

# Implementasi *Power System stabilizer* Untuk Sistem Tenaga Mesin Tunggal

1<sup>st</sup> Riyadh Taufiq  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
riyadhtaufiq@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Basuki Rahmat  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
basukir@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Erwin Susanto  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** — Untuk perancangan dan Implementasi Sistem tenaga pembangkit listrik, kestabilan sistem tenaga sangatlah penting dalam distribusi listrik. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam kestabilan terutama terjadinya LFO. Osilasi frekuensi rendah (LFO) bisa terjadi pada sistem generator atau pembangkit yang saling terhubung, dengan interkoneksi yang lemah. Kejadian osilasi demikian akan mengganggu kestabilan frekuensi sistem tenaga listrik, sehingga kualitas tenaga listrik sampai di pelanggan menjadi rendah. Untuk itu diperlukan suatu sistem atau piranti untuk menstabilkan sistem ini, sistem ini bisa disebut dengan “Stabilizer Sistem Tenaga” *Power System Stabilizer* atau PSS dipergunakan untuk meningkatkan kapasitas peredam sistem tenaga.

Dengan menganalisis model generator mesin tunggal yang terhubung sistem single machine dengan sistem *Power System Stabilizer* dengan sistem ini akan diberikan gangguan pada step input bernilai 0,8 p.u. Analisis ini akan dikerjakan dengan cara membandingkan model sistem tenaga mesin tunggal/SMIB tanpa PSS dengan sistem tenaga mesin tunggal/SMIB menggunakan sistem PSS. Kemudian kedua pemodelan sistem ini di bandingkan dari respon sinyal sudut rotor. Berkat pengujian yang dilakukan, terbukti bahwa sistem ini dapat bekerja dengan benar untuk peningkatan suatu sistem tenaga mesin tunggal/SMIB.

**Kata kunci**— PSS, SMIB dan Kestabilan

## I. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan serta pengoperasian sistem tenaga listrik, stabilitas sistem tenaga memegang peran yang sangat penting dan memerlukan perhatian mendalam. Perhatian tersebut terutama difokuskan pada generator tunggal yang saling terhubung melalui interkoneksi yang rentan. Sistem pembangkit yang saling terkait melalui interkoneksi ini terdapat dari beragam mesin dengan daya dan fungsional yang sama. Generator akan menjalani operasi yang stabil apabila terdapat keseimbangan antara daya input mekanis yang diterima dari penggerak utama dan daya output listrik yang dihasilkan. Namun, jika terjadi ketidak seimbangan karena kenaikan atau penurunan beban, generator akan mengalami transien yang mengakibatkan perubahan nilai kecepatan rotor dan tegangan nominal, yang selanjutnya dapat menyebabkan osilasi pada sistem dan bahkan menyebabkan hilangnya sinkronisasi operasi dari mesin-mesin yang terhubung. Dalam rangka mengembalikan putaran mesin dan tegangan keluaran dari generator ke kondisi normal,

sistem eksitasi akan merespons untuk menyeimbangkan daya masukan dan keluaran.

Ada dua jenis kestabilan dalam sistem tenaga listrik, yaitu kestabilan steady state dan kestabilan transient. Kestabilan steady state berfokus pada kapasitas sistem tenaga listrik untuk pulih ke kondisi stabil atau titik operasi asalnya setelah terjadi gangguan kecil, seperti perubahan beban atau perubahan dalam pembangkitan. Di sisi lain, kestabilan transient menyoroti kemampuan sistem untuk kembali ke keadaan mantap setelah mengalami gangguan besar, seperti hubung singkat, pemutusan jalur listrik, atau perubahan beban. Dalam rangka melakukan pengujian atau penelitian ini, simulasi dilaksanakan menggunakan perangkat lunak Matlab Simulink.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Kestabilan Sistem Tenaga Pembangkit Listrik

Stabilitas Sistem Tenaga Pembangkit Listrik merujuk pada ketahanan sistem tenaga pembangkit listrik demi menjaga keseimbangan antara pasokan dan permintaan listrik ketika keadaan normal serta dalam keadaan sistem mengalami gangguan. Stabilitas sistem tenaga listrik sangat penting untuk memastikan keandalan, keamanan, dan kinerja yang baik dalam penyediaan energi listrik.

Terdapat tiga tipe utama stabilitas sistem tenaga listrik:

1. Stabilitas Transien: Stabilitas transien terkait dengan respons sistem tenaga listrik terhadap gangguan besar seperti pemadaman listrik, hubung pendek, atau pemutusan hubungan. Hal ini melibatkan perubahan yang cepat dalam kondisi sistem dan membutuhkan kecepatan dan ketepatan dalam mengembalikan sistem ke kondisi normal setelah terjadinya gangguan.

