

ANALISIS PENGGUNAAN POWER SYSTEM STABILIZER (PSS) DENGAN MENGGUNAKAN KONTROL PID UNTUK MENINGKATKAN KESTABILAN TENAGA LISTRIK

Joni Salolosit^{1*}, Tamaji²
^{1,2}Universitas Widya Kartika

Abstrak

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang memiliki peran sangat penting dalam aktivitas sehari-hari. Untuk menyuplai kebutuhan energi listrik dibutuhkan kestabilan pada sistem pembangkit energi yang dapat diandalkan, hal ini berpengaruh pada kualitas daya listrik yang disalurkan kepada konsumen. Untuk memperoleh energi listrik yang berkualitas dibutuhkan pengaturan sistem kontrol PID pada sisi pembangkit yang efektif dan efisien. Maka dari itu perlu dilakukan pengaturan desain pada pembangkit listrik yang dalam, sehingga didapatkan kualitas yang benar-benar baik dan dapat diandalkan kualitasnya. Untuk mendapatkan hasil terbaik, maka dilakukan simulasi *Power System Stabilizer (PSS)* dalam stabilitas dinamik sistem tenaga listrik *Single Mesin Infinite Bus (SMIB)*

Kata Kunci: PSS, SMIB, kontrol PID, kestabilan.

Abstract

Electrical energy is a form of energy that has a very important role in daily activities. To supply the electrical energy requirement needs stability on the reliable energy generation system, this influence the quality of power that is channeled to consumers. To obtain quality electric energy is required by the PID control system settings on the effective and efficient generating side. Therefore it is necessary done the design settings on the deep power plant, so it is obtained the really good quality and reliable quality. To get the best results, then done simulation Power System Stabilizer (PSS) in dynamic stability of electric power system Single Machine Infinite Bus (SMIB).

Keywords: *Electrical energy PSS, SMIB, PID control, stability*

1. PENDAHULUAN

Kestabilan merupakan suatu kondisi yang sangat diperhatikan dalam sistem tenaga listrik. Hal ini disebabkan kestabilan sangat rentan terhadap gangguan yang dapat mempengaruhi kondisi stabil dari sistem. Perubahan beban yang dinamik pada sistem tenaga listrik memungkinkan sering terjadi osilasi

pada sistem. Osilasi yang terjadi tergolong *low frequency oscillation* yang berada dalam range 0,2 - 3,0 Hz. Secara umum pada sistem tenaga listrik *low frequency oscillation* dibagi dalam 3 mode osilasi yaitu mode osilasi intra plant, mode osilasi lokal, dan mode osilasi interarea[6].

2. METODE PENELITIAN

*)Penulis Korespondensi

C-53-1

Sistem tenaga listrik merupakan suatu bagian yang kompleks dan besar, yang terdiri dari pembangkit, jaringan transmisi, jaringan distribusi, hingga konsumen. Bagian ini terhubung satu dan lainnya menjadi suatu kesatuan dalam sistem, sehingga gangguan yang terjadi pada salah satu komponen dapat berdampak signifikan terhadap komponen yang lain. Oleh karena itu dalam perancangan sistem sangat penting untuk diperhatikan kemampuan sistem bertahan terhadap gangguan yang terjadi [6]. Gangguan-gangguan ini dapat menyebabkan terjadinya permasalahan pada kestabilan sistem. Perubahan beban dengan intensitas tinggi sangat mempengaruhi kondisi stabil yang harus dipertahankan pada sistem [2]. Ketidakstabilan pada sistem dapat berdampak fatal, antara lain osilasi yang muncul saat sistem dapat mengganggu sinkronisasi pada sisi pembangkitan yang memungkinkan generator terlepas dari sistem. Untuk mengatasi permasalahan ketidakstabilan ini digunakan peralatan tambahan PSS untuk meredam osilasi yang muncul saat sistem mengalami gangguan. Namun untuk mencapai kerja yang optimum dari peralatan ini diperlukan penalaan yang tepat terhadap parameter dari PSS [1]

Untuk kontroler proporsional ditambah integral ditambah

diferensial, sinyal kesalahan $e(t)$ merupakan masukan kontroler sedangkan keluaran kontroler adalah sinyal kontrol $u(t)$. Hubungan antara masukan kontroler $e(t)$ dan keluaran kontroler $u(t)$ [5] adalah:

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int e(t) dt + \tau_d \frac{de(t)}{dt} \right\}$$

Pemodelan sistem SMIB menggunakan sistem orde-4 yang terdiri dari *load angle*, *rotor angle*, *internal voltage* pada generator dan *field voltage*.

Untuk lebih jelasnya, kita langsung menuju contoh sistem SMIB seperti pada referensi, dengan sistem data sebagai berikut:

x_d	x'_d	x_q	T'_{do}	E_b	M	ω_B	K_a	T_a
2.	0.2	1.	4.	1.	6.	314	50	0.
0	44	91	18	0	5	.15	.0	05
p.	p.u	p.	se	se	se	rad/		se
u.	.	u.	c.		c.	sec		c.

