

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pesatnya kebutuhan listrik yang ada di wilayah Sulselbar adalah salah satu alasan untuk membangun pembangkit demi menunjang keandalan pasokan listrik di wilayah tersebut, kebutuhan akan daya listrik semakin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari. Dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi, kebutuhan akan listrik terus masuk ke berbagai aspek kehidupan. Namun pelaksanaan penyediaan daya listrik yang dilakukan oleh PT.PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan daya listrik secara keseluruhan. Kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas ribuan pulau dan kepulauan, tersebar dan tidak meratanya pusat-pusat beban listrik, rendahnya tingkat permintaan listrik di beberapa wilayah, tingginya biaya marginal pembangunan sistem suplai energi listrik, serta terbatasnya kemampuan finansial, merupakan faktor-faktor penghambat penyediaan daya listrik dalam skala nasional[1], dengan begitu perlunya Pembangunan pembangkit energi listrik untuk menunjang kebutuhan listrik di wilayah ini dengan melihat potensi alam yang ada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pilihan yang tepat untuk mengatasi permasalahan yang ada tanpa menimbulkan permasalahan atau dampak negatif pada lingkungan sekitar, karena energi ini adalah salah satu energi bebas karbon, hal ini tentunya sangat membantu dan mempercepat program pemerintah mengenai transisi energi menuju *net zero emission* pada 2060 [2], pemanfaatan energi angin di Indonesia diarahkan untuk mencukupi listrik di pedesaan dan berkontribusi sebagai energi alternatif di masa mendatang [3], pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dalam Sistem Kelistrikan Sulselbar diharapkan mampu menopang kebutuhan energi listrik yang ada pada sistem tersebut tanpa mengganggu sistem distribusi listrik yang sudah ada sebelumnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu merupakan salah satu jenis pembangkit dengan kategori Energi Baru Terbarukan (EBT), Hal itu dikarenakan jenis energi primer yang digunakan untuk dikonversi menjadi sebuah energi listrik yang dapat digunakan konsumen adalah energi bayu atau angin dimana jenis energi ini mudah didapat dan tidak menghasilkan emisi maupun dampak negatif ke lingkungan sekitar. adanya pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 70 MW yang terletak di kabupaten Sidrap ini mampu mengaliri lebih dari 70.000 pelanggan listrik dengan daya 900 Volt Ampere (VA) dengan daya pembangkitan maksimal 75 MW, hal ini sangatlah membantu kebutuhan listrik masyarakat yang terus meningkat selain itu dengan menggunakan sumber energi lokal, PLTB Sidrap mampu mengurangi ketergantungan pada energi impor, meningkatkan kemandirian energi nasional dan memperkuat ketahanan energi di wilayah timur Indonesia [4].

Dengan dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Sidrap tentunya ada dampak teknis yang diberikan, hal ini akan membawa pengaruh Besar terhadap kestabilan frekuensi dan tegangan yang ada pada sistem listrik yang ada pada wilayah Sulselbar [5], Pada hal ini akan ada dampak pada sistem listrik yang ada sebelumnya maka dari itu di butuhkan *Grid Impact Study* untuk menganalisis dampak dari Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu tersebut, studi dampak jaringan listrik atau *Grid Impact Study* (GIS) mulai menjadi hal penting dalam pengembangan sistem kelistrikan Sulawesi Selatan dan Barat, seiring dengan munculnya PLTB Sidrap [6], karena pembangkit listrik tenaga angin ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan pembangkit konvensional, GIS menjadi kajian penting terkait penilaian dampak variabilitas dari daya keluaran yang dihasilkan oleh PLTB Sidrap yang bergantung pada kecepatan angin terhadap stabilitas jaringan, frekuensi [7], dan tegangan pada sistem kelistrikan di Sulselbar, GIS akan sangat membantu operator jaringan untuk memprediksi perubahan daya yang mungkin terjadi dan mendeteksi gangguan yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan pada jaringan, GIS juga memungkinkan integrasi PLTB Sidrap secara optimal tanpa mengorbankan kualitas pasokan listrik kepada konsumennya. Kajian teknis yang cukup mendalam telah dilakukan mengenai bagaimana pembangkit listrik tenaga angin akan memengaruhi jaringan, terutama dalam situasi yang berfluktuasi dan membutuhkan respons yang cepat. Dengan demikian, GIS

