

Peningkatan Stabilitas Sistem Tenaga Single Machine Menggunakan Power System Stabilizer PID

1st Irpan Antonius T Tamba
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung,Indonesia

tambairpan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Basuki Rahmat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung,Indonesia

basukir@telkomuniversity.ac.id

3rd Erwin Susanto,
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung,Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, kestabilan sistem tenaga adalah hal terpenting dalam distribusi listrik. Perhatian ini muncul pada sistem generator yang saling terhubung dengan interkoneksi yang lemah. Generator dapat mengalami ketidakseimbangan dikarenakan kenaikan atau penurunan beban, hal ini dapat mengakibatkan penyimpangan nilai sudut rotor generator dan tegangan nilai nominal yang menimbulkan osilasi pada sistem, bahkan dapat menyebabkan hilangnya operasi sinkron dari mesin yang terinterkoneksi. Dalam perkembangan sekarang ini Power System Stabilizer (PSS) merupakan salah satu alat yang dapat menambah batas kestabilan dengan mengatur eksitasi generator untuk memberi redaman terhadap osilasi rotor mesin sinkron. Untuk menghasilkan peredaman yang lebih bagus peneliti menggunakan penambahan sistem PID sehingga overshoot dan settling time sistem lebih sabil.

Kata kunci — single machine, Power sistem stabilizer, kontrol PID,kestabilan

I. PENDAHULUAN

Mempertahankan kelangsungan yang stabil memiliki dampak yang sangat penting dalam menjalankan operasi sistem tenaga listrik. Dalam konteks stabilitas, suatu sistem dianggap stabil jika mampu mempertahankan produksi daya dalam menghadapi gangguan pada mesin. Faktor ini memiliki pentingnya karena stabilitas memiliki pengaruh yang besar terhadap gangguan yang berpotensi mengganggu keseimbangan sistem. Stabilitas dalam sistem tenaga listrik dibagi menjadi dua jenis, yakni stabilitas dalam kondisi tunak dan stabilitas selama transisi. Stabilitas tunak terkait dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke keadaan stabil atau titik operasionalnya setelah mengalami gangguan kecil seperti perubahan beban atau pembangkitan. Di sisi lain, stabilitas transien terkait dengan kapasitas sistem untuk pulih ke keadaan mantap setelah mengalami gangguan besar seperti hubung singkat, pemutusan saluran, atau perubahan beban yang signifikan.

Ketidakstabilan dalam sistem dapat memiliki konsekuensi serius, termasuk munculnya osilasi yang dapat mengganggu sinkronisasi di sisi pembangkitan, yang dapat mengakibatkan generator terputus dari sistem. Dalam upaya menjaga stabilitas sistem, diperlukan perangkat yang dapat mengurangi nilai overshoot dan waktu settling, dan perangkat ini dikenal sebagai power system stabilizer (PSS). Pada

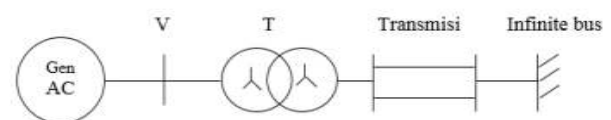
perkembangan saat ini, power system stabilizer (PSS) merupakan salah satu alat yang dapat. Untuk mendapatkan redaman osilasi yang bagus peneliti menggunakan penambahan sistem PID sehingga osilasi yang terjadi dapat diperkecil secara optimal dan sistem selalu berada pada kondisi stabil ketika terjadi gangguan atau perubahan beban.

Tujuan dari dokumen ini adalah untuk mempresentasikan perancangan model sistem tenaga Single machine menggabungkan dengan PSS dalam sistem pengujian, serta terdapat perubahan beban sebagai pengujinya perbandingan respon sudut rotor pada Sistem tenaga Single mesin menggunakan PSS, Sistem tenaga Single mesin tanpa pss dan Sistem tenaga Single mesin menggunakan metode PSS PID, dan mendapatkan nilai osilasi terbaik dengan membandingkan output sudut rotor sistem.