Dari tabel diatas dapat dibuat persamaan sebagai berikut [4]

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta \omega \\ \Delta \dot{E}'_q \\ \Delta \dot{E}'_{fd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_B & 0 & 0 \\ -K_1/M & -D/M & -K_2/M & 0 \\ -K_4/T'_{do} & 0 & -1/T'_{do} & 1/T'_{do} \\ -K_a K_5/T_a & 0 & -K_a K_6/T_a & -1/T_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta \omega \\ \Delta E'_q \\ \Delta E'_{fd} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ K_a/T_a \end{bmatrix} \Delta u_{PSS}$$

Keterangan:

δ : Sudut rotor

$\dot{\delta}$: Turunan sudut rotor terhadap waktu

ω : Kecepatan sudut

$\dot{\omega}$: Turunan kecepatan sudut terhadap waktu

$\Delta\delta$: Perubahan sudut rotor

$\Delta\dot{\delta}$: Perubahan Turunan sudut rotor terhadap waktu

$\Delta\omega$: Perubahan Kecepatan sudut

$\Delta\dot{\omega}$: Perubahan Turunan kecepatan sudut terhadap waktu

$\Delta E'_q$: Perubahan Tegangan generator

$\Delta\dot{E}'_q$: Perubahan Turunan tengangan generator terhadap waktu

$\Delta E'_{fd}$: Perubahan Tegangan medan generator

$\Delta\dot{E}'_{fd}$: Perubahan Turunan Tegangan medan generator terhadap waktu

M : Konstanta inersia

K : Penguatan umpan balik keluaran (*Output feedback gain*)

T'_{do} : Konstanta waktu transien mesin

D : Koefisien peredam mekanik

T_a : Konstanta

K_a : Penguat total

x_d : Reaktansi sumbu d mesin

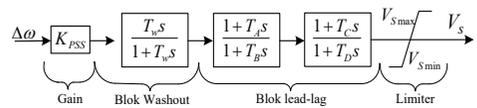
x'_d : Reaktansi generator mesin

x_q : Reaktansi sumbu q mesin

E_b : Tegangan bus beban

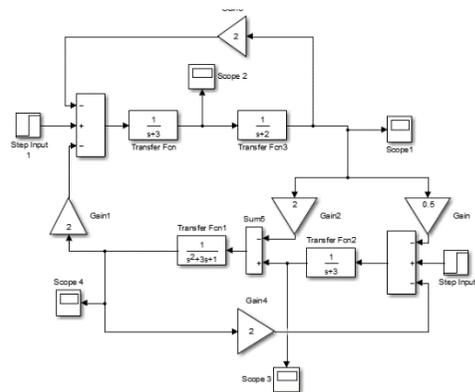
Dengan mengasumsikan bahwa output dari PSS adalah V_s dengan input $\Delta\omega$, maka Per

samaan



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan melakukan analisa dari *performance* berdasarkan model sistem dan control yang diterapkan pada sistem untuk model SMIB (*single mechine infinite bus*)

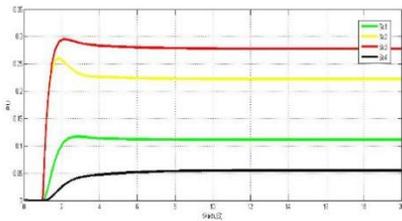


Gambar 1. Simulink SMIB [3]

3.1 Performensi SMIB CPSS

Dari pemodelan sistem yang sudah ada menghasilkan Performensi sudut, kecepatan sudut, tegangan generator, dann tegangan pada medan generator melalui *scope* sebagai *output* sistem dan fungsi *step* sebagai *input* sistem tenaga listrik untuk model SMIB(*single mechine infinite bus*)

Dapat dilihat pada gambar di bawah ini



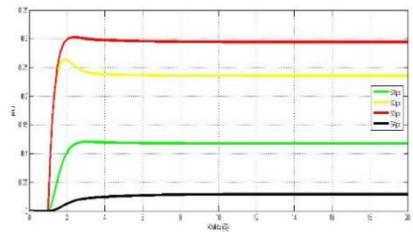
Gambar 2. SMIB

Tabel 1. Respon sistem SMIB CPSS

No	Respon Sistem	Rise Time (S)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Sudut	1.5	0.10	0.9	0.24
2	Kecepatan Sudut	1.6	0.26	0.23	0.11
3	Tegangan generator	2.6	0.04	5.5	0.03
4	Tegangan Medan Generator	1.5	0.28	3.5	0.27

Respon dari pemodelan SMIB (*single machine infinite bus*) yang menggunakan kontrol PD akan ditampilkan melalui *scope* sebagai *output* sistem. Kontrol PD yang diterapkan pada sistem tenaga listrik akan dijadikan sebagai perbandingan dengan sistem tenaga listrik tanpa kontrol.

