

# Analisis Pemasangan Power System Stabilizer Pada Single Machine Infinite Bus Untuk Kondisi Variasi Beban

Muhammad Ruswandi Djalal<sup>1</sup>, Makmur Saini<sup>2</sup>, A.M.Shiddiq Yunus<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1\*</sup>wandi@poliupg.ac.id, <sup>2</sup>makmur.saini@poliupg.ac.id, <sup>3</sup>shiddiq@poliupg.ac.id

## Article Info

### Article history:

Received October 26<sup>th</sup>, 2022

Revised November 17<sup>th</sup>, 2022

Accepted November 28<sup>th</sup>, 2022

### Keyword:

PSS

SMIB

Settling

Time

Osilasi

Overshoot

## ABSTRACT

Changes in the load on the electric power system suddenly cause dynamic disturbances. The disturbance causes the stability of the generator to be disturbed, because the generator does not respond to the disturbance quickly. This causes oscillations in the generator in the form of oscillations of frequency and rotor angle. One of the additional control equipment that can increase the stability of a generator is the Power System Stabilizer (PSS). With the PSS installation, the optimal frequency response and rotor angle of the SMIB system are obtained, indicated by the minimum system overshoot response. The controller is able to provide stability so that overshoot oscillations can be suppressed, as well as faster settling time performance for the system to reach steady state conditions. To test the stability of the SMIB system, a case study of adding and subtracting loads is used, with the proposed control method using PSS.

Copyright © 2022 Jurnal JEETech.

All rights reserved.

### Corresponding Author:

Muhammad Ruswandi Djalal1,

Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang,

Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10.

Email: wandi@poliupg.ac.id

*Abstrak*—Perubahan beban pada sistem tenaga listrik secara tiba-tiba menyebabkan terjadinya gangguan dinamik. Gangguan tersebut menyebabkan kestabilan generator terganggu, karena generator tidak merespon gangguan tersebut secara cepat. Hal ini menyebabkan terjadinya osilasi pada generator berupa osilasi frekuensi dan sudut rotor. Salah satu peralatan kontrol tambahan yang mampu meningkatkan kestabilan suatu generator adalah Power System Stabilizer (PSS). Dengan pemasangan PSS didapatkan respon frekuensi dan sudut rotor sistem SMIB yang optimal, ditunjukkan dengan respon overshoot sistem yang minimum. Kontroler mampu memberikan kestabilan sehingga osilasi overshoot dapat diredam, serta kinerja settling time yang semakin cepat untuk sistem menuju ke kondisi steady state. Untuk menguji kestabilan sistem SMIB digunakan studi kasus penambahan dan pengurangan beban, dengan metode kontrol yang diusulkan menggunakan PSS.

## I. Pendahuluan

Dalam studi kestabilan dinamik, diasumsikan bahwa perubahan torsi akibat respon governor diabaikan karena respon governor sangat lambat dibandingkan dengan respon sistem eksitasi, sehingga faktor pengendali pada sistem eksitasi. Penambahan rangkaian eksitasi penguat kurang

mampu menstabilkan sistem terutama untuk osilasi frekuensi rendah. *Low Frequency Oscillation* antara 0.2 - 2.0 Hz [1].

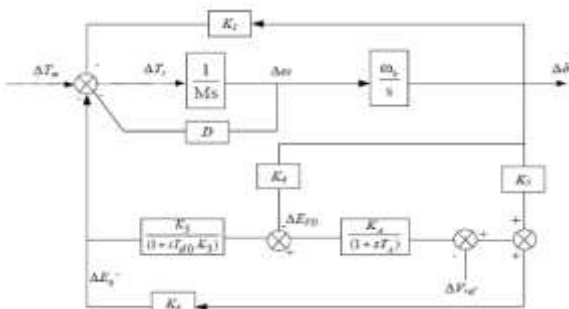
Frekuensi yang lebih rendah dapat diperluas menjadi osilasi antar area sehingga diperlukan kontrol tambahan seperti kontrol *Power System Stabilizer* (PSS). PSS merupakan peralatan kontrol tambahan pada eksitasi generator yang digunakan untuk memberi redaman tambahan pada eksitasi generator [2, 3]. Selain itu juga berfungsi untuk mengurangi osilasi lokal atau global pada generator, sebagai respon terhadap penyimpangan yang terjadi pada nilai variabel yang telah ditetapkan [4, 5].

