

BAB I PEDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, permintaan terhadap energi listrik terus meningkat secara signifikan. Pemerintah perlu melakukan berbagai upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya melalui pembangunan pembangkit listrik di berbagai daerah. Hal ini bertujuan untuk menjaga ketersediaan energi dan mendukung stabilitas sistem kelistrikan nasional.

Salah satu jenis pembangkit yang banyak digunakan di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU terdiri dari berbagai komponen utama, salah satunya adalah generator sinkron, yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan penggerak mula (*prime mover*). Jika kecepatan melebihi batas nominal, maka tegangan akan meningkat melebihi nilai yang diizinkan (*overvoltage*). Sebaliknya, jika kecepatan terlalu rendah, tegangan yang dihasilkan tidak akan mencapai tegangan fasa nominal. Selain itu, ketidakseimbangan beban antar fasa juga dapat menyebabkan tegangan menjadi tidak stabil. Untuk mengatasi kondisi tersebut, diperlukan pengaturan arus eksitasi pada rotor generator. Arus ini memengaruhi besar medan magnet yang dibangkitkan, sehingga berdampak langsung pada tegangan yang dihasilkan.

Ketidakstabilan tegangan pada generator sinkron dapat menurunkan kualitas sistem kelistrikan dan mengganggu transfer daya dari pembangkit ke konsumen. Dalam kondisi terburuk, hal ini dapat menyebabkan mekanisme pelepasan beban (*load shedding*). Oleh karena itu, diperlukan peralatan yang dapat mengendalikan kestabilan tegangan secara otomatis dan efisien, yaitu *Automatic Voltage Regulator* (AVR). (Mustang & Prasetya, 2022)

AVR merupakan perangkat yang berfungsi mengatur arus eksitasi secara otomatis agar tegangan keluaran generator tetap berada dalam batas nominal. AVR memiliki peran penting dalam mengendalikan tegangan terminal pada generator sinkron, terutama saat terjadi perubahan beban. Ketika sistem tidak dilengkapi AVR, tegangan tidak mampu dipertahankan pada nilai nominal, sehingga kualitas pasokan daya terganggu. (Sartika, Prasetya, & Sudirman, 2024)

Hal senada disampaikan oleh (Winarto, Sunardi, & Sutikno, 2024), bahwa ketidakstabilan tegangan dapat memengaruhi kualitas daya dan keandalan sistem pembangkit secara keseluruhan. Untuk mengatasi hal tersebut, AVR digunakan untuk mengatur arus eksitasi berdasarkan fluktuasi tegangan terminal. Arus eksitasi ini memengaruhi tegangan output secara langsung, sehingga kestabilannya sangat bergantung pada performa AVR.

Fluktuasi beban yang ekstrem dan sering terjadi merupakan tantangan besar dalam sistem pembangkitan modern. Oleh karena itu, pengembangan AVR dengan performa tinggi menjadi sangat penting untuk menjamin kestabilan sistem tenaga listrik. (Ezenugu & Nwokonko, 2024)

Salah satu PLTU yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah PLTU Pangkalan Susu, yang memiliki kapasitas 2×220 MW dan menggunakan generator dengan tegangan keluaran 15,75 kV. Dalam operasionalnya, tegangan output generator di PLTU ini sering mengalami fluktuasi signifikan akibat perubahan beban. Ketidakstabilan tegangan tersebut dapat menurunkan efisiensi sistem pembangkit dan mengurangi keandalan operasional secara keseluruhan.

Peran AVR sangat penting untuk menjaga tegangan agar tetap berada dalam batas set point yang telah ditentukan. Namun, perlu diperhatikan bahwa perubahan beban yang dinamis juga memengaruhi kinerja AVR. Fluktuasi beban yang terlalu sering dan ekstrem dapat menyebabkan respon AVR menjadi kurang optimal, sehingga tegangan tidak dapat dipertahankan secara stabil.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai peran *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dalam menjaga kestabilan profil tegangan pada generator sinkron di PLTU Pangkalan Susu. Penelitian ini dilakukan melalui pemodelan sistem PLTU menggunakan perangkat lunak Simulink, yang kemudian dilanjutkan dengan analisis regulasi tegangan secara periodik berdasarkan data setiap jam. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas AVR dalam menghadapi fluktuasi beban serta menjaga kestabilan tegangan sistem pembangkitan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang terdapat pada penelitian yang akan dilakukan, ada permasalahan sebagai berikut:

1. Tegangan *output* pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu sering mengalami ketidakstabilan sebagai akibat dari fluktuasi beban yang terjadi secara dinamis dan mendadak.
2. Ketidakstabilan tegangan tersebut dapat menurunkan efisiensi proses pembangkitan, mengurangi kualitas daya listrik (*power quality*), serta mengganggu kontinuitas dan keandalan pasokan listrik ke sistem distribusi.
3. *Automatic Voltage Regulator* (AVR) berfungsi untuk mengatur arus eksitasi rotor secara otomatis guna menjaga tegangan terminal generator dalam batas yang telah ditentukan.
4. Respons AVR dalam menghadapi variasi beban yang cepat (kondisi *transien*) maupun perubahan beban yang bertahap (kondisi *steady state*) belum optimal, sehingga sistem belum sepenuhnya stabil dalam berbagai kondisi operasi.
5. Diperlukan analisis yang komprehensif terhadap kinerja AVR melalui pendekatan pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink dan validasi dengan data operasional aktual PLTU Pangkalan Susu, guna mengevaluasi kemampuan AVR dalam mempertahankan kestabilan tegangan secara efektif dan efisien..

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi kesalahan penafsiran maka penulis membatasi bahasan yang dibahas dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu dengan kapasitas 220 MW dan tegangan keluaran 15,75 kV.

2. Analisis hanya difokuskan pada performa *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dalam menjaga kestabilan tegangan terminal generator.
3. Pemodelan sistem pembangkitan dan AVR dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink, berdasarkan parameter teknis sistem pada *manual book*.
4. Kondisi operasi yang dianalisis pada saat kondisi *transien* dan pada saat kondisi *steady state*
5. Data yang digunakan berasal dari data operasional aktual, spesifikasi, manual books, dan bukan dari pengujian langsung ke lapangan.
6. Data simulasi hasil pemodelan sistem, bukan dari pengujian langsung di lapangan.

1.4 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini adapun rumusan masalah yang akan diselesaikan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja *Automatic Voltage Regulator* dalam menjaga kestabilan tegangan pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu saat kondisi *transien*?
2. Bagaimana kinerja AVR dalam mengatur arus eksitasi rotor terhadap perubahan beban secara tiba-tiba pada kondisi *transien*?
3. Bagaimana respons tegangan terminal saat terjadi pelepasan beban mendadak pada kondisi *transien*?
4. Bagaimana kinerja AVR dalam menjaga kestabilan tegangan pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu pada kondisi *steady state*?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja AVR dalam menjaga kestabilan tegangan *output* pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu saat terjadi kondisi *transien*.
2. Menganalisis kemampuan AVR dalam mengatur arus eksitasi rotor sebagai respons terhadap perubahan beban secara tiba-tiba pada kondisi *transien*.
3. Menganalisis karakteristik respons tegangan terminal saat terjadi pelepasan beban mendadak pada kondisi *transien*.
4. Menganalisis kinerja AVR dalam menjaga kestabilan tegangan *output* pada kondisi *steady state* pada generator sinkron unit 1 PLTU Pangkalan Susu.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran teknis mengenai kinerja AVR dalam menjaga kestabilan tegangan pada generator sinkron di PLTU.
2. Menjadi referensi dalam memahami respons AVR terhadap perubahan beban, baik pada kondisi *transien* maupun *steady state*.
3. Menyediakan data dan hasil simulasi MATLAB Simulink sebagai dasar evaluasi dan optimasi pengaturan AVR.
4. Membantu operator dan perancang sistem dalam meningkatkan performa AVR agar lebih adaptif terhadap dinamika beban.
5. Mendorong pengembangan sistem pengaturan tegangan yang lebih responsif dan andal untuk menjaga kualitas daya dan keandalan pembangkit.