

## ANALISA STABILITAS TRANSIEN MENGGUNAKAN SVC DAN PSS DISISTEM TRANSMISI 150 kV BALI

<sup>1</sup> Hendra Prayoga, <sup>2</sup> Irrine Budi S, <sup>3</sup> Ni Putu Agustini

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang Indonesia

<sup>1</sup>hendraojobali@gmail.com, <sup>2</sup>irrine@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>ni\_putu\_agustini@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**— Stabilitas transient merupakan kemampuan suatu sistem tenaga untuk kembali pada kondisi operasi normal setelah mengalami gangguan. penelitian ini menerapkan pemodelan dengan menggunakan koordinasi PSS (Power System Stabilizer) dan SVC (Static Var Compensator) untuk meningkatkan sistem keamanan. Karena metode tunggal tidak cukup untuk meningkatkan stabilitas. Simulasi dilakukan dengan, membandingkan hasil sebelum pemasangan sesudah pemasangan PSS dan SVC. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sebelum pemasangan PSS dan SVC waktu peralihan sistem setelah terjadi gangguan yaitu sudut rotor  $t = 27.2s$ , daya aktif  $t : 29.1s$ , dan daya reaktif  $t : 28.3s$ , setelah pemasangan PSS dan SVC waktu peralihan lebih cepat yaitu sudut rotor  $t = 24.5s$ , daya aktif  $t : 26.7s$ , dan daya reaktif  $t : 24.9s$

**Kata Kunci:** stabilitas peralihan, PSS, SVC, gangguan hubung singkat

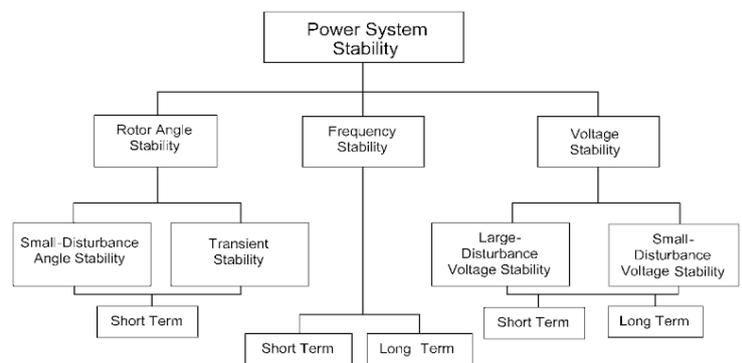
### I. PENDAHULUAN

Isu utama didalam keamanan operasi sistem tenaga listrik adalah persoalan kestabilan sistem. Permasalahan stabilitas transient masih menjadi perhatian utama dalam stabilitas sistem. Mengingat kondisi transien terjadi dengan tiba-tiba dan cepat. Tindakan prefentif dan korektif di lakukan untuk mengatasi keamanan sistem. Secara garis besar klasifikasi stabilitas sistem tenaga ditunjukkan pada gambar 1[2].

Stabilitas sistem harus dijaga dan dipertahankan bahkan ketika gangguan terjadi. Diinginkan pada sistem probabilitas gangguan rendah sehingga listrik dapat disuplai ke konsumen dengan keandalan tinggi. Gangguan sistem dapat mengakibatkan hilangnya sinkronisasi antara generator dan sistem lainnya, atau pada jaringan interkoneksi yang dapat mengganggu sistem lainnya.

Klasifikasi sistem Stabilitas Sistem Tenaga di bagi beberapa bagian yaitu Kestabilan sudut rotor mengacu pada kemampuan mesin sinkron dari sistem daya yang saling berhubungan untuk tetap dalam sinkronisme setelah mengalami gangguan. Kestabilan frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi yang stabil setelah gangguan sistem yang parah dalam

ketidakseimbangan yang signifikan antara generator dan beban. Kestabilan tegangan juga kemampuan sistem tenaga untuk tetap tegangan stabil di semua bus dalam sistem setelah dikenakan untuk gangguan dari kondisi operasi awal yang diberikan [4].



