

Optimalisasi *Automatic Voltage Regulator* Berbasis *Particle Swarm Optimization* Untuk Stabilitas Tegangan Pada Sistem Multimesin

¹ Istiyo Winarno, ² Agus Nurullah

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah

¹ agusargaster@gmail.com, ² IstiyoWinarno@gmail.com

Abstrak - Faktor yang menjadi indikator kualitas pada sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Kestabilan sistem tenaga listrik merupakan kemampuan sistem untuk kembali bekerja normal setelah mengalami suatu perubahan beban. Dalam pendistribusian tenaga listrik sering terjadi perubahan frekuensi dan daya listrik yang tidak stabil akibat perubahan beban yang tidak teratur, baik berupa gangguan dinamis, maupun gangguan transien. Ketidaksabihan tersebut merupakan salah satu jenis gangguan yang signifikan pada sistem yang berdampak pada putaran prim over di pusat pembangkit. Automatic Voltage Regulator (AVR) memegang peranan penting pada proses pembentukan profil tegangan terminal suatu generator. Perubahan kondisi beban sebagai perilaku dinamis sistem akan menyebabkan perubahan arus yang mengalir dalam sistem generator yang menyebabkan perubahan tegangan armatur dan terminal generator tersebut. pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *Particle Swam Optimazion* (PSO) di harapkan nilai tegangan output dari generator multimesin bisa lebih baik dan ideal.

Kata kunci : AVR, PSO, kestabilan sistem, multimesin.

Abstrack - Factors that become indicators of the quality of electrical power system is the stability of the frequency and voltage. The stability of the electric power system is the ability of the system to return to normal work after experiencing load changes. In the distribution of electrical power frequent changes in frequency and unstable power supply due to changes in irregular load, either in the form of dynamic interference, or transient disturbance. Instability is one of the most significant types of disturbance in a system that impacts the prim over electricity

generation. Automatic Voltage Regulator (AVR) plays an important role in the process of generating voltage profile of terminal generator. Changes in load conditions as dynamic behavior of the system will cause changes in the current flowing in the generator system causing changes in the anchor voltage and terminal generator. In this study the researchers mennggunakan Particle Swam Optimazion (PSO) method in expecting the output voltage generator multimetric value can be better and ideal.

Keywords: AVR, PSO, system stability, multimesin.

I. Pendahuluan

Dalam operasi sistem tenaga listrik salah satu permasalahan yang sangat penting adalah kestabilan. Ketidak seimbangan antara daya input mekanis dengan daya beban listrik pada sistem menyebabkan kecepatan rotor generator (frekuensi sistem) dan tegangan akan menyimpang dari kondisi normal sehingga akan menyebabkan kestabilan dari sistem terganggu. Ketidak stabilan sistem diakibatkan karena adanya gangguan baik itu gangguan besar maupun gangguan kecil. Gangguan kecil dapat berupa perubahan beban secara tiba-tiba dan periodik sedangkan untuk gangguan besar disebabkan kesalahan pada sistem seperti gangguan hubung singkat, putus jaringan, pemindahan beban. Apabila hal tersebut tidak segera diatasi

dengan cepat baik berupa besar gangguan, maupun waktu terjadinya gangguan maka sistem akan bekerja menyimpang dari kondisi normal. Oleh sebab itu diperlukan peralatan kontrol pada sistem tenaga listrik yang mampu bereaksi secara otomatis terhadap penyimpangan. Peralatan control governor, AVR (*Automatic Voltage Regulator*), dan sistem eksitasi menjadi peralatan kontrol yang harus dimiliki oleh sistem tenaga listrik sehingga kestabilan sistem tenaga listrik dapat dijaga.

Untuk menangani hal tersebut diatas, maka parameter-parameter pembangkit tersebut harus ada yang dapat diubah-ubah agar pembangkit tetap beroperasi dengan baik dengan tetap menyuplai beban dalam kondisi aman dan stabil. Saat ini telah ada sebuah peralatan yang mampu mengatur parameter-parameter pembangkit tersebut dan bahkan sudah dapat bekerja secara otomatis. Salah satu jenis peralatan tersebut yaitu AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang sedemikian rupa mampu mengatur nilai tegangan yang dibangkitkan oleh suatu pembangkit.

