

PENGOPTIMALAN STABILITAS PEMBANGKIT MELALUI KONTROL ARUS  
EKSITASI MENGGUNAKAN PSS (*POWER SYSTEM STABILIZER*)

Marselin Jamlaay

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon  
marselin90@gmail.com

ABSTRACT

Fault and load shadding either due to load shifting or load additions cause changes in the parameters of the Electric Power System so quickly. This has an impact on generator engines connected to the system because they have to maintain rotational and voltage stability. If the generator engine experiences oscillation, a system must be built that can reduce the impact of the oscillation so that the generator remains in a stable condition. PSS (Power System Stabilizer) is one of the additional control devices to maintain the stability of the generator engine (prime mover and generator). Therefore, in this study PSS was used by adjusting the excitation angle and variables. Thus PSS can be optimized to dampen oscillations when given a change in load. Given additional load and reduced load to test the optimization of PSS. The results show that PSS is able to dampen oscillations faster when compared to systems without PSS. If using PSS the stable time generator is 8 seconds faster than without PSS.

ABSTRAK

Gangguan dan perubahan beban secara mendadak baik karena pengalihan beban atau penambahan beban menyebabkan perubahan parameter pada Sistem Tenaga Listrik yang begitu cepat. Hal ini berdampak pada mesin pembangkit yang terhubung ke sistem karena harus menjaga kestabilan putaran dan tegangan. Jika mesin pembangkit mengalami osilasi maka harus dibangun sistem yang dapat mengurangi dampak osilasi tersebut agar pembangkit tetap berada dalam kondisi stabil. PSS (*Power System Stabilizer*) merupakan salah satu perangkat kontrol tambahan untuk menjaga kestabilan mesin pembangkit (*prime mover* dan generator). Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan PSS dengan mengatur sudut eksitasi dan variabel. Dengan demikian PSS dapat dioptimalkan untuk meredam osilasi ketika diberikan perubahan beban. Diberikan penambahan beban dan pengurangan beban untuk menguji keoptimalan PSS. Hasil menunjukkan PSS mampu meredam osilasi lebih cepat jika dibandingkan dengan sistem tanpa PSS. Jika menggunakan PSS waktu stabil generator 8 detik lebih cepat dibandingkan tanpa PSS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peran eksitasi dan governor pada pembangkit dalam merespon perubahan tegangan dan frekuensi sistem.

**Kata kunci:** stabilitas; gangguan; AVR; eksitasi; PSS

1. PENDAHULUAN

Proses penyaluran energi listrik pada sistem tenaga listrik diharapkan agar proses tersebut berlangsung secara kontinu. Sehingga pembangkit dalam hal ini dituntut agar selalu menjaga kestabilannya bila terjadi gangguan atau perubahan beban secara mendadak. Fenomena gangguan dan perubahan beban ini apabila sistem tenaga listrik tidak handal menimbulkan ketidakstabilan akibat osilasi pada tegangan dan frekuensi. Secara real ditunjukkan melalui ketidakseimbangan antara daya input mekanis dengan beban listrik pada sistem sehingga mempengaruhi kecepatan rotor yang berhubungan dengan frekuensi sistem. Apabila hal tersebut tidak dapat diatasi tergantung dari besarnya gangguan dan durasi terjadinya gangguan maka sistem akan bekerja menyimpang dari kondisi normalnya (Suharto, Imam Robandi, 2015).

AVR (*Automatic Voltage Regulator*) memegang peranan penting dalam pengaturan tegangan dengan cara mengontrol besar arus eksitasi pada generator sinkron. Adanya gangguan dan perubahan beban

menyebabkan tegangan keluaran generator menjadi berubah diluar batas toleransi sehingga AVR memiliki peranan untuk mengembalikan tegangan ke nilai yang seharusnya.

PSS (*Power System Stabilizer*) merupakan peralatan yang digunakan untuk mengatasi ketidakstabilan sistem yang terjadi akibat gangguan atau perubahan beban mendadak. PSS berfungsi untuk meredam osilasi frekuensi dan tegangan akibat gangguan berdasarkan penyimpangan terhadap nilai yang ditetapkan (*set point*). Untuk meredam osilasi, PSS harus mampu menghasilkan komponen torsi elektrik sesuai dengan perubahan rotor generator (JAMAL, 2010).

Salah satu keberhasilan menjaga kestabilan sistem tenaga listrik diukur dari kehandalan AVR dan PSS. Kehandalan AVR dan PSS biasanya dilihat dari kemampuannya mengatasi isolasi rotor generator dalam waktu singkat (Santoso, 2016).

Berdasarkan latarbelakang tersebut dilakukan penelitian yang menganalisa keefektifan penggunaan PSS sebagai perangkat yang mengendalikan kestabilan sistem tenaga saat terjadi perubahan parameter akibat

gangguan atau perubahan beban mendadak. Peran PSS dalam mengendalikan exciter dan governor menentukan kemampuan mesin pembangkit dalam meredam isolasi akibat gangguan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Ukuran kestabilan operasi sistem tenaga listrik dilihat dari keseimbangan daya beban dengan daya yang dibangkitkan. Pada kenyataannya beban tidak pernah tetap selalu saja terjadi penambahan beban atau pengalihan beban pada sistem. Perubahan tersebut menyebabkan pembangkit harus siap menyesuaikan tegangan keluaran dan frekuensi melalui pengaturan governor maupun AVR untuk melakukan eksitasi. Jika hal ini tidak dilakukan akan menyebabkan terganggunya keseimbangan daya dan menurunnya efisiensi pengoperasian sehingga kinerja sistem memburuk (Syahputra et al., 2018).

Kecepatan pembangkit merespon perubahan sistem merupakan penentu kestabilan sistem. Kestabilan pembangkit tergantung dari kemampuan sistem kendalinya. Sistem kendali dikatakan handal jika mampu mengendalikan mesin agar tetap stabil pada perubahan-perubahan parameter pada sistem. Jika dalam kondisi gangguan dan mesin pembangkit dapat bekerja dengan normal berarti sistem tersebut dikatakan stabil.

Sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri atas lebih dari satu pembangkit yang terhubung pada saluran interkoneksi. Saluran interkoneksi bertujuan agar seluruh beban yang terpasang pada sistem terlayani secara kontinu. Selain itu juga pertumbuhan beban juga mempengaruhi semakin besarnya kebutuhan daya sehingga membutuhkan sistem interkoneksi multi mesin ini.

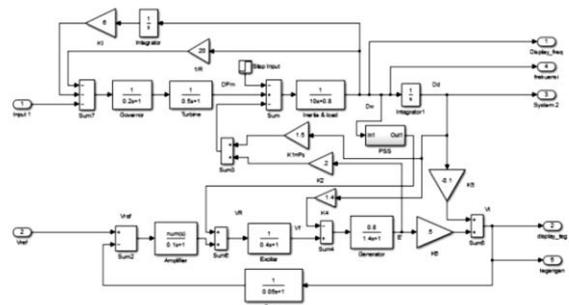
2.2. Pemodelan pada Power System Stabilizer

PSS terdiri dari tiga blok utama yaitu penguatan PSS, wash out dan kompensator lead-lag. Input PS dapat berupa frekuensi atau daya dari output pembangkit dan output PSS diinputkan pada sisi eksitasi (Muljono, 2010).