Gambar 1. Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga.[1]

Sedangkan permasalahan stabilitas dikelompokkan menjadi :

- Stabilitas steady state
- Stabilitas transient

Stabilitas steady state erat kaitannya dengan perubahan beban yang rendah, frekuensi atau perubahan medan flux karena putaran mesin yang mengimbangi perubahan beban[1]. Stabilitas transient erat kaitannya dengan perubahan maksimum yang terjadi secara tiba-tiba seperti perubahan beban, lepasnya pembangkit dan mengakibatkan perubahan titik stabilitas. SVC (Static Var Compensator) adalah generator elektronik yang secara dinamis mengontrol aliran daya melalui variabel reaktif masuk ke jaringan transmisi, juga SVC mengatur tegangan pada terminalnya dengan mengendalikan jumlah daya reaktif disuntikkan atau diserap dari sistem tenaga Ketika sistem tegangan rendah, SVC menghasilkan daya reaktif (kapasitif SVC). Ketika

tegangan sistem tinggi, ia menyerap daya reaktif (SVC induktif) [9]. Penggunaan SVC pada stabilitas transient akan banyak berpengaruh bila di letakan pada posisi yang tepat [1]. PSS (Power System Stabilizer) di gunakan sebagai meredam (dumping) ketika generator mengalami osilasi. PSS (Power System Stabilizer) akan menghasilkan torsi elektrik mengikuti variasi kecepatan rotor. Untuk melakukan analisa stabilitas transient disini akan dilakukan simulasi pada sistem transmisi 150 kV di Bali, pengujian ada dilakukan pada system 3 generator, 9 bus untuk melihat respon sistem idealnya [1]

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Kestabilan Sistem Tenaga

Kestabilan sistem tenaga listrik secara umum dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu sistem tenaga listrik untuk mempertahankan keadaan sinkronnya pada saat dan sesudah terjadi gangguan

Berdasarkan paper IEEE *definition and classification power system*, kestabilan sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga kategori yaitu gambar 1:

#### **Stabilitas Sudut Rotor**

Stabilitas sudut rotor mengacu pada kemampuan mesin sinkron dari sistem tenaga yang saling berhubungan untuk tetap sinkron setelah mengalami gangguan. Hal initergantungan kemampuan untuk menjaga atau mempertahankan keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanik dari setiap mesin sinkron pada sistem. Ketidakstabilan yang dapat menyebabkan peningkatan sudut ayunan dalam beberapagenerator menyebabkan kerugian sinkronisasi dengan generator lain.

### 2. Stabilitas Frekuensi

Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan system tenaga untuk mempertahankan frekuensi stabil mengikuti upset sistem yang menghasilkan ketidakseimbangan yang signifikan antara generator dan beban. Hal ini tergantung pada kemampuan untuk mempertahankan/ mengembalikan keseimbangan antara system generator dan beban, dengan kehilangan beban minimal yang tidak disengaja. Ketidakstabilan yang terjadi dapat mengakibatkan dalam bentuk ayunan frekuensi yang leading menyebabkan tripping unit pembangkit atau beban.

### 3. Stabilitas Tegangan

Stabilitas tegangan mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan di semua bus dalam sistem setelah mengalami gangguan dari kondisi operasi awal. Hal tersebut tergantung kemampuan sistem untuk menjaga kebutuhan beban dan ketersediaan dari sistem tenaga. Bentuk stabilitas dipengaruhi oleh

### 4. Analisa Kestabilan Transient

Stabilitas transien adalah kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi ketika mengalami gangguan sementara yang parah. Respons sistem yang

dihasilkan melibatkan besar sudut rotor generator dan dipengaruhi oleh hubungan sudut daya nonlinier. Stabilitas tergantung pada kondisi operasi awal sistem dan tingkat keparahan gangguan. Biasanya, sistem diubah sehingga operasi steady-state pasca gangguan berbeda dari yang sebelum gangguan.