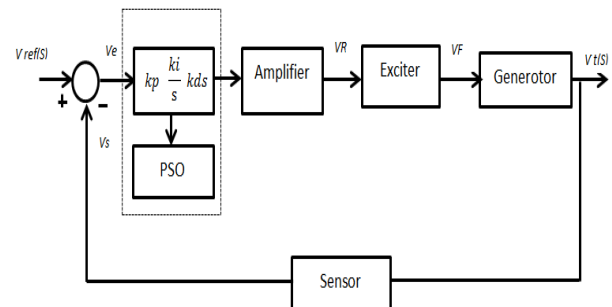
Dalam sistem AVR terdapat banyak gangguan yang memungkinkan sehingga perlu dilakukan studi kestabilan dinamik di sekitar titik operasinya, sehingga dilakukan analisa terhadap tingkah laku kestabilan sistem AVR. Pada penelitian ini, peneliti juga mengambil referensi dari peneliti sebelumnya yang menggunakan Linear Quadratic Regulator (LQR) dan hasilnya cukup baik (sanatang, 2008).

Sistem PSO diinisialisasi oleh sebuah populasi solusi secara acak dan selanjutnya mencari titik optimum dengan cara meng-update tiap hasil pembangkitan. Pada penelitian ini, hasil yang diperoleh melalui metode Particle Swam Optimation (PSO), sebagai tuning dari metode PID sehingga

dapat mengoptimalkan kestabilan tegangan pada sistem multimesin.

II. Metode Penelitian

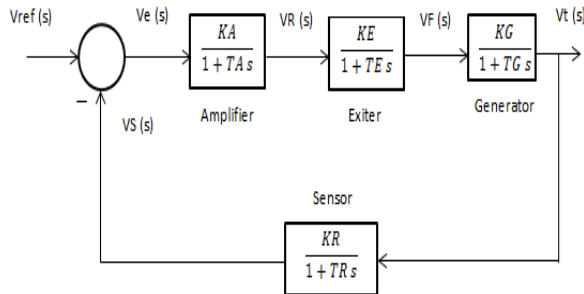
A. Diagram Blok



Gambar 2.1. Diagram Blok Sistem

Gambar diatas merupakan gambar diagram sistem dimana input dari tegangan referensi (V_{ref}) tegangan tersebut dikeluarkan melalui Exciter ke generator sehingga terjadi induksi didalam generator yang menghasilkan tegangan, sensor tersebut merespon tegangan yang keluar dari generator apakah tegangan tersebut sudah sesuai dengan inputan dari tegangan referensi, metode *Power swam Optimazion* (PSO) sebagai tuning dari PID sehingga dapat mengomtimalkan tegangan agar lebih baik.

1. System Automatic Voltage Regulator (AVR)



Gambar 2.2. Model Automatic Voltage Regulator

fungsi loop tranfers yang menghubungkan tegangan terminal generator $V_t(s)$ ke tegangan reverensi $V_{ref}(s)$ adalah:

$$\frac{V_t(s)}{V_{ref}(s)} = \frac{KA KE KG KR (1 + TR s)}{(1 + TA s)(1 + TE s)(1 + TG s)(1 + TR s) + KA KE KG KR}$$

2. Data Parameter Automatic Voltage Regulator (AVR)

Pada penelitian ini data parameter untuk Automatic Voltage Regulator (AVR) menggunakan data sebagai berikut

Tabel 3.1. Data Parameter Automatic Voltage Regulator

Parameter	Gain	Time Konstsnt
Amplifier	$KA = 10$	$TT = 0.5$
Exciter	$KE = 1$	$TG = 0.2$
Generator	$KG = 0.8$	$TA = 0.1$
Sensor	$KR = 1$	$TE = 0.4$
		$TG = 1.4$
		$TR = 0.05$

Dari data diatas dapat dilakukan pemodelan Automatic Voltage Regulator (AVR) yang dibagi menjadi pemodelan amplifier, pemodelan eksiter, pemodelan generator, dan pemodelan sensor.

