

Optimasi *Power System Stabilizer* (PSS) pada Generator Multi Mesin Untuk Mengurangi Osilasi Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO)

¹ Fredrian Otniel Windrayadi, ² Daeng Rahmatullah, ³ Istiyo Winarno

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah, Surabaya

¹ fredrianotnielw@gmail.com ¹, ² daengrahmatullah@gmail.com ², ³ istiyo.winarno@gmail.com ³

Abstrak— Pola perubahan beban yang begitu cepat dalam sebuah sistem interkoneksi menyebabkan osilasi pada tiap mesin yang terhubung pada sistem. Kontroler generator selalu berusaha mengurangi osilasi tersebut agar sistem berada pada kondisi stabil. PSS (*Power System Stabilizer*) merupakan salah satu kontroler tambahan pada generator untuk mengurangi osilasi yang terjadi. Namun, *tuning* pada konstanta PSS yang tidak tepat dapat menyebabkan kerja PSS tidak maksimal. Pada penelitian ini, *tuning* konstanta PSS dijadikan sebagai *objective function* untuk mendapatkan nilai optimal dalam mengurangi osilasi. Dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) konstanta PSS dapat dioptimalkan untuk mendapatkan redaman yang maksimum. Simulasi diterapkan pada model generator multimesin, sehingga analisis PSS pada sistem dapat memberikan gambaran mengenai kestabilan dinamik pada sistem tersebut.

Kata Kunci— MultiMesin, Kestabilan dinamik, PSS, PSO

Abstract - The pattern of load changes which so fast in an interconnection system cause oscillation in every machine which connected in the system. The generator controller will be try to reduce oscillation for the system to be stable condition. PSS (*Power System Stabilizer*) is one of the additional controllers on the generator to be reduce the oscillation. However, tuning on improper PSS constants causes it is not working maximally. In this study, tuning the PSS constant is used as the objective function to obtain the optimal value in reducing oscillation. With Particle Swarm Optimization (PSO) the PSS constants can be optimized to get maximum damping. The simulations are applied to the multimachine generator model, so that the PSS analysis of the system can provide results regarding the dynamic stability of the system.

Keywords— Multi Machine, Dynamic stability, PSS, PSO

I. PENDAHULUAN

Pada sistem tenaga listrik kestabilan sistem pembangkit sangat berpengaruh kepada sistem distribusi listrik. Perubahan beban yang begitu cepat menyebabkan osilasi pada sistem pembangkit. Dengan hal ini generator harus mampu meredam osilasi untuk menjaga kestabilan sistem tenaga listrik. Karena kestabilan sistem tenaga listrik mempengaruhi kualitas pasokan listrik yang disalurkan. Osilasi yang besar pada sistem eksitasi menyebabkan suatu sistem tenaga listrik menjadi tidak stabil.

Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis, dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini maka pasokan daya listrik harus tetap dan disuplai dengan besaran daya yang sesuai, jika pada saat tertentu terjadi lonjakan atau penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini dapat dikategorikan ke dalam gangguan pada sistem tenaga listrik, yaitu kondisi tidak seimbang antara suplai listrik dan permintaan energi listrik akibat adanya gangguan [1]

Secara umum generator memiliki dua kontroler utama yaitu governor dan *Automatic Voltage Regulator* (AVR). Kedua kontroler ini memiliki peran yang sama yaitu untuk meredam osilasi yang terjadi [3]. Governor dapat mengontrol osilasi yang terjadi dengan cara mengatur daya mekanis pada turbin Untuk lebih mempercepat peredaman osilasi ditambahkan device yaitu *Power System Stabilizer* (PSS).

Untuk mendapatkan nilai yang diinginkan pada *power system stabilizer* (PSS) peneliti menggunakan metode *particle swarm optimization* sebagai metode penela nilai dari gain pada parameter PSS sehingga osilasi yang terjadi dapat diperkecil secara optimal dan sistem selalu berada pada kondisi stabil ketika terjadi gangguan atau perubahan beban. Pada penelitian ini, peneliti juga mengambil referensi dari peneliti sebelumnya yang menggunakan generator multimesin dengan metode *Modified Particle Swarm Optimization with the Passive Congregation* dan hasilnya sudah cukup baik,[2].

Perkembangan sistem tenaga listrik yang semakin cepat dan masalah yang semakin beragam, menuntut penyelesaian yang real time, sehingga penulis mencoba mengajukan usulan untuk mengembangkan desain PSS untuk dapat merespon perubahan performa sistem secara langsung berdasar pada metode *particle swarm optimization* untuk mengurangi osilasi pada generator multimesin.

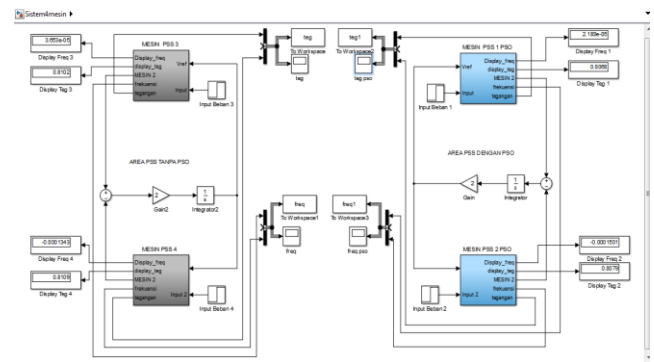
II. PEMODELAN SISTEM DAN ALGORITMA

A. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tingkat kestabilan sangat berpengaruh terhadap distribusi daya listrik. Kestabilan sistem tenaga listrik diartikan dengan kemampuan suatu sistem tenaga listrik atau bagian komponennya untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan jika terjadi gangguan [3]. Berdasarkan sifat dan besar gangguan, kestabilan dalam sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga yaitu kestabilan tunak (*steady-state*), kestabilan transien, kestabilan dinamik [3][1].

B. Perancangan Sistem Multimesin

Setelah melakukan studi literatur selanjutnya membuat atau merancang model untuk disimulasikan. Respon dinamik sistem tenaga listrik dalam analisa studi kestabilan sangat dipengaruhi oleh pemilihan model Permodelan yang digunakan pada penelitian ini secara garis besar direpresentasikan dengan sebuah permodelan multi mesin yang dibuat dengan menggunakan *software matlab* seperti pada gambar 1.

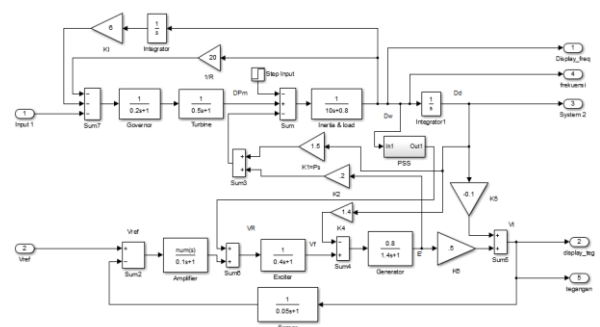


Gambar 1. Sistem Multimesin Keseluruhan

Gambar 1 menggambarkan sistem pembangkit multi mesin yang dibagi menjadi 2 area dimana masing-masing area memiliki spesifikasi yang berbeda. Sistem pembangkit multi mesin ini saling mempengaruhi satu sama lain karena sudah masuk jaringan interkoneksi. Sehingga apabila parameter dari salah satu area diganti maka akan mengganggu area lain juga. Pembuatan model simulasi dibagi menjadi 3 yaitu pembuatan permodelan turbin, pembuatan permodelan generator dan pembuatan permodelan PSS yang nantinya parameter akan dioptimasi dengan menggunakan *particle swarm optimization*.

C. Perancangan Sistem Turbin

Untuk membuat model yang akan digunakan dibutuhkan sebuah data yang nantinya akan mempresentasikan sebuah alat pada sistem pembangkit, seperti governor, turbin dan lain sebagainya. Sistem turbin yang digunakan adalah sistem turbin 2 area dengan spesifikasi yang berbeda. Berikut gambar permodelan sistem turbin yang digunakan.



Gambar 2. Sistem Turbin 2 area

Gambar 2 diatas merupakan diagram blok permodelan abstrak dari sistem turbin 2 area, dimana nilai-nilai dari tiap masing-masing blok sudah ditentukan. Gambar diatas hanya merupakan diagram blok sistem turbin yang belum disambungkan dengan generator dan belum ditambahkan PSS berbasis *particle swarm optimization*. Berikut merupakan data yang digunakan untuk sistem turbin 2 area tersebut.

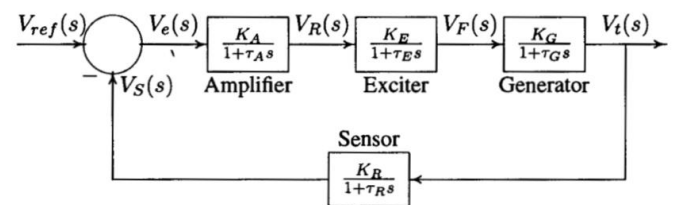
Tabel 1. Data Parameter Sistem Turbin

Area	Turbin area 1	Turbin area 2
Speed regulation.	$R_1 = 0.05$	$R_1 = 0.0625$
Frequency-sens, load coeff.	$D_2 = 0.6$	$D_2 = 0.9$
Base power Governor	1000 MVA	1000 MVA
Governor time constant	$T_{g1} = 0.2$	$T_{g1} = 0.3$
Turbine time constant	$T_{T1} = 0.5$	$T_{T1} = 0.6$

Setelah mengetahui bentuk model dan data parameter yang digunakan. Kemudian kita buat simulasinya dengan bantuan aplikasi MatLab. Untuk mencari nilai input yang akan digunakan oleh *particle swarm optimization* yang nantinya untuk mengoptimasi nilai parameter PSS peneliti mengganti nilai D untuk mempresentasikan perubahan beban baik dari konsumen maupun dari sistem sendiri. Selain nilai D nanti keluaran dari *Rotating Mass and Load* berupa $\Delta\omega$ juga digunakan untuk nilai input dari *particle swarm optimization*. Karena setiap pergantian nilai D maka akan berpengaruh kepada nilai dari keluaran *Rotating Mass and Load*.

D. Perancangan Sistem Generator

Setelah merancang sistem turbin, langkah selanjutnya adalah dengan marancang sistem generator. Sistem generator nantinya akan disambungkan dengan sistem turbin dengan tambahan alat berupa PSS pada masukan *exciter*. Sistem generator ini yang nantinya akan menghasilkan listrik pada sistem pembangkit listrik. Apabila keluaran dari generator masih belum stabil atau masih menimbulkan osilasi maka akan distabilkan oleh PSS agar tidak terjadi osilasi dan dengan cepat menjadi stabil kembali.



Gambar 3. Sistem Generator

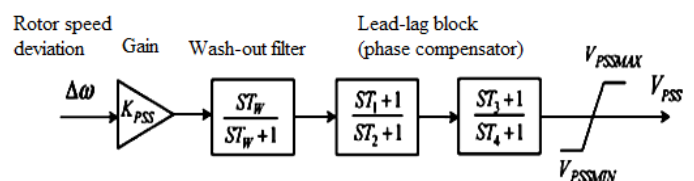
Gambar 3 diatas menggambarkan sistem generator untuk 1 unit. Nantinya akan disambungkan di masing-masing sistem turbin. Parameter-parameter dari sistem generator ini juga sudah ditentukan. Berikut merupakan parameter untuk generator:

Table 2. Data Parameter Sistem Generator

	Gain	Time constant
Amplifier	$K_A = 10$	$T_A = 0.1$
Exciter	$K_E = 1$	$T_E = 0.4$
Generator	$K_G = 0.8$	$T_G = 1.4$
Sensor	$K_R = 1$	$T_R = 0.05$

E. Power Sytem Stabilizer

Fungsi dasar (PSS) adalah menyediakan redaman tambahan ketika muncul osilasi rotor dengan pengaturan sistem eksitasinya menggunakan sinyal stabiliser tambahan (*auxiliary stabilizing signal*) [4]. PSS ini nantinya akan dipasang di masing-masing sistem turbin dan generator. Input dari PSS dari keluaran *rotating mass and load* dan output dari PSS nantinya akan



digunakan sebagai masukan kedua *exciter*.

Gambar 4. Diagram blok Power System Stabilizer

E.1 Blok Gain

Berfungsi untuk mengatur besar penguatan agar diperoleh besaran torsi sesuai dengan yang diinginkan .

E.2 Blok Washout

Washout berfungsi untuk menyediakan bias steady state output PSS yang akan memodifikasi tegangan terminal generator.

E.3 Blok Lead-Lag

Lead-Lag berfungsi sebagai penghasil karakteristik *phase-lead* yang sesuai untuk mengkompensasi *phase lag* antara masukan eksitasi dan torsi generator.

E.4 Limiter

Output PSS dibatasi agar aksi PSS pada AVR sesuai dengan yang diharapkan.

F. Particle Swarm Optimization (PSO)

Prinsip dasar sekaligus sebagai penemu algoritma *particle swarm optimization* adalah Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy pada tahun 1995. Merupakan algoritma optimasi yang meniru proses yang terjadi dalam kehidupan populasi burung (*flock of bird*) dan ikan (*school of fish*) dalam bertahan hidup [5].

F.1 Menentukan Parameter PSO

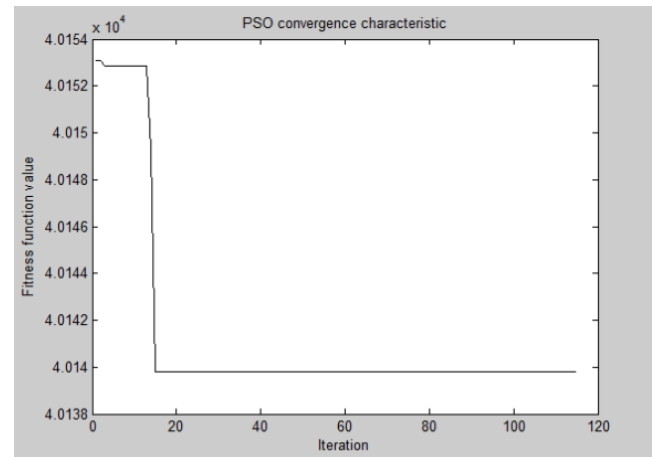
Menentukan kombinasi parameter terbaik Algoritma PSO dengan kondisi yang berbeda [6] yaitu:

1. Jumlah partikel (*number of particle*)
Rangeny adalah 20 - 40, tetapi 10 partikel akan mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Kecepatan maksimum (*maximum velocity*)
Kecepatan maksimum (*v*) diatur untuk perpindahan partikel. Jika kecepatan *Vid* diantara -10, 10. Kemudian kecepatan maksimum adalah pada 20.
3. *Learning factors*
Learning factor (C_1 dan C_2) pada umumnya mempunyai nilai 2. Berbeda masalah juga akan berbeda nilainya dan *rangeny* adalah 0 - 4.
4. Kondisi berhenti (*stop condition*)
Termasuk jumlah iterasi maksimum dari Algoritma PSO dan syarat error mencapai minimal. Kondisi berhenti tergantung masalah yang dioptimalkan.
5. *Inertia weight*
menemukan Algoritma PSO dengan *Inertia weight* (*w*) dengan *range* antara 0.8 – 1.2 [6].

Tabel 7.

Hasil optimisasi parameter PSS menggunakan PSO

Kpss	Tw	T1	T2	T3	T4
50	10	0.8250	1.0250	1.0250	0.1750



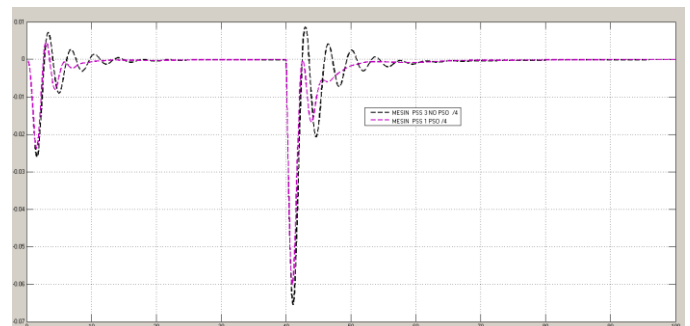
Gambar 8. Grafik konvergensi PSO

Simulasi dilakukan dengan 120 kali iterasi. Fungsi objektif mencapai nilai terbaik pada iterasi ke 18. Fungsi objektif terbaik menunjukkan bahwa populasi telah menemukan posisi terbaik (solusi terbaik). Hal tersebut merupakan indikator penalaan PSS yang optimal.

III. Hasil dan Pembahasan

Pada simulasi ini dilakukan percobaan sistem multi mesin dengan PSS tanpa bantuan *Particle Swarm Optimization* dan sistem multimesin dengan PSS dengan *Particle Swarm Optimization*

1. Mesin PSS 1 & 3 dengan kondisi beban = 950 MVA dan $D = 0.6$ dengan gangguan detik ke-40



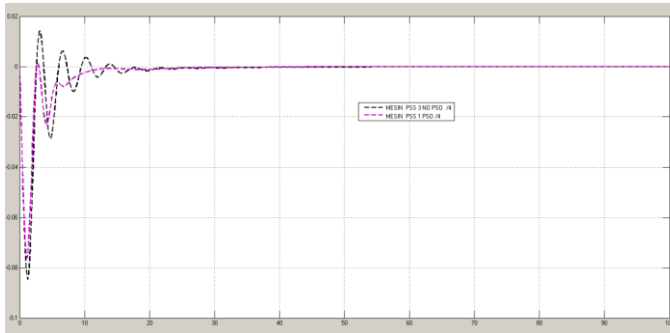
Gambar 5. Grafik perbandingan antara frekuensi dan waktu Mesin PSS 1 PSO dan Mesin PSS 3 tanpa PSO dengan gangguan

Tabel 3.

Data respon perubahan frekuensi akibat perubahan beban 0.95 p.u

Metode	Mesin PSS1 PSO	Mesin PSS 3 NO PSO
Overshoot (p.u)	0.004	0.008
Setting Time (detik)	65	60

2. Mesin PSS 1 & 3 dengan kondisi beban = 950 MVA dan D = 0.6 tanpa gangguan



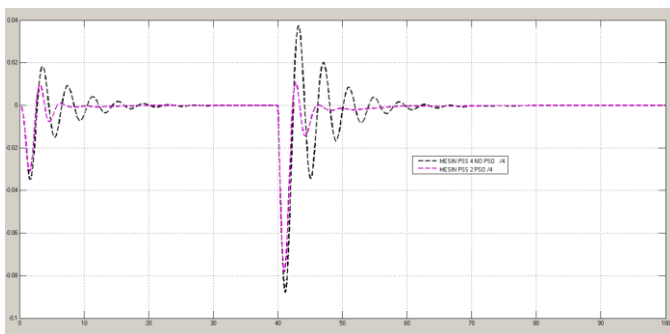
Gambar 6. Grafik perbandingan antara frekuensi dan waktu Mesin PSS 1 PSO dan Mesin PSS 3 tanpa PSO tanpa gangguan

Tabel 4.

