

PERBANDINGAN METODE BAT ALGORITHM DALAM TUNING OPTIMAL PARAMETER PSS DI SINGLE MACHINE INFINITE BUS (SMIB)

Pressa Perdana Surya Saputra¹

¹Universitas Muhammadiyah Gresik

¹Jl. Sumatera no.101 Gresik Kota Baru, Gresik, 61141, Indonesia

¹pressa@umg.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 09-11-2020
revisi : 02-01-2021
diterima : 17-03-2021
dipublish : 28-03-2021

ABSTRAK

Pelepasan beban secara tiba-tiba seperti saat terjadi hubung singkat dapat menghasilkan osilasi pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu peralatan untuk mempercepat redaman osilasi tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan PSS. Dalam melakukan pengaturan parameter dari PSS tersebut, diperlukan suatu metode sehingga PSS dapat beroperasi secara optimal dalam menstabilkan sistem. Dalam penelitian ini, metode *Particle Swarm optimization*, *Firefly* dan *Bat Algorithm* diterapkan pada sistem *Single Machine Infinite Bus* (SMIB) untuk menala parameter dari PSS tersebut. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode *Bat Algorithm* menghasilkan parameter PSS dengan redaman yang paling optimal, yaitu overshoot paling rendah sebesar 5.29×10^{-4} pu dan settling time paling cepat, yaitu 6.19 detik.

Kata kunci : Power System Stabilizer; Automatic Voltage Regulator; Particle Swarm Optimization; Firefly Algorithm; Bat Algorithm

ABSTRACT

Comparison of Bat Algorithm Method in Optimal Tuning of PSS Parameters in Single Machine Infinite Bus (SMIB). A sudden load shedding such as during a short circuit can result in oscillations in the electric power system. Therefore, we need an apparatus to accelerate the oscillation attenuation. One of them is using of PSS. In setting the parameters of PSS, a method is needed so that PSS can operate optimally in stabilizing the system. In this study, the *Particle Swarm optimization*, *Firefly* and *Bat Algorithm* methods were applied to the *Single Machine Infinite Bus* (SMIB) system to tune the parameters of PSS. The simulation results show that the *Bat Algorithm* method produces PSS parameters with the most optimal attenuation, namely the lowest overshoot of 5.29×10^{-4} pu and the fastest settling time, which is 6.19 seconds.

Keywords : Power System Stabilizer; Automatic Voltage Regulator; Particle Swarm Optimization; Firefly Algorithm; Bat Algorithm

PENDAHULUAN

Stabilitas sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai karakteristik sistem tenaga listrik yang menghasilkan keseimbangan operasional, baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi gangguan. Kestabilan sistem harus diperhatikan untuk memperoleh kontinuitas pasokan tenaga listrik. Sistem tenaga harus menjaga nilai frekuensi dan tegangan walaupun dibawah gangguan seperti perubahan beban secara tiba-tiba atau hubung singkat. Osilasi frekuensi pada sistem tenaga terjadi dengan deviasi dari 0,2 hingga 3,0 Hz. Perubahan beban secara tiba-tiba tidak dapat direspon dengan baik oleh generator sehingga hal ini akan mempengaruhi kestabilan dinamik sistem. Peredaman osilasi pada sistem tenaga listrik secara umum menggunakan pengontrol yang dikenal dengan *Power System Stabilizer* (PSS). PSS ini pada dasarnya merupakan kompensator fase klasik. PSS menambahkan sinyal stabilisasi ke penguatan AVR yang memodulasi eksitasi generator. Tugas utamanya adalah membuat torsi redaman listrik yang sefasa dengan deviasi kecepatan rotor pada poros turbin untuk meningkatkan redaman generator.