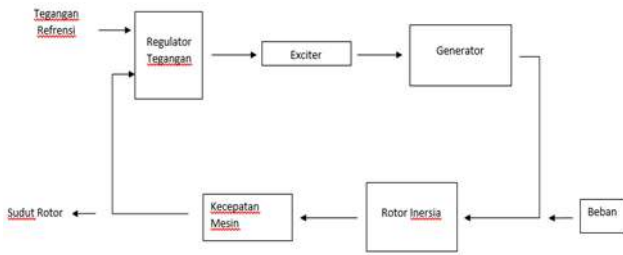
II. KAJIAN TEORI

A. Pemodelan Sistem Single Machine

Sistem single machine yang diterapkan pada penelitian ini merupakan Sistem Single Machine Infinite Bus (SMIB), sistem ini merupakan sistem tenaga listrik yang terdiri dari 1 generator oleh mesin tunggal untuk mewakili sebuah pembangkit, pemodelan single machine ini dibuat dengan menggunakan software matlab. Dalam pemodelan sistem ini, penulis membuat sebuah sistem single machine yang didalamnya terdapat sistem eksitasi, generator, dan sistem governor. Konfigurasi sistem terhubung ke bus yang tak berhingga melalui jaringan transmisi dapat dimodelkan secara matematis.[2]



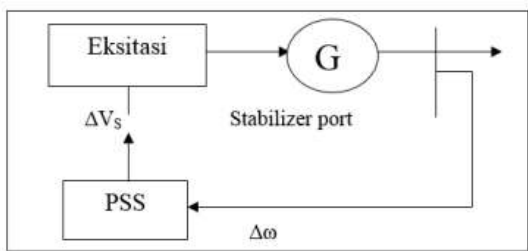
GAMBAR 1
Sistem SMIB



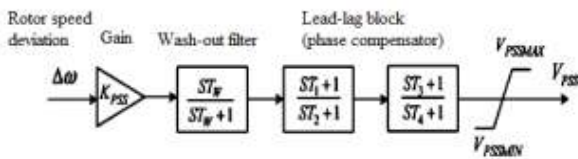
GAMBAR 2
Blok Sistem

B. Power Sistem stabilizer (PSS)

Power Sistem Stabilizer merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas sistem tenaga. Sinyal kontrol output PSS mampu menambah batas kestabilan dengan mengatur eksitasi generator.[2]



GAMBAR 3
Implementasi PSS pada Single Machine



GAMBAR 4
Blok Sistem PSS

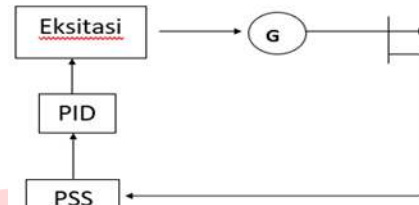
Keterangan :

1. Modul Penguatan Blok
Berfungsi untuk mengatur amplifikasi sehingga mendapatkan nilai torsi sesuai dengan yang diinginkan.
 2. Modul Washout
Berperan dalam memberikan bias pada output PSS dalam keadaan tunak yang akan mengubah tegangan terminal generator.
 3. Modul Lead-Lag
Menghasilkan karakteristik fase-lead yang tepat untuk mengkompensasi keterlambatan fase antara masukan eksitasi dan torsi generator.
 4. Pembatas
Mencegah sinyal stabilizer dari mengalami perubahan tegangan yang drastis dan tetap menjaga pengaturan tegangan dalam kondisi baik saat gangguan terjadi.
- Kontrol PSS dirancang berdasarkan parameter-parameter tertentu yang akan ditentukan. Harapannya, nilai dari setiap parameter yang dibentuk akan menghasilkan pengurangan osilasi rotor mesin yang lebih stabil. Berikut adalah gambaran dari sistem mesin tunggal dengan PSS.

