

## PENGARUH POWER SYSTEM STABILIZER PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DENGAN UNIT PEMBANGKIT TERSEBAR

**I Made Ari Nrartha dan Agung Budi Muljono**

Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram  
Jl. Majapahit No. 62 Mataram 83125, Tlp. 0370-6608703, Fax. 0370-636523  
E-mail : nrartha@yahoo.com, agungbm@unram.ac.id

### Abstrak

Deregulasi pada sistem tenaga saat ini membawa kecenderungan untuk membangun unit-unit pembangkit yang letaknya tersebar dekat dengan pusat-pusat beban. Beroperasinya unit pembangkit tersebar membawa kecenderungan transfer daya inter dan antar area menjadi berkembang yang mengakibatkan perubahan titik operasi pembangkitan dan masalah pada stabilitas dinamis sistem. Perbaikan stabilitas dinamis sistem tenaga dapat ditingkatkan dengan pemasangan Power System Stabilizer (PSS).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemasangan PSS pada satu pusat pembangkit terhadap perbaikan stabilitas dinamis keseluruhan unit/pusat pembangkit lain termasuk unit pembangkit tersebar yang terkoneksi ke jaringan. Penelitian dilakukan secara simulasi dengan program aplikasi MatPower 3.0 dan MATLAB 7.0.4. Pembangkit tersebar (DG) yang diteliti adalah PLTMH yang masuk ke salah satu bus pada sistem 14 bus dan 3 pusat pembangkit.

Hasil penelitian menunjukkan PSS yang dipasang di Pembangkit Ampenan memberikan perbaikan nilai eigen (AVR+PSS Pembangkit Ampenan), koefisien redaman dan koefisien sinkronisasi rata-rata berturut-turut sebesar 65.90%, 49.84% dan 78.04 % untuk berbagai operasi pembebanan. Perbaikan ini juga mempengaruhi unjuk kerja keseluruhan pembangkit termasuk DG, kecuali waktu steady state perubahan kecepatan sudut DG tetap (tidak mengalami perbaikan) sebesar 1.80 detik.

**Kata kunci :** Power System Stabilizer, stabilitas dinamis, pembangkit tersebar.

## INFLUENCE OF POWER SYSTEM STABILIZER ON POWER SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION UNITS

### Abstract

Deregulation in the power system is currently bringing the trend to build generating units located close to the center-spread the load center. Operation of generating units to bring the trend spread inter and power transfer between areas to be developed which resulted in changes in operating point at issue generation and dynamic stability systems. Improvement of dynamic stability of power systems can be upgraded with the installation of PSS.

This study aimed to influence the installation of PSS at a central plant on the improvement of dynamic stability of the entire unit or other power centers, including the dispersed generation units connected to the network. Research done by simulation with application programs MatPower 3.0 and MATLAB 7.0.4. Plant spread (DG) was investigated MHPP who entered one of the buses on the system bus 14 and three power centers.

Results show that PSS installed in generator repair eigenvalues of Ampenan (AVR + PSS Generator Ampenan), damping coefficient and average coefficient of synchronization in average at 65.90%, 49.84% and 78.04% respectively for variety of loading operations. This improvement also affects the performance of the entire plant including the DG, except the steady state angular velocity change of DG (not improved) by 1.80 seconds.

**Keywords:** Power System Stabilizer, dynamic stability, distributed generation.

### 1. PENDAHULUAN

Deregulasi sistem tenaga listrik membawa kecenderungan untuk membangun unit-unit pembangkit yang letaknya tersebar dekat dengan pusat-pusat beban. Unit-unit ini umumnya berkapasitas kecil dan terhubung langsung pada saluran distribusi 6-35 kV, unit-unit seperti ini disebut dengan distributed generation (DG), [1,5,7]. Tipe DG

umumnya dibedakan berdasarkan kapasitasnya seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Beroperasinya unit-unit pembangkit DG membawa kecenderungan transfer daya inter dan antar area menjadi berkembang. Umumnya transfer daya lebih mempertimbangkan lama dan keberagaman yang kompleks dari pada integrasi struktur peralatan secara vertikal [11]. Hal ini membawa perubahan titik operasi yang sangat sering

dan pola aliran daya yang akan menyebabkan masalah pada stabilitas dinamis sistem.

**Tabel-1. Tipe DG berdasarkan range daya [8]**

Tipe DG	Range Daya
Micro DG	1 watt < 5 kW
Small DG	5 kW < 5 MW
Medium DG	5 MW < 50 MW
Large DG	50 MW < 300 MW

Sistem Kelistrikan Lombok mempunyai pembangkit PLMTH (pada penelitian ini diasumsikan sebagai DG) yang terhubung ke sistem dengan penetrasi 0.8 % dari kapasitas total pembangkitan. Penelitian stabilitas dinamis masuknya pembangkit ini pada sistem menunjukkan perbaikan yang cukup signifikan pada perbaikan stabilitas dinamis sistem secara keseluruhan [16].

Perbaikan stabilitas dinamis dapat dilakukan dengan pemasangan Power System Stabilizer (PSS). PSS memberikan redaman tambahan terhadap osilasi kecepatan sudut rotor. Redaman osilasi sudut rotor dapat mengurangi maksimum overshoot dan waktu stady state dari tanggapan pembangkit terhadap gangguan atau perubahan beban.