Berikut ini adalah pemodelan sistem tenaga listrik (Windrayadi et al., 2018):

1. Pemodelan sistem turbin

Pada pemodelan sistem turbin dibutuhkan data yang akan merepresentasikan sebuah mesin pembangkit seperti governor, turbin, dan lainnya. Berikut ini adalah contoh pemodelan turbin

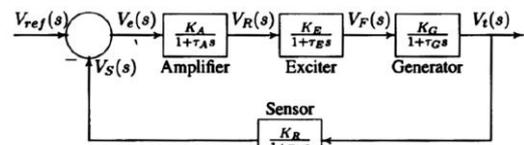


Sumber: Windrayadi et al., 2018

Gambar 1. Pemodelan Sistem Turbin

2. Pemodelan sistem generator

Sistem generator nantinya akan terhubung dengan sistem turbin dengan tambahan alat berupa PSS pada input exciter. Sistem generator ini nantinya akan menghasilkan listrik pada sistem pembangkit listrik. Apabila output dari generator masih belum stabil atau masih menimbulkan osilasi maka akan distabilkan oleh PSS agar tidak terjadi osilasi dan kembali stabil dalam waktu singkat.

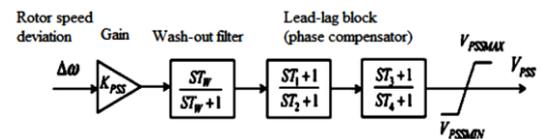


Sumber: Windrayadi et al., 2018

Gambar 2. Pemodelan Sistem Generator

3. Pemodelan Power System Stabilizer

Tujuan digunakan PSS adalah untuk memberikan peredaman ketika terjadi isolasi pada sudut rotor dengan melakukan pengaturan pada sistem eksitasi menggunakan (auxiliary stabilizing signal). PSS akan dipasang pada sistem turbin dan generator. Output PSS akan digunakan sebagai input pada exciter.



Sumber: Windrayadi et al., 2018

Gambar 3. Pemodelan PSS

4. Blok gain

Blok gain berfungsi untuk mengatur besar penguatan agar diperoleh besaran torsi sesuai dengan yang diinginkan.

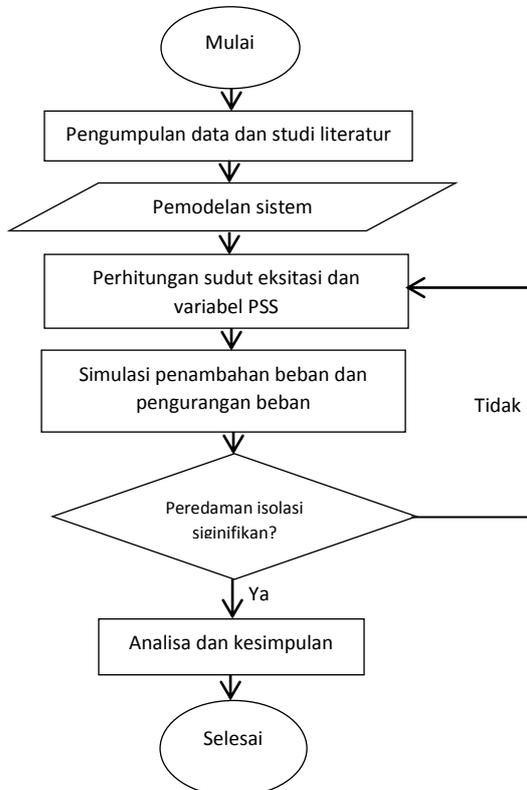
5. Blok *washout*  
Blok *washout* berfungsi untuk menyediakan bias *steady state* pada *output* PSS yang akan memodifikasi tegangan terminal generator.
6. Blok *Lead-Lag*  
Blok *Lead-Lag* berfungsi sebagai penghasil karakteristik *phase-lead* yang sesuai untuk mengkompensasi *phase-lag* antara *output* eksitasi dan torsi generator.
7. Limiter  
Limiter berfungsi untuk membatasi output PSS agar aksi PSS pada AVR sesuai dengan yang diharapkan.

**3. METODOLOGI**

Penelitian ini adalah jenis penelitian campuran yang merupakan gabungan antara penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Sehingga penelitian ini tidak hanya mengolah data dalam bentuk simulasi tetapi juga dilakukan pembahasan berupa analisa dari hasil yang diperoleh. Tujuannya adalah agar lebih mudah memahami hasil pengolahan data kuantitatif yang dideskripsikan.