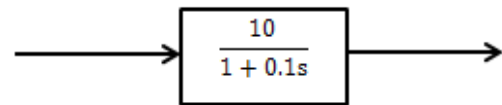
1. Pemodelan amplifier

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

Dengan memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, maka

$$\frac{V_R(s)}{V_e(s)} = \frac{10}{1 + 0.1s}$$

maka Amplifier dapat di modelkan sesbagai berikut



gambar 2.3. Model Amplifier

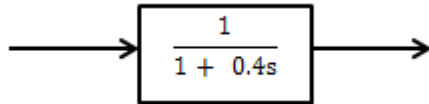
2. Pemodelan Eksiter

$$\frac{V_F(s)}{V_R(s)} = \frac{K_E}{1 + T_E s} \quad (2)$$

Dengan memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, maka

$$\frac{V_F(s)}{V_R(s)} = \frac{1}{1 + 0.4s}$$

Maka Eksiter dapat di modelkan sebagai berikut :



Gambar 2.4. Model eksiter

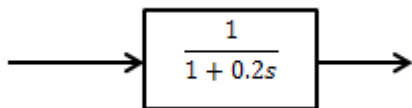
3. Pemodelan Generator

$$\frac{V_t(s)}{V_F(s)} = \frac{K_G}{1 + T_G s} \quad (3)$$

Dengan memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, maka

$$\frac{V_t(s)}{V_F(s)} = \frac{1}{1 + 0.2s}$$

maka Generator dapat di modelkan sebagai berikut :



Gambar 3.5. Model Generotor

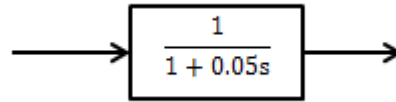
4. Pemodelan sensor

$$\frac{V_S(s)}{V_t(s)} = \frac{K_R}{1 + T_R s} \quad (4)$$

Dengan memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, maka

$$\frac{V_S(s)}{V_t(s)} = \frac{1}{1 + 0.05s}$$

Maka Sensor dapat di modelkan sebagai berikut :



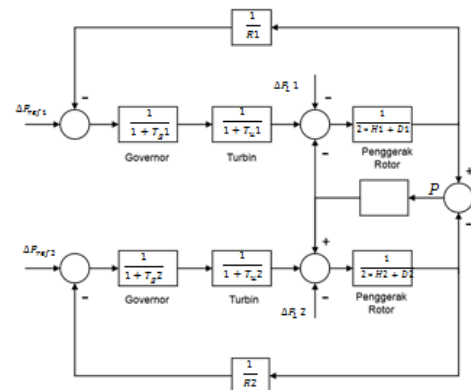
Gambar 3.6. Model Sensor

3. Data Parameter Multimesin

Tabel 2. Data Parameter Multimesin

Area	1	2
Speed regulation	R1 = 0.05	R2 = 0.06
Frequency-sens.load coeff	D1 = 0.6	D2 = 0.9
Inersia constant	H1 = 5	H2 = 4
Base power	1000 MVA	1000 MVA
Governor time constant	Tg1 = 0.2 sec	Tg2 = 0.3 sec
Turbine time constant	TT = 0.5 sec	TT2 = 0.6 sec

5. Model Sistem Multimesin



Gambar 2.7. Model Multimesin

C. Particle swarm optimazatation (PSO)

Indeks partikel terbaik dinatara semua partikel dalam kawanan atau group dinyatakan sebagai gbestd. Kecepatan patikel ke-i dinyatakan sebagai : $V_i = (V_{i,1}, V_{i,2}, \dots V_{i,d})$ Modifikasi kecepatan dan posisi tiap partikel dapat dihitung menggunakan kecepatan saat ini dan jarak dari pbesti, d ke gbestd seperti ditunjukkan persamaan berikut ini :

$$v_{i,m}^{(t+1)} = w \cdot v_{i,m}^{(t)} + * R * (pbest_{i,m} - v_{i,m}^{(t)}) + C_2 * R * (pbest_m - x_{i,m}^{(t)}) \dots \dots \dots 12$$

$$x_{i,m}^{(t+1)} = x_{i,m}^{(t)} + x_{i,m}^{(t+1)} \dots \dots \dots 13$$

$I = 1, 2, \dots, n$

$M = 1, 2, \dots, d$

di mana :

n : jumlah partikel dalam kelompok

d : dimensi

t : penunjuk iterasi (generasi)