C. Kontrol PID

Sistem kontrol PID (Proportional Integral Derivative) adalah sebuah perangkat pengendali yang berguna untuk

mengatur akurasi suatu sistem instrumentasi dengan memperhitungkan umpan balik (feedback). Dalam pengaturan sistem kendali PID ini, terdapat tiga metode yang terdiri dari kontrol Proporsional (P), Diferensial (D), dan Integral (I), masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan. Dalam perancangan sistem kendali PID, langkah yang diperlukan adalah menyesuaikan parameter P, I, atau D agar respons sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sesuai dengan harapan.



GAMBAR 5
Implementasi PSS PID pada Single Machine

III. METODE

Terdapat beberapa langkah pelaksanaan penelitian yang di mulai dengan analisis dan pembentukan parameter.

A. Analisis Data

Studi kasus yang di gunakan merupakan sistem single machine infinite bus (SMIB) penelitian sebelumnya oleh Manish Kuswaha, Mrs. Ranjeeta Khare. Dynamic Stability Enhancement of Power System using Fuzzy Logic Based Power System Stabilizer. International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), 2013.[1]

B. Persamaan

Berikut merupakan persamaan dinamis yang sesuai dengan pemodelan sistem tenaga listrik single machine,sesuai dengan IEEE

$$\delta = \omega_b S_m \tag{1}$$

$$\frac{ds_m}{dt} = \frac{1}{2H} [-D(s_m) + T_m + T_e] \tag{2}$$

$$\frac{dE'_q}{dt} = \frac{1}{T'_{do}} [-E'_q + (x_d - x'_d)i_d + E_{fd}] \tag{3}$$

$$T_e = E'_q i_q + (x'_d - x'_q)i_d i_q \tag{4}$$

Untuk penurunan fluks pada kumparan medan dapat di tulis persamaan berikut :

$$T'_{do} \frac{dE'_{fd}}{dt} = E_{fd} - E'_q + (x_d + x'_d)i_d \tag{5}$$

Linearitas dengan kondisi operasi awal yang di presentasikan dengan $\delta = \delta_0$ menghasilkan

$$\Delta T_e = \frac{\partial T_e}{\partial \delta} \Delta \delta = \frac{E' E_b}{X_t} \cos \delta_o (\Delta \delta) = K_s \Delta \delta$$

$$K_s = \frac{E' E_b}{X_t} \cos \delta_o \quad (6)$$

Dengan satuan gerak per unit :

$$p \Delta \omega_r = \frac{1}{2H} (T_m - T_e - K_d \Delta \omega_r)$$

$$p \delta = \omega_o \Delta \omega_r \quad (7)$$

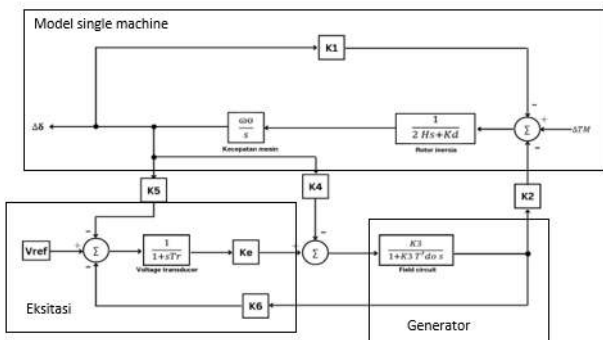
Linearisasi persamaan ke-7 dan mensubstitusi ΔT_e dari persamaan ke-6 :

$$p \Delta \omega_r = \frac{1}{2H} (\Delta T_m - K_s \Delta \delta - K_d \Delta \omega_r)$$

$$p \Delta \delta = \omega_o \Delta \omega_r \quad (8)$$

Dari persamaan ke-8, memiliki persamaan matrix :

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta \omega \\ \Delta \delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{K_d}{2H} & -\frac{K_s}{2H} \\ \omega_o & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \omega_r \\ \Delta \delta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{2H} \\ 0 \end{bmatrix} \Delta T_m \quad (9)$$



GAMBAR 6 Diagram Sistem eksitasi,generator,model machine

Dari blog diagram tersebut :

$$\Delta \delta = \frac{\omega_o}{s} \left(\frac{1}{2Hs} (-K_s \Delta \delta - K_d \Delta \omega_r + \Delta T_m) \right)$$

$$= \frac{\omega_o}{s} \left(\frac{1}{2Hs} (-K_s \Delta \delta - K_d \frac{\Delta \delta}{\omega_o} + \Delta T_m) \right) \quad (10)$$

Persamaan karakteristik sistem :

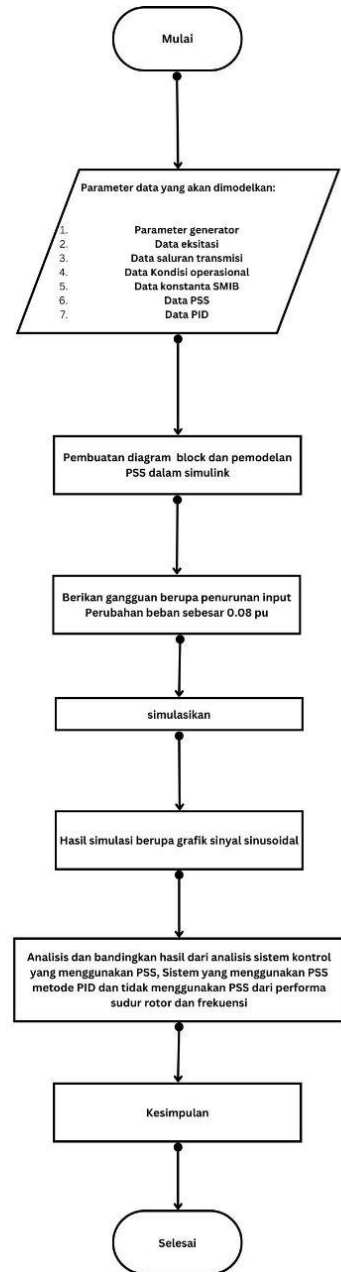
$$s^2 + \frac{K_d}{2H} s + \frac{K_s \omega_o}{2H} \quad (11)$$

Perbandingan dalam bentuk umum

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_s \omega_o}{2H}}$$

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{K_d}{\sqrt{K_s 2H \omega_o}} \quad (12)$$

C. Alur Analisis



GAMBAR 7 Alur Analisis

D. Data Parameter

Besaran	Nilai
H	3,5
Kd	0
T'do	8
Xd	1.81
X'd	0.3
Xq	1.76
Xt	0
ω_0	314
XL	0
Xe	0.65
Ra	0.003
Ke	200
Tr	0,02
Et	1
Re	0
P	0.9

Q	0.3
F	60
Ladu	0.8
ψ_1	0.8
K1	0.7636
K2	0.8644
K3	0.3231
K4	1.4189
K5	0.1463
K6	0.4167

TABLE 1
Parameter Sistem

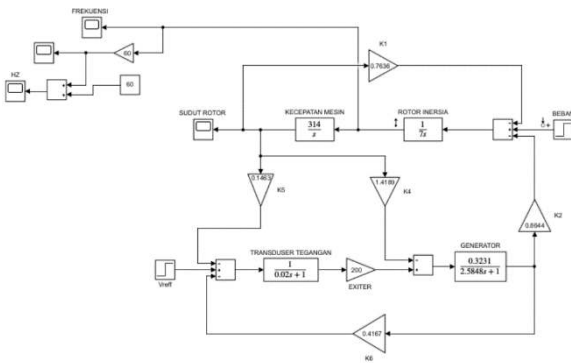
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis respon sudut rotor untuk membandingkan kestabilan sistem, dimana pada sistem diberi gangguan beban berupa 0.8 P.u.