Sistem mengalami berbagai macam gangguan. Menyalakan dan mematikan alat di rumah juga merupakan gangguan tergantung pada ukuran dan kemampuan sistem yang saling berhubungan. Gangguan besar seperti sambaran petir, hilangnya saluran transmisi yang membawa daya massal memang terjadi dalam sistem. Oleh karena itu stabilitas transien didefinisikan sebagai kemampuan sistem tenaga untuk selamat dari transisi mengikuti gangguan besar dan untuk mencapai kondisi operasi yang dapat diterima.

Fenomena fisik yang terjadi selama gangguan besar adalah bahwa akan ada ketidakseimbangan antara input daya mekanik dan output daya listrik. Ini akan cenderung menjalankan generator dengan kecepatan tinggi. Hasilnya adalah hilangnya sinkronisasi generator dan mesin akan terputus dari sistem. Fenomena ini disebut sebagai generator keluar dari langkah

### 5. Power System Stabilizer

Fungsi dasar *power system stabilizer (PSS)* adalah untuk menambah redaman osilasi rotor generator dengan mengatur eksitasi menggunakan penyetabil tambahan. Untuk memberikan peredaman, PSS harus menghasilkan komponen torsi elektrik yang se-fasa dengan perubahan kecepatan rotor.

Sinyal kontrol (input ke PSS) adalah perubahan kecepatan rotor, namun pada aplikasi praktis dapat menggunakan sinyal lain, misalnya frekuensi bus daya listrik dan akselerasi daya yang merupakan sintesis dari kombinasi sinyal daya elektrik dan mekanik. Sinyal daya mekanik dapat diperoleh dari posisi gate pada turbin hidrolik atau tekanan uap pada turbin uap. Meskipun demikian, sulit untuk mengatur daya mekanik. Hal itu dapat dilihat pada kenyataan bahwa jika variasi daya mekanik lambat maka sinyal yang dikirim dari daya elektrik akan mempercepat daya. Hal ini juga dapat menimbulkan masalah pada saat pembangkit cepat mengalami peningkatan. Sedangkan PSS digunakan untuk menurunkan tegangan. Dalam hal ini yang terjadi adalah kelambatan yang dapat membahayakan keamanan system

### 6. Static Var Compensator

Static VAR Compensator (SVC) adalah perangkat elektronika daya yang disusun secara parallel dengan reaktor yang dikendalikan thyristor (FC-TCR), untuk mengatur aliran daya dan meningkatkan stabilitas transien dari sistem jaringan. Perangkat SVC mengatur tegangan pada masing masing terminal dengan mengatur jumlah daya reaktif yang diinjeksikan atau diserap dari sistem daya. Saat tegangan sistem rendah, SVC membangkitkan daya reaktif (SVC Kapasitif). Saat tegangan sistem tinggi, SVC menyerap daya reaktif (SVC Induktif). Pengaturan daya reaktif ini dilakukan dengan switching bank kapasitor dan bank induktor 3 fasa yang terhubung pada sisi sekunder transformator. Kondisi on

dan off kapasitor bank diatur oleh thyristor switch (Thyristor Switched Capacitor or TSC). Kondisi on dan off reaktor diatur oleh Thyristor Switch Reactor (TSR) atau Thyristor Controlled Reactor (TCR)

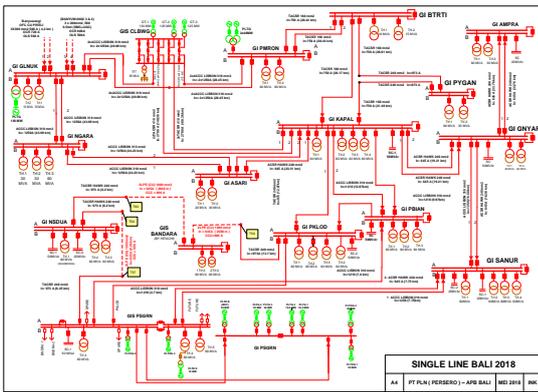
### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### Sistem Uji IEEE 9 Bus

Sistem uji IEEE 9 Bus merupakan penelitian yang menggunakan program Matlab Simulink pada sistem, dan analisis eigenvalue untuk mempelajari kinerja pada sistem. Dalam system IEEE 9-bus ini, PSS juga di tambahkan pada generator dan SVC di tambahkan di jaringan transmisi untuk meningkatkan stabilitas transient.