2. Stabilitas Sinkronisasi: Stabilitas sinkronisasi memilih pada ketahanan sistem tenaga pembangkit listrik bertujuan dapat menjaga sinkronisasi antara generator-generator yang terhubung dalam jaringan. Jika generator-generator kehilangan sinkronisasi, dapat terjadi pemutusan hubungan antara generator dan bahkan kegagalan sistem. Stabilitas

sinkronisasi penting untuk menjaga stabilitas frekuensi dan tegangan dalam sistem pembangkit.

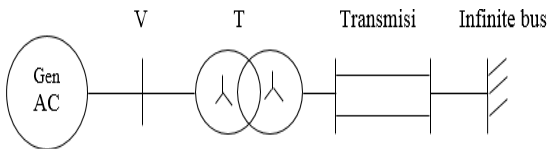
3. Stabilitas Statis: Stabilitas statis berkaitan dengan ketahanan sistem tenaga pembangkit untuk melindungi tegangan dalam batas normal ketika terjadi perubahan beban. Perubahan beban dapat terjadi akibat perubahan kebutuhan konsumen atau gangguan dalam sistem. Stabilitas statis melibatkan pengaturan yang tepat dari peralatan seperti transformator, kapasitor, dan regulator tegangan untuk menjaga tegangan dalam batas yang nyaman dan normal.

B. Single Machine Infinite Bus (SMIB)

Model SMIB (*Single Machine Infinite Bus*) digunakan dalam analisis sistem tenaga untuk memahami karakteristik mesin sinkron dan interaksinya dengan sistem tenaga secara keseluruhan.

Dalam model SMIB, generator tunggal dianggap sebagai mesin sinkron dengan karakteristik mekanik dan elektrik tertentu. Mesin sinkron ini terhubung ke bus tak terhingga yang memiliki impedansi nol. Bus tak terhingga ini diasumsikan memiliki tegangan yang konstan dan tidak terpengaruh oleh perubahan beban, sehingga disebut sebagai "infinite bus" yang tegangannya tetap stabil. satu generator tunggal terkoneksi dengan saluran transmisi melalui transformator T. Saluran transmisi selanjutnya menghubungkan dengan bus tak terbatas yang memiliki impedansi ekivalen  $Z_t$ . Bus tak terbatas ini diwakili oleh sebuah titik dengan sumber tegangan yang tetap. Besarnya tegangan, frekuensi, dan tegangan pada bus tak terhingga diasumsikan tetap konstan meskipun terjadi perubahan dalam beban atau keluaran generator.

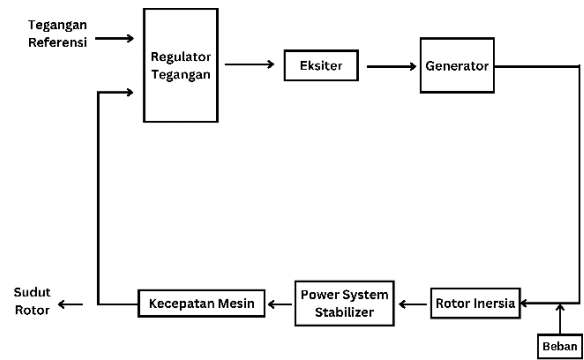
Model SMIB memberikan representasi sederhana dari generator tunggal dan interaksi dengan bus tak terhingga.



GAMBAR Sistem SMIB

C. Power System Stabilizer (PSS)

*Power System Stabilizer* atau PSS merupakan perangkat yang mendapatkan sinyal kontrol yang disalurkan ke sistem eksitasi. Tujuan untuk pemasangan *power system stabilizer* (PSS) merupakan untuk meningkatkan torsi redaman yang menguatkan dan memperbaiki transfer energi. Perlu diperkuat torsi redaman saat energi yang ditransmisikan melemah dalam kondisi beban berat. Namun, dalam pendekatan terbaru, Peningkatan pengaturan sinyal kendali dari Sistem PSS bisa meningkatkan kemampuan pembatasan kestabilan dengan mengontrol pengaturan eksitasi generator, sehingga memberikan penyerapan getaran pada perputaran rotor mesin sinkron. Bila tidak diatasi, getaran tersebut berpotensi membatasi performa transfer energi. Cara menerapkan sistem PSS dapat dilakukan dengan demikian:



GAMBAR Single machine infinite bus dengan PSS

Pada saat kecepatan sudut rotor ( $\Delta\omega$ ) berubah, *Power System Stabilizer* (PSS) akan menghasilkan sinyal keluaran ( $\Delta V_S$ ) untuk mengontrol arus eksitasi. PSS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Block Penguatan

Digunakan untuk mengendalikan amplifikasi sehingga torsi yang dihasilkan sesuai dengan keinginan.