PSS merupakan komponen kontrol yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik (Permana, Suweden, Wijaya, dan Kour, & Mehta, 2017). PSS dapat meredam gangguan perubahan beban pada SMIB yang disimulasikan dengan *software* Matlab. Selanjutnya, Analisa penggunaan Multiband PSS dilakukan di sistem SMIB dan dibandingkan dengan penggunaan TCSC dan STATCOM (Shrivastava, Timande & Ashatkar, 2013). Penelitian ini hanya mencakup sampai dengan analisa persamaan saja. Untuk meningkatkan

peredaman gangguan, metode *fuzzy logic controller* ditambahkan pada PSS di SMIB (Gudla & Rao, 2012 dan Kiran, Kumar, & Raju, 2014). Sistem ini mampu meredam gangguan dengan lebih baik dibandingkan sistem PSS tanpa *fuzzy*. Metode yang berbeda dibawakan dalam menganalisa penggunaan PSS pada sistem SMIB, yaitu dengan menggunakan *Linear Quadratic Regulator* (LQR) (Heru, dan ichsan, 2013 dan Shrivastava, Timande, & Ashatkar, 2013). Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa LQR mampu menemukan parameter PSS sehingga gangguan dapat lebih teredam. Selajutnya, metode kecerdasan buatan diterapkan dalam menala parameter PSS (Yamlecha, Hermawan, dan Handoko, 2012 dan saputra, 2018 dan widarsono, 2020). Dalam penelitian ini, PSS dioptimasi menggunakan PSO dan GA. Hasil simulasi menggunakan matlab menunjukkan bahwa performansi PSO dan GA mempunyai nilai yang sama dalam meredam gangguan sistem.

Penelitian ini menampilkan metode terbaru dibandingkan GA dan PSO, yakni metode *Bat Algorithm* (BA). Metode BA diujicobakan untuk menala parameter PSS pada *Single Machine Infinite Bus* (SMIB). Nilai parameter SMIB yang digunakan diambil dari parameter SMIB pada PLTGU Grati. Perbandingan metode tanpa PSS, PSS dengan tuning manual, PSS dengan PSO, PSS dengan FA dan PSS dengan BA ditampilkan dalam penelitian ini untuk membandingkan hasil terbaik dalam menala parameter PSS terhadap osilasi sistem.

TEORI

Algoritma Kelelawar (*Bat Algorithm*)

The Bat Algorithm (BA) adalah algoritma kecerdasan komputasi yang baru-baru ini diperkenalkan yang terinspirasi oleh

perilaku ekolokasi mikro-kelelawar. Ekolokasi mengacu pada proses sensorik yang memungkinkan kelelawar untuk menjelajahi lingkungan mereka, melacak mangsanya, menghindari rintangan dan menemukan celah-celah bertenger mereka bahkan dalam kegelapan total. Dengan cara ini, kelelawar memancarkan getaran ultrasonik dan mendengarkan gema yang memantul dari lingkungan untuk merasakan jarak dan membedakan antara makanan / mangsa dan penghalang latar belakang.

Dengan membuat beberapa asumsi umum tentang perilaku ekolokasi kelelawar, ekspresi matematika dasar untuk algoritma tersebut adalah:

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

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^{t-1} - x^*)f_i \quad (2)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (3)$$

dimana indeks i dikaitkan dengan kelelawar (solusi) dalam populasi, f adalah frekuensi pulsa, f_{\min} dan f_{\max} adalah batas bawah dan atas dari f , β adalah bilangan acak dalam interval $\{0,1\}$, t mewakili banyaknya iterasi, v adalah kecepatan bat, x adalah posisi bat, dan x^* adalah solusi terbaik global saat ini.

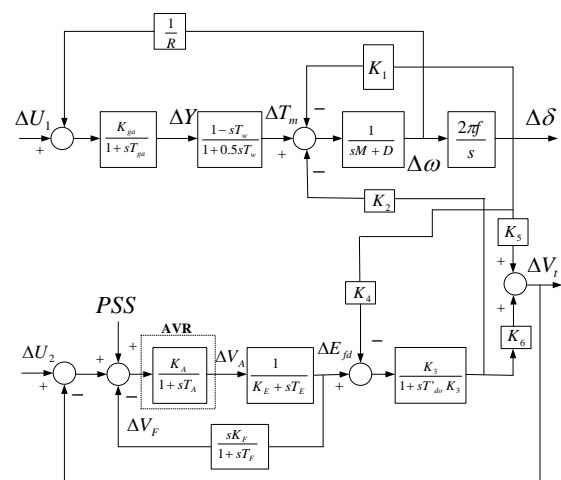
Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem pada penelitian ini menggunakan kestabilan *steady state* sebagai pemodelan linier sistem tenaga listrik.