Performance sistem yang diterapkan untuk mengetahui nilai sudut, tegangan generator sistem, kecepatan sudut dan tegangan pada medan generator sistem tenaga listrik model SMIB.

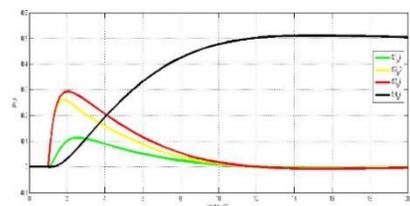


Gambar 3. SMIB PD

Table 2. Respon sistem dengan SMIB, CPSS dan control PD

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Sudut	1.5	0.28	3.5	0.25
2	Kecepatan Sudut	2.3	0.138	3.2	0.13
3	Tegangan Generator	2.5	0.11	3	0.09
4	Tegangan Medan Generator	1	1.09	3	1

Dengan menggunakan *step* sebagai *Input* sistem, dari pemodelan ada 4 *scope* yang sudah dipasang sebagai *output* sistem untuk bisa menganalisa masing-masing *performance*. Dimana performansi tersebut terdiri dari: performansi sudut, tegangan generator sistem, kecepatan sudut, dan tegangan pada medan generator.



Gambar 4. SMIB PI

Tabel 3. Respon sistem dengan SMIB, CPSS dan kontrol PI

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Sudut	1.2	2.3	4	0.25

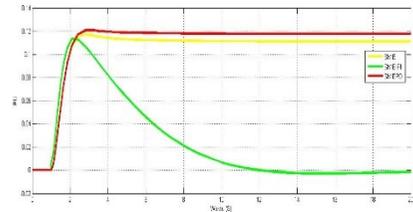
2	Kecepatan Sudut	2	1.8	5	0.13
3	Tegangan Generator	3	2	4.2	0.1
4	Tegangan Medan Generator	1	0.5	0.5	1

Dari tabel diatas dapat dilihat perbandingan *rise time* (s), *over shoot* (pu), *settling time* (s), dan *steady state error* sistem tenaga listrik untuk model SMIB pada tabel 3. Pada kolom rise time nilai tertinggi berada pada tegangan generator, hal tersebut membuktikan bahwa sistem untuk menuju *steady state error* membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menstabilkan sistem tenaga listrik dengan gangguan yang tergolong kecil (dinamik).

3.2 Perbandingan Perubahan Sudut ($\Delta\delta$)

Pada kontrol menggunakan SMIB tidak mempunyai *overshoot*, hal tersebut membuktikan bahwa dengan menggunakan kontrol SMIB pada sistem tenaga listrik lebih cepat menuju pada titik stabil. Sedangkan kontrol menggunakan PI dan PD lebih lama menuju pada titik stabil yang ditandai adanya perbedaan yang signifikan antara *overshoot* dan *steady state*. Untuk satuan yang digunakan untuk *rise time* dan *settling time* yaitu waktu (s), sedangkan untuk satuan *overshoot* dan *steady state* yaitu perunit (Pu). Perunit (Pu) merupakan perbandingan besaran terhadap nilai

dasar yang dinyatakan dalam decimal.



Gambar 5. Perbandingan Sudut

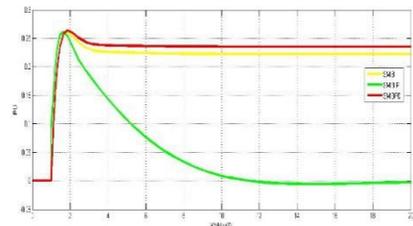
Dapat dilihat pada table 4

Table 4. Perbandingan Perubahan Sudut ($\Delta\delta$)

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Tanpa Kontrol	1.5	0.26	3	0.24
2	Kontrol PD	1.5	0.28	3.5	0.25
3	Kontrol PI	1.2	0.28	4	0.25

3.3 Perbandingan Kecepatan Sudut ($\Delta\omega$)

Dari pemodelan sistem yang sudah ada, maka diperoleh perbandingan kecepatan sudut berdasarkan kontrol yang diterapkan pada sistem tenaga listrik model SMIB, setiap kontrol menampilkan perbandingan *performance* kecepatan sudut yang berbeda untuk mencapai titik stabil.



