

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan bagian vital dari infrastruktur energi nasional di Indonesia, bertugas menyalurkan listrik dari pusat pembangkitan melalui saluran transmisi dan gardu induk menuju konsumen di berbagai sektor (Muhtar and Baqaruzi, 2020; Subhan *et al.*, 2023).

Sumba Timur merupakan salah satu kawasan di Nusa Tenggara Timur (NTT) yang dikenal sebagai destinasi wisata unggulan, kaya akan potensi alam, budaya, dan pariwisata yang berkembang pesat (PT PLN (Persero), 2025). Perkembangan ini menuntut ketersediaan energi listrik yang andal, efisien, dan berkelanjutan sebagai prasyarat utama pengembangan ekonomi dan pariwisata. Namun, sistem kelistrikan di Sumba Timur masih didominasi oleh jaringan 20 kV berkarakter radial dengan tantangan utama berupa tingginya rugi-rugi daya, fenomena jatuh tegangan, serta dominasi pembangkit berbahan bakar fosil di sistem *isolated*, khususnya diesel yang berdampak pada tingginya biaya produksi listrik serta polusi udara (ESDM, 2020; PT PLN (Persero), 2025).

Transformasi sistem energi nasional melalui bauran Energi Baru Terbarukan (EBT), termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai *Distributed Generation*, diterapkan lewat Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN sebagai bagian dari respons strategis dalam menghadapi laju pertumbuhan kebutuhan listrik di wilayah NTT yang rata-rata naik 9,7% setiap tahun dengan jumlah pelanggan listrik meningkat dari 628 ribu pada 2015 menjadi 1,26 juta pada 2024 (PT PLN (Persero), 2025). Secara khusus, Proyeksi kebutuhan tenaga listrik

di Kabupaten Sumba Timur menunjukkan peningkatan dengan kenaikan beban dari 12 MW pada tahun 2025 menjadi 24 MW pada tahun 2034. Dengan asumsi pertumbuhan yang relatif linier berdasarkan RUPTL, beban Kabupaten Sumba Timur pada tahun 2026 diperkirakan meningkat menjadi 13,3 MW. Peningkatan ini dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah pelanggan, penguatan pusat beban di Waingapu, serta rencana pengembangan kegiatan ekonomi dan industri di wilayah Sumba Timur. Pada sistem kelistrikan Sumba Timur tahun 2025, total beban mencapai 12.340,84 kW daya aktif, 1.758,47 kVAR daya reaktif serta dengan selisih tersebut telah mencakup rugi-rugi sistem distribusi. Untuk memenuhi *demand* ini serta mendukung program Sumba *Iconic Island* menuju 100% energi terbarukan, kontribusi Sumba Timur didukung oleh rencana pembangkit EBT, yaitu PLTS Sumba Timur sebagai DG sebesar 5 MW.

Dari aspek potensi, Sumba Timur memiliki intensitas iradiasi matahari yang tinggi, dengan data *Direct Normal Irradiation* (DNI) sebesar $4,685 \text{ kWh/m}^2/\text{Hari}$, temperatur rata-rata $25,8^\circ\text{C}$, elevasi 271 meter menjadikan wilayah ini sangat mendukung pengembangan PLTS (Solar Atlas, 2025). Dalam RUPTL tahun 2025-2034, pemerintah menargetkan pengembangan *Distributed Generation*. Proyeksi yang telah direncanakan yaitu penambahan PLTS sebagai DG sebesar 5 MW pada tahun 2026, sejalan dengan prediksi kenaikan beban puncak hingga 24 MW untuk wilayah Sumba Timur pada tahun 2034 (PT PLN (Persero), 2025).

Berbagai studi dan penelitian dalam literatur membuktikan bahwa masuknya PLTS sebagai *Distributed Generation* dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kinerja jaringan distribusi, di antaranya memperbaiki profil tegangan minimum pada bus, menurunkan rugi-rugi daya, serta meningkatkan keandalan sistem.

Standar SPLN No. 72 Tahun 1987 menetapkan jatuh tegangan maksimal 10% dari tegangan nominal serta kenaikan tegangan maksimal 5% dari tegangan nominalnya, sementara SPLN No. 1 Tahun 1995 membatasi rugi-rugi daya tidak lebih dari 10% dari total daya yang disalurkan (SPLN 72:1987, 1987; SPLN 1:1995, 1995). Akan tetapi, hasil studi empiris dan kajian simulasi pada sistem distribusi serupa di NTT dan wilayah lain menunjukkan adanya jatuh tegangan lebih dari 5% (misalnya hingga 23% sebelum interkoneksi DG di Sanggau dan 5,2% di Lhokseumawe) serta rugi-rugi daya mencapai 14,05% atau lebih, terutama saat penetrasi PLTS tinggi bersamaan cuaca buruk atau beban tidak seimbang (Nazaruddin *et al.*, 2022; Budi S. *et al.*, 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berjudul **”Analisis Profil Tegangan dan Rugi-rugi Daya Akibat Penambahan *Distributed Generation* pada Sistem 20 kV”**. Dalam penelitian ini, berfokus pada analisis karakteristik profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV di Sumba Timur akibat penambahan *Distributed Generation*, dengan hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *DIgSILENT PowerFactory*, kemudian divalidasi menggunakan perhitungan guna memastikan kesesuaian antara hasil simulasi dan teori berdasarkan standar regulasi SPLN. Selain itu, penelitian ini juga mengacu pada tren pengembangan kelistrikan sesuai dengan RUPTL PT. PLN (Persero). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis untuk mendukung pengembangan sistem distribusi yang efisien dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, sehingga dapat menjaga kualitas suplai listrik dan mendukung pertumbuhan ekonomi serta sektor pariwisata di wilayah Sumba Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur sebelum penambahan *Distributed Generation*.
2. Bagaimana pengaruh penempatan *Distributed Generation* pada bus/terminal ujung setiap penyulang dengan variasi daya keluaran terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur sebelum penambahan *Distributed Generation*.
2. Menganalisis pengaruh penempatan *Distributed Generation* pada bus/terminal ujung setiap penyulang dengan variasi daya keluaran terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur, serta mengevaluasi potensi implementasi hasil penelitian tersebut pada kondisi sistem nyata guna meningkatkan kualitas profil tegangan dan menurunkan rugi-rugi daya jaringan distribusi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Dapat mengetahui kondisi profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur sebelum penambahan *Distributed Generation*.

2. Dapat memberikan analisis pengaruh penempatan *Distributed Generation* pada bus/terminal ujung setiap penyulang dengan variasi daya keluaran terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem 20 kV Sumba Timur, serta menjadi referensi dalam penerapan *Distributed Generation* pada sistem distribusi nyata untuk meningkatkan kualitas tegangan dan efisiensi penyaluran daya.

1.5 Batasan Masalah

Dari penelitian ini, berikut yang menjadi batasan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Studi dilakukan dengan penambahan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai *Distributed Generation* yang telah direncanakan oleh PT. PLN (Persero) yang dimuat dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tahun 2025-2034.
2. Aspek teknis terkait proses sinkronisasi *Distributed Generation* pada sistem distribusi 20 kV mengacu pada regulasi dan standar operasional yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero).
3. Penelitian ini mempertimbangkan integrasi sistem penyimpanan energi (baterai) sebagai pendukung analisis pengembangan *Distributed Generation*, dengan fokus utama kajian pada pengaruh integrasi DG terhadap sistem distribusi.