Single Machine To Infinite Bus

Model dinamis yang disederhanakan dari sebuah sistem tenaga listrik ditampilkan dalam model *single-machine to infinite-bus* (SMIB). SMIB memiliki beberapa bagian antara lain: pemodelan governor, penggerak utama dan turbin, AVR, exciter, pemodelan

generator sinkron, sensor tegangan, dan pemodelan beban generator. Respons sistem yang dapat diamati meliputi perubahan frekuensi dan perubahan sudut rotor ($\Delta\omega$). Lebih lanjut, perubahan ini dianggap sebagai sinyal *error* yang digunakan sebagai *input* PSS untuk menghasilkan sinyal kontrol di sistem (Kour & Mehta, 2019). Pemodelan SMIB ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok SMIB dengan PSS dan AVR (Kour & Mehta, 2019)

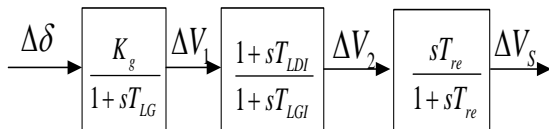
Power System Stabilizer

Power System Stabilizer (PSS) adalah peralatan yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas dengan memberikan redaman pada osilasi rotor generator sinkron. Redaman PSS tersebut berupa komponen torsi listrik yang sesuai dengan deviasi kecepatan rotor. Sinyal *input* PSS merupakan sinyal *error* berupa perubahan kecepatan rotor. Sedangkan keluaran PSS merupakan sinyal tegangan yang berfungsi sebagai sinyal kendali tambahan yang diumpungkan kembali pada sistem eksitasi generator (Yamlecha, Hermawan & Handoko, 2012).

PSS konvensional memiliki beberapa bagian yaitu *gain* (K_{pss}), *washout* (T_w) dan

lead-lag (TA-TD). *Gain* berfungsi untuk mengatur besarnya gain agar didapat nilai torsi yang sesuai dengan yang diinginkan. *Washout* berfungsi untuk memberikan keadaan kontinyu pada keluaran stabilizer. Sirkuit *Lead-Lag* berfungsi untuk memberikan kompensasi fasa yang diharapkan. Limiter bertugas membatasi sinyal stabilizer dari perubahan tegangan yang tajam dan menjaga regulator tegangan dalam range yang diijinkan selama terjadi gangguan. Pemodelan PSS dapat dilihat pada Gambar 2.

PSS dihubungkan melalui ΔV_F ke port AVR. Input PSS ini berasal dari bus generator. Input tersebut dapat berupa frekuensi, kecepatan atau daya. Dalam PSS, sinyal input berupa fase dengan $\Delta\delta$ digunakan dalam simulasi. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sederhana dari PSS. Diagram blok PSS terdiri dari *gain*, *washout lead-lag* dan blok komposisi.

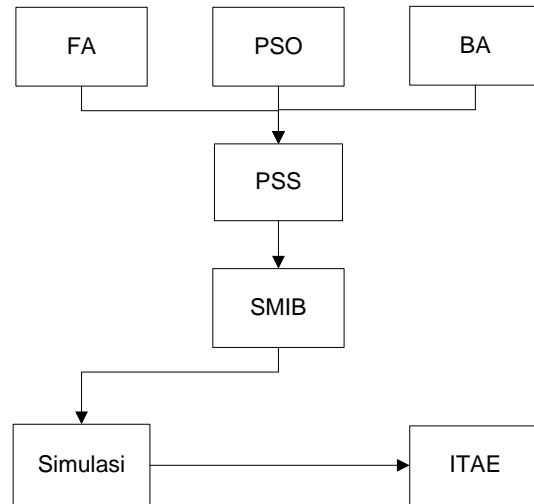


Gambar 2. Diagram Blok SMIB dengan PSS dan AVR (Yamlecha, Hermawan & Handoko, 2012)

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, metode kecerdasan buatan digunakan dalam menala parameter dari PSS. Hal itu karena nilai parameter PSS mempunyai *range* yang lebar dan mempunyai banyak kemungkinan. Metode kecerdasan yang digunakan dan dibandingkan adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Firefly Algorithm* (FA), dan *Bat Algorithm* (BA).

