

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Polusi lingkungan dan bahan bakar fosil adalah dua masalah utama yang menyebabkan munculnya energi angin sebagai cara efektif untuk produksi listrik. Kapasitas pembangkit angin telah meningkat di awal tahun 1990-an. Pergeseran ke energi angin ini pasti akan menyebabkan generator turbin angin besar diintegrasikan ke dalam jaringan tenaga listrik. Karena pertumbuhan energi angin yang berkelanjutan, kepentingan perusahaan listrik telah bergeser dari masalah kualitas daya yang disebabkan oleh tenaga angin menjadi masalah stabilitas potensial[1], [2]. Meningkatnya kebutuhan energi bersih dan energi terbarukan, menyebabkan perkembangan pembangkit listrik tenaga bayu. Pembangkit listrik tenaga bayu yang besar akan terhubung ke jaringan listrik yang telah terkompensasi untuk menjamin sistem transmisi yang aman dan stabil[3].

Kompensasi kapasitor seri yang digunakan dalam sistem transmisi jarak jauh dapat meningkatkan kemampuan transfer dan stabilitas transien. Namun, diketahui bahwa kapasitor secara seri dengan saluran transmisi dapat menyebabkan *Subsynchronous Resonance* (SSR) dalam sistem tenaga. Self-excitation atau ketidakstabilan dinamis karena SSR menghasilkan torsi mekanis beramplitudo sangat tinggi pada poros turbogenerator yang dapat menyebabkan kerusakan poros[4]. Kasus SSR pertama dilaporkan di dunia terjadi di Pembangkit Listrik Mohave di Arizona, dimana poros generator mengalami torsi yang terus meningkat, yang menyebabkan fraktur poros. Setelah itu, beberapa kasus kerusakan poros akibat SSR pun terjadi. Sebagai contoh: pada tahun 2004, rotor generator dari 2# dan 3# turbogenerator set retak karena SSR di pembangkit nuklir Dresden. Pada tahun 2008, beberapa kejadian SSR terjadi di pembangkit listrik Yimin di China yang menyebabkan patahnya poros set 3# turbogenerator. Dalam beberapa tahun terakhir, tenaga angin telah berkembang pesat di seluruh dunia, dan telah terjadi banyak insiden kerusakan yang disebabkan tenaga angin yang disebabkan oleh SSR. Misalnya: Pada tahun 2009, SSR terjadi pembangkit angin Zorillo-Gulf. Kejadian ini menyebabkan beberapa

perangkat transmisi trip dan banyak sirkuit yang rusak. Selama tahun 2013, lusinan tragedi SSR terjadi di sistem tenaga Guyunan di Provinsi Hebei, China. Lebih dari seribu generator turbin angin tersandung karena arus berlebih yang disebabkan oleh SSR, dan daya pembangkit listrik tenaga angin turun tajam dalam waktu singkat.

Perubahan paling cepat pada tahun 2012 adalah percepatan dalam pergeseran geografis investasi energi terbarukan. Hingga pada tahun 2013 instalasi angin global naik 16%, dengan pertumbuhan yang cepat dari kapasitas terpasangnya generator angin, turbin generator angin yang besar di integrasikan ke dalam jaringan tenaga listrik. Aplikasi kapasitor seri untuk mengkompensasi reaktansi induktif saluran transmisi panjang untuk meningkatkan stabilitas[5], [6]. Kompensasi kapasitas seri dalam sistem transmisi AC merupakan cara yang ekonomis untuk meningkatkan kemampuan membawa beban, mengontrol pembagian beban antar jalur parallel dan meningkatkan stabilitas transien yang banyak digunakan adalah jaringan listrik ke lokasi sumber daya yang tidak seimbang. Namun, kapasitor yang dipasang seri dengan saluran transmisi dapat menyebabkan SSR yang dapat menyebabkan kegagalan poros generator turbin. SSR adalah suatu kondisi sistem tenaga listrik dimana jaringan listrik melaukan pertukaran energi dengan generator turbin satu atau lebih frekuensi natural yang digabungkan dibawah frekuensi sub sinkron. Sejumlah massa mekanis dari poros generator turbin beresilasi pada beberapa frekuensi yang dikenal sebagai osilasi torsi yang dicirikan oleh sifat mekaniknya seperti konstanta pegas dan inersia massa. Frekuensi osilator ini berkisar dari 10Hz hingga 55 Hz untuk sistem 50 Hz. Penetrasi energi angin ini ke dalam sistem tenaga bisa di lakukan dengan pemanfaatan infrastruktur yang ada dengan lebih baik. Dan diketahui bahwa kompensasi seri adalah cara efektif untuk meningkatkan kemampuan transfer dari transmisi yang ada[7]–[9]. Namun, kompensasi kapasitor seri dapat menghasilkan efek buruk yang signifikan yang disebut *subsynchronous resonance* (SSR). Sistem transmisi ac fleksibel (FACTS) dapat memberikan solusi yang efektif untuk meringankan SSR dan pengontrol FATCS berbasis thyristor telah digunakan untuk tujuan ini. Penstabil sistem tenaga (PSS) juga telah digunakan pada pembangkit angina berbasis DFIG untuk meningkatkan redaman jaringan aktif telah di usulkan untuk memberikan kontribusi peredaman jaringan poros. Doubly Fed