Metode yang digunakan adalah studi pustaka. Dilakukan studi terhadap penelitian yang dilakukan menggunakan referensi pendukung berupa jurnal.

Berikut ini adalah prosedur dalam mengerjakan penelitian ini yang dapat dijelaskan pada bagan berikut ini:



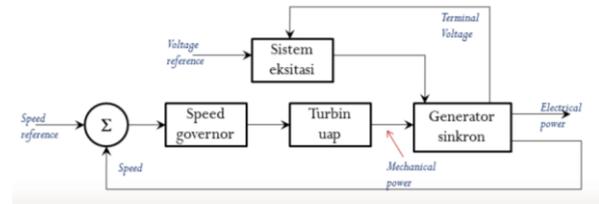
Sumber: penulis, 2023

**Gambar 4. Prosedur Kerja Penelitian**

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Pemodelan sistem**

Berikut ini adalah blok diagram kontrol kecepatan (*speed control*) dan kontrol tegangan (*voltage control*).



Sumber: penulis, 2023

**Gambar 5. Blok Diagram Speed Control Dan Voltage Control**

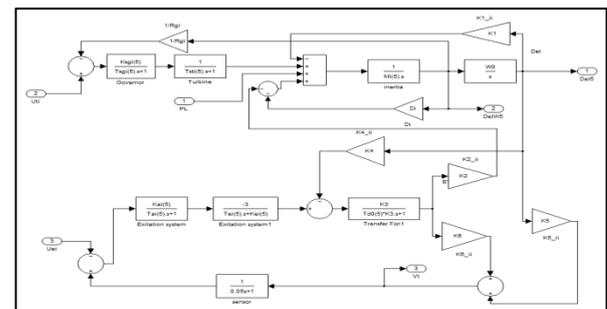
Sedangkan parameter sistem yang kemudian akan dibuat pemodelannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 1. Parameter Sistem**

	Gain	Time constant
Turbine	$K_{st} = 1$	$\tau_{st} = 0.15$
Governor	$K_{sg} = 20$	$\tau_{sg} = 1$
Amplifier	$K_a = 100$	$\tau_a = 0.05$
Exciter	$K_e = 12$	$\tau_e = 0.01$
Inertia	$H = 3.2$	
Regulation	$R = 0.1$	

Sumber: penulis, 2023

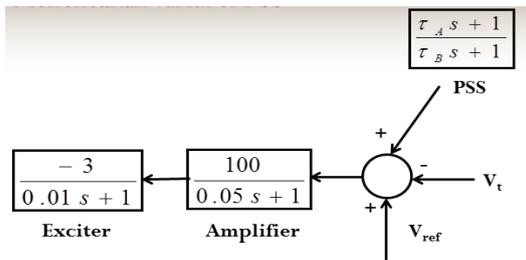
Selanjutnya adalah membuat pemodelan sistem dengan membangun turbin dan generator.



Sumber: penulis, 2023

**Gambar 6. Pemodelan Turbin dan Generator**

Langkah berikut adalah mendesain sudut dan variabel PSS.



Sumber: penulis, 2023

Gambar 7. Blok PSS

Perhitungan sudut sistem eksitasi dan variabel PSS adalah sebagai berikut:

$$\theta = -\left(\tan^{-1}\left(\frac{\omega T_a}{1}\right)\right)^{\circ}$$

$$\theta = -\left(\tan^{-1}\left(\frac{10.5 \times 0.05}{1}\right)\right)^{\circ}$$

$$\theta = -28^{\circ}$$

Sehingga sudut PSS : +28°

Sedangkan variabel PSS untuk frekuensi osilasi  $\omega = 10.5\text{rad/s}$  adalah:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega \cdot \tau_A}{1}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{\omega \cdot \tau_B}{1}\right)$$