Gambar 3 berikut ini adalah diagram blok dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. Diagram blok penelitian

Terlebih dulu kita harus membuat program PSO, FA dan BA. Program-program ini telah ada di situs resmi Matlab ataupun di *website-website* lainnya. Selanjutnya, kita buat pemodelan PSS dan pemodelan SMIB. Algoritma kecerdasan buatan selanjutnya mencari parameter dari PSS. Parameter PSS yang didapatkan lalu disimulasikan menggunakan sistem SMIB yang dibuat.

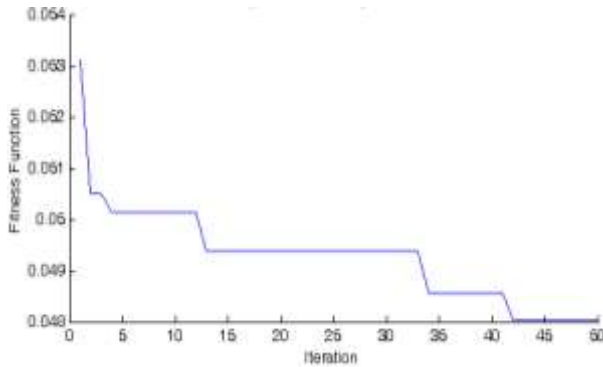
Untuk mengetahui keefektifan sistem PSS tersebut, maka SMIB diberi perubahan beban. Sehingga diketahui kemampuan sistem PSS dalam meredam besar dan lama *overshoot* yang terjadi. Penilaian terhadap besar dan lama *overshoot* dihitung berdasarkan persamaan fungsi *error* yang dikenal dengan *Integral Time Absolute Error* (ITAE). Persamaan ITAE dapat dinyatakan dalam persamaan (4).

$$ITAE = \int_0^t |\Delta\omega(t)| dt \quad (4)$$

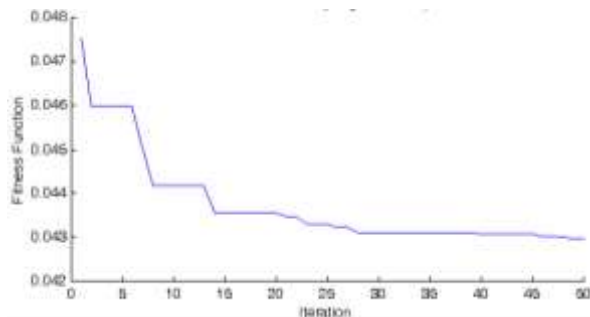
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis gangguan pada SMIB adalah gangguan dinamik dengan perubahan beban 0.05 pu. Dalam studi ini, kinerja *plant*

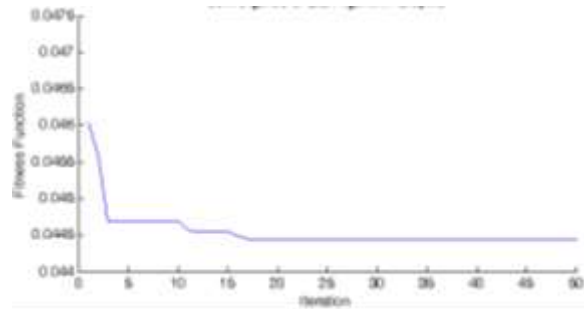
diamati dan dibandingkan respon perubahan frekuensinya. Selanjutnya dengan simulasi akan terlihat kemampuan masing-masing algoritma untuk menentukan parameter PSS sehingga tercapai sistem yang stabil. Berikut perbandingan hasil simulasi *software* MATLAB. Parameter umum yang digunakan pada masing-masing algoritma, yaitu jumlah populasi 30 dengan 50 iterasi. Gambar 4-6 menunjukkan grafik konvergensi dari masing-masing algoritma. Grafik ini dipilih salah satu dari beberapa kali simulasi.



Gambar 4. Grafik konvergensi PSO



Gambar 5. Grafik konvergensi Firefly



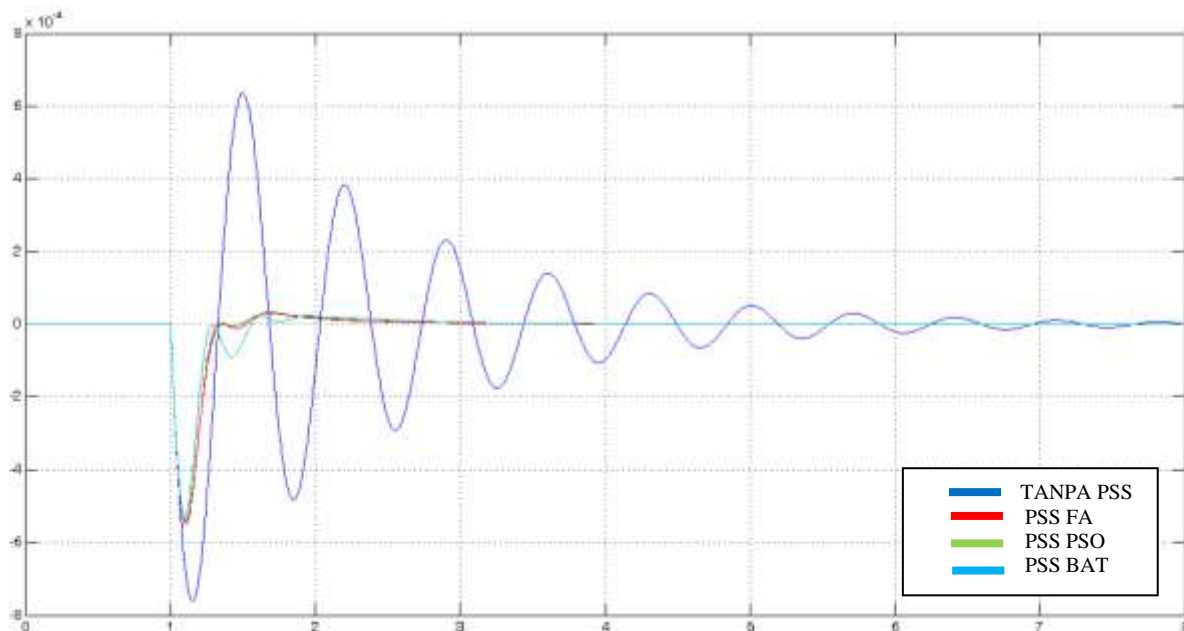
Gambar 6. Grafik konvergensi BA

Dari gambar di atas terlihat bahwa PSO mencapai nilai obyektif terbaik pada iterasi ke-42, *Firefly* dicapai pada iterasi ke-48 dan *Bat Algorithm* mencapai nilai konvergensi pada iterasi ke-17. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Bat Algorithm* lebih cepat mencapai nilai konvergensi dibandingkan algoritma PSO dan FA. Namun, hasil ini juga bermakna *Bat Algorithm* lebih mudah terjebak dalam konvergensi lokal dibandingkan dengan FA yang selalu mencari nilai konvergensi terbaik sampai iterasi ke-48.

Setelah nilai parameter PSS diperoleh, selanjutnya pemodelan sistem akan disimulasikan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 1. Nilai *Overshoot* dan *Settling Time* Sistem

Metode	Nilai	
	<i>Overshoot</i> (pu)	<i>SteadyState</i> (s)
Tanpa PSS	-7.61×10^{-4}	14
PSS Manual	-7.43×10^{-4}	10.26
PSO	-5.41×10^{-4}	6.74
FA	-5.5×10^{-4}	7.5
Bat	-5.29×10^{-4}	6.19



Gambar 7. Respon Sistem terhadap gangguan Setelah dilakukan optimasi

Karakteristik yang diambil dari respon sistem dari simulasi pada gambar 7, adalah besarnya *overshoot* sistem dan lama/waktu sistem menuju *steady state*. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil tersebut, optimasi sistem menggunakan BA memiliki waktu redaman yang paling cepat dengan *overshoot* yang paling rendah. *Overshoot* saat menggunakan metode BA mencapai 5.29×10^{-4} pu dengan durasi waktu sampai sistem stabil 6.19 detik. Algoritma PSO menempati urutan kedua dengan *overshoot* mencapai 5.41×10^{-4} pu dengan *settling time* 6.74 detik. Sedangkan metode FA menghasilkan parameter PSS yang mempunyai *overshoot* lebih tinggi dan waktu sampai *steady state* lebih lama dibandingkan dengan BA dan PSO. Namun, penggunaan metode FA jauh lebih baik dari pada menala parameter PSS secara manual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan algoritma PSO, FA, dan BA