Induction Generator (DFIG) merupakan salah satu jenis generator turbin angin yang sangat populer di antara berbagai teknik pembangkit tenaga angin lainnya karena sifatnya yang lebih tinggi kapabilitas, investasi lebih rendah dan terkendali. Hal ini dapat dengan memanfaatkan DFIG untuk meningkat dinamika sistem tenaga. Sistem energi angin yang canggih menggunakan DFIG dengan konverter elektronik daya back-to-back. Kemampuan konverter tersebut dalam pelacakan titik daya maksimum dan tegangan/kontrol daya reaktif, kompensasi untuk kondisi jaringan yang tidak seimbang dan stabilitas osilasi telah dieksplorasi dalam literatur. Namun, kontrol konverter ini dalam memitigasi SSR belum di selidiki sepenuhnya[2].

Ada beberapa Teknik yang tersedia untuk mempelajari *subsynchronous resonance* (SSR) pada sistem kelistrikan. Di antara adalah :

- *Frequency Scanning*
- *Eigenvalue Analysis*
- *Time Domain Simulation*

Teknik *Frequency Scanning* adalah Teknik yang paling dasar untuk analisis *subsynchronous resonance* (SSR). Ini melibatkan penentuan impedansi titik untuk mengatur rentang frekuensi, dilihat dari bus netral generator yang diteliti.

Analisis nilai eigen secara luas digunakan untuk studi interaksi puntir dan generator induksi. Analisis ini dipelajari melalui model linear dari sistem tenaga.

Simulasi domain waktu memberikan manfaat dengan dapat melakukan pemodelan nonlinear penuh pada mesin sistem dan perangkat lain. Catatan pentingnya metode ini dilakukan dengan pendekatan EMTP karena sistem nonlinearitas ikut dalam perhitungan ketika mempelajari fenomena *subsynchronous resonance* ini

Dalam skripsi ini, bertujuan untuk menganalisa bagaimana pengaruh *subsynchronous resonance* (SSR) pada sistem kelistrikan SulSelBar ketika dimasukkannya sistem PLTB. Sulawesi Selatan –

Barat menjadi lokasi penelitian di karenakan banyaknya pengaruh dari sistem PLTB yang dapat menyebabkan *subsynchronous resonance* (SSR) pada sistem transmisi. Sebelum dilakukan pada sistem SulSelBar, dilakukan uji coba pemasangan *wind* pada *Two Area Kundur System*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah analisis *Subsynchronous Resonance* akibat integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh interkoneksi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada sistem kelistrikan SulSelbar terhadap *Subsynchronous Resonance*.

Sehubungan dengan rumusan masalah tersebut maka skripsi ini diberi judul :

**“ANALISIS SUBSYNCHRONOUS RESONANCE (SSR)  
AKIBAT INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
BAYU TERHADAP SISTEM KELISTRIKAN SULAWESI  
SELATAN – BARAT (SULSELBAR)”**

## 1.3. Tujuan

Menganalisis dan melihat dampak yang terjadi pada sistem kelistrikan SulSelBar pada saat di integrasikan-nya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) khususnya pada kasus *Subsynchronous Resonance*.

## 1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis memberi batasan sebagai berikut :

1. Sistem tenaga listrik yang digunakan sebagai objek penelitian adalah sistem tenaga Listrik Sulsebar.
2. Simulasi *Subsynchronous Resonance* dilakukan dengan *RMS simulation* untuk melihat kecepatan pada shaft atau poros generator.
3. Tipe generator angin yang digunakan hanya *Doubly Fed Induction Generator*.
4. Data setting governor mengikuti template pada software yang digunakan.
5. Penelitian ini menggunakan software DIGSILENT Power Factory

## 1.5. 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**

Berisikan latar belakang tentang *Subsynchronous Resonance* pada sistem kelistrikan SulSelBar yang melihat PLTB di Sidrap dan Jenepono, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan penulisan skripsi.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Pada bab ini akan di bahas penjelasan teori tentang *subsynchronous resonance*, analisa *subsynchronous resonance*, teknologi WECS, model dan control *Doubly Fed Induction Generation*.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan dan pembuatan skripsi yang berisi tentang pengolahan data dan simulasi pemasangan *Wind Energy Conversion System* pada sistem kelistrikan di Sulselbar dengan analisis *subsynchronous resonance* guna melihat poros generator mana yang mengalami gangguan.

### **BAB IV : ANALISIS HASIL UJI SISTEM**

Bab ini berisi tentang karakteristik dari sistem kelistrikan SulSelBar dan analisa tentang *Subsynchronous Resonance* pada sistem kelistrikan SulSelBar yang diteliti serta memaparkan hasil simulasi dan analisa simulasi.

### **BAB V : KESIMPULAN & SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dari keseluruhan sistem kelistrikan SulSelBar yang diinjeksikan dan dan pengaruh PLTB khususnya pada studi *subsynchronous resonance* pada sistem kelistrikan SulSelBar, serta saran-saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