Studi kasus yang digunakan adalah sistem *Single Machine Infinite Bus* (SMIB). SMIB merupakan subsistem tenaga listrik yang terdiri dari satu atau lebih generator yang terhubung ke bus yang tak terhingga [6, 7]. Kemudian menganalisa hasil simulasi dengan cara membandingkan hasil simulasi sistem tanpa control dan dengan SMIB-PSS.

## II. Pemodelan System

### A. Pemodelan Linier Mesin Sinkron

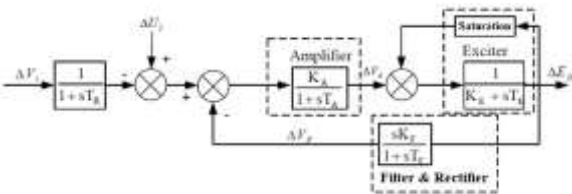
Pemodelan linier mesin ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan Linier Mesin Sinkron

**B. Pemodelan Eksitasi**

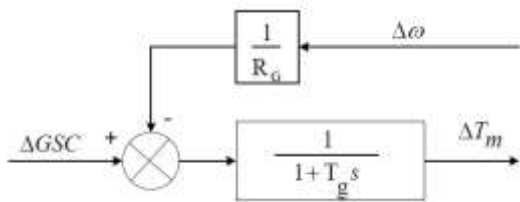
Peralatan eksitasi adalah salah satu bagian sistem yang di mana dengan eksiter ini dapat mengatur variabel output generator, seperti tegangan, arus dan faktor daya [2]. Model eksitasi mengacu pemodelan IEEE ditunjukkan pada gambar 2 [8].



Gambar 2. Block Diagram Eksitasi

**C. Pemodelan Governor**

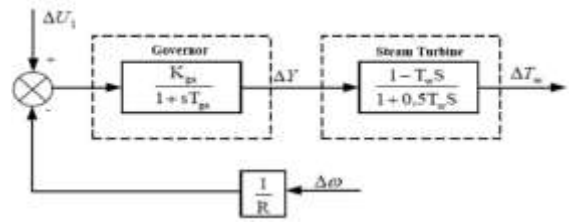
Governor adalah sebuah kontroler yang berfungsi untuk mengatur nilai torsi mekanik  $T_m$  yang menjadi input dari generator [8][1][2]. Pemodelan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Governor

**D. Pemodelan Turbin**

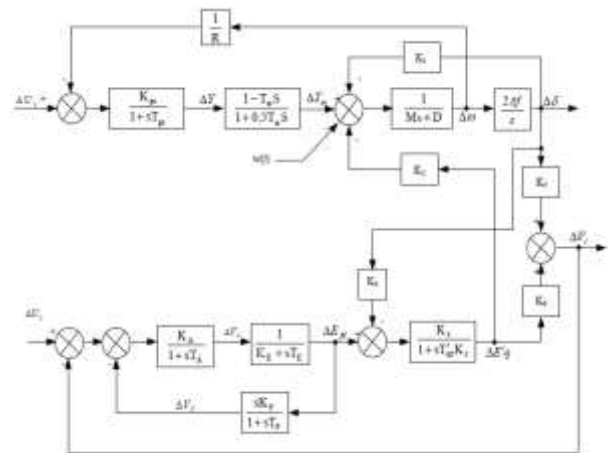
Pemodelan turbin digunakan adalah model turbin pembangkit listrik tenaga uap, dari model IEEE [9]. Pemodelan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Turbin

**E. Pemodelan Single Machine Infinite Bus (SMIB)**

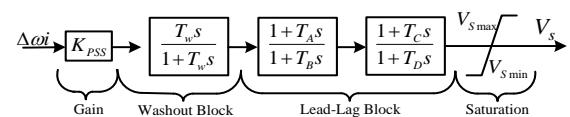
Pemodelan keseluruhan sistem ditunjukkan pada model Single Machine Infinite Bus [10] gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan SMIB

**F. Pemodelan Power System Stabilizer**

Power System Stabilizer merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas sistem tenaga. Pemodelan PSS pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan PSS

Parameter PSS yang digunakan ditunjukkan pada table 1 berikut.