Pada penelitian ini dikaji pengaruh pemasangan PSS pada satu pusat pembangkit terhadap stabilitas dinamis keseluruhan sistem tenaga termasuk unit pembangkit tersebar (DG) yang terkoneksi ke sistem dengan memperhatikan topologi sistem, kondisi operasi dan parameter kontrol. Hasil kajian berupa respon dan tanggapan keseluruhan sistem termasuk unit pembangkit tersebar, sebelum dan sesudah pemasangan PSS.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penetrasi DG pada sistem tenaga diperkirakan akan semakin dalam. Uni Eropa sebagai pelopor DG memperkirakan penggunaan DG 12 % dari total pembangkitan pada tahun 2000, 13-18% pada tahun 2010 dan 15-22% pada tahun 2020 [2]. Oleh karena itu perhatian bergeser ke arah mempertimbangkan efek kumulatif pada sistem tenaga akibat adanya level kapasitas DG yang signifikan. Dapat diperkirakan bahwa DG ukuran besar akan memberikan dampak secara global. Penelitian-penelitian saat ini lebih banyak memperhatikan dampak DG terhadap stabilitas sistem. [4, 8, 10, 16]

Penelitian untuk perbaikan stabilitas dinamis sistem tenaga telah banyak dilakukan seperti pemasangan peralatan tambahan PSS. PSS pertama diperkenalkan [15] membawa pengaruh yang cukup penting pada stabilitas dinamis sistem tenaga, penelitian-penelitian berikutnya memperkenalkan berbagai metoda untuk penalaannya baik secara

konvensional [18], maupun modern (menggunakan kontrol adaptif dan kecerdasan seperti ANN dan Fuzzy [13, 19]). Metoda-metoda ini diteliti dan diperkenalkan untuk mendapatkan perbaikan yang cukup penting stabilitas dinamis sistem tenaga untuk berbagai kondisi operasi.

### 2.1 Kestabilan Sistem Tenaga

Kestabilan sistem tenaga dapat didefinisikan sebagai sifat dari sistem itu yang memungkinkan mesin-mesin serempak dalam sistem tersebut untuk memberikan reaksinya terhadap suatu gangguan pada keadaan kerja yang normal, serta balik kembali ke keadaan semula bila keadaan menjadi normal kembali. Studi-studi kestabilan biasanya digolongkan ke dalam dua jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan.

Studi-studi tersebut ialah *studi batas stabilitas keadaan tetap (steady state)* dan *kestabilan peralihan (transient)*. Penyebab Masalah Ketidakstabilan antara lain oleh : hubung singkat, rugi koneksi *tie* sistem *utility*, rugi sebagian *plant* pada *co-generation*, starting motor, operasi *switching* dari saluran, kapasitor, dampak pembebanan (motor dan beban statis) dan perubahan besar dan mendadak dari beban dan pembangkitan.

#### 2.1.1 Model Sistem Tenaga Listrik Dalam Studi Kestabilan Dinamik

Pada pemodelan ini, pengaruh kejenuhan inti generator dan tahanan stator diabaikan, dan diasumsikan kondisi sistem seimbang dengan beban dianggap statis.

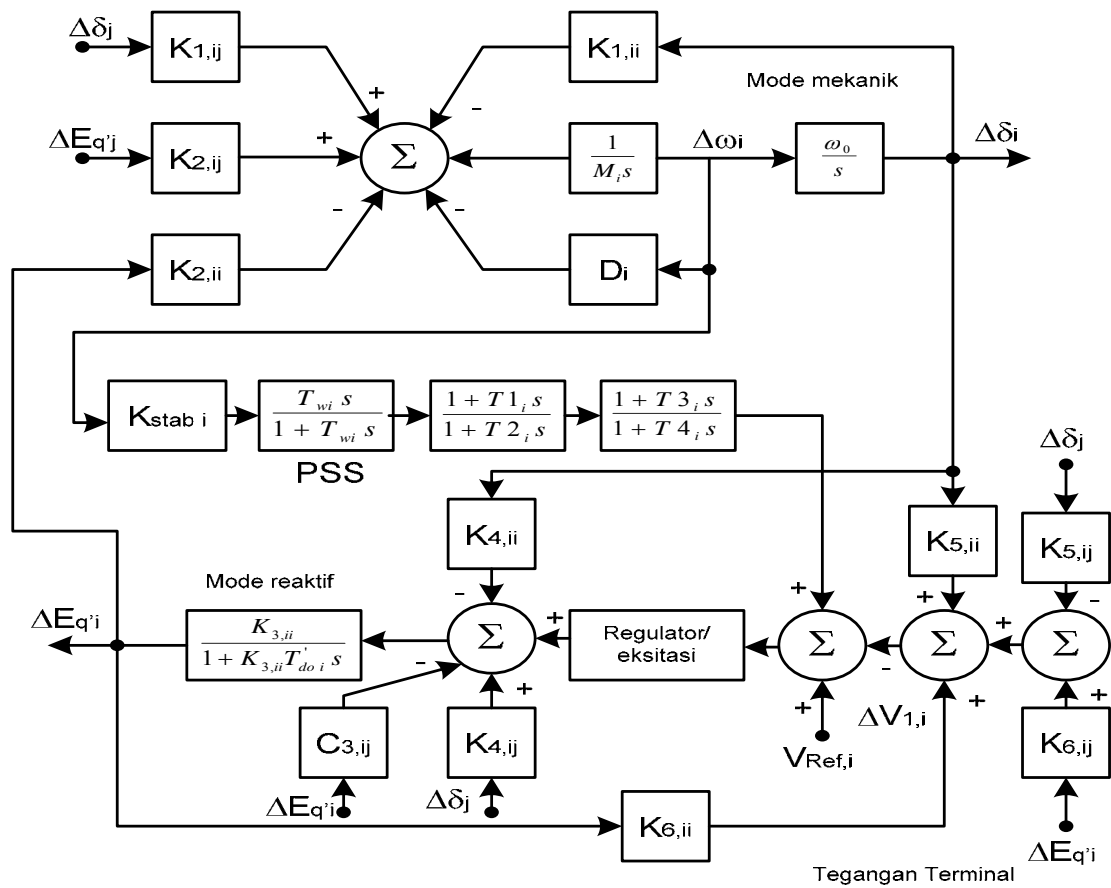
Dalam sistem multimesin dalam hal ini juga berlaku untuk sistem DG, yang mana terdapat banyak generator dengan tipe yang berbeda dengan letak yang tidak terpusat dan langsung terhubung pada sistem distribusi. Pemodelan pembangkit diasumsikan memiliki model yang sama. Perbedaannya terletak pada kapasitas pembangkitan dan besar nilai parameter-parameter mesinnya.

##### a. Model Sistem Multimesin

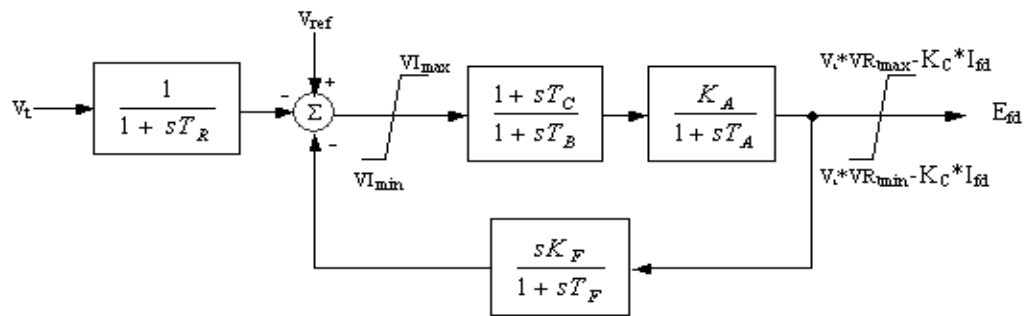
Dalam sistem tenaga multimesin, perubahan keadaan suatu mesin akan mempengaruhi keadaan mesin lainnya. Kondisi ini karena antara mesin satu dengan mesin lainnya terhubung melalui saluran transmisi. Bila mesin yang diamati dinyatakan dengan mesin ke *i* dan mesin lainnya ke *j*, maka perubahan sudut rotor mesin ke *i* akan mempengaruhi besaran mesin *j* seperti sudut rotor, kecepatan rotor dan tegangan terminalnya, begitu sebaliknya.

##### b. Model Sistem Eksitasi Tipe ST1

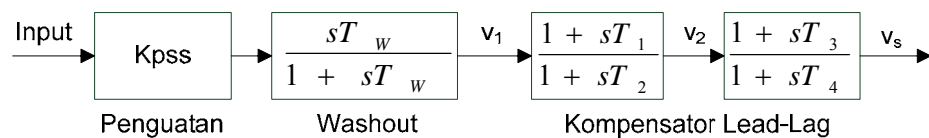
Sistem eksitasi dan AVR tipe ini menjelaskan sumber potensial, penyearah kontrol sistem eksitasi. Daya eksitasi di suplai melalui trafo dari terminal generator.



Gambar -1. Diagram Blok Dinamika Gerak Mesin i dengan Interaksi Dinamik.



Gambar -2. Model sistem eksitasi IEEE Tipe ST1



Gambar -3. Model PSS Konvensional.

**c. Model Power System Stabilizer.**

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

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

**2.1.2 Metoda Penalaan PSS.**

Pada penelitian ini penalaan PSS konvensional dilakukan dengan metoda respon frekuensi. Penalaan PSS dilakukan secara lokal dengan mengamati satu pembangkit kemudian menala PSSnya. Hasil talaan tersebut diterapkan pada sistem. Penalaan lokal ini sangat berguna untuk mengurangi pengaruh negatif mesin yang ditala terhadap mesin yang lain dalam sistem.

Indikator perbaikan yang digunakan dalam penalaan PSS dengan respon frekuensi adalah perbaikan nilai koefisien torsi sinkronisasi ( $\Delta T_s$ ) dan koefisien torsi redaman ( $\Delta T_d$ ). Perbaikan ini dapat dilakukan dengan penalaan kompensator lead-lag pada PSS dengan melihat respon frekuensinya, sehingga total torsi ( $\Delta T_d + \Delta T_s$ ) yang dihasilkan positif. Begitu juga untuk menjaga koefisien torsi

sinkronisasi sefase dengan perubahan sudut dan koefisien torsi redaman sefase dengan perubahan kecepatan sudut diperlukan penalaan konstanta waktu washout ( $T_w$ ) dan  $K_s$  untuk mendapatkan gain maksimum dari PSS sehingga respon yang dihasilkan oleh sistem optimum untuk gangguan atau perubahan beban.

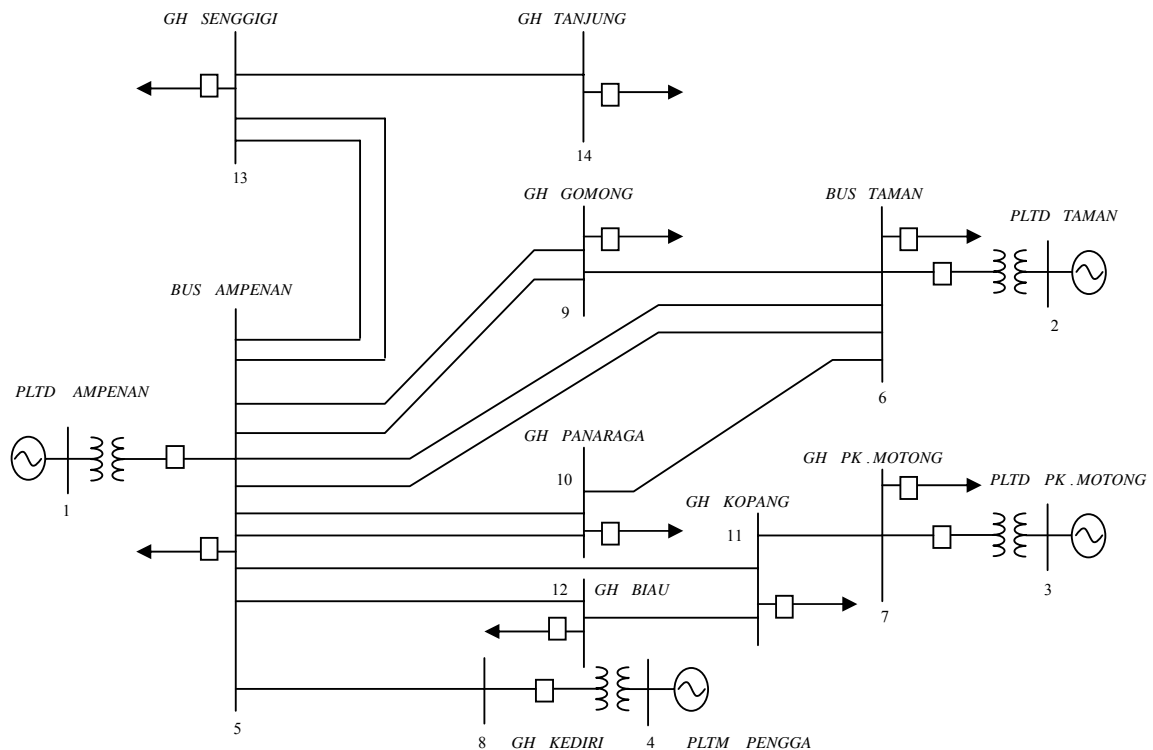
**3. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Mengumpulkan Data**

Data-data untuk analisis dinamis DG diperoleh dari data sekunder Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Wilayah NTB Cabang Mataram dan Sektor Lombok, terdiri dari konfigurasi jaringan, parameter generator dan data pembebanan. Data operasi yang digunakan pada penelitian adalah data aliran daya pada beban puncak tanggal 30 Juni 2007.

**3.2 Pembuatan Model**

Model pada penelitian, adalah model multimesin dengan mengikutkan model generator sinkron, eksitasi dan PSS konvensional seperti model yang telah ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3. Rumusan matematis yang menunjukkan interaksi kecepatan rotor dan perubahan daya mekanik dan interaksi antar mesin dan pengaruh eksitasi dimodelkan dalam bentuk persamaan keadaan.



Gambar -4. Sistem Tenaga Listrik yang diteliti.

**3.3 Pembuatan Program**

Program simulasi untuk kajian pengaruh PSS pada sistem tenaga listrik dengan pembangkit tersebar dibuat menggunakan MATLAB 7.0.4, meliputi: studi aliran daya menggunakan MatPower 3.0 (toolbox dari MATLAB yang dikembangkan oleh Zimmermen, dkk.), program simulasi stabilitas sistem multimesin, dan program penalaan PSS menggunakan respon frekuensi.