#### Sistem Kelistrikan 150 kV di Bali

Indonesia Power Pesanggaran Bali. Pembangkit Indonesia Power terletak di Denpasar Selatan Provinsi Bali. Penelitian ini menggunakan sistem uji IEEE 9 Bus sebagai acuan dalam proses pelaksanaan dan pengerjaannya di sistem 150 kV Bali.



Gambar 2. Single Line Sistem 150 kV Bali

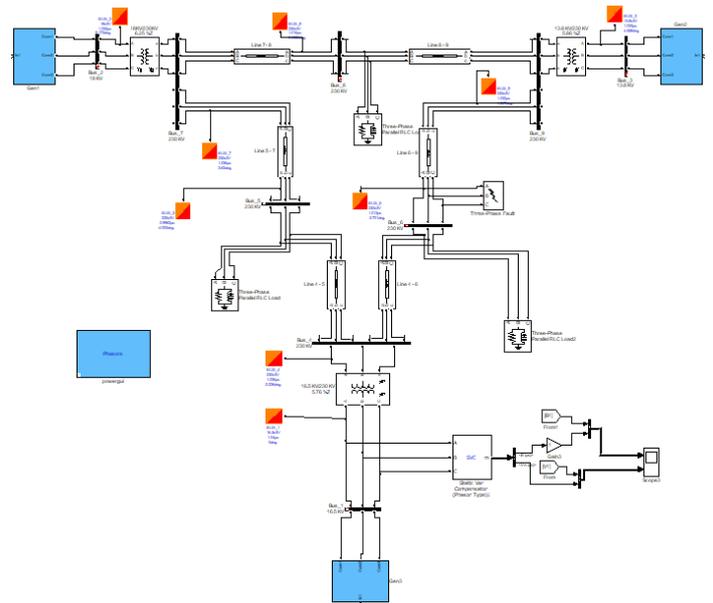
### IV. SIMULASI DAN ANALISA

#### 1. Pemodelan Single Line diagram 150kV Bali menggunakan software Matlab Simulink

Membuat pemodelan Single Line diagram sistem uji IEEE 9 Bus dan sistem 150 kV Bali menggunakan software Matlab Simulink langkah awal dalam melakukan analisa. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukan semua data-data teknis yang meliputi Power grid, kapasitas generator, kapasitas trafo, data saluran dan data beban.

#### 2. Running menggunakan software Matlab Simulink

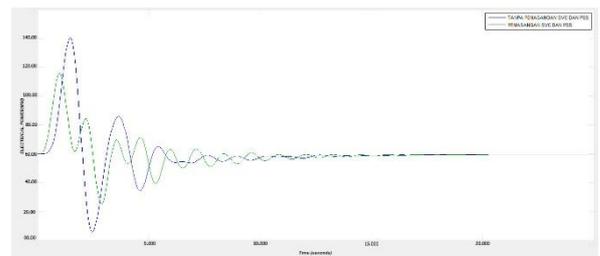
Setelah selesai menggambar single line diagram pastikan semua data dimasukan dengan benar, langkah selanjutnya melakukan simulasi untuk mengetahui perbandingan antara sebelum pemasangan dan setelah pemasangan Static Var Compensator (SVC) dan Power System Stabilizer (PSS)



