

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desain sistem Power Sistem Stabilizer (PSS) yang terintegrasi dengan sistem eksitasi merupakan salah satu pendekatan penting dalam meningkatkan kestabilan sistem tenaga listrik. Sistem eksitasi berfungsi untuk mengatur tegangan terminal generator melalui pengendalian arus medan, sehingga tegangan dan daya reaktif dapat dipertahankan dalam batas operasi yang diizinkan. Kinerja sistem eksitasi tidak hanya berpengaruh terhadap kestabilan tegangan, tetapi juga terhadap respons dinamis generator saat terjadi gangguan. Oleh karena itu, integrasi antara sistem eksitasi dan pengendali tambahan diperlukan untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan, khususnya dalam menghadapi kondisi operasi yang tidak normal[1].

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam sistem tenaga listrik adalah stabilitas transien. Stabilitas transien merupakan kemampuan sistem tenaga untuk tetap mempertahankan kesinkronan antar generator setelah mengalami gangguan besar dalam waktu singkat. Gangguan seperti hubung singkat, pelepasan beban secara tiba-tiba, maupun kehilangan unit pembangkit dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara daya mekanik dan daya listrik, sehingga memicu percepatan rotor generator. Apabila kondisi ini tidak dapat diredam dengan baik, maka akan terjadi osilasi sudut rotor yang semakin besar dan berpotensi menyebabkan sistem kehilangan sinkronisasi[2].

Selain stabilitas transien, sistem tenaga listrik juga harus mampu mempertahankan stabilitas dinamis. Stabilitas dinamis merupakan kemampuan sistem untuk kembali ke kondisi operasi normal setelah mengalami gangguan kecil di sekitar titik kerja. Stabilitas ini berkaitan dengan kemampuan sistem dalam meredam osilasi yang timbul akibat perubahan kecil pada beban maupun kondisi operasi. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas sistem tenaga listrik modern serta variasi beban yang semakin dinamis, kebutuhan terhadap sistem pengendali yang mampu merespons gangguan secara cepat dan akurat menjadi semakin penting[3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan Power Sistem Stabilizer (PSS) sebagai pengendali tambahan yang diintegrasikan ke dalam sistem eksitasi. Power Sistem Stabilizer bekerja dengan memanfaatkan sinyal umpan balik seperti kecepatan rotor atau daya listrik

untuk menghasilkan sinyal stabilisasi yang dimasukkan ke dalam sistem eksitasi melalui loop Automatic Voltage Regulator (AVR). Dengan adanya Power Sistem Stabilizer, osilasi sudut rotor dapat diredam secara lebih efektif sehingga sistem mampu mencapai kondisi stabil dalam waktu yang lebih singkat[4].

Integrasi antara PSS dan sistem eksitasi telah terbukti mampu meningkatkan stabilitas sistem tenaga listrik, khususnya dalam memperbesar nilai *Critical Clearing Time* (CCT) serta mengurangi amplitudo osilasi yang terjadi setelah gangguan. Critical Clearing Time merupakan waktu maksimum yang diperbolehkan untuk menghilangkan gangguan sebelum sistem kehilangan kestabilan sinkron. Semakin besar nilai *Critical Clearing Time*, maka sistem memiliki toleransi waktu yang lebih lama terhadap gangguan, sehingga peluang sistem untuk tetap stabil setelah gangguan menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, peningkatan nilai Critical Clearing Time sering digunakan sebagai salah satu indikator utama dalam mengevaluasi kinerja metode peningkatan stabilitas transien [5].

Dalam analisis kestabilan sistem tenaga, digunakan berbagai model sistem eksitasi untuk merepresentasikan karakteristik dinamis generator. Salah satu model yang digunakan adalah eksitasi IEEE Tipe 1, yaitu model eksitasi konvensional yang terdiri atas Automatic Voltage Regulator, penguat, eksiter, serta limiter. Model ini memiliki keunggulan dalam kesederhanaan struktur dan kemampuannya dalam merepresentasikan respons dinamis sistem eksitasi secara memadai, sehingga banyak digunakan dalam studi simulasi dan analisis kestabilan sistem tenaga listrik[6].

Selain eksitasi IEEE Tipe 1, model AC1A juga digunakan sebagai sistem eksitasi dalam studi kestabilan sistem tenaga. AC1A merupakan sistem eksitasi tipe AC yang berfungsi mengatur tegangan medan pada generator sinkron agar arus medan dapat menyesuaikan kebutuhan operasi. Arus medan tersebut dipengaruhi oleh parameter penguatan dan konstanta waktu sistem eksitasi. Perubahan parameter AC1A dapat memengaruhi tegangan terminal, keluaran daya reaktif, serta respons dinamis generator. Oleh karena itu, AC1A digunakan untuk menganalisis kemampuan sistem eksitasi dalam menjaga kestabilan tegangan dan membantu generator kembali stabil setelah terjadi gangguan[7].