2. Block Washout

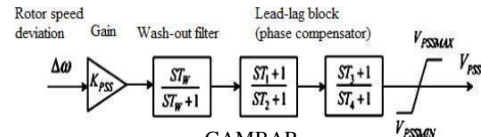
Fungsinya adalah untuk menghasilkan keluaran state-steady dari PSS yang akan menyesuaikan tegangan terminal generator.

3. Blok Phase Compensator

Lead-Lag bekerja sebagai pembentuk fase maju yang sesuai untuk mengompensasi keterlambatan fase antara input eksitasi dan torsi generator.

4. Limiter

Berperan dalam mencegah perubahan tegangan yang tiba-tiba pada sinya pengstabil dan menjaga pengaturan tegangan tetap baik selama terjadinya gangguan.



GAMBAR Blok PSS

III. METODE

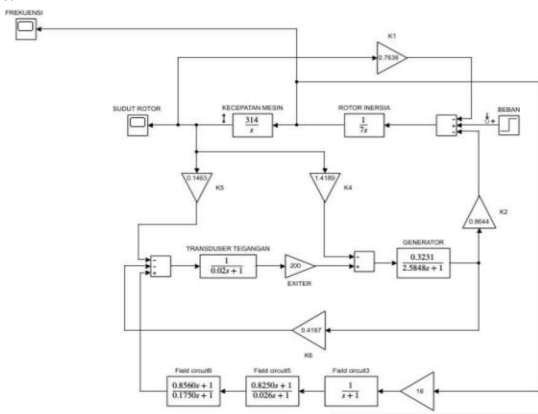
Pada penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan mengikuti pendekatan metodologi kepustakaan. Teori-teori yang terdapat dalam jurnal, makalah, dan buku dianalisis secara mendalam untuk kemudian direpresentasikan dalam bentuk diagram alur atau flowchart seperti yang terlihat di bawah ini:

A. Diagram Alur



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan desain dari Single machine Infinite Bus (SMIB) dengan Sistem PSS yang di gunakan pada simulasi ini sebagai berikut.

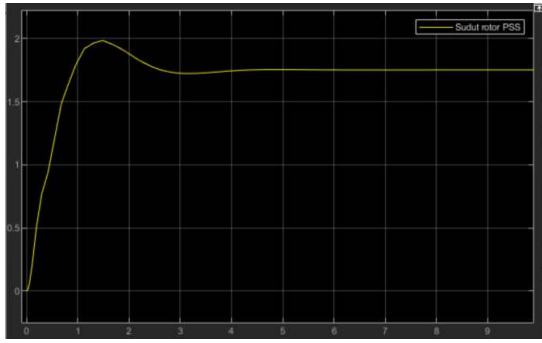


Pemodelan Sistem disimulasikan dengan penginputan beban bernilai 0,8 p.u.