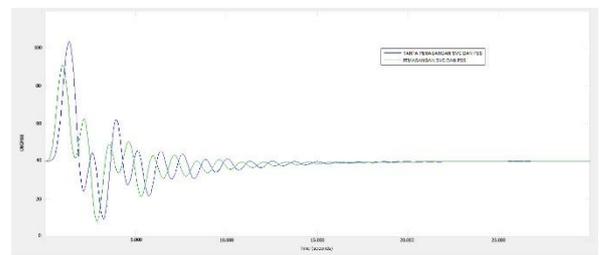
Gambar 3. Single Line Sistem Uji IEEE 9 Bus

#### 3. Hasil Simulasi Sistem Uji IEEE 9 Bus

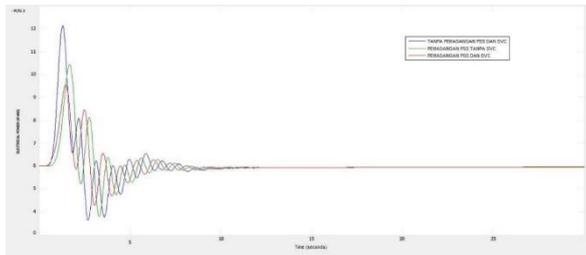
Berikut ini adalah hasil dari simulasi yang menampilkan hasil grafik pada saat sistem keadaan stabil, pada saat sistem mengalami gangguan 3 fasa ketanah sebelum pemasangan saat terjadi gangguan dan setelah pemasangan Static Var Compensator (SVC) dan Power System Stabilizer (PSS).



Gambar 4. Respon MW



Gambar 5. Respon Sudut

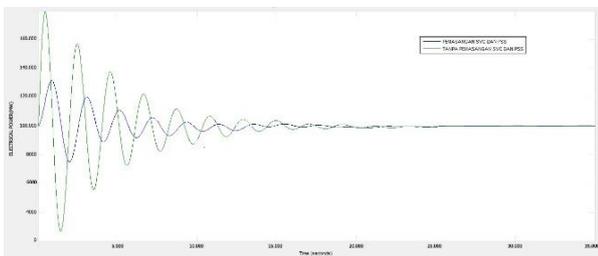


Gambar 6. Respon MVAR

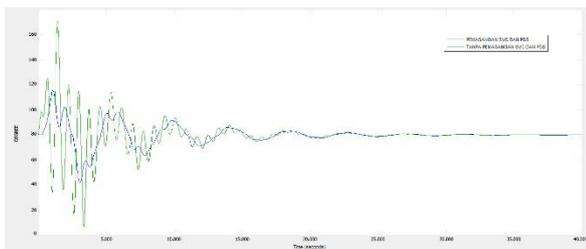
diatas ini menunjukkan hasil daya aktif dan sudut rotor dari sebelum dan sesudah pemasangan SVC dan PSS. Hasil menunjukkan bahwa sudut rotor, daya aktif dan daya reaktif dalam keadaan ideal

#### 4. Grafik Hasil Simulasi Sistem 150 kV Bali

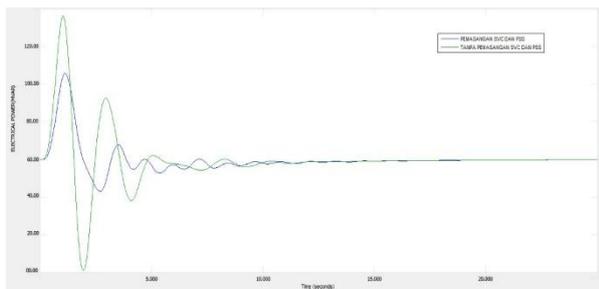
Berikut ini adalah grafik dari simulasi yang menampilkan hasil plot pada saat sistem keadaan stabil, pada saat sistem mengalami gangguan 3 fasa ketanah dari sebelum, sesudah pemasangan Static Var Compensator (SVC) dan Power System Stabilizer (PSS) Hasil yang akan di tampilkan yaitu sudut rotor dan daya aktif



Gambar 7. Respon MW



Gambar 8. Respon Sudut



Gambar 9. Respon MVAR

## V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian sistem uji IEEE 9 Bus, penggunaan atau pemasangan *Power System Stabilizer* (PSS) dan *Static var Compensator* (SVC) pada Generator 1 yang di tentukan pada data IEEE 9 Bus dapat meningkatkan stabilitas *transient*. Apabila terjadi gangguan simetris daya reaktif pada generator akan mengalami *transient* pada detik 19.5 *second*, daya aktif pada detik 20.1 *second* dan sudut rotor pada detik 22.4 *second*. Setelah pemasangan PSS dan SVC mengalami penurunan waktu *steady state* pada daya reaktif menjadi 18.9 *second*, daya aktif menjadi 19.3 *second* dan sudut rotor menjadi 20.5 *second*.
2. Berdasarkan pengujian pada kasus dasar yaitu sistem uji IEEE 9 Bus, maka dengan cara yang sama dapat diterapkan pada sistem 150 kV Bali. Pemasangan *Power System Stabilizer* (PSS) yaitu pada generator PLTU3 yang berkapasitas 40 MW dan pemasangan *Static Var Compensator* (SVC) di GI Kapal. Apabila terjadi gangguan simetris daya reaktif pada generator akan mengalami *transient* pada detik 24.9 *second*, daya aktif pada detik 29.1 *second* dan sudut rotor pada detik 27.2 *second*. Setelah pemasangan PSS dan SVC mengalami penurunan waktu *steady state* pada daya reaktif menjadi 24.9 *second*, daya aktif menjadi 26.7 *second* dan sudut rotor menjadi 24.5 *second*.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bablesh Kumar Jha, Ramjee Prasad Gupta, Upendra Prasad. Combined Operation of SVC, PSS and Increasing Inertia of Machine for Power System Transient Stability Enhancement. *American Journal of Electrical Power and Energy Systems*
- [2] Hayusman L. M, Hidayat T, Saleh O., *Analisa Stabilitas Peralihan Sistem Tenaga Menggunakan Model Power System Stabilizer (PSS) Dan Static Var Compensator (SVC)*. Teknik Listrik D-3 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang, *Jurna Ilmu – Ilmu Teknik – Sistem*, Vol. 12 No. 3
- [3] Hakim L., *Implementasi PSSIA IEEE Type 1 Dalam Peningkatan Stabilitas Transient Pada Sistem 150 kV Bali*. Teknik Tenaga Listrik Institut Teknologi Nasional Malang, 2015
- [4] Kumar D. T, Penangsang O, Aryani K., *Analisa Stabilitas Transien Pada Sistem Transmisi Sumatra Utara 150 kV – 275 kV Dengan Penambahan PLTA Batang Toru 4 X 125 MW*, *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- [5] Khalkho Pushpalata, Sigh Kumar A. *Transient stability improvement by using PSS and increasing inertia of synchronous machine*. *American Journal of Electrical*

*Power and Energy Systems*.doi:10.11648/j.epes.20140302.15

- [6] Bisen, Prity dan shrivastava, Amit. 2013. Comparison between SVC and STATCOM FACTS Devices for Power System Stability Enhancement. *International Journal on Emerging Technologies.*, 4(2), pp.101-109.
- [7] J.C.Das, "Transient in Elctrical System" Analysis, Recognition, and Mitigation by The McGraw-Hill Companies, inc 2010

- [8] Prabha Kundur (Canada, Convener), John Paserba (USA, Secretary), Venkat Ajjarapu (USA), Göran Andersson (Switzerland), Anjan Bose (USA) , Claudio Canizares (Canada), Nikos Hatzargyriou (Greece), David Hill (Australia), Alex Stankovic (USA), Carson Taylor (USA), Thierry Van Cutsem (Belgium), and Vijay Vittal (USA)." Definition and Classification of Power System Stability" *Ieee Transactions On Power Systems*, Vol. 19, No. 2, May 2004