Selain Critical Clearing Time, parameter lain yang penting digunakan dalam menilai kualitas respons dinamis sistem adalah settling time. Settling time merupakan waktu yang dibutuhkan oleh respons sistem

untuk mencapai dan tetap berada pada daerah stabil di sekitar nilai keadaan tunaknya setelah terjadi gangguan atau perubahan kondisi operasi. Parameter ini penting karena dapat menunjukkan seberapa cepat sistem meredam osilasi dan kembali menuju kondisi stabil. Dalam sistem tenaga listrik, nilai settling time yang lebih kecil menunjukkan bahwa sistem eksitasi dan Power System Stabilizer mampu memberikan redaman yang lebih baik terhadap osilasi sudut rotor, kecepatan rotor, maupun tegangan terminal generator. Hal ini sejalan dengan penelitian Padiachy et al. yang menjelaskan bahwa respons dinamis sistem kendali tertutup umumnya dievaluasi berdasarkan rise time, settling time, dan overshoot. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa perbaikan sistem kendali dapat ditinjau dari penurunan nilai overshoot dan settling time[8]

Untuk melakukan kajian tersebut, diperlukan pendekatan simulasi dinamis yang mampu merepresentasikan perilaku sistem tenaga secara realistis. Melalui simulasi, respon sistem terhadap berbagai jenis gangguan dapat diamati secara sistematis, sehingga efektivitas integrasi antara sistem eksitasi dan power sistem stabilizer dapat dievaluasi secara menyeluruh. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi konfigurasi sistem yang optimal dalam meningkatkan stabilitas sistem tenaga listrik, khususnya dalam menghadapi kondisi gangguan yang kompleks dan dinamis[9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai desain Power Sistem Stabilizer yang terintegrasi dengan sistem eksitasi menjadi penting untuk dilakukan. Melalui perbandingan model eksitasi IEEE Tipe 1 dan AC1A yang diintegrasikan dengan Power Sistem Stabilizer, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh parameter sistem eksitasi terhadap peningkatan stabilitas transien. Hasil analisis diharapkan mampu menunjukkan konfigurasi sistem eksitasi dan PSS yang paling efektif dalam memperbesar *Critical Clearing Time*, mempercepat settling time, serta meredam osilasi generator setelah terjadi gangguan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja Power Sistem Stabilizer (PSS) dalam meredam osilasi sudut rotor generator pada saat terjadi kenaikan beban dan Loss Eksitasi pada sistem tenaga listrik?
2. Manakah sistem eksitasi yang lebih optimal antara IEEE Tipe 1 dan AC 1A dalam meningkatkan kestabilan sistem tenaga listrik jika terjadi gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dengan CCT?

1.3 Tujuan

1. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh integrasi Power Sistem Stabilizer (PSS) dengan sistem eksitasi terhadap peningkatan stabilitas transien pada sistem tenaga listrik.
2. Mengetahui perbandingan kinerja antara sistem eksitasi IEEE Tipe 1 dan AC 1A dalam meredam osilasi serta meningkatkan nilai *Critical Clearing Time*.
3. Menentukan konfigurasi sistem eksitasi dan Power Sistem Stabilizer (PSS) yang lebih efektif dalam meningkatkan kestabilan sistem tenaga berdasarkan hasil analisis dan simulasi.

1.4 Manfaat

1. Penelitian ini hanya membahas kestabilan sistem tenaga listrik ditinjau dari aspek stabilitas transien dan respons dinamis generator setelah terjadi gangguan.
2. Sistem eksitasi yang dianalisis dibatasi pada dua model, yaitu IEEE Tipe 1 dan AC1A, yang diintegrasikan dengan Power Sistem Stabilizer (PSS).
3. Perbandingan performa sistem dilakukan berdasarkan respons sebelum dan sesudah integrasi PSS pada masing-masing model eksitasi, yaitu IEEE Tipe 1 dan AC1A.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya membahas kestabilan sistem tenaga listrik ditinjau dari aspek stabilitas transien dan respons dinamis generator setelah terjadi gangguan.
2. Sistem eksitasi yang dianalisis dibatasi pada dua model, yaitu IEEE Tipe 1 dan AC1A, yang diintegrasikan dengan Power Sistem Stabilizer (PSS).
3. Perbandingan performa sistem dilakukan berdasarkan respons sebelum dan sesudah integrasi PSS pada masing-masing model eksitasi, yaitu IEEE Tipe 1 dan AC1A.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan di uraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian tinjauan pustaka berisi teori – teori dasar yang relevan dari berbagai sumber seperti jurnal penelitian

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian, data Single Line Diagram, pemodelan sistem tenaga listrik 500 kV Area IV menggunakan software, pengaturan parameter sistem eksitasi IEEE Tipe 1 dan AC1A, integrasi PSS1A

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil simulasi dan analisis respon sistem terhadap gangguan pada bus GITET Antosari. Analisis dilakukan berdasarkan grafik speed, power angle absolute, dan power angle relative, serta perbandingan performa sistem eksitasi IEEE Tipe 1 dan AC1A yang diintegrasikan dengan PSS1A.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA :

Pada bagian daftar pustaka berisi sumber kutipan yang digunakan sebagai teori pendukung yang berupa jurnal, buku, dan lain – lain.

LAMPIRAN

[HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN]