	T_V	0.1		
K_6	0.0676	T_A	0.05	R_g	0.1		