**3.4 Validasi Proses**

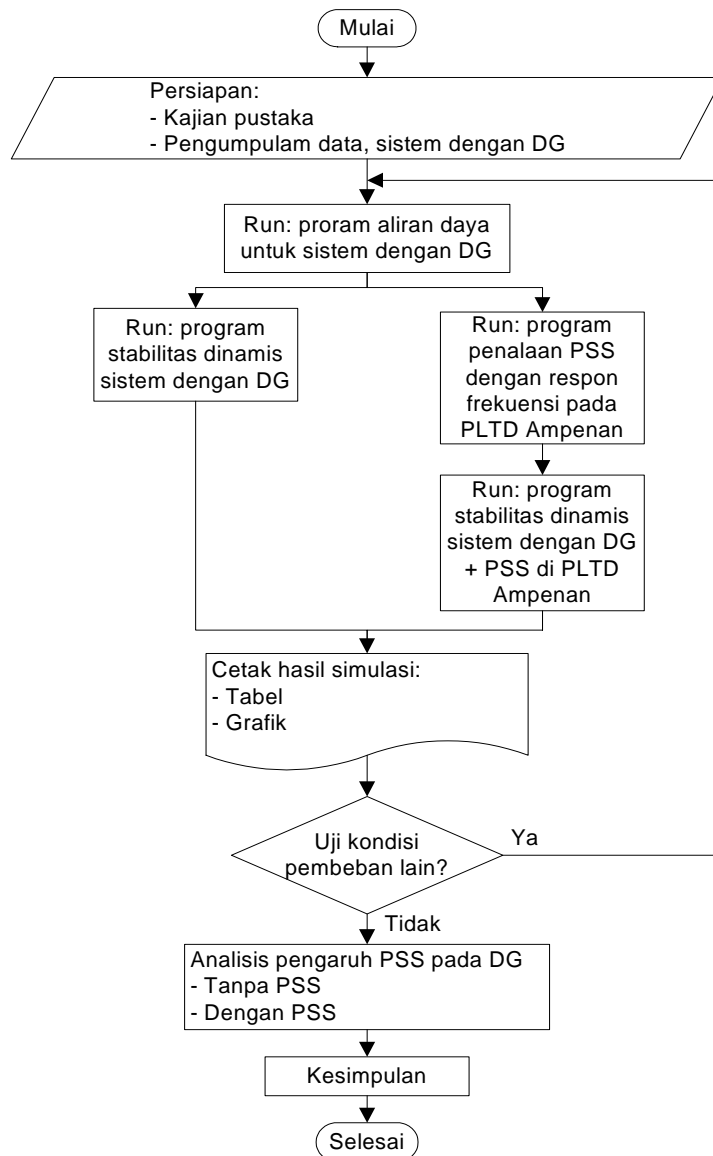
Validasi proses dilakukan untuk mengetahui prosedur pembuatan program telah dilakukan dengan benar

**3.5 Analisis Hasil**

Setelah didapatkan hasil keluaran program dilakukan analisis terhadap keluaran tersebut.

- a. Analisis kestabilan berdasarkan akar-akar persamaan karakteristik generator sebelum dan sesudah pemasangan PSS.
- b. Analisis kestabilan berdasarkan waktu tanggapan sistem terhadap gangguan sebelum dan sesudah pemasangan PSS.

Secara keseluruhan jalannya penelitian dapat ditampilkan dalam diagram alir penelitian seperti pada Gambar 5.



Gambar- 5. Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

##### 4.1. Akar-akar Persamaan Karakteristik, Torsi Redaman dan Torsi Sinkronisasi Sistem Tenaga Listrik.

Hasil penalaan PSS pada pembangkit di Ampenan pada beban puncak 30 Juni 2007 menggunakan respon frekuensi didapatkan parameter PSS sebagai berikut :

$K_{pss} = 1$ ;  $T_w = 20$  s;  $T_1 = 2.0687$  s;  $T_2 = 0.0794$  s;  $T_3 = 0.0687$  s;  $T_4 = 0.0794$  s.

Hasil penalaan ini memberikan perbaikan akar-akar karakteristik (nilai eigen), koefisien redaman (Kd)

dan koefisien sinkronisasi (Ks) pada pembangkit Ampenan, ditabelkan pada Tabel 2.

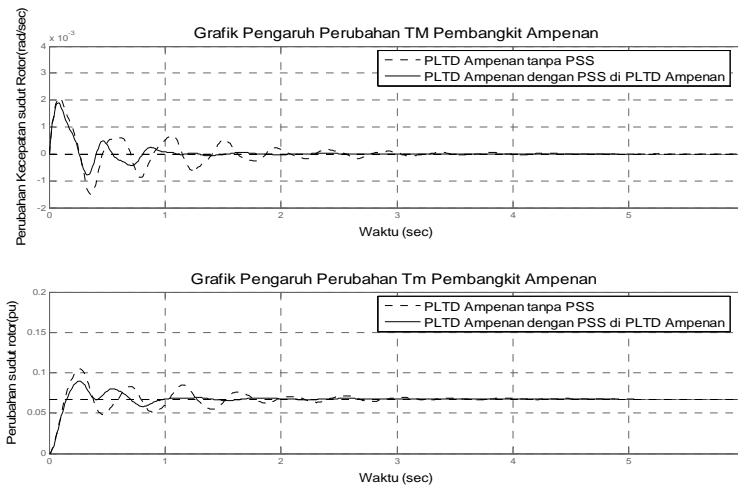
Hasil pada Tabel 2, menunjukkan bahwa pengaruh pemasangan PSS cukup besar ditunjukkan dengan perbaikan nilai eigen, koefisien redaman dan perbaikan koefisien sinkronisasi sistem.

##### 4.2. Hasil Simulasi

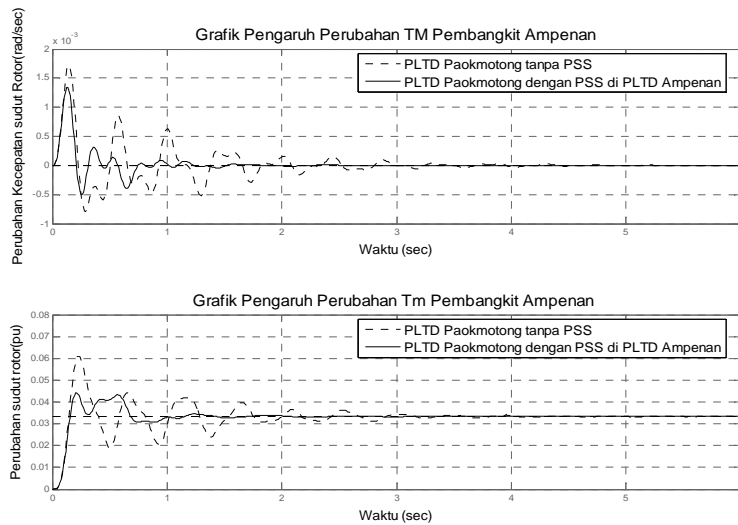
Tampilan secara grafis pengaruh pemasangan PSS pada keseluruhan pembangkit termasuk pembangkit tersebar (DG) pada beban puncak dapat ditunjukkan pada Gambar 6 sampai Gambar 9.