Data respon perubahan frekuensi akibat perubahan beban 0.95 p.u

Metode	Mesin PSS 1 PSO	Mesin PSS 3 NO PSO
Overshoot (p.u)	0.001	0.014
Setting Time (detik)	13	25

3. Mesin PSS 2 & 4 dengan kondisi beban = 950 MVA dan D = 0.9 dengan gangguan detik ke-40



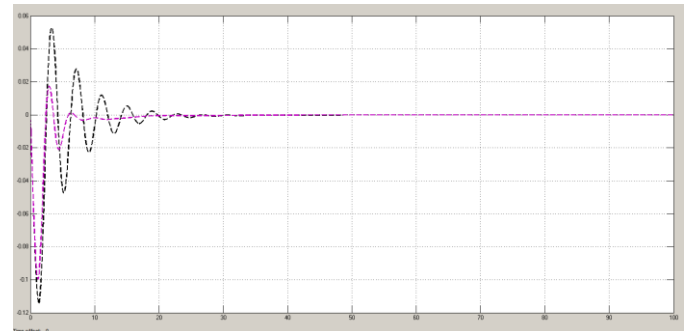
Gambar 7. Grafik perbandingan antara frekuensi dan waktu Mesin PSS 2 PSO dan Mesin PSS 4 tanpa PSO dengan gangguan

Tabel 5.

Data respon perubahan frekuensi akibat perubahan beban 0.95 p.u

Metode	Mesin PSS 2 PSO	Mesin PSS 4 NO PSO
Overshoot (p.u)	0.018	0.035
Setting Time (detik)	55	70

4. Mesin PSS 2 & 4 dengan kondisi beban = 950 MVA dan D = 0.9 tanpa gangguan



Gambar 7. Grafik perbandingan antara frekuensi dan waktu Mesin PSS 2 PSO dan Mesin PSS 4 tanpa PSO tanpa gangguan

Tabel 6.

Data respon perubahan frekuensi akibat perubahan beban 0.95 p.u

Metode	Mesin PSS 2 PSO	Mesin PSS 4 NO PSO
Overshoot (p.u)	0.018	0.051
Setting Time (detik)	19	30

IV. Kesimpulan

Koordinasi kontroler PSS dapat diterapkan pada sistem multi mesin untuk memperbaiki respon sistem. Penalaan parameter PSS menggunakan PSO dapat memperkecil *overshoot* dari sistem. Hal ini dapat dilihat ketika sistem D=0,6 diberi gangguan sebesar 0.95 p.u nilai *overshoot* respon frekuensi sistem dengan PSS -0.008. dan sistem dengan PSS yang *dituning* dengan PSO -0.004. Begitu juga dengan untuk gangguan sistem D=0,9 diberi gangguan sebesar 0.95 p.u nilai *overshoot* respon frekuensi sistem dengan PSS -0.035. dan sistem dengan PSS yang *dituning* dengan PSO -0.018

Daftar Pustaka

- [1] Rosalina, "Analisis kestabilan, FT UI," 2010.
- [2] H. S. and A. M. Mahdihyeh Eslami, "Optimal design of Power System Stabilizers Using Particle Swarm Optimization," *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 22, no. 7, p. 53, 2002.
- [3] dan A. P. Suharto, Imam Robandi, "Power system stabilizer," *J. Tek. ITS Vol. 4, No. 1, ISSN 2337-3539*, vol. 4, no. 1, pp. 4–9, 1990.

-
- [4] I. M. Muljono, A.B, Ginarsa, “Perbaikan Stabilitas Dinamik Sistem Multimesin Menggunakan Power System Stabilizer Berbasis-Anfis B-16,” vol. 7, no. 2013, pp. 16–21, 2015.
- [5] A. Jalilvand and M. D. Keshavarzi, “PSO Algorithm-Based Optimal Tuning of PSS for Damping Improvement of Power Systems,” vol. 2, no. 6, pp. 556–562, 2010.
- [6] S. A. Putra, “Perbandingan Model Algoritma Particle Swarm Optimization Dan Algoritma Genetika Pada Penjadwalan Perkuliahan,” 2010.