Tabel 1. Parameter PSS

Parameter	Gain
Kpss	64.4572
T1	0.0506
T2	0.0380
T3	1.18
T4	5.4524

III. Hasil Simulasi & Analisis

Analisa sistem dilakukan, yaitu analisa frekuensi sistem dan sudut rotor SMIB. Analisa dilakukan dengan beberapa membandingkan sistem tanpa control dengan system yang ditambahkan Power System Stabilizer. Untuk menguji kestabilan sistem, sistem SMIB diberi gangguan berupa perubahan beban.

A. Respon Frekuensi SMIB

Analisa pertama dimulai dengan meninjau respon kestabilan frekuensi sistem SMIB. Hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 7. Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi respon frekuensi SMIB. Dari hasil simulasi sistem SMIB diberi gangguan perubahan beban sebesar 0,01 pu pada detik ke 1, kemudian terjadi pelepasan beban pada detik ke 20 sebesar 0.005 pu. Pada perubahan beban pertama, terjadi penambahan beban, yaitu kondisi di mana daya elektrik tidak sama dengan daya mekanis (Pm) pada kondisi ini  $P_e > P_m$ , sehingga antar torsi elektrik dan torsi mekanis tidak seimbang. Kondisi ini menyebabkan frekuensi elektrik ( $\Delta f$ ) juga berubah. Selama ketidakstabilan ini kecepatan putaran rotor ( $\Delta\omega$ ) menjadi tidak sinkron. Pada kondisi ini grafik respon frekuensi kebawah sebelum kembali ke steady state. Fungsi dari sistem kontrol kemudian diperlukan untuk mengembalikan ke kondisi steady state. Karakteristik respon overshoot pada kondisi ini ditunjukkan pada tabel 2.

Table 2. Deviasi Frekuensi

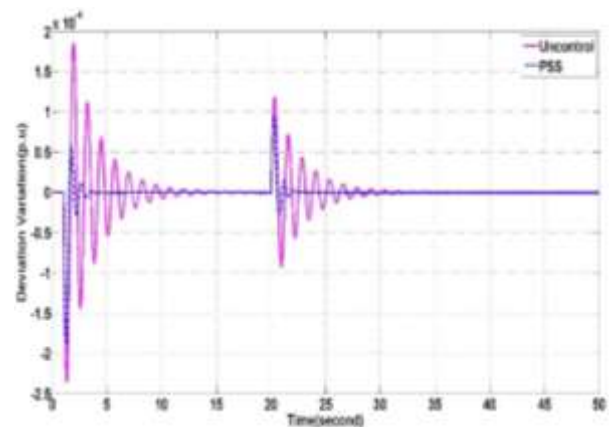
Deviasi	Overshoot (pu)
SMIB	-0.0002362 s/d 0.0001857
SMIB-PSS	-0.0002884 s/d 5.735e-05

Tabel 2 menunjukkan karakteristik overshoot sistem ketika terjadi perubahan beban pada detik ke-1 berupa penambahan beban. Sistem SMIB tanpa kontrol didapatkan overshoot sebesar -0.0002362 s/d 0.0001857 pu dengan settling time 15s. Sistem SMIB dengan kontrol PSS didapatkan overshoot sebesar -0.0002884 s/d 5.735e-05pu dengan settling time 5s. Kemudian pada perubahan beban berikutnya berupa pengurangan beban yang menyebabkan daya elektrik (Pe) berubah. Pada kondisi ini daya elektrik tidak sama dengan daya mekanis (Pm)  $P_e < P_m$ , sehingga antar torsi elektrik dan torsi mekanis tidak seimbang. Kondisi ini menyebabkan frekuensi elektrik ( $\Delta f$ ) juga berubah. Selama ketidakstabilan ini kecepatan putaran rotor ( $\Delta\omega$ ) menjadi tidak sinkron. Pada kondisi ini grafik respon frekuensi ke atas sebelum kembali ke steady state. Fungsi dari sistem kontrol kemudian diperlukan untuk mengembalikan ke kondisi steady state. Karakteristik respon overshoot pada kondisi ini ditunjukkan pada tabel 3. Gambar 7 merupakan grafik respon frekuensi elektrik sistem ( $\Delta f$ ).

Table 3. Deviasi Frekuensi

Deviasi	Overshoot (pu)
SMIB	-9.354e-05 s/d 0.0001184
SMIB-PSS	-2.523e-05 s/d 9.529e-05

Tabel 3 menunjukkan karakteristik overshoot sistem ketika terjadi perubahan beban pada detik ke-20. Sistem SMIB tanpa kontrol didapatkan overshoot sebesar -9.354e-05 s/d 0.0001184 pu dengan settling time 35s. Sistem SMIB dengan kontrol PSS didapatkan overshoot sebesar -2.523e-05 s/d 9.529e-05 pu dengan settling time 25s.



Gambar 7. Respon Frekuensi SMIB

B. Respon Sudut Rotor

Analisa berikutnya, melihat kinerja respon sudut rotor SMIB dengan pemasangan kontrol PSS. Pada penelitian ini pengujian pada SMIB diberikan berupa perubahan sebesar 0.05 pu pada 1s. Perubahan yang dimaksudkan yaitu terjadi kenaikan dan penambahan beban. Kenaikan beban tersebut mengakibatkan perubahan daya elektrik juga akan bertambah. Apabila daya mekanik generator lebih besar dari daya elektrik maka dapat mengakibatkan percepatan pada rotor, percepatan rotor ini juga akan berpengaruh terhadap perubahan sudut rotor, sehingga respon sudut rotor akan turun atau negatif dari kondisi sebelum gangguan, ditunjukkan pada gambar 8. Respon yang diamati dari perubahan sudut rotor yaitu nilai overshoot dan settling time, seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Deviasi Sudut Rotor

Deviasi	Overshoot (pu)
SMIB	-0.03633
SMIB-PSS	-0.02425

Tabel 4 menunjukkan karakteristik overshoot sudut rotor sistem ketika terjadi perubahan beban pada detik ke-1 berupa penambahan beban. Sistem SMIB tanpa kontrol didapatkan overshoot sebesar -0.03633 pu dengan settling time 18s.

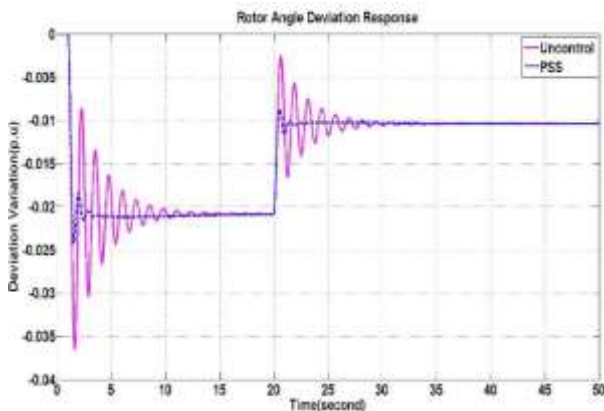
Sistem SMIB dengan kontrol PSS didapatkan *overshoot* sebesar -0.02425 pu dengan *settling time* 6s.

Kemudian pada perubahan beban berikutnya berupa pengurangan beban pada detik ke-20. Pada kondisi ini daya mekanik generator lebih kecil dari daya elektrik, sehingga mengakibatkan perlambatan pada rotor, perlambatan rotor ini juga akan berpengaruh terhadap perubahan sudut rotor, sehingga respon sudut rotor akan naik atau positif dari kondisi sebelum gangguan. Hal ini terjadi karena kopel magnetis akan mendorong medan stator dengan medan rotor, Sehingga sudut rotor dari generator akan naik, seperti ditunjukkan pada gambar 8. Karakteristik *overshoot* sistem pada kondisi ini ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan karakteristik *overshoot* sudut rotor sistem ketika terjadi perubahan beban pada detik ke-20. Sistem SMIB tanpa kontrol didapatkan *overshoot* sebesar -0.0166 pu dengan *settling time* pada detik 36.8s. Sistem SMIB dengan kontrol PSS didapatkan *overshoot* sebesar -0.01163 pu dengan *settling time* 25s.