A. Pemodelan Sistem

1. Pemodelan Single Machine

Sistem ini merupakan sistem tenaga listrik yang terdiri dari 1 generator oleh mesin tunggal untuk mewakili sebuah pembangkit. Pembentukan sistem ini menggunakan simulink matlab R2020 dengan menggunakan nilai parameter yang sudah di tentukan dengan ketentuan spesifikasi yang sudah ditentukan dan dikatakan berhasil apabila setiap parameter dapat menghasilkan output sinyal sesuai dengan spesifikasi sistem dan adanya perubahan beban tetap mendapatkan hasil yang di inginkan pada spesifikasi sistem.



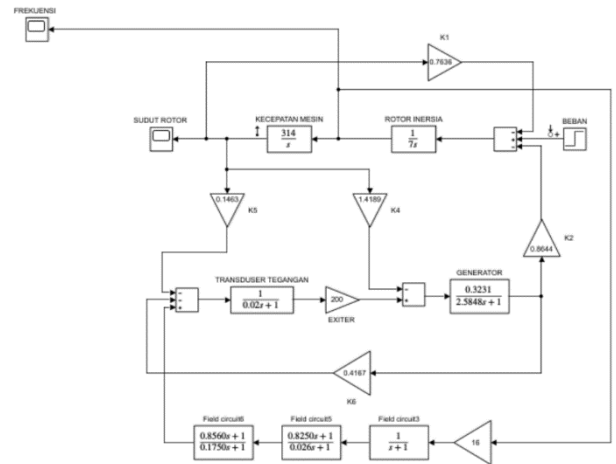
GAMBAR 8
Single Machine Tanpa PSS

B. Pemodelan Single Machine dengan PSS

Blok PSS sebuah sistem yang di dalamnya terdapat subsistem yang terdiri dari gain, rangkaian washout dan phase compensation. Pembentukan sistem ini menggunakan simulink matlab R2020 dengan menggunakan nilai parameter yang sudah di tentukan.

Data PSS	
Kpss	16
Tw	1
T1	0.8250
T2	0.026
T3	0.8560
T4	0.1750

TABEL 2
Paramter PSS



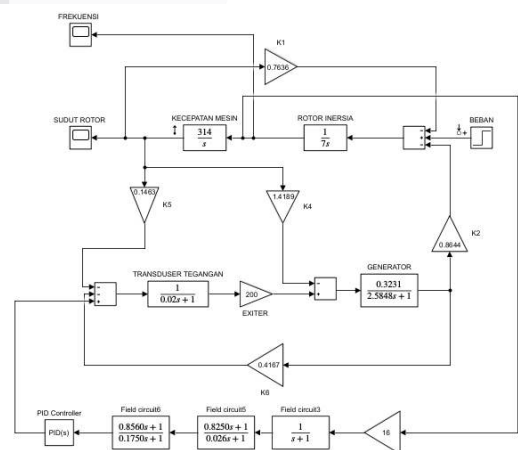
GAMBAR 9
Single Machine dengan PSS

C. Pemodelan Single Machine dengan PSS PID

Implementasi pada layout ini terdiri dari generator, exciter, sistem PSS dengan sistem PID . Penulis menganalisis sinyal dari kecepatan rotor, dan merancang nilai P,nilai I, dan nilai D dengan metode trial and error hingga memunculkan sinyal yang diharapkan oleh penulis. Membuat sistem ini kami menggunakan software matlab.Dengan penginputtan beban pada step input bernilai 0.8 p.u. Pembentukan sistem ini menggunakan simulink matlab R2020 dengan menggunakan nilai parameter yang sudah di tentukan.

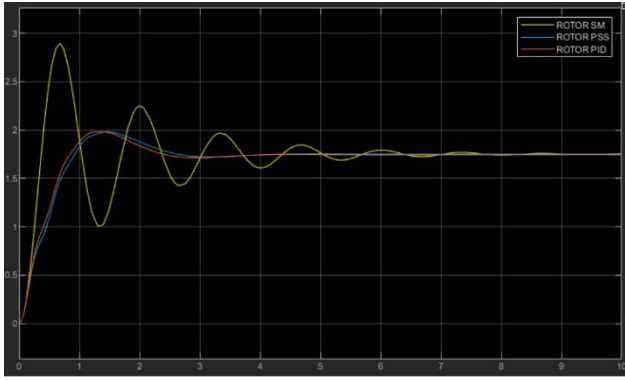
Data PID	
P	0.87
I	0.02
D	0
N	100

TABEL 3
Parameter PID

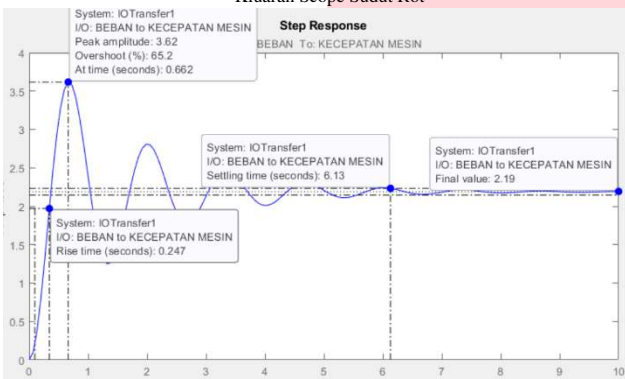


GAMBAR 10
Single Machine dengan PSS PID

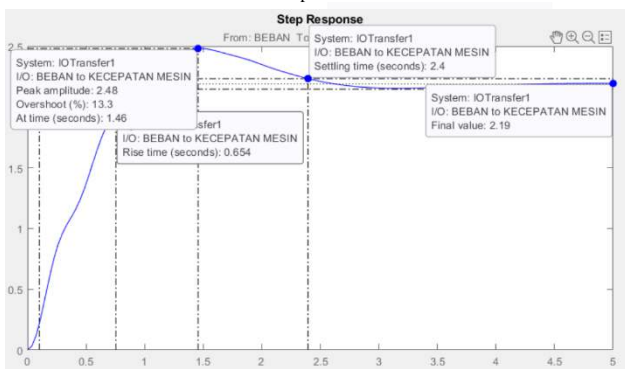
2. Analisis Kluaran Scope



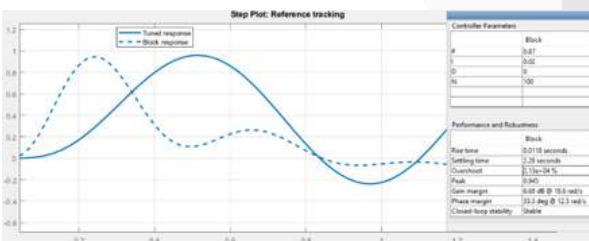
GAMBAR 11
Kluaran Scope Sudut Rot



GAMBAR 12
Respon SM



GAMBAR 13
Respon SM PSS



GAMBAR 14
Respon SM PSS PID

Jenis Single Machine	Rise Time (s)	Peak Time (V)	Overshoot (%)	Settling Time (s)	Maksimum Sudut (p.u)	Posisi Stabil (p.u)
Tanpa PSS	0.24	0.66	65.2	6.13	2.89	1.75
Dengan PSS	0.65	1.46	13.3	2.4	1.98	1.75
Dengan PSS PID	0.01	0.94	5.81	2.28	1.95	1.75

TABEL 4
Respon SM, SM PSS ,SM PSS PID

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa posisi sudut rotor pada ke-3 sistem stabil di posisi 1.75, pada Single Machine tanpa PSS mencapai stabil pada 6.13 detik dengan overshoot 65.2% dan maksimum sudut sebesar 2.8 p.u. Pada penambahan power sistem stabilizer pada single machine mencapai stabil pada 2.4 detik dengan overshoot 13.3% dan maksimum sudut rotor 1.98 p.u. Pada penambahan power sistem stabilizer PID pada sistem single machine mencapai stabil pada 2.28 detik dengan overshoot 5.81% dan maksimum sudut rotor 1.95 p.u. Dengan penambahan power sistem stabilizer dan power sistem stabilizer PID terjadi perubahan peredaman osilasi sudut rotor yang signifikan pada output sudut rotor. Sistem PID memiliki waktu stabil lebih cepat dan nilai overshoot yang lebih rendah dibanding dari sistem lainnya, semakin rendah nilai posisi sudut rotor yang dihasilkan maka akan menunjukkan bahwa kinerja sistem pembangkit semakin bagus dalam mengatasi gangguan.

V. KESIMPULAN

Pembentukan sistem tenaga listrik single machine dengan spesifikasi frekuensi 60Hz, tegangan 200 V, dengan memberikan input beban sebesar 0.8 p.u. Pada penelitian ini penulis melakukan pengamatan terhadap perbandingan keluaran sudut rotor pada sistem single machine tanpa PSS, sistem single machine dengan PSS, sistem single machine dengan PSS PID. Pada pengujian ini sistem yang memiliki overshoot rendah dan settling time lebih cepat merupakan sistem yang terbaik yang digunakan dalam sistem tenaga listrik.

Pada sistem single machine tanpa PSS sistem stabil di posisi 1.75, pada Single Machine tanpa PSS mencapai stabil pada 6.13 detik dengan overshoot 65.2% dan maksimum sudut sebesar 2.8 p.u. Pada penambahan power sistem stabilizer pada single machine mencapai stabil pada 2.4 detik dengan overshoot 13.3% dan maksimum sudut rotor 1.98 p.u. Pada penambahan power sistem stabilizer PID pada sistem single machine mencapai stabil pada 2.28 detik dengan overshoot 5.81% dan maksimum sudut rotor 1.95 p.u.

Dari perbandingan sistem tenaga listrik ini, sistem single machine dengan PSS PID merupakan sistem yang mempunyai kemampuan untuk meredam osilasi sistem tenaga yang lebih baik. Dari keluaran output sudut rotor penulis mendapatkan hasil pada sistem single machine tanpa PSS menghasilkan nilai overshoot dan settling time yang lebih rendah di dibandingkan dari sistem lainnya.

REFERENSI

[1] Manish Kuswaha, Mrs. Ranjeeta Khare. Dynamic Stability Enhancement of Power System using Fuzzy Logic Based Power System Stabilizer. International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), 2013.

[2] Imam Robandi. Modern Power System Control. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2009.

[3] Jibril Yamlecha, Hermawan, dan Susatyo Handoko. Perbandingan Desain Optimal Power System Stabilizer (PSS) Menggunakan PSO (Particle Swarm Optimization) dan GA (Genetic Algorithm) pada Single Line Infinite Bus (SMIB). *Transient*, 2012, Vol.1 : 2302-9927

[4] N I Voropai and P V Etingov, "Application of Fuzzy Logic Power System Stabilizers to Transient Stability Improvement in a Large Electric Power System", *PowerCon* 2002, Vol. 2, Oct 2002, pp. 1223-1227.

[5] Neeraj Gupta and Sanjay K. Jain. Comparative Analysis of Fuzzy Power System Stabilizer Using Different Membership Function. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 2010, Vol. 2 : 1793-8163.

[6] Shahgholian G, *Review of Power System Stabilizer: Application, Modelling, Analysis, and Control Strategy*. Penerbit: IOTPE (2013)