pada sistem tenaga listrik, khususnya pada sistem *Single Machine Infinite Bus* (SMIB), metode *Bat algorithm* (BA) menghasilkan nilai parameter PSS sehingga didapatkan sistem yang memiliki *overshoot* paling rendah dan *settling time* paling cepat terhadap gangguan pada sistem, yakni *Overshoot* mencapai 5.29×10^{-4} pu dengan durasi waktu sampai sistem stabil 6.19 detik. Metode terbaik selanjutnya adalah metode PSO dengan *overshoot* mencapai 5.41×10^{-4} pu dengan *settling time* 6.74 detik. Sedangkan metode FA menghasilkan *overshoot* paling tinggi dan *settling time* paling lama dibandingkan dengan metode BA dan PSO, yakni *overshoot* mencapai 5.5×10^{-4} pu dengan *settling time* 7.5 detik. Hal ini membuktikan metode *Bat algorithm* dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi pada pemodelan sistem tenaga listrik, khususnya pada sistem *Single Machine Infinite Bus* (SMIB). Selanjutnya, penerapan metode *Bat algorithm* dapat dilakukan pada sistem tenaga listrik dengan kompleksitas yang lebih tinggi

untuk menguji keakuratan dari metode *Bat algorithm* pada sistem tenaga listrik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Gudla, V., & Rao, P. K. (2012). Improvement of Dynamic Stability of a Single Machine Infinite-Bus Power System using Fuzzy Logic based Power System Stabilizer. In International Journal of Engineering Research (Vol. 4). Retrieved from www.ijerd.com

Habsyi, K. M., Misbah, & Perdana, P. (2018). Penggunaan Metode Firefly Algorithm untuk Optimasi Economic Dispatch pada PLTU Tanjung Jati B. *SinarFe7*, 1, 189–194.

Heru Diby Laksono, I. R. P. (2013). Analisa Performansi Single Machine Infinite Bus (SMIB) dengan Metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) (Studi Kasus : PLTA Singkarak). *Teknika*, 20(2), 53–60.

Kiran, N., Kumar, M. S., & Raju, M. N. (2014). Improved Step Response of Power System Stabilizer using Fuzzy Logic Controller. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 3(3), 187–194.

Kour, E. H., & Mehta, S. (2019). Power System Stabilizer for Single Machine Infinite Bus System. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2017 (May).
<https://doi.org/10.15662/IJAREEIE.2017.0605060>

Magzoub, M. A., Saad, N. B., & Ibrahim, R. B. (2014). Power system stabiliser for single machine in infinite bus based on optimal control methods. *Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference, PEOCO 2014, (March)*,

313–317.

<https://doi.org/10.1109/PEOCO.2014.6814446>

Permana, I. A., Suweden, I. N., Wijaya, W. A., Elektro, J. T., Teknik, F., & Udayana, U. (2015). Analisis Penggunaan Power System Stabilizer (Pss) Dalam Perbaikan Stabilitas Transien Generator Sinkron. *Journal SPEKTRUM*, 2(1), 24–29..

Saputra, P. P. S. (2018). Firefly Algorithm and particle Swarm Optimization for Economic Dispatch Optimization at PLTU Tanjung Jati B. *Jaree*, 2(2), 8–12.

Shrivastava, S., Timande, B., & Ashatkar, S. (2013). A Review on the Stability of Single Machine Infinite Bus System. *International Journal of Digital Application & Contemporary Research*, 2(1).

Widarsono, K., Murdianto, F. D., M Nur, and A. M. (2020). Optimal power flow using particle swarm optimization for IEEE 30 bus. *Journal of Physics: Conference Series*, 1595, 012033.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1595/1/012033>

Yamlecha, J., Hermawan, & Handoko, S. (2012). Perbandingan Desain Optimal Power System Stabilizer (Pss) Menggunakan PSO (Particle Swarm Optimization) Dan Ga (Genetic Algorithm) Pada Single Machine Infinite Bus (SMIB). *Transient*, 1(4), 188–193.