B. Data dan Parameter Sistem [1],[6]

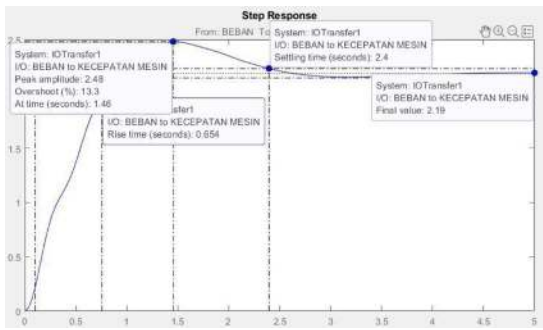
Satuan	Nilai	Definisi
<b>Parameter Generator</b>		
H	3,5	Mesin inersia
Kd	0	Koefisien redaman generator
T <sup>do</sup>	8	Konstanta waktu hubungan bukan generator
X <sub>d</sub>	1,81	Reaktansi sinkron generator <i>d-axis</i>
X' <sub>d</sub>	0,3	Reaktansi transien generator <i>d-axis</i>
X <sub>q</sub>	1,76	Reaktansi sinkron generator <i>q-axis</i>
X <sub>t</sub>	0	Reaktansi transformator
ω <sub>o</sub>	314	Kecepatan rotor mesin
<b>Data Eksitasi</b>		
K <sub>E</sub>	200	Tegangan <i>regulator</i>
T <sub>R</sub>	0,02	Konstanta waktu <i>regulator</i>
<b>Data Saluran Transmisi</b>		
X <sub>e</sub>	0,65	Reaktansi pada saluran transmisi
R <sub>e</sub>	0	Tahanan pada saluran transmisi
<b>Data Kondisi Operasional</b>		
P	0,9	Penyuplai daya aktif generator
Q	0,3	Penyuplai daya reaktif generator
E <sub>t</sub>	1	Tegangan terminal generator
f	50	Frekuensi sistem
<b>Data Konstanta SMIB</b>		
K1	0,7636	Perubahan torsi elektrik Untuk perubahan kecil sudut rotor pada fluks sumbu d konstan
K2	0,8644	Perubahan torsi elektrik untuk perubahan kecil fluks sumbu d pada sudut roto konstan
K3	0,3231	Faktor impedansi yang dibawa ke perhitungan efek beban dari impedansi eksternal
K4	1,4189	Efek demagnetisasi perubahan sudut rotor
K5	0,1463	Perubahan tegangan terminal ΔV <sub>t</sub> untuk perubahan kecil dari sudut rotor pada fluks sumbu d konstan
K6	0,4167	Perubahan tegangan terminal ΔV <sub>t</sub> untuk perubahan kecil dari fluks sumbu d pada sudut rotor konstan
<b>Data PSS</b>		
KSTAB	16	Konstanta PSS
T <sub>w</sub>	1	Konstanta waktu pada rangkaian <i>washout</i>
T1	0,8250	Konstanta waktu pada kompensator dinamik
T2	0,026	Konstanta waktu pada kompensator dinamik
T3	0,8250	Konstanta waktu pada kompensator dinamik

T4	0,1750	Konstanta waktu pada kompensator dinamik
----	--------	--



GAMBAR  
sudut rotor PSS

pada sinyal respon sudut rotor posisi stabil berada di 2,19p.u.



GAMBAR  
Step Respon Sudut Rotor Single Machine dengan PSS

TABEL 1  
Perbandingan parameter transient

Single Machine Infinite Bus	Maksimum sudut (p.u)	Overshoot %	Settling Time (Waktu Stabil)	Kondisi Stabil (p.u)
Tanpa PSS	2,89	65,2%	6,13 detik	1,75
PSS	1,98	13,3 %	2,4 detik	1,75

Pada Tabel dapat diketahui bahwa posisi sudut rotor pada kedua sistem stabil di posisi 1.75, pada *Single Machine* tanpa PSS mencapai stabil pada 6.13 detik dengan *overshoot* 65.2%. Setelah penambahan sistem PSS pada *Single machine* mesin, mendapatkan nilai yang cukup baik dengan maksimum sudut sebesar menjadi 1,98 p.u., nilai *overshoot* menjadi 13.3% dan nilai *settling time* menjadi 2,4 detik.

## V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, penulis mengamati perbandingan keluaran sudut rotor pada sistem single machine dengan spesifikasi frekuensi 60Hz dan tegangan 200V dengan memberikan input beban sebesar 0,8 p.u. Dalam pengujian tersebut, sistem jika mempunyai overshoot yang rendah dan *settlingtime* yang lebih cepat dianggap sebagai sistem terbaik untuk digunakan dalam sistem tenaga pembangkit.

Pada sistem single machine tanpa *Power System Stabilizer* (PSS), sistem mencapai kestabilan pada posisi 1,75. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kestabilan pada sistem single machine tanpa PSS adalah 6,13 detik, dengan overshoot sebesar 65,2% dan sudut rotor maksimum sebesar 2,8 p.u.

Dalam penambahan *Power System Stabilizer* pada sistem single machine, waktu yang diperlukan untuk mencapai kestabilan adalah 2,4 detik dengan overshoot sebesar 13,3% dan sudut rotor maksimum sebesar 1,98 p.u. Dari perbandingan sistem tenaga listrik ini, sistem single machine dengan PSS merupakan sistem yang mempunyai kemampuan untuk meredam osilasi sistem tenaga lebih baik dibandingkan dengan sistem single machine infinite bus tanpa PSS.

## 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] Shahgholian G, Review of Power System Stabilizer: Application, Modelling, Analysis, and Control Strategy. Penerbit: IOTPE (2013).
- [3] Indra Adi Permana, Ir. I Nengah Suweden, MT, Ir. Wayan Arta Wijaya, MEng, MT ANALISIS PENGGUNAAN POWER SYSTEM STABILIZER (PSS) DALAM PERBAIKAN STABILITAS TRANSIEN GENERATOR SINKRON.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.