$v_{i,m}^{(t)}$: kecepatan partikel ke-i pada iterasi ke t

w : faktor bobot inersia

c_1, c_2 : konstanta akselerasi (learning rate)

R : bilangan random (0 – 1)

$x_{i,m}^{(t)}$: posisi saat ini dari partikel ke-i pada iterasi ke-t

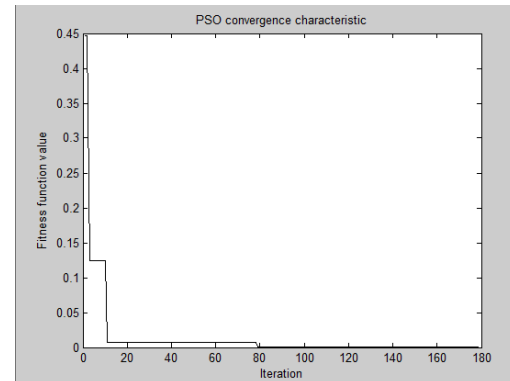
$pbest_i$: posisi terbaik sebelumnya dari partikel ke-i

$gbest$: partikel terbaik diantara semua partikel dalam satu kelompok/populasi

1. Hasil Running

Tabel 3. Hasil running tuning PSO-PID

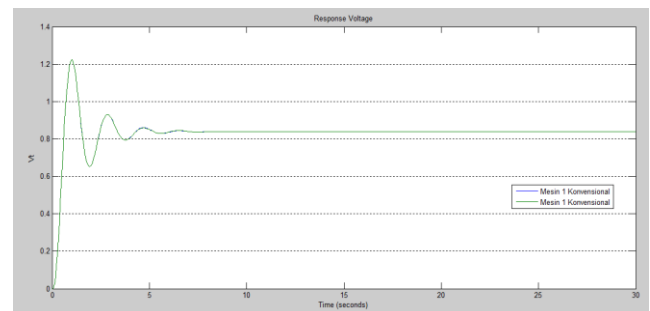
Kp	Ki	Kd
1	0.345373	0.254322



Gambar 2.14 Hasil Running PSO

III. Hasil dan Pembahasan

1.1. Analisa AVR Tanpa Metode PSO



Gambar 3.1. AVR Tanpa Metode PSO

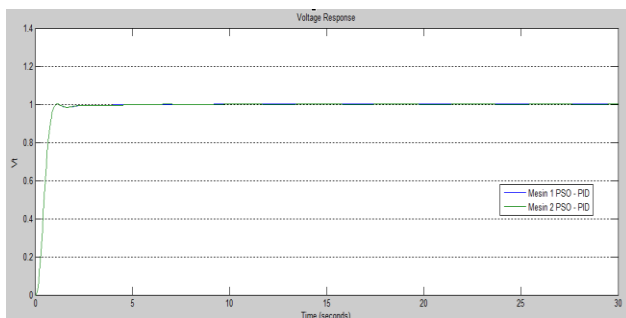
1.1.1. AVR mesin 1 tanpa metoda PSO

- *Steady-state* AVR Mesin 1 sebesar 0.909 p.u., dimana tegangan terminal pada AVR adalah $36000 \times 0.909 = 32724 \text{ V}$.
- *Overshoot* AVR Mesin 1 sebesar 22.1%.
- Waktu keadaan mantap AVR Mesin 1 selama 11.62 detik.
- *Rise time* AVR Mesin 1 selama 1.023 detik.
- *Peak time* AVR Mesin 1 selama 1 detik.

1.1.2. AVR mesin 2 tanpa metoda PSO

- *Steady-state* AVR Mesin 2 sebesar 0.909 p.u., dimana tegangan terminal pada AVR adalah $36000 \times 0.909 = 32724 \text{ V}$.
- *Overshoot* AVR Mesin 2 sebesar 22.1 %.
- Waktu keadaan mantap AVR Mesin 2 selama 11.65 detik.
- *Rise time* AVR Mesin 2 selama 1.023 detik.
- *Peak time* AVR Mesin 2 selama 1 detik.
-

1.2. Analisa AVR Dengan Metode PSO



Gambar 3.2. AVR Dengan Metode PSO

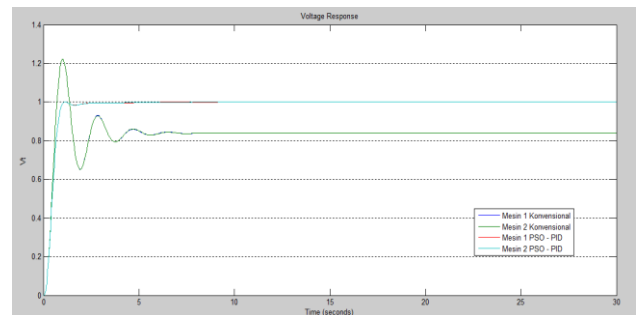
1.2.1. AVR mesin 1 dengan metoda PSO

- *Steady-state* AVR Mesin 1 sebesar 1 p.u., dimana tegangan terminal pada AVR adalah $36000 \times 1 = 36000 \text{ V}$.
- *Overshoot* AVR Mesin 1 sebesar 0.0163 %.
- Waktu keadaan mantap AVR Mesin 1 selama 5.223detik.
- *Rise time* AVR Mesin 1 selama 1.093 detik.
- *Peak time* AVR Mesin 1 selama 1 detik.

1.2.2. AVR mesin 2 dengan metoda PSO

- *Steady-state* AVR Mesin 2 sebesar 1 p.u., dimana tegangan terminal pada AVR adalah $36000 \times 1 = 36000 \text{ V}$.
- *Overshoot* AVR Mesin 2 sebesar 1.023 %.
- Waktu keadaan mantap AVR Mesin 2 selama 5.226 detik.
- *Rise time* AVR Mesin 2 selama 1.068 detik.
- *Peak time* AVR Mesin 2 selama 1 detik.

1.3. Analisa Perbandingan AVR dengan PSO dan Tanpa PSO



Gambar 3.2. AVR dengan PSO dan Tanpa PSO

IV. Kesimpulan

Dari data diatas dapat dilihat bahwa AVR dengan metode PSO lebih baik jika dibandingkan dengan AVR tanpa metode PSO, dimana waktu keadaan mantap pada AVR mesin 1 dengan metode PSO selama 5.223 detik dengan *rise time* 1.093 detik dengan *peak time* selama 1 detik dan *overshoot* 0.0163%, sedangkan waktu keadaan mantap pada AVR mesin 2 dengan metode PSO selama 5.226 detik, dengan *rise time* 1.068 detik dengan *peak time* selama 1 detik dan *overshoot* 0.0160%.

Using Constriction Particle Swarm Optimization with Local Search. *Article Algorithms* 2013, 6, 227-244; doi:10.3390/a6020227. ISSN 1999-4893.

- [6] Hsieh, L.F., Huang, C.J. & Huang, C.L. 2007. Applying Particle Swarm Optimization To Schedule Order Picking Routes In A Distribution Center. *Asian Journal of Management and Humanity Sciences*. Vol. 1, No. 4. pp.558-576.

- [7] Eberhart, R. C., & Shi, Y. 2001. Particle swarm optimization: developments, applications and resources. *Proceedings of Congress on Evolutionary Computation*, 1, 27-30.

Daftar Pustaka

- [1] sanatang, 2008. Perbaikan Stabilitas Frekuensi dan Tegangan Beban Dinamik dengan *Linear Quadratic Regulator* (LQR). Universitas Negeri Makasar.
- [2] Aderson, P. M., & Fouad, A. A., "Power System Control and Stability, "IEEE Press Power System Engineering series, 1997
- [3] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. Mcgraw-Hill Companies. United States Of America.
- [4] Kennedy, J. and Eberhart, C., "Particle Swarm Optimization, " Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks, Australia, pp. 1942-1948, 1995
- [5] Chen, R.M. & Shih, H.F. 2013. Solving University Course Timetabling Problems