membantu PLN menyesuaikan dan memperbarui infrastruktur jaringan agar lebih siap menghadapi tantangan teknis dari inovasi daya secara tiba-tiba atau sebaliknya, Langkah ini sangat penting dalam menjaga agar sistem listrik lebih aman dan andal, terutama dengan besarnya permintaan listrik di Sulselbar. Dengan adanya GIS, perencanaan jangka panjang dapat dilakukan sehingga lebih banyak sumber EBT dapat diintegrasikan ke dalam jaringan secara aman, hal ini juga membantu pengelola jaringan untuk mempersiapkan mekanisme cadangan dan alat penyimpan energi yang memungkinkan stabilitas sistem pada saat PLTB Sidrap beroperasi pada kapasitas maksimal, dari keseluruhan proses dapat menjamin pertumbuhan sektor energi bersih di Sulselbar dapat berjalan seimbang dengan kebutuhan listrik yang tentunya stabil dan berkualitas bagi masyarakat, maka dari itu dibutuhkan analisis kelayakan dan menginvestigasi efek pemasangan PLTB Sidrap pada sistem distribusi yang ada, dengan tujuan analisis studi aliran daya (*Load Flow*), studi hubungan singkat (*Short Circuit*), studi transient dengan melepaskan atau memutuskan satu saluran transmisi, dan membuat *System Back To Back* dalam skala kecil, dengan harapan penulis mampu mengetahui kekurangan dan Solusi dalam pengoptimalan system yang ada saat ini.

Berdasarkan studi sebelumnya [8] penelitian cenderung hanya berfokus pada satu aspek utama tanpa memberikan perhatian yang memadai terhadap berbagai faktor penting lainnya, seperti pengaruh kestabilan tegangan dalam jaringan, analisis aliran daya yang terdistribusi, dampak stabilitas dinamis yang terjadi akibat gangguan hubung singkat, serta evaluasi mendalam mengenai respons transien yang muncul ketika salah satu pembangkit aliran mengalami pemutusan secara mendadak, aspek-aspek ini memiliki peran yang sangat signifikan dalam menentukan keandalan dan efisiensi sistem tenaga listrik secara keseluruhan, sehingga kurangnya kajian yang komprehensif dapat berpotensi menimbulkan kesenjangan pemahaman dan risiko terhadap implementasi teknis di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana efek Profil tegangan dan aliran daya sebelum dan sesudah terintegrasi PLTB Sidrap pada jaringan sistem kelistrikan?

2. Bagaimana efek gangguan hubung singkat (*short circuit*) 3 fasa dan 1 fasa ke tanah pada sistem kelistrikan Sulsebar sebelum dan sesudah terintegrasi PLTB Sidrap?
3. Bagaimana respon transien sistem kelistrikan Sulsebar sebelum dan sesudah terintegrasi PLTB Sidrap saat terjadi pelepasan satu saluran jaringan listrik?
4. Bagaimana merancang Purwarupa sistem *Back-to-Back* skala kecil untuk simulasi pemodelan perangkat keras (*Hardware*)?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan di atas maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis profile tegangan dan aliran daya (*Load Flow*) pada sistem jaringan listrik Sulsebar, sebelum dan sesudah integrasi PLTB Sidrap.
2. Menganalisis efek gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*) 3 fasa dan 1 fasa ke tanah pada sistem jaringan listrik Sulsebar sebelum dan sesudah terintegrasi PLTB Sidrap.
3. Menganalisis bagaimana sistem kelistrikan Sulsebar merespons ketika terjadi pelepasan satu saluran jaringan Listrik?
4. Merancang purwarupa sistem *Back-to-Back* skala kecil yang dapat digunakan sebagai media simulasi dan pemodelan kerja perangkat keras (*Hardware*).

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan dan pengelolaan sistem kelistrikan Sulsebar, terutama setelah PLTB Sidrap resmi terhubung ke jaringan. Analisis profil tegangan dan aliran daya yang dilakukan dapat membantu memastikan distribusi daya berjalan dengan baik, sehingga efisiensi dan kestabilan sistem tetap terjaga. Kajian terhadap kondisi hubung singkat juga memberikan gambaran penting tentang potensi risiko kerusakan pada peralatan, yang nantinya bisa menjadi acuan dalam menentukan setting proteksi agar dampak gangguan dapat diminimalkan. Selain itu, studi tentang bagaimana sistem merespons saat terjadi pemutusan salah satu saluran jaringan listrik dan adanya perubahan beban memberi wawasan berharga terkait kemampuan sistem untuk tetap sinkron dan cepat kembali normal. Terakhir,

rancangan purwarupa sistem Back-to-Back skala kecil yang dibuat pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi media simulasi sekaligus pembelajaran, sehingga dapat memperdalam pemahaman tentang cara kerja pembangkit energi terbarukan seperti PLTB saat terhubung ke jaringan listrik.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini, metodologi yang penulis gunakan adalah sebagai berikut:.

1. Studi Literatur.

Dalam penelitian ini menggunakan metode studi literatur dari paper, jurnal, dan buku yang berfokus pada latar belakang dan permasalahan yang akan diangkat.

2. Pengumpulan Data Sistem.

Dalam penelitian ini mengumpulkan data yang didapat pada sistem PLTB Sidrap untuk dibuat pemodelan atau simulasi pada perangkat lunak DigSILENT.

3. Pemodelan dan simulasi Analisis dengan perangkat lunak DigSILENT.

Dalam penelitian ini memakai perangkat lunak DigSILENT untuk mengolah data dan pemodelan sistematis pada PLTB Sidrap, guna melihat profile tegangan, gangguan hubung singkat (*short circuit*), memodelkan, dan melihat respon transient pada sistem kelistrikan.

4. Analisis Hasil Simulasi.

Membuat analisis hasil simulasi pemodelan sistematis guna mengetahui kelebihan maupun kekurangan pada sistem yang ada dan memperoleh Kesimpulan dalam penelitian ini.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi.

Membuat Kesimpulan dan rekomendasi pada penelitian ini guna menjadi pembelajaran untuk sistem yang akan di bangun kedepannya.

6. Penulisan buku.

Buku tugas akhir ini disusun sebagai bentuk laporan atas hasil penelitian tugas akhir. Penulisan laporan ini bertujuan untuk menyampaikan hasil serta kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir.

Kesimpulan yang disampaikan mencakup analisis serta solusi atas permasalahan yang telah diajukan.

1.6 Batasan Masalah

Dari latar belakang dan tujuan yang sudah dijelaskan di atas, berikut adalah batasan masalah:

1. Penelitian ini hanya mencakup analisis aliran daya (load flow), analisis hubungan singkat (short circuit), dan studi transient yang terjadi sebelum dan setelah terintegrasinya PLTB Sidrap menggunakan perangkat lunak DigSILENT, tanpa mempertimbangkan pengaruh dari sumber energi lain di jaringan.
2. Analisis aliran daya akan dilakukan berdasarkan data beban dan pembangkitan yang tersedia.
3. Dalam penelitian ini, analisis hubung singkat hanya difokuskan pada jaringan kelistrikan Sulselbar, dengan tujuan membandingkan bagaimana kondisi sistem sebelum dan sesudah PLTB Sidrap terhubung, tanpa membahas gangguan yang mungkin terjadi di luar jaringan tersebut.
4. Analisis transien dalam penelitian ini difokuskan pada bagaimana sistem merespons pemutusan satu saluran jaringan, dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah PLTB Sidrap terintegrasi, tanpa mempertimbangkan gangguan lain atau interaksi kompleks dengan jaringan di luar sistem ini.
5. Grid Code yang ditetapkan oleh ESDM digunakan sebagai standar acuan dalam perancangan dan pengoperasian sistem pembangkit listrik yang terhubung ke jaringan.
6. Prototipe System Back To Back skala kecil dikembangkan sebagai media demonstrasi alat pada sidang akhir. Prototipe ini tidak berkaitan dengan simulasi yang dilakukan dalam analisis studi dampak pemasangan PLTB Sidrap pada jaringan kelistrikan Sulselbar.
7. Penelitian ini hanya menganalisis kondisi pada *busbar high voltage* 150 kV, tanpa melakukan kajian lebih lanjut pada level tegangan menengah maupun rendah.

1.7 Peroyeksi Pengguna

Proyeksi pengguna dari hasil penelitian ini mencakup berbagai pihak yang terlibat dalam pengembangan dan pengelolaan sistem tenaga listrik, khususnya di PLTB Sidrap. Pertama, operator pembangkit listrik dapat menggunakan analisis aliran daya dan studi transient untuk mengoptimalkan pengoperasian dan pemeliharaan jaringan, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem. Kedua, insinyur dan perencana sistem tenaga listrik dapat memanfaatkan hasil analisis hubungan singkat untuk merancang proteksi yang lebih efektif dan responsif terhadap gangguan. Selain itu, pihak regulator dan pembuat kebijakan di sektor energi juga akan mendapat manfaat dari pemahaman yang lebih baik mengenai integrasi energi terbarukan pada sistem distribusi yang ada, dapat mendukung pengembangan kebijakan yang mendukung pemanfaatan sumber daya angin secara optimal. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif tidak hanya bagi PLTB Sidrap, tetapi juga untuk pengembangan sistem tenaga listrik yang berkelanjutan khususnya pada Pembangkit Listrik Energi Terbarukan di tingkat nasional