Tabel 5. Deviasi Sudut Rotor

Deviasi	Overshoot (pu)
SMIB	-0.0166
SMIB-PSS	-0.01163



Gambar 8. Respon Sudut Rotor SMIB

#### IV. Kesimpulan

Dengan penalaan optimal didapatkan respon frekuensi SMIB yang sempurna dibanding dengan sistem tanpa control, hal ini ditunjukkan dengan respon sistem yang mengalami perbaikan, di mana kontroler mampu memberikan kestabilan sehingga osilasi *overshoot* diredam, serta kinerja *settling time* yang semakin cepat untuk sistem menuju ke kondisi *steady state*. Dengan penalaan parameter PSS yang tepat, *Overshoot* yang terjadi pada sistem ini mampu di diredam.

#### V. Daftar Pustaka

- [1] P. KUNDUR, POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL.
- [2] M. Y. Yunus, M. R. Djalal, and Marhatang, "Optimal Design Power System Stabilizer Using Firefly Algorithm in Interconnected 150 kV Sulselrabar System, Indonesia," International Review of Electrical Engineering (IREE), vol. 12, no. 3, pp. 250-259, 2017.
- [3] M. R. Djalal, M. Y. Yunus, H. Setiadi, and A. U. Krismanto, "Small-Signal-Stability Enhancement using a Power-System Stabilizer based on the Cuckoo-Search Algorithm against Contingency N-1 in the Sulselrabar 150-kV System," Makara Journal of Technology, vol. 22, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [4] M. R. Djalal, A. Imran, and I. Robandi, "Optimal placement and tuning power system stabilizer using Participation Factor and Imperialist Competitive Algorithm in 150 kV South of Sulawesi system," in Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 2015 International Seminar on, 2015, pp. 147-152: IEEE.
- [5] M. R. Djalal, H. Setiadi, D. Lastomo, and M. Y. Yunus, "Modal Analysis and Stability Enhancement of 150 kV Sulselrabar Electrical System using PSS and RFB based on Cuckoo Search Algorithm," International Journal on Electrical Engineering and Informatics, vol. 9, no. 4, pp. 800-812, 2017.
- [6] H. D. Laksono and I. R. Putra, "Analisa Performansi Single Machine Infinite Bus (SMIB) dengan Metoda Linear Quadratic Regulator (LQR)(Studi Kasus: PLTA Singkarak)," Teknika, vol. 20, no. 2, 2013.
- [7] Y. AM Shiddiq, R. D. Muhammad, and S. A. Yusri, "SMIB stability enhancement using capacitive energy storage and PID based on ant colony optimization," 2020.
- [8] I. Robandi, "Modern Power System Control," Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2009.
- [9] K. R. Padiyar, Power System Dynamics. John Wiley & sons Ltd, Interlaine Publishing Ltd, 1996.
- [10] Suharto, "Penalaan Power System Stabilizer (Pss) Untuk Perbaikan Stabilitas Dinamik Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Bat Algorithm (BA)," Undergraduate, ITS Surabaya, 2015.
- [11] Kadaryono, Machrus Ali, Muhlasin, and Budiman, "Desain Pengaturan Governor Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berbasis Particle Swarm Optimization (PSO)," J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terap., vol. 11, no. 2, pp. 93-101, Oct. 2020, doi: 10.48056/jintake.v7i2.125.
- [12] M. Ali, M. R. Djalal, S. Arfaah, Muhlasin, M. Fakhrurozi, and R. Hidayat, "Application of Energy Storage-PID For Load Frequency Control In Micro-

hydro Using Flower Pollination Algorithm,” in 2021 3rd International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS), Oct. 2021, pp. 281–285, doi: 10.1109/ICRACOS53680.2021.9702063.