

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen, antara lain unit pembangkit, saluran transmisi, gardu induk dan jaringan distribusi yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk memenuhi kebutuhan listrik ke seluruh konsumen. Pembangkit tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi membangkitkan energi listrik dengan mengubah sumber energi lain menjadi energi listrik. Sumber energi tersebut dapat berupa energi air, bahan bakar minyak, batu bara, angin, surya dan lain-lain. Untuk menghasilkan energi listrik diperlukan alat yang disebut sebagai generator. Pada sistem tenaga listrik, energi listrik yang dibangkitkan oleh generator selanjutnya dikirimkan ke beban atau pusat-pusat beban untuk dimanfaatkan. Lokasi pusat beban kadang terletak jauh dari pusat pembangkit. Untuk menyalurkan energi listrik tersebut ke pusat beban diperlukan sarana yang mampu mengirimkan energi yang cukup besar dengan seekonomis mungkin. Komponen sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ini dinamakan saluran transmisi[1].

Tujuan utama sistem tenaga listrik adalah melayani kebutuhan tenaga listrik bagi para konsumen. Konsumen tentunya menginginkan tenaga listrik yang diterima sesuai dengan keinginan dan kebutuhannya. Sehingga sudah semestinya pengelola sistem tenaga listrik mengupayakan agar keinginan konsumen dapat terpenuhi. Untuk mencapai hal seperti itu diperlukan adanya standar pelayanan, sehingga pengelola dapat mengetahui bahwa tenaga listrik yang diberikan kepada konsumen sudah memenuhi standar. Demikian juga konsumen dapat mengetahui apakah tenaga listrik yang diterima telah memenuhi standar pelayanan atau belum. Jika ternyata belum memenuhi standar, maka konsumen/pelanggan dapat melakukan klaim atau menuntut agar dilakukan perbaikan kualitas pelayanan. Standar yang digunakan untuk mengukur kualitas pelayanan tenaga listrik kepada konsumen meliputi dua hal, yaitu keandalan dan kualitas[1].

Keandalan adalah standar pelayanan yang berkaitan dengan kontinuitas pelayanan energi listrik kepada konsumen. Sedangkan kualitas berkaitan dengan stabilitas nilai tegangan dan frekuensi yang sampai kepada konsumen. Dengan keandalan dan kualitas tenaga listrik yang tinggi, konsumen akan dapat memanfaatkan energi listrik secara terus menerus sesuai kebutuhan dengan nyaman dan aman. Sebaliknya, keandalan yang kurang baik akan merugikan konsumen, karena akan mengganggu kegiatan atau proses produksi terutama bagi pelanggan industri. Kualitas yang kurang baik kadang mengganggu kinerja peralatan listrik yang digunakan, bahkan dapat memperpendek umur pakai peralatan listrik[1].

Terjadinya suatu gangguan di dalam operasi sistem tenaga listrik adalah suatu masalah yang tidak dapat dihindari. Gangguan tersebut dapat bersifat permanen atau sementara dan dapat merusak atau mempengaruhi sistem aliran daya pada saluran. Banyak gangguan yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik baik itu dari sistem pembangkit, sistem transmisi, maupun pada sistem distribusi. Namun bila dilihat frekuensi terjadinya gangguan, pada saluran transmisi adalah yang paling sering terjadi. Gangguan dapat berupa gangguan hubung singkat atau terputusnya salah satu saluran[1].

Solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah pengembangan sistem control *grid-following inverter* pada sistem kelistrikan. Solusi ini dipilih karena berfungsi untuk menyesuaikan output daya dengan tegangan dan frekuensi jaringan listrik yang ada, yang memungkinkan *grid-following inverter* untuk mengeluarkan atau menyerap daya aktif dan reaktif sesuai dengan kebutuhan jaringan sistem kelistrikan 150kV di Pulau Bali, *grid-following inverter* banyak diaplikasikan pada pembangkit listrik energi terbarukan seperti PLTS dan PLTB. Keunggulan dari solusi ini adalah *grid-following inverter* memiliki respons yang cepat untuk mengontrol daya dibandingkan dengan *grid-forming inverter*, sehingga membuat *grid-following inverter* ini ideal dalam pengaplikasian yang memerlukan respons cepat dalam perubahan beban listrik. Keunggulan lain dari *grid-following inverter* adalah lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan *grid forming inverter*, sehingga banyak diaplikasikan dalam kebutuhan komersial. Dengan demikian pengembangan sistem *grid-following inverter* ini dapat memberikan kontribusi

yang signifikan terhadap upaya pemerintah untuk mengoptimalkan kualitas dari sistem kelistrikan yang ada[1].

Pembahasan penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan sistem kelistrikan 150 kV Pulau Bali hanya membahas analisis aliran daya yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem dalam keadaan normal, sehingga sangat dibutuhkan dalam perencanaan sistem untuk masa yang akan datang dan merupakan bahan evaluasi terhadap sistem yang ada. Analisis ini meliputi penentuan besarnya nilai tegangan (V), daya aktif (P) dan reaktif (Q) dan sudut fasa (δ) setiap bus dalam sistem. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penggunaan *grid-following inverter* untuk mengetahui apakah sistem *grid-following inverter* dapat terintegrasi pada sistem kelistrikan 150kV Pulau Bali tanpa menimbulkan gangguan.

1.2. Rumusan Masalah

Jadi, rumusan masalah yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana profil daya pada sistem kelistrikan 150 kV di Pulau Bali setelah penerapan *grid-following inverter* (GFL), berdasarkan hasil analisis *load flow* dan *short circuit* pada perangkat lunak?
1. Bagaimana kestabilan sistem dan respons transien dari penerapan *grid-following inverter* (GFL) pada sistem kelistrikan di Pulau Bali berdasarkan hasil analisis transient pada perangkat lunak?
2. Bagaimana merancang serta merealisasikan sebuah purwarupa yang dapat merepresentasikan perubahan tegangan dan frekuensi pada sistem kelistrikan?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

2. Menganalisis bagaimana efek penerapan *grid-following inverter* (GFL) pada sistem kelistrikan di Pulau Bali dengan melakukan analisis *load flow* dan *short-circuit* pada perangkat lunak.
3. Menganalisis bagaimana kestabilan sistem dan respons transien setelah efek penerapan *grid-following inverter* (GFL) pada sistem kelistrikan di Pulau Bali dengan menggunakan analisis transien yang meliputi analisis

profil tegangan dan *rotor angle* pada perangkat lunak untuk mengetahui respon transien setelah penerapan *grid-following inverter* (GFL).

4. Merancang sebuah purwarupa yang dapat memperlihatkan bagaimana perubahan beban akan mempengaruhi tegangan dan frekuensi, perangkat lunak digunakan sebagai acuan dalam perancangan purwarupa ini.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran teknis pengaruh penerapan *grid-following inverter* (GFL) terhadap profil daya dan arus hubung singkat pada sistem kelistrikan 150 kV di Pulau Bali.
2. Menunjukkan bagaimana kestabilan sistem dan respons transien dapat ditingkatkan melalui penerapan *grid-following inverter* (GFL).
3. Membantu memastikan sistem memenuhi standar grid code terkait profil daya dan kestabilan saat terjadi gangguan.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa masalah berikut:

1. Faktor ekonomis tidak diperhitungkan.
2. Simulasi menggunakan perangkat lunak.
3. Beban dimodelkan static.
4. Tidak mempertimbangkan harmonisasi sistem.
5. Sistem yang dipakai sistem Bali 150kV.
6. *Load flow* digunakan untuk menganalisa profil daya.
7. Gangguan 3 fasa dan 1 fasa digunakan untuk menganalisa total arus hubung singkat.
8. Hanya respon transient dari tegangan dan frekuensi yang dianalisa.
9. *Grid code* KESDM 2020 digunakan sebagai standar.
10. Prototipe yang dibangun adalah DC/AC *converter* skala kecil dikembangkan sebagai media demonstrasi alat pada sidang akhir. Prototipe ini tidak berkaitan dengan simulasi yang dilakukan dalam analisis studi dampak *grid-following inverter* pada sistem kelistrikan di Pulau Bali.
11. Sistem Jawa dimodelkan sebagai *external grid*.

1.6. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan tugas akhir ini meliputi:

1. Studi Literatur, mempelajari konsep *grid-following inverter* (GFL), *Battery Energy Storage System Virtual Inertia Control* (VIC), *Virtual Inertia*, dan standar *Grid Code* Kementerian ESDM.
2. Perancangan Sistem, meliputi:
 - a. Desain purwarupa inverter (hardware & software monitoring).
 - b. Persiapan simulasi sistem tenaga listrik pada perangkat lunak.
3. Analisis & Simulasi, meliputi:
 - a. *Load Flow Analysis*, untuk melihat distribusi tegangan & daya.
 - b. *Short Circuit Analysis*, untuk menganalisis arus gangguan.
 - c. *Transient Stability Analysis*, untuk melihat respons tegangan, frekuensi, *rotor angle* terhadap gangguan.

1.7. Proyeksi Pengguna

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh:

Penekanan pada *grid-following inverter* sangat relevan bagi perusahaan IPP (*Independent Power Producer*) & PLN dapat menggunakan data hasil penelitian untuk mengetahui apakah dengan adanya *grid-following inverter* ini dapat mengoptimalkan jaringan listrik di seluruh daerah di Indonesia, dengan menggunakan pulau Bali sebagai acuan. Hasil penelitian ini juga bermanfaat untuk konsultan sistem tenaga & vendor teknologi inverter, dalam merancang sistem yang sesuai *grid code* dan kestabilan sistem.