Tabel-2. Hasil simulasi Penerapan PSS pada Pembangkit Ampenan (PA)

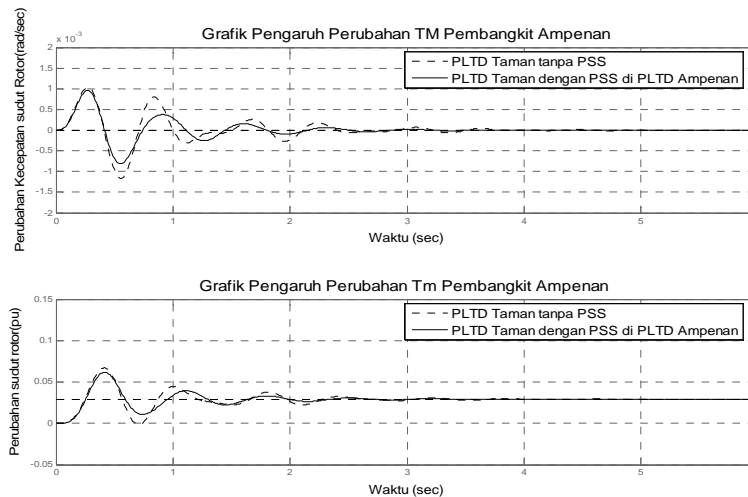
Kondisi Sistem		Nilai eigen	Kd	Ks
Beban Puncak	AVR (PA)	-1.0298±j13.5387	2.7181	5.0031
	AVR (PA) + PSS	-2.9998±j16.5975	5.4134	22.8176
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.67</b>	<b>49.79</b>	<b>78.07</b>
Beban+10% di bus #5	AVR (PA)	-1.0297±j13.5390	2.7164	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-3.0246±j16.5991	5.4133	22.8411
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.96</b>	<b>49.82</b>	<b>78.10</b>
Beban+10% di bus #6	AVR (PA)	-1.0297±j13.5391	2.7165	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-3.0250±j16.5998	5.4131	22.8406
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.96</b>	<b>49.82</b>	<b>78.10</b>
Beban+10% di bus #7	AVR (PA)	-1.0297±j13.5339	2.7084	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-2.9790±j16.5251	5.4174	22.5252
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.43</b>	<b>50.01</b>	<b>77.79</b>
Beban+10% di bus #8	AVR (PA)	-1.0298±j13.5387	2.7181	5.0031
	AVR (PA) + PSS	-2.9998±j16.5975	5.4134	22.8176
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.67</b>	<b>49.79</b>	<b>78.07</b>
Beban+10% di bus #9	AVR (PA)	-1.0297±j13.5389	2.7166	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-3.0215±j16.5982	5.4133	22.8326
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.92</b>	<b>49.82</b>	<b>78.09</b>
Beban+10% di bus #10	AVR (PA)	-1.0296±j13.5390	2.7153	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-3.0377±j16.5960	5.4133	22.8323
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>66.11</b>	<b>49.84</b>	<b>78.09</b>
Beban+10% di bus #11	AVR (PA)	-1.0297±j13.5373	2.7145	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-2.9976±j16.5750	5.4146	22.7325
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.65</b>	<b>49.87</b>	<b>77.99</b>
Beban+10% di bus #12	AVR (PA)	-1.0297±j13.5373	2.7143	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-2.9991±j16.5745	5.4146	22.7318
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.67</b>	<b>49.87</b>	<b>77.99</b>
Beban+10% di bus #13	AVR (PA)	-1.0297±j13.5387	2.7165	5.0032
	AVR (PA) + PSS	-3.0192±j16.5937	5.4135	22.8226
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.89</b>	<b>49.82</b>	<b>78.08</b>
Beban+10% di bus #14	AVR (PA)	-1.0297±j13.5987	2.7179	5.0031
	AVR (PA) + PSS	-3.0023±j16.5974	5.4134	22.8189
	<b>Perbaikan (%)</b>	<b>65.70</b>	<b>49.79</b>	<b>78.07</b>
<b>Rata-rata perbaikan (%)</b>		<b>65.90</b>	<b>49.84</b>	<b>78.07</b>
<b>Perbaikan maximum (%)</b>		<b>66.11</b>	<b>50.01</b>	<b>78.10</b>
<b>Perbaikan Minimum (%)</b>		<b>65.43</b>	<b>49.79</b>	<b>77.79</b>



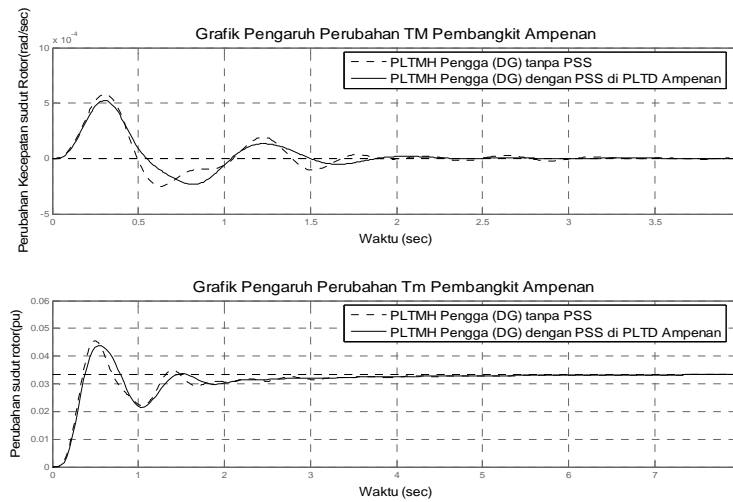
Gambar-6. Osilasi  $\Delta\omega$  dan  $\Delta\delta$  Pembangkit Ampenan, gangguan  $T_m$  di Ampenan.



Gambar-7. Osilasi  $\Delta\omega$  dan  $\Delta\delta$  Pembangkit Paokmotong, gangguan  $T_m$  di Ampenan.



Gambar-8. Osilasi  $\Delta\omega$  dan  $\Delta\delta$  Pembangkit Taman, gangguan  $T_m$  di Ampenan.



Gambar-9. Osilasi  $\Delta\omega$  dan  $\Delta\delta$  Pembangkit PLTMH Pengga (DG), gangguan  $T_m$  di Ampenan.

Tabel-3. Perbandingan Unjuk kerja stabilitas dinamis pada beban puncak

Perubahan Kecepatan sudut ( $\Delta\omega$ )	Sistem dengan DG				Sistem dengan DG + PSS di PLTD Ampenan				Perbaikan (%)			
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
Settling time (detik)	3.85	3.30	3.60	1.80	1.75	1.25	2.60	1.80	54.0	62.0	28	0.0
Peak Overshoot (rad/sec)	0.0021	0.0017	0.0010	0.00058	0.0019	0.0014	0.0009	0.00052	9.5	17.6	10	10.3
<b>Perubahan sudut (<math>\Delta\delta</math>)</b>												
Settling time (detik)	3.90	3.60	3.60	1.80	1.85	1.20	2.80	1.70	52.6	66.7	22	5.0
Peak Overshoot (pu)	0.1045	0.0612	0.0670	0.0456	0.0897	0.0443	0.0617	0.0439	14.2	27.6	8	3.7

Ket : G1=PLTD Ampenan, G2=PLTD Poakmotong, G3=PLTD Taman, G4=PLTMHPengga (DG)

Hasil perbandingan unjuk kerja tanggapan perubahan kecepatan sudut ( $\Delta\omega$ ) dan perubahan sudut ( $\Delta\delta$ ) generator pada saat beban puncak untuk melihat pengaruh pemasangan PSS pada semua pembangkit termasuk pembangkit DG (PLTMH Pengga) diperlihatkan dalam Tabel 3 di atas.

### 4.3. Analisis kestabilan ditinjau dari akar persamaan karakteristik Generator.

Hasil simulasi pemasangan PSS pada pembangkit Ampenan dengan penalaan respon frekuensi memberikan perbaikan nilai eigen untuk simulasi semua perubahan kondisi pembebanan. Pemasangan PSS juga memberikan tambahan redaman pada torsi sinkronisasi dan torsi redaman pada pembangkit Ampenan sehingga pengaruh negatif pembangkit Ampenan pada sistem bisa dikurangi Frekuensi osilasi redaman dari AVR

Pembangkit Ampenan sebelum pemasangan PSS rata-rata sebesar 2.1548 Hz dan setelah pemasangan PSS (AVR+PSS Pembangkit Ampenan) rata-rata sebesar 2.64 Hz. perbaikan nilai seta AVR pada beban puncak, Perbaikan nilai seta dengan pemasangan PSS rata-rata sebesar 57.4% yaitu sebelum pemasangan PSS seta rata-rata sebesar 0.0758 dan setelah pemasangan PSS seta rata-rata sebesar 0.1779 untuk semua kondisi perubahan beban 10 % seperti pada Tabel 2. Nilai seta juga merupakan salah satu indikator yang menunjukkan perbaikan unjuk kerja sistem, semakin mendekati satu unjuk kerja sistem makin baik.

Torsi redaman dan torsi sinkronisasi bertambah dengan pemasangan PSS di Pembangkit Ampenan untuk penambahan 10% beban di setiap bus beban. Rata-rata perbaikan sebesar 49.84 % untuk torsi redaman dan 78.04 % untuk torsi sinkronisasi.



#### 4.4 Analisis kestabilan ditinjau dari waktu tanggapan sistem terhadap gangguan.

Hasil perbandingan unjuk kerja tanggapan perubahan kecepatan ( $\Delta\omega$ ) dan perubahan sudut ( $\Delta\delta$ ) pembangkit pada saat beban puncak untuk melihat pengaruh pemasangan PSS pada Pembangkit Ampenan seperti pada Tabel 4 menunjukkan hasil bahwa pemasangan PSS memberikan amplitudo dan waktu peredam osilasi sistem lebih baik dari pada tanpa PSS.

