

# PERBAIKAN STABILITAS DINAMIK TENAGA LISTRIK DENGAN *POWER SYSTEM STABILIZER (PSS)*

Rika Favoria Gusa  
Dosen Jurusan Teknik Elektro UBB Bangka Belitung, Indonesia  
<sup>1</sup>Email : rika\_favoria@ubb.ac.id

**Abstract-**Stability of electrical system is one of system's characters that make some machines can operate together in one frequency even there are some interrupts in normal condition or make them back into previous condition either in new or old equilibrium. Some variables that have to be observed are angel of rotor , speed of rotor , and voltage source of generator  $v_t$  .

In this paper, simulation was done in IEEE 14 bus system at steady state condition, dynamic condition and adding of PSS as a stability tool. The result was PSS could make the system became stable even in new point of equilibrium.

**Keywords :** stability of electrical power system, PSS, angel of rotor.

## I. PENDAHULUAN

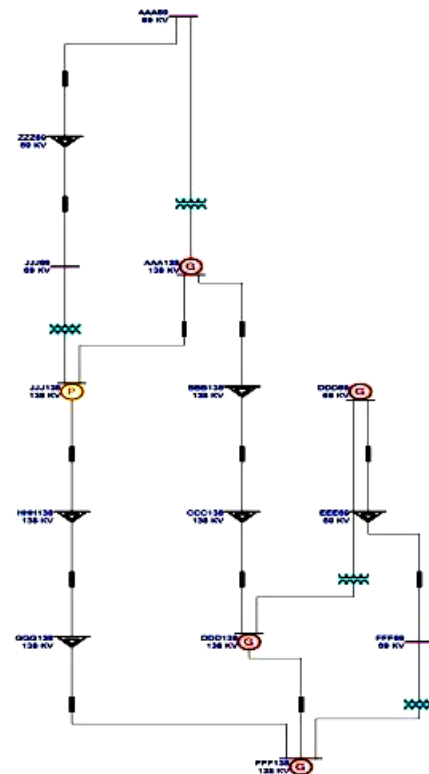
Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan sifat sistem yang memungkinkan mesin bergerak serempak dalam sistem untuk memberikan reaksi terhadap gangguan dalam keadaan kerja normal, serta balik kembali ke keadaan semula bila keadaan menjadi normal.

Dalam studi stabilitas, untuk mengetahui apakah sistem tenaga listrik masih stabil atau tidak setelah adanya gangguan, diamati melalui variabel – variabel keadaan sistem dengan indikator stabilitas, antara lain sudut rotor , kecepatan putar rotor , dan tegangan terminal generator  $v_t$ . Jika beban mengalami perubahan pada sistem tenaga listrik, perubahan tegangan dan frekuensi sistem menyebabkan pengendali maupun pengatur kembali besaran-besaran masukan guna mencapai titik keseimbangan mencapai titik keseimbangan baru.

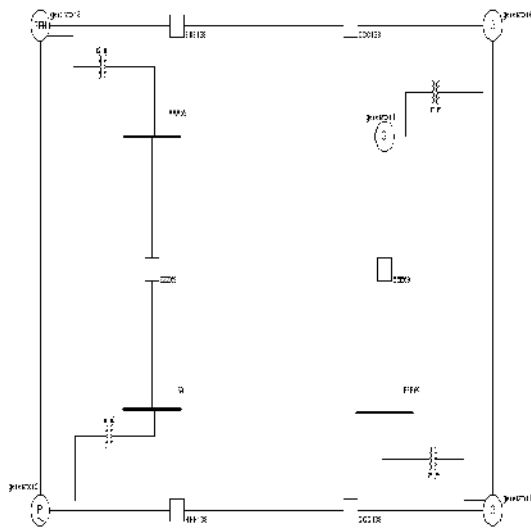
PSS (*Power System Stabilizer*) sebagai salah satu perangkat penambah kestabilan merupakan sistem eksitasi suplemen yang ditambahkan pada sistem eksitasi generator . Ide sistem ini adalah memberikan suatu sinyal ke sistem eksitasi untuk menambah torsi peredam dari generator. Sistem eksitasi suplemen semacam ini, hanya akan mengendalikan daya reaktif (VAR) saja, sehingga bersifat hampir seperti VAR statis.