*)Penulis Korespondensi

C-53-5

Gambar 6. Perbandingan Perubahan Sudut

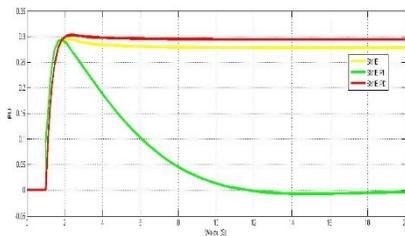
Dapat dilihat pada table 5

Table 5. Perbandingan Kecepataan Sudut ($\Delta\omega$)

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Tanpa Kontrol	2	0.12	4.2	0.11
2	Kontrol PD	2.3	0.13	3.2	0.12
3	Kontrol PI	2	0.15	4	0.14

3.4 Perbandingan Tenaga Generator ($\Delta E'_q$)

Pada tabel 5 menampilkan perbandingan tegangan pada sistem tenaga listrik model SMIB. Dengan menggunakan kontrol model SMIB, CPSS sistem lebih cepat menuju titik stabil dibandingkan dengan kontrol PD dan PI, hal tersebut membuktikan *performance* dengan kontrol PD model SMIB, CPSS lebih unggul dari pada kontrol yang lain.



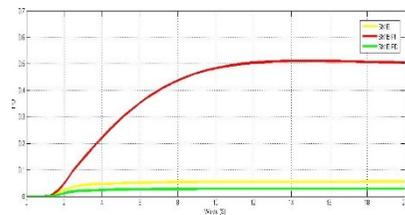
Gambar 7. Perbandingan tegangan generator
Dapat dilihat pada table 6

Table 6. Perbandingan Tegangan Generator ($\Delta E'_q$)

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Tanpa Kontrol	2.6	0.04	5.5	0.03
2	Kontrol PD	2.5	0.11	3	0.09
3	Kontrol PI	3	-	4.2	0.1

3.5 Perbandingan Tegangan Medan Generator ($\Delta E'_{fd}$)

Untuk perbandingan tegangan pada medan generator, memberikan perbandingan berdasarkan kontrol perbandingan berdasarkan kontrol yang dipakai pada sistem tenaga listrik model SMIB. Perbandingan pada *rise time* tanpa kontrol mempunyai nilai yang berbeda yaitu, 1.5, hal tersebut membuktikan sistem tanpa kontrol lebih lama untuk mencapai titik stabil. Sedangkan kontrol menggunakan PI dan PD tidak mempunyai *over shoot*, hal tersebut membuktikan bahwa sistem dengan kontrol SMIB CPSS lebih cepat stabil.



Gambar 8. Perbandingan Tegangan Medan generator
Dapat dilihat pada table 7

Table 7. Perbandingan Tegangan Medan Generator ($\Delta E'_{fd}$)

No	Respon Sistem	Rise Time (s)	Over Shoot (pu)	Settling Time (s)	Steady State (pu)
1	Tanpa Kontrol	1.5	0.28	3.5	0.27
2	Kontrol PD	1	1.09	3	1
3	Kontrol PI	1	1.5	3.5	1

4. KESIMPULAN

Dari hasil perbandingan *performance* dan analisis yang telah dilakukan maka di ambil kesimpulan berdasarkan data dan hasil yang telah didapatkan.

1. Pengendali SMIB CPSS mampu meminimumkan *overshoot*, tetapi respon sistem menjadi lebih lambat dengan terjadi peningkatan pada *rise time* dan *settling time* serta timbulnya osilasi pada awal respon sistem.
2. Penerapan pengendali PI mampu meningkatkan kecepatan respon sistem yang berhubungan dengan *rise time* dan *settling time*, sedangkan dalam hal *overshoot* pengendali PI mampu mengurangi *overshoot* dengan nilai maksimum 26%.
3. Pengendali PD mampu memperbaiki respon transien sistem dengan menghilangkan osilasi dan meningkatkan kecepatan respon sistem yang meliputi *rise time* dan *settling time*, sehingga dapat disimpulkan pengendali PD memiliki performansi lebih baik

dibandingkan pengendali PI pada pengendalian tegangan keluaran konverter *buck* yang ditinjau.

5. Daftar Pustaka

- Djalal, M. R., & Sonong. (2018). Penalaan PSS pada Sistem Generator Tenaga Menggunakan Algoritma Penyerbukan Bunga. *Teknologi dan Sistem Komputer*, 93-99.
- Husnaini, I., & Krismadinata. (2017). Komparasi Pengendali PI dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2302 - 2949.
- Liliana. (2012). Simulasi Dinamika dan Stabilitas Tegangan Sistem Tenaga Listrik dengan Menggunakan Power System Stabilizer (PSS) (Aplikasi pada Sistem 11 Bus IEEE). *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 29-35.
- Masrul, R. (2009). *Analisa Penggunaan Power Sistem Stabilizer (PSS) Dalam Perbaikan Stabilitas Dinamika Sistem Tenaga Listrik Multimesin*. Medan: USU Repository.
- Pratitno, S. T. (2006). *Teknik Sistem Kontrol*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

*)Penulis Korespondensi

C-53-7

Robandi, I. (2009). *Modern Power System Control*. Yogyakarta: Andi.