$$28^{\circ} = \tan^{-1}(10.5\tau_A) - \tan^{-1}(10.5\tau_B)$$

Misalkan:  $\tau_A = 2\text{s}$

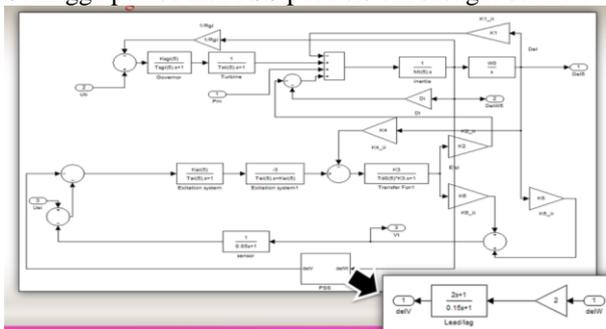
$$28^{\circ} = 87.3^{\circ} - \left(\tan^{-1}(17.5\tau_B)\right)^{\circ}$$

$$\left(\tan^{-1}(10.5\tau_B)\right)^{\circ} = 87.3^{\circ} - 28^{\circ}$$

$$\tan^{-1}(10.5\tau_B) = 59.3^{\circ}$$

$$\tau_B = 0.15\text{s}$$

Sehingga pemodelan PSS pada sistem sebagai berikut:

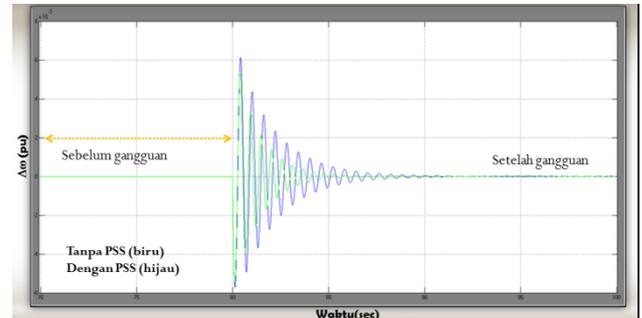


Sumber: penulis, 2023

Gambar 8. Pemodelan PSS pada Sistem

#### 4.2. Sistem mengalami gangguan

Percobaan kestabilan sistem dilakukan dengan memberikan perubahan beban mendadak. Sistem pertama kali diberikan penambahan beban  $\Delta P_L$  sebesar 0.5 pu menunjukkan terjadi kenaikan penggunaan daya pada detik ke 80, berikut ini adalah respon tanpa PSS dan dengan PSS.



Sumber: penulis, 2023

Gambar 8. Osilasi Sudut Rotor Sebelum dan Setelah Gangguan (Penambahan Beban)

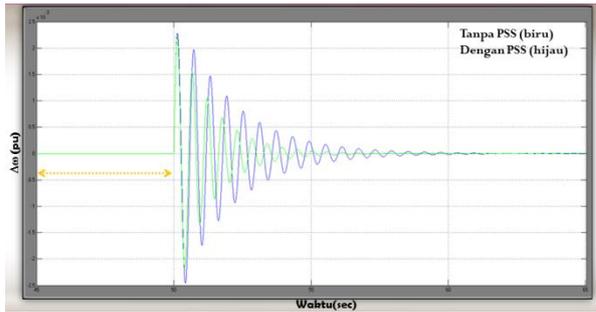
Berdasarkan hasil simulasi ditemukan bahwa pada saat sistem diberikan penambahan beban maka sudut rotor mengalami isolasi pada detik terjadinya gangguan (detik ke 80). Ketika gangguan terjadi PSS bekerja dengan memberikan peredaman isolasi signifikan (dapat dilihat perbandingan osilasi tanpa PSS dan dengan PSS) pada kurva hijau. Berikut ini adalah perbandingan waktu peredaman antara sistem tanpa menggunakan PSS dan sistem dengan menggunakan PSS.

Tabel 2. Perbandingan Waktu Stabil Sistem Tanpa PSS dan Sistem Dengan PSS (Penambahan Beban)

Tanpa PSS		Dengan PSS	
Waktu stabil (detik)		Waktu stabil (detik)	
Frekuensi	Tegangan	Frekuensi	Tegangan
98	95	92	90

Sumber: penulis, 2023

Percobaan kestabilan sistem selanjutnya adalah terjadi pelepasan beban pada sistem  $\Delta P_L$  sebesar 0.2 pu menunjukkan terjadi penurunan penggunaan daya pada detik ke 50, berikut ini adalah respon tanpa PSS dan dengan PSS.



Sumber: penulis, 2023

**Gambar 8. Osilasi Sudut Rotor Sebelum dan Setelah Gangguan (Pelepasan Beban)**

Berdasarkan hasil simulasi ditemukan bahwa pada saat sistem diberikan penambahan beban maka sudut rotor mengalami isolasi pada detik terjadinya gangguan (detik ke 50). Ketika gangguan terjadi PSS bekerja dengan memberikan peredaman isolasi signifikan (dapat dilihat perbandingan osilasi tanpa PSS dan dengan PSS) pada kurva hijau. Berikut ini adalah perbandingan waktu peredaman antara sistem tanpa menggunakan PSS dan sistem dengan menggunakan PSS.

**Tabel 2. Perbandingan Waktu Stabil Sistem Tanpa PSS dan Sistem Dengan PSS (Pelepasan Beban)**

Tanpa PSS		Dengan PSS	
Waktu stabil (detik)		Waktu stabil (detik)	
Frekuensi	Tegangan	Frekuensi	Tegangan
68	68	62	62

Sumber: penulis, 2023

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan PSS memberikan pengaruh terhadap pengendalian arus eksitasi pada sistem pembangkit. PSS mampu meredam isolasi sudut rotor pada saat terjadi gangguan atau perubahan beban dengan memberikan respon yang signifikan. Ketika diberikan penambahan beban, PSS memberikan respon peredaman lebih cepat dibandingkan tanpa PSS yaitu 6 detik lebih cepat. Hal ini juga ketika beban dilepas PSS memberikan respon meredamkan isolasi rotor lebih cepat 6 detik dibanding sistem tanpa PSS. Ini menunjukkan kinerja PSS lebih baik dalam merespon perubahan beban.

### 5.2. Saran

Penelitian ini dapat dilakukan berkelanjutan dengan menerapkan metode penalaan PSS lain yang lebih efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- JAMAL, A. (2010). Model Power Sistem Stabilizer Berbasis Standar IEEE untuk Stabilitas Transien Sistem Tenaga Listrik. *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, 13(1), 95–104. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/729>
- Muljono, I. M. A. N. dan A. B. (2010). Dengan Unit Pembangkit Tersebar Influence of Power System Stabilizer on Power Systems With. *Teknologi Elektro*, 9(1).
- Santoso, A. (2016). AVR-PSS Generator dengan Kendali Logika Fuzzy dan Konvensional pada Peredaman Osilasi Frekuensi Rendah. *JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan)*, 82–92. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/jtet/article/view/65%0Ahttps://jurnal.polines.ac.id/index.php/jtet/article/viewFile/65/65>
- Suharto, Imam Robandi, A. P. (2015). Penalaan Power System Stabilizer (PSS) Perbaikan Stabilitas Dinamik pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Bat Algorithm (BA). *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1, (2015) ISSN: 2337-3539*, 4(1), 4–9.
- Syahputra, E., Pelawi, Z., Hasibuan, A., Elektro, D. T., Teknik, F., Medan, U. A., Elektro, D. T., Teknik, F., Islam, U., Utara, S., Elektro, D. T., Teknik, F., & Malikussalaeh, U. (2018). Analisis Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Matlab. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(2), 29–48.
- Windrayadi, F. O., Rahmatullah, D., & Winarno, I. (2018). Optimasi Power System Stabilizer (PSS) pada Generator Multi Mesin Untuk Mengurangi Osilasi Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). *SinarFe7*, 148–153.