## II. STUDI KASUS

Data sistem tenaga listrik sebagai *plant* yang dikendalikan diambil dari *IEEE 14 Bus System* berbasis 100 MVA :



Gambar 1. Sistem tenaga listrik 14 Bus IEEE one-line



**Gambar 2.** Simulasi jaringan sistem tenaga listrik 14 Bus IEEE menggunakan program EDSA

**Tabel 1.** Parameter Generator

No. Bus Gnerato r	1	2	3	4	5
X1(pu)	0,2396	0,00	0,00	0,134	0,134
ra (pu)	0,00	1	1	4	1
Xd(pu)	0,8979	1,05	1,05	1,25	1,25
X'd(pu)	0,2995	0,185	0,185	0,232	0,232
X''d(pu)	0,23	0,13	0,13	0,12	0,12
T'do(s)	7,4	6,1	6,1	4,75	4,75
T''do(s)	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06
Xq(pu)	0,646	0,98	0,98	1,22	1,22
X'q(pu)	0,646	0,36	0,36	0,715	0,715
X''q(pu)	0,4	0,13	0,13	0,12	0,12
T'q(s)	0,01	0,3	0,3	1,5	1,5
T''q(s)	0,033	0,099	0,099	0,21	0,21
H	5,148	6,54	6,54	5,06	5,06
D	2	2	2	2	2

Simulasi dilakukan dalam tiga tahap, yaitu :

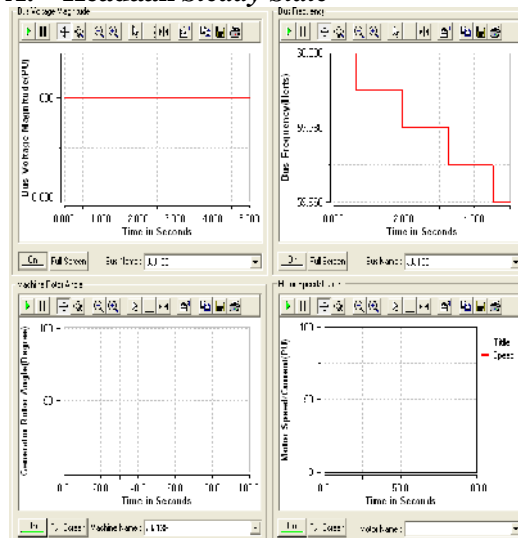
1. Simulasi sistem tenaga pada keadaan *steady state*, keadaan ketika generator – generator pada bekerja tanpa menggunakan data dinamik, sistem eksitasi, AVR dan PSS.
2. Simulasi sistem tenaga pada keadaan berdinamika. Pada simulasi ini, setiap generator diberi tambahan data dinamik seperti yang tertera pada tabel 1 dan

sistem eksitasi yaitu *governor IEEE-steam*.

3. Simulasi sistem tenaga pada keadaan berdinamika ditambah penstabil sistem tenaga (*Power System Stabilizer, PSS*) pada generator *swing* (generator 2). PSS yang digunakan adalah tipe IEEE type 1 PSS.

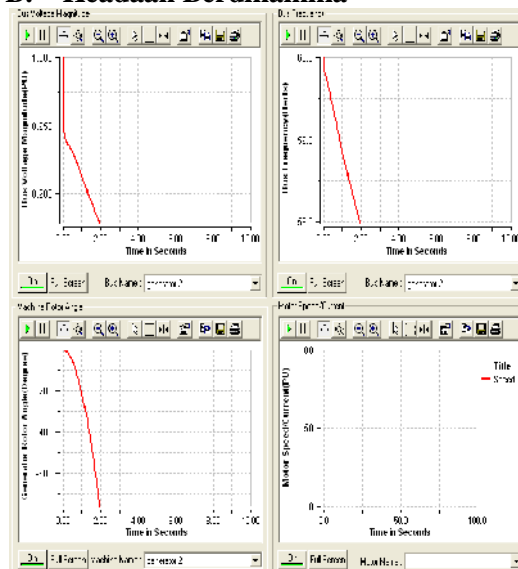
### III. HASIL SIMULASI

#### A. Keadaan Steady State



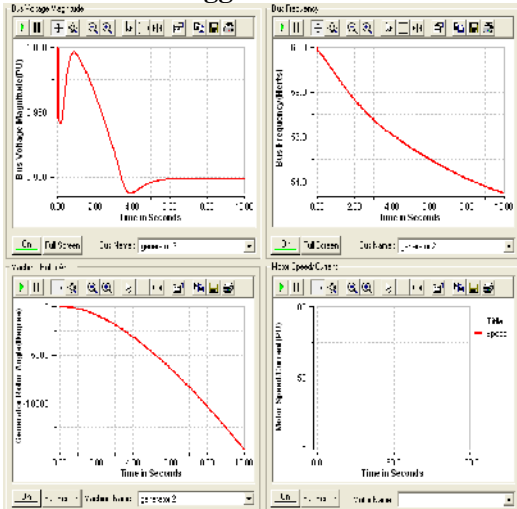
**Gambar 3.** Hasil program EDSA pada keadaan *steady state*

#### B. Keadaan Berdinamika



**Gambar 4.** Hasil program EDSA pada keadaan berdinamika

### C. Sistem Menggunakan PSS



Gambar 5. Hasil program EDSA ketika sistem menggunakan perangkat PSS

### IV. PEMBAHASAN

Dalam studi stabilitas, terdapat satu persamaan dasar yang mengatur dinamika (gerak) perputaran mesin serempak, yaitu persamaan ayunan mesin.

$$\frac{H}{180f} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad (1)$$

dengan,

H : konstanta inersia

$P_a$  : daya percepatan

f : frekuensi (Hz)

$P_m$  : masukan daya poros ke mesin

$\delta$  : sudut rotor terhadap rotor

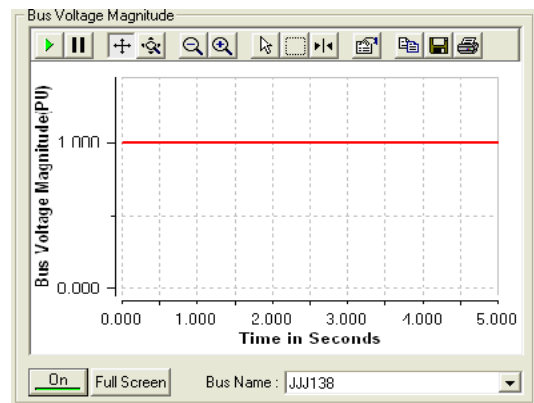
$P_e$  : daya listrik

Berdasarkan persamaan diatas, maka untuk mengetahui apakah sistem tenaga listrik masih stabil atau tidak setelah adanya gangguan, diamati melalui variabel – variabel keadaan sistem dengan indikator stabilitas, antara lain daya listrik  $P_e$  yang diukur dari tegangan terminal generator  $v_t$ , sudut rotor  $\delta$ , dan frekuensi  $f$  atau kecepatan putar rotor  $\omega$ .

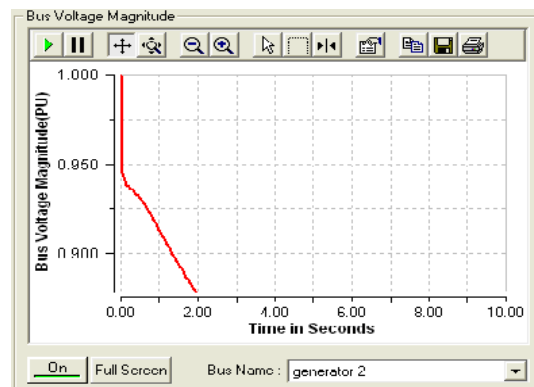
#### A. Magnitude Tegangan Bus

Stabilitas tegangan, merupakan kemampuan sistem tenaga untuk

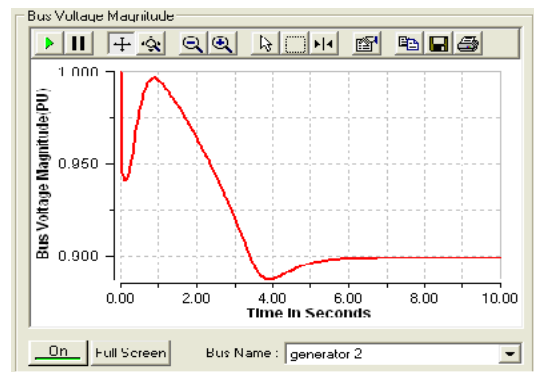
mempertahankan tegangan bus sistem pada besaran tertentu dibawah kondisi operasi. Suatu sistem dikatakan instabilitas tegangan yaitu ketika terjadi gangguan akibat kenaikan beban atau perubahan dalam sistem akibat suatu aksi yang tidak terkendali.



Gambar 6. Keadaan steady state



Gambar 7. Keadaan berdinamika



Gambar 8. Menggunakan PSS

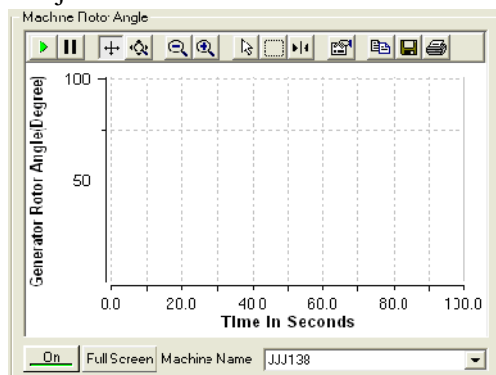
Dari gambar 6 terlihat pada keadaan steady state, magnitude tegangan bus akan stabil pada nilai 1 pu. Saat generator – generator pada sistem berdinamika, maka magnitude tegangan bus akan berubah

(turun) seperti yang terlihat pada gambar 7. Dengan penambahan PSS pada gambar 8 sebagai perangkat penambah stabilitas, sistem kembali ke keadaan stabil walau pada titik keseimbangan lain. *Power System Stabilizer* membuat sistem beresilasi hingga menemukan titik keseimbangan baru yaitu 0.9 pu.

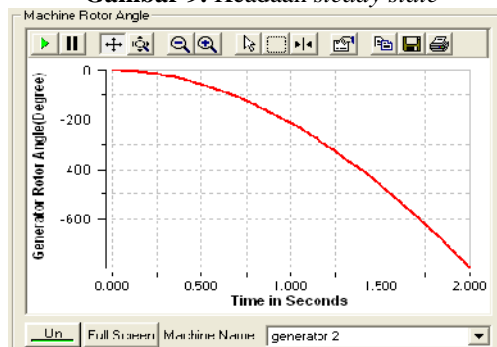
### B. Sudut Rotor Generator ( )

Stabilitas sudut rotor adalah kemampuan mesin sinkron untuk mempertahankan sinkronisasinya. Ketika dua atau lebih mesin sinkron disambungkan bersama maka semua mesin sinkron harus memiliki frekuensi dan kecepatan yang sama.

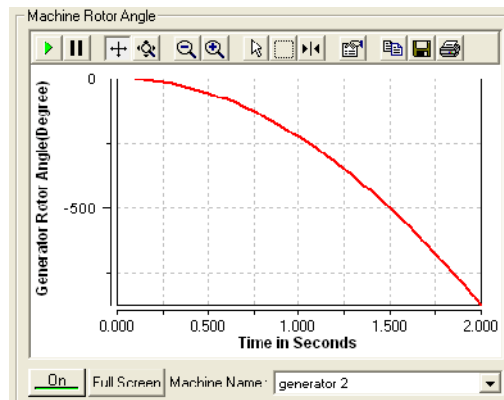
Dari hasil simulasi diatas, dapat dilihat adanya perbedaan grafik sudut rotor generator pada keadaan *steady state*, keadaan berdinamika dan saat ditambah PSS, seperti yang terangkum pada gambar 9, gambar 10, dan gambar 11 . Untuk mempermudah analisa, pengambilan data saat sistem berdinamika dan ditambah PSS dilakukan selama 2 detik. Hal ini bertujuan agar perbedaan respon sistem sebelum dan sesudah menggunakan PSS dapat terlihat lebih jelas.



Gambar 9. Keadaan *steady state*



Gambar 10. Keadaan berdinamika



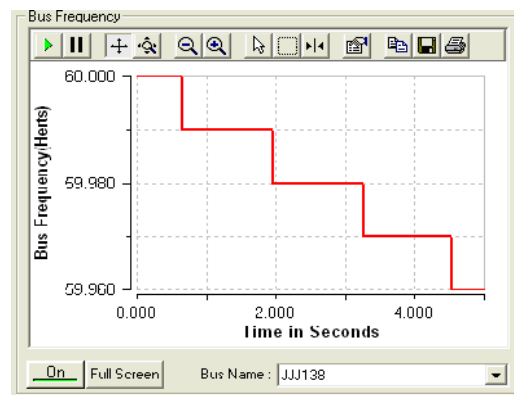
Gambar 11. Menggunakan PSS

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada keadaan *steady state* tidak ada perubahan sudut rotor terhadap waktu. Namun pada keadaan berdinamika, terjadi penurunan sudut rotor generator. Apabila hal ini dibiarkan, maka suatu saat sistem dapat kehilangan kestabilan atau mesin tidak mampu lagi menjaga sinkronisasinya.

Dari grafik diatas, dapat pula dilihat bahwa pada sistem ini, penambahan perangkat PSS pada sistem eksitasi generator *swing* tidak terlalu mempengaruhi besarnya sudut rotor generator.

### C. Frekuensi Bus (f)

Gambar berikut ini adalah grafik – grafik hasil simulasi yang menunjukkan hubungan frekuensi terhadap waktu untuk masing – masing kondisi.

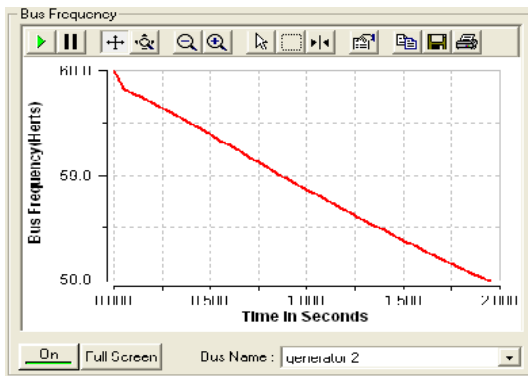


Gambar 12. Keadaan *steady state*

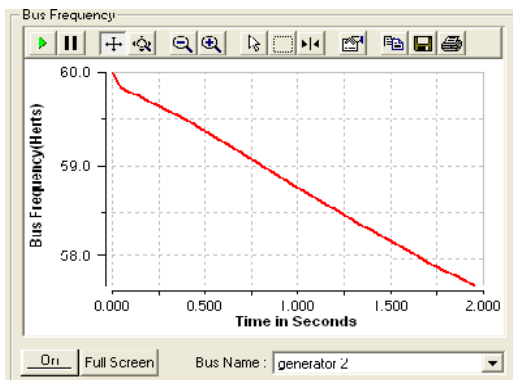
## V. KESIMPULAN

Dari simulasi dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan PSS dapat membantu sistem untuk kembali ke keadaan stabil walau pada titik keseimbangan yang lain.
2. Penggunaan PSS tidak memberi dampak yang berarti pada besar sudut rotor generator dan frekuensi namun sangat berpengaruh pada nilai *magnitude* tegangan bus (V).
3. PSS tipe IEEE-1 meningkatkan stabilitas sistem dengan cara mengendalikan daya listrik atau daya reaktifnya (VAR).



Gambar 13. Keadaan berdinamika



Gambar 14. Menggunakan PSS

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada keadaan *steady state* frekuensi bus menurun mengikuti fungsi step. Saat terjadi dinamika, frekuensi bus menurun terhadap perubahan waktu. Penambahan perangkat penambah kestabilan PSS pada sistem ini juga tidak memberi dampak yang terlalu berarti pada perubahan frekuensi bus.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat dilihat bahwa PSS tipe IEEE 1 ini kurang baik untuk menjaga kestabilan sudut rotor generator dan frekuensi namun baik untuk menjaga stabilitas tegangan. Hal ini menunjukkan bahwa PSS tipe IEEE-1 meningkatkan stabilitas sistem dengan cara mengendalikan daya listrik atau daya reaktifnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- P.Kundur, M.Klein, G.J.Rogers, and M.S. Zywno., 1989. *Application of Power System Stabilizers for Enhancement of Overall System Stability*. IEEE Trans., Vol. PWR-4, pp. 614-626.
- Padiyar K.R., 1995. *Power System Dynamics Stability and Control*. Indian Institute of Science. Bangalore.
- Prabha Kundur., 1993. *Power System Stability and Control*., McGraw-Hill. New York.
- Sulasno., 1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Kedua*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- William D. Stevenson., 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*. Penerbit Erlangga. Jakarta