Peredaman osilasi perubahan kecepatan pada sistem dengan PSS memberikan penurunan amplitudo puncak masing-masing pembangkit berturut-turut sebesar 9.5%, 17.6%, 10%, 10.3%, dan waktu steady state yang lebih cepat kecuali pada DG tidak terjadi perbaikan waktu steady state, berturut-turut sebesar 54%, 62.0%, 28%, 0%, dibanding dengan sistem tanpa PSS. Hal yang hampir sama juga diperoleh hasil perubahan sudut dengan PSS memberikan perbaikan amplitudo puncak berturut-turut sebesar 14.2%, 27.6%, 8%, 3.7% dan waktu steady state berturut-turut sebesar 52.6%, 66.7%, 22%, 5%.

DG pada penelitian ini yang mempunyai penetrasi 0.8% pada sistem, hasil simulasi menunjukkan perbaikan unjuk kerja yang cukup baik tetapi bila dibandingkan dengan pembangkit lain yang bukan DG, perbaikan unjuk kerjanya cukup kecil dan bahkan untuk waktu steady state perubahan kecepatan sudut tidak diperoleh perbaikan unjuk kerja.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan pada pengaruh PSS pada sistem dengan DG dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penalaan PSS pada pembangkit Ampenan memberikan perbaikan nilai eigen, koefisien sinkronisasi dan koefisien redaman AVR+PSS pembangkit Ampenan rata-rata berturut-turut sebesar 65.90%, 78.04% dan 49.84%
2. Perbaikan unjuk kerja tanggapan sistem terhadap gangguan rata-rata berturut-turut sebesar 11.85% dan 36% untuk amplitudo maksimum dan waktu steady state perubahan kecepatan sudut dan rata-rata berturut-turut sebesar 13.375% dan 36.575% untuk amplitudo maksimum dan waktu steady state perubahan sudut.
3. Perbaikan unjuk kerja DG cukup kecil bila dibandingkan dengan unjuk kerja pembangkit yang lain dan bahkan pengaruh PSS tidak dapat memperbaiki waktu steady state perubahan kecepatan sudut DG.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Ackermann, Th., Andersson, G., Soder, L., 2001, *Distributed Generation: A Definition*,

Electric Power System Research, Vol.57, No 4, p. 135-204.

- [2] Anonim, 2001, *Future COGEN*, The European Cogeneration Study. EU-Project No 4. 10301/P/99-169/Final Publishable Report, Brussels, 88 p., 2001.
- [3] Anonim, 2005, *Master Plant Sistem Kelistrikan Lombok*, PT. PLN (persero) Wilayah NTB.
- [4] Azmy, A.M.; Erlich, I, 2005, *Impact Of Distributed Generation On The Stability Of Electrical Power System*, Power Engineering Society General Meeting, IEEE Volume , Issue , 12-16.
- [5] CIRGE Working Group, 2004, *Development of dispersed generation and consequences for power systems*, CIGRE Working Group C6/01. Electra, No 215, p. 39-49.
- [6] De Mello, F.P., Concordia, C., 1969, *Concept of Synchronous Machine Stability as Effected by Excitation Control*, IEEE Trans. On Power System, PAS-88(4).
- [7] Dugan, R. C., Th.E. McDermont, Th., E., 2002, *Distributed Generation*, IEEE Industry Application Magazine, vol.33, No 2, p. 19-25.
- [8] Guseynov, A., M., and Akhundov, B. S., 2006, *Defining Impact of Distributed Generation on Power System Stability*, Azerbaijan Scientific Research Institute of Energetics and Energy Design.
- [9] Guttromson, R.T., 2002, *Modelling Distributed Energy Resource Dynamics on the Transmission System*, IEEE Trans. On Power System, Vol. 17, No. 4, pp. 1148-1153.
- [10] Hemdan, N. G. A., and Kurrat, M., 2008, *Distributed Generation Location and Capacity Effect on Voltage Stability of Distribution Networks*, Institute of High Voltage Technology and Electric Power Systems Braunschweig University of Technology Braunschweig, Germany.
- [11] Llic, M., Galiana, F., and Fink, L., 1998, *Power Systems Restructuring*, Kluwer Academic Publishers.
- [12] Knazkins Valerijs, 2004, *Stability of Power System with Large Amounts of Distributed Generation*, KTH Electrical Engineering, Sweden.
- [13] Kothari, M.L., Segal, R., and Ghodki, B.K., 1996, *Adaptive conventional power system stabilizer based on artificial neural network*, International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth, p. 1072 - 1077 vol.2.
- [14] Kundur, P., 1984, *Power Systems Stability and Control*, McGraw-Hill, inc.
- [15] Larsen, E.V. and Swann, D.A., 1981, *Applying Power System Stabilizers Part I: General Concepts*, IEEE Transactions on Power

- Apparatus and Systems, PAS-100, p. 3017 – 3024.
- [16] Lasseter, R.H., 2003, *Distributed Generation*, Power Systems Engineering Research Centre.
- [17] Muljono, A.B., dan Nrartha, I.M.A., 2009, *Analisis Pengaruh Unit Pembangkit Tersebar Terhadap Stabilitas Dinamis Sistem Tenaga*, Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, UNUD, Vol. 8, no. 1, p 52-57.
- [18] N.I. Voropai, 2006, *Distributed Generation In Electric Power Systems*, Energy Systems Institute, Irkutsk, Russia.
- [19] Suprijanto, A., 1995, *Metoda Sederhana Penalaan Power System Stabilizer*, Thesis, ITB Bandung.
- [20] Taher, S.A., and Shemshadi, 2007, A., *Design of Robust Fuzzy Logic Power System Stabilizer*, World Academy of Science, Engineering and Technology.
- [21] William, D dan Stevenson, Jr., 1982, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta.