

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan pada saat ini yang mendukung aktivitas masyarakat, industri, pembangunan nasional dan banyak lainnya. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, kebutuhan energi listrik juga terus mengalami peningkatan. Sementara bertambah tingginya permintaan energi listrik, potensi sumber daya alam yang terbatas seperti bahan bakar fosil dan minyak juga semakin menipis selain itu penggunaannya yang menimbulkan polusi menjadi salah satu permasalahan yang sering diperbincangkan dan harus dipecahkan [1].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penambahan pembangkit energi listrik dan mulai beralih ke pembangkit yang menggunakan energi terbarukan. Pemerintah Indonesia telah membuat peta jalan untuk mencapai emisi nol bersih pada tahun 2060, di mana energi terbarukan akan menjadi sumber listrik yang dominan [2]. Salah satu energi terbarukan yang sedang dikelola pada saat ini yaitu energi panas bumi (*geothermal*). Berdasarkan data dari *Handbook of energy & Economic Statistic of Indonesia 2023* yang diterbitkan oleh kementerian ESDM, total potensi energi panas bumi yang tersebar di Indonesia adalah sebesar 23.592 Mwe [3]. Karena bentangan pulau Indonesia terletak di atas garis seismik “Cincin Api” atau sering dikenal “*Ring of Fire*” yang membentang di sekitar Pasifik dari tenggara Australia hingga Barat Daya Amerika [4]. Wilayah Sumatera sendiri memiliki beberapa titik yang dinilai memiliki potensi sebagai sumber energi panas bumi yang dapat dikembangkan menjadi pembangkit listrik energi terbarukan. Salah satunya, ada pada daerah Bonjol, Sumatera Barat, yaitu sebuah pembangkit baru yang dalam tahap konstruksi untuk penambahan kapasitas yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Bonjol yang mana sebagai salah satu solusi dari pemerintah yang sedang diupayakan pada saat ini dan dinilai memiliki potensi daya sebesar 60 MW.

Selain merupakan program dari pemerintah, Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Bonjol juga sejalan dengan bagian dari program percepatan penyediaan energi baru dan terbarukan yang ditetapkan dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara (PLN Persero) 2025-2034, yang salah satunya bertujuan untuk meningkatkan pembaharuan energi bersih di wilayah Sumatera. Ditambah dengan jumlah konsumen yang terus bertambah, berdasarkan data proyeksi dari Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Perusahaan Listrik Negara (PLN Persero) akan kebutuhan energi listrik, konsumen akan mengalami pertumbuhan dari tahun 2025 yaitu sebesar 4.218 GWh dan meningkat hingga tahun 2034 menjadi 6.429 GWh di daerah Sumatera Barat [5]. Sehingga menjadikan pembangunan proyek Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Bonjol ini sangat penting di wilayah Sumatera Barat yang nantinya akan mempengaruhi sistem jaringan listrik yang ada di Sumatera Bagian Tengah.

Kehadiran Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Bonjol tersebut dapat membantu menyuplai dan menambah kapasitas daya yang tersedia di wilayah Sumatera Bagian

Tengah. Untuk itu, perlu dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui kondisi secara keseluruhan dari sistem tenaga listrik yang ada pada Sumatera Bagian Tengah pada saat ini.

Berdasarkan analisis lokasi dan jaringan eksisting di daerah Sumatera Bagian Tengah, PLTP Bonjol akan diasumsikan dihubungkan ke Gardu Induk Pasaman 150 kV sebagai titik interkoneksi utama terdekat. Dengan integrasi pembangkit baru ini, diperlukan kajian teknis terhadap dampaknya terhadap sistem jaringan listrik yang ada, terutama dari aspek aliran daya.

Analisis aliran daya sangat penting dilakukan sebelum sebuah pembangkit terhubung ke jaringan agar diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap sistem kelistrikan secara menyeluruh. Analisis tidak hanya bertujuan untuk memastikan bahwa daya yang dibangkitkan dapat disalurkan secara optimal, tetapi juga untuk mengevaluasi kemampuan jaringan dalam menerima tambahan sumber energi baru tanpa menimbulkan gangguan operasional.

Berdasarkan sebuah penelitian tentang integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada sistem kelistrikan Sulawesi Selatan, Tenggara dan Barat menunjukkan adanya peningkatan dari nilai Daya Aktif (P) di setiap saluran serta adanya perubahan naik dan turun dari nilai Daya Reaktif (Q) dan tegangan pada saluran, dan juga terjadi *Critical Voltage Condition* dan *Marginal Voltage Condition* [6]. Hal serupa juga dapat terjadi di sistem jaringan listrik Sumatera Bagian Tengah, mengingat kompleksitas sistem jaringannya.

Penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya yaitu evaluasi penyambungan pembangkit angin 60 MW ke sistem kelistrikan Yaman, yang dimana pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan pembangkit mengakibatkan kelebihan beban termal pada saluran udara, perubahan nilai tegangan, dan aliran daya pada sistem kelistrikan Yaman [7]. Penelitian tersebut menunjukkan pentingnya strategi integrasi pembangkit baru terhadap jaringan yang sudah ada.

Selain penambahan pembangkit, kondisi sistem transmisi eksisting juga memiliki peran penting dalam menentukan respon sistem tenaga listrik terhadap masuknya sumber pembangkit baru. Salah satu infrastruktur transmisi yang memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik aliran daya adalah jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi (*Extra High Voltage/EHV*) 500 kV. Jaringan 500 kV berfungsi sebagai tulang punggung (*backbone*) sistem tenaga listrik untuk menyalurkan daya dalam jumlah besar antar wilayah, mengurangi rugi-rugi daya, serta meningkatkan keandalan dan fleksibilitas operasi sistem tenaga listrik [8]. Keberadaan atau belum terintegrasinya jaringan 500 kV dalam suatu sistem dapat menyebabkan perbedaan pola aliran daya, distribusi beban saluran, serta profil tegangan pada jaringan transmisi di bawahnya, termasuk jaringan 150 kV dan 275 kV [9].

Oleh karena itu, dalam kajian integrasi PLTP Bonjol ke sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah, penting untuk menganalisis kondisi sistem baik pada saat jaringan 500 kV belum terintegrasi maupun setelah jaringan 500 kV beroperasi. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui sejauh mana keberadaan jaringan 500 kV dapat mempengaruhi dampak penambahan PLTP Bonjol terhadap aliran daya, tegangan, dan pembebanan saluran, sehingga hasil penelitian yang diperoleh dapat memberikan gambaran kondisi sistem yang lebih komprehensif dan mendekati kondisi aktual pengembangan sistem tenaga listrik di wilayah Sumatera.

Dengan melihat pentingnya kajian teknis ini, maka penelitian ini berfokus pada studi aliran daya akibat penambahan pembangkit PLTP Bonjol ke dalam sistem tenaga listrik

Sumatera Bagian Tengah, yang akan dianalisis melalui perangkat lunak berbasis simulasi seperti DigSILENT.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan PLTP Bonjol yang terjadi terhadap aliran daya dan pembebanan pada saluran transmisi saat sebelum dan sesudah penambahan pembangkit pada sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah?
2. Bagaimana pengaruh penambahan PLTP Bonjol yang terjadi terhadap tegangan saat sebelum dan sesudah penambahan pembangkit pada sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah?
3. Bagaimana pengaruh penambahan PLTP Bonjol dan Jaringan 500 kV yang terjadi terhadap *losses* pada saat sebelum dan sesudah penambahan pembangkit pada subsistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah?
4. Bagaimana pengaruh integrasi jaringan 500 kV New Aur Duri, Pranap dan Perawang terhadap tegangan, aliran daya dan pembebanan pada sistem kelistrikan pada saat sebelum dan setelah PLTP Bonjol diintegrasikan ke dalam sistem Sumatera Bagian Tengah?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perubahan pada aliran daya dan pembebanan pada saluran transmisi setelah masuknya PLTP Bonjol ke sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah menggunakan DigSILENT *PowerFactory*.
2. Mengetahui perubahan tegangan yang terjadi setelah masuknya PLTP Bonjol menggunakan ke sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah DigSILENT *PowerFactory*.
3. Mengetahui perubahan *losses* yang terjadi setelah masuknya PLTP Bonjol dan Jaringan 500 kV ke subsistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah DigSILENT *PowerFactory*.
4. Mengetahui pengaruh dari integrasi jaringan 500 kV terhadap tegangan, aliran daya dan pembebanan sistem kelistrikan Sumatera Bagian Tengah pada saat sebelum dan setelah integrasi PLTP Bonjol pada sistem kelistrikan

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran teknis terhadap dampak penambahan pembangkit baru terhadap sistem kelistrikan.
2. Menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam perencanaan pengoperasian sistem tenaga listrik.
3. Menjadi referensi akademik dalam kajian perencanaan sistem tenaga listrik selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa dari batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan pada PLTP Bonjol yang saat ini masih dalam tahap konstruksi, dan juga beberapa data lapangan yang tersedia juga menggunakan data tipikal.
2. Penelitian ini dilakukan pada sistem tenaga listrik Sumatera Bagian Tengah, dengan asumsi titik interkoneksi PLTP Bonjol adalah GI Pasaman 150 kV.
3. Kondisi operasi sistem tenaga listrik kelistrikan yang digunakan pada penelitian yaitu kondisi sistem operasi pada bulan Desember 2025.
4. Data pembebanan sistem tenaga listrik yang digunakan pada penelitian merupakan data pada tanggal 30 Oktober 2025, pukul 18.30 WIB pada saat waktu beban puncak.
5. Analisis aliran daya yang dilakukan terfokus pada 4 parameter yaitu profil tegangan, *losses*, aliran daya dan pembebanan saluran transmisi.
6. Analisa dampak integrasi jaringan 500 kV digunakan sebagai skenario kondisi sistem, baik sebelum dan setelah integrasi PLTP Bonjol, tanpa membahas perencanaan, desain, maupun evaluasi teknis yang lebih mendalam terhadap jaringan 500 kV tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori yang dapat mendukung penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian mencakup tentang tahapan - tahapan dalam penelitian seperti melakukan studi literatur, mengumpulkan data pada lokasi yang diangkat serta melakukan aspek perhitungan sebagai data awal penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Hasil dan analisa terdiri dari hasil simulasi yang telah dilakukan berdasarkan data - data yang didapatkan serta menganalisa data tersebut terhadap tujuan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi tentang simpulan hasil dan analisa yang dikerjakan dan saran yang diharapkan untuk membantu lanjutan penelitian agar mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik