

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan suatu kesatuan yang terdiri dari pembangkitan, transmisi, gardu induk, dan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik hingga ke konsumen akhir. Dari keseluruhan sistem tersebut, jaringan distribusi memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan kualitas energi listrik yang diterima pelanggan, terutama dalam hal profil tegangan dan rugi-rugi daya. Oleh karena itu, kinerja sistem distribusi perlu dijaga agar tetap berada dalam batas standar yang ditetapkan [1].

Seiring dengan peningkatan rasio elektrifikasi nasional yang dicanangkan oleh PT PLN (Persero), jangkauan pelayanan energi listrik terus diperluas hingga ke daerah terpencil. Kondisi ini menyebabkan sistem distribusi menjadi semakin luas dengan panjang penyulang yang bertambah. Akibatnya, jarak antara sumber pembangkit dan beban menjadi semakin jauh, yang berpotensi menimbulkan permasalahan teknis berupa penurunan profil tegangan dan peningkatan rugi-rugi daya, khususnya pada jaringan distribusi dengan karakteristik geografis yang luas [2].

Permasalahan tersebut juga dihadapi pada sistem distribusi 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Muara Labuh yang melayani daerah Solok Selatan. Sistem ini memiliki karakteristik jaringan yang panjang dan tersebar, sehingga rentan terhadap penurunan kualitas tegangan dan tingginya rugi-rugi daya. Berdasarkan data internal PT PLN (Persero) UIW Sumatera Barat yang diperoleh melalui wawancara dan diskusi, sistem ini memiliki total panjang penyulang mencapai 558,7447 kms dan beban mencapai 334 A. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya penurunan profil tegangan di ujung jaringan serta rugi-rugi daya yang cukup besar, yaitu sebesar 980 kW dan 2230,0 kVAR pada kondisi beban penuh.

Dalam mendukung keandalan sistem, wilayah ULP Muara Labuh saat ini telah disuplai oleh Gardu Induk Muara Labuh serta pembangkit energi terbarukan yaitu PLTM SKE (Selo Kencana Energi). Di sisi lain, terdapat PLTM WSE (Waskita Sangir Energi) yang secara geografis berada di wilayah Sumatera Barat, namun sebelumnya energi yang dihasilkan dari pembangkit ini hanya disalurkan untuk menyuplai daerah ULP Kersik Tuo di Jambi. Mempertimbangkan letak PLTM WSE yang berada di Sumatera Barat, PT PLN (Persero) merencanakan pengintegrasian suplai daya dari PLTM WSE tersebut ke dalam jaringan kelistrikan ULP Muara Labuh. Langkah ini diambil guna memaksimalkan peran pembangkit tersebar (*Distributed Generation*) lokal dalam menopang beban di sekitar jaringan distribusi serta mengurangi ketergantungan pasokan daya yang jauh dari gardu induk.

Selain rencana pengintegrasian tersebut, potensi energi air pada aliran Sungai Batang Sangir masih dapat dimanfaatkan secara lebih optimal. Oleh karena itu, direncanakan penambahan satu unit generator baru berkapasitas 5 MW pada PLTM WSE untuk meningkatkan kapasitas pembangkitan lokal. Penambahan unit generator ini diharapkan mampu meningkatkan suplai daya pada sistem distribusi ULP Muara Labuh, sehingga performa sistem menjadi lebih baik terutama dalam menekan rugi-rugi daya dan meningkatkan kualitas tegangan pada jaringan distribusi 20 kV.

Namun demikian, pengintegrasian suplai daya dari PLTM WSE tersebut ke dalam jaringan kelistrikan ULP Muara Labuh dan penambahan kapasitas pembangkit baru dalam sistem distribusi juga akan memengaruhi pola operasi jaringan dan aliran daya pada sistem. Perubahan arah dan distribusi aliran daya akibat adanya *Distributed Generation* dapat memberikan dampak yang berbeda terhadap kondisi operasi sistem. Di samping itu, keandalan sistem distribusi tidak cukup jika hanya dievaluasi berdasarkan pada kondisi pembebanan saat ini (*existing*). Kebutuhan daya pada sistem distribusi akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Mengacu pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero), laju pertumbuhan energi listrik diestimasikan memiliki kenaikan rata-rata sebesar 4,04% per tahun. Jaringan distribusi yang andal dituntut untuk tidak hanya mampu memikul beban kelistrikan saat ini, tetapi juga harus diproyeksikan agar mampu menyerap lonjakan beban di masa mendatang tanpa memicu keruntuhan profil tegangan atau memunculkan aliran daya balik (*reverse power flow*) yang menurunkan efisiensi sistem.

Oleh karena itu, diperlukan analisis secara komprehensif terhadap beberapa skenario pola operasi untuk mengetahui konfigurasi kelistrikan yang paling optimal setelah pengintegrasian PLTM WSE dan penambahan satu unit generator 5 MW. Evaluasi ini sangat penting dilakukan tidak hanya untuk menekan susut daya dan memperbaiki tegangan pada kondisi *existing*, melainkan juga untuk memvalidasi sejauh mana kemampuan setiap skenario operasi dalam menopang pembebanan jangka panjang seiring pertumbuhan daya 4,04% per tahun.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak pengintegrasian PLTM WSE ke wilayah ULP Muara Labuh serta penambahan satu unit generator berkapasitas 5 MW terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV. Analisis dilakukan menggunakan simulasi aliran daya (*load flow*) dengan perangkat lunak DIgSILENT PowerFactory melalui beberapa skenario kondisi operasi sistem beserta proyeksi kelistrikannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi dalam menentukan pola operasi sistem yang paling optimal dan berkelanjutan guna meningkatkan efisiensi, kualitas tegangan, dan keandalan sistem distribusi di wilayah ULP Muara Labuh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana dampak pengintegrasian PLTM WSE, penambahan 1 unit generator 5 MW, serta perubahan pola operasi terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV wilayah ULP Muara Labuh?
2. Konfigurasi pola operasi manakah yang menghasilkan kinerja paling optimal dalam menjaga profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada sistem tersebut?
3. Bagaimana pengaruh proyeksi pertumbuhan beban di masa depan terhadap kapabilitas jaringan, dan pada tahun ke berapa kapasitas penuh dari penambahan generator PLTM WSE tersebut secara mutlak dibutuhkan untuk mempertahankan keandalan sistem?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dampak pengintegrasian PLTM WSE, penambahan 1 unit generator 5 MW, serta perubahan pola operasi terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV wilayah ULP Muara Labuh.
2. Menentukan konfigurasi pola operasi yang menghasilkan kinerja paling optimal dalam menjaga profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada sistem tersebut.
3. Mengevaluasi pengaruh proyeksi pertumbuhan beban di masa depan terhadap kapabilitas jaringan dan mengidentifikasi pada tahun ke berapa kapasitas penuh dari penambahan generator PLTM WSE tersebut secara mutlak dibutuhkan untuk mempertahankan keandalan sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara praktis maupun akademis. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan dan rekomendasi teknis bagi PT PLN Unit Layanan Pelanggan Muara Labuh dalam menentukan konfigurasi jaringan yang paling optimal dan aman. Hal ini dicapai melalui evaluasi mendalam terhadap berbagai skenario pola operasi yang telah dirancang secara spesifik pasca-pengintegrasian PLTM WSE 5 MW. Hasil analisis dari rancangan skenario tersebut juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk perencanaan kelayakan sistem distribusi jangka panjang berdasarkan proyeksi pertumbuhan beban.

Secara akademis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik tenaga listrik, khususnya memperkaya literatur terkait analisis aliran daya dan evaluasi profil tegangan pada sistem distribusi 20 kV melalui pendekatan simulasi skenario. Selain itu, kajian ini dapat dijadikan landasan referensi bagi peneliti selanjutnya yang ingin memfokuskan studi pada

optimasi keandalan sistem, manajemen rugi-rugi daya, serta analisis penetrasi pembangkit tersebar pada sistem ketenagalistrikan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada sistem distribusi tegangan menengah 20 kV pada seluruh penyulang (*feeder*) yang terhubung di gardu hubung dan gardu induk wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Muara Labuh.
2. Analisis yang dilakukan terbatas pada evaluasi profil tegangan dan susut daya teknis, yang meliputi daya aktif dan daya reaktif, pada jaringan distribusi. Rugi-rugi non-teknis serta analisis ekonomi tidak dibahas di dalam penelitian ini.
3. Evaluasi kinerja jaringan dilakukan dengan membandingkan dua belas skenario pola operasi sistem yang telah dirancang, yang mencakup kondisi sebelum dan sesudah pengintegrasian PLTM WSE beserta penambahan satu unit generator berkapasitas 5 MW.
4. Peramalan kapasitas sistem di masa mendatang dianalisis menggunakan simulasi proyeksi pertumbuhan beban dengan asumsi laju kenaikan beban sebesar 4,04% per tahun mengacu pada parameter RUPTL PT PLN (Persero).
5. Seluruh perhitungan dan analisis aliran daya (*load flow*) disimulasikan menggunakan perangkat lunak DIGSILENT PowerFactory pada kondisi beban puncak.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran umum mengenai isi dari tugas akhir ini.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang teori dasar yang mendukung penelitian tugas akhir ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini terdiri dari tahapan penelitian dan langkah-langkah yang diperlukan dalam melakukan analisa proteksi.

Bab IV Hasil dan Analisa

Bab ini akan dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan hasil penelitian dan dilakukan analisa sesuai dengan rumusan dan tujuan penelitian tugas akhir.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari pengolahan dan analisis data, serta saran yang dapat dilakukan untuk penelitian tugas akhir ini yang lebih baik.