

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan esensial yang mendukung seluruh aspek kehidupan manusia, mulai dari kegiatan rumah tangga, sosial, ekonomi, hingga industri [1],[2]. Tantangan dalam menyediakan akses listrik yang andal dan merata masih menjadi isu penting di Indonesia, terutama di wilayah kepulauan dan daerah terpencil. Walaupun rasio elektrifikasi nasional telah mencapai 99,87% pada tahun 2023, masih terdapat beberapa daerah yang menghadapi kendala dalam hal kontinuitas, kualitas tegangan, serta stabilitas pasokan Listrik [3]. Pemerintah terus berupaya mencapai target 100% elektrifikasi pada tahun 2024 sebagai wujud komitmen dalam pemerataan energi di seluruh wilayah nasional [3].

Salah satu daerah yang menjadi perhatian dalam upaya pengembangan sistem kelistrikan adalah Pulau Nusa Penida, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Sebagai kawasan kepulauan yang memiliki potensi wisata dan ekonomi tinggi, kebutuhan listrik di Nusa Penida terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk, fasilitas pariwisata, dan kegiatan ekonomi lainnya [4]. Saat ini sistem kelistrikan Nusa Penida melayani sekitar 21.238 pelanggan dengan beban puncak mencapai $\pm 12,26$ MW. Adapun kapasitas pembangkit yang tersedia di sistem ini sebesar 14,45 MW, dengan cadangan daya sekitar 15,2% [4]. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem kelistrikan Nusa Penida telah mendekati batas kemampuan dayanya dan memerlukan optimalisasi dalam hal keandalan serta kestabilan tegangan agar mampu memenuhi peningkatan kebutuhan energi di masa mendatang.

Dalam mendukung transisi menuju energi bersih, Nusa Penida juga telah menjadi salah satu wilayah percontohan pengembangan energi baru terbarukan (EBT) oleh PLN dan PLN Indonesia Power. Saat ini telah beroperasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid berkapasitas 4,2 MWp yang dilengkapi dengan sistem penyimpanan energi Battery Energy Storage System (BESS) berkapasitas 3 MW [5],[6]. Selanjutnya, PLN merencanakan proyek lanjutan dengan kapasitas total 14,5 MW dari kombinasi PLTS, PLTB, dan BESS. Rencana tersebut sejalan dengan

target menjadikan Nusa Penida sebagai pulau mandiri energi bersih dengan bauran EBT mencapai 100% pada tahun-tahun mendatang [6].

Namun demikian, peningkatan penetrasi energi terbarukan dalam sistem kelistrikan membawa konsekuensi terhadap kestabilan sistem tenaga, terutama pada aspek kestabilan tegangan [7]. Sumber energi terbarukan seperti PLTS dan PLTB terhubung ke jaringan melalui konverter elektronik daya, yang menyebabkan menurunnya inersia sistem serta sensitivitas yang lebih tinggi terhadap fluktuasi beban dan gangguan jaringan [7], [8]. Penurunan inersia ini dapat memengaruhi kemampuan sistem dalam mempertahankan tegangan pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan, sehingga dapat menimbulkan risiko ketidakstabilan tegangan (*voltage instability*) apabila tidak diantisipasi dengan baik [8].

Kestabilan tegangan merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga keandalan dan keamanan operasi sistem tenaga listrik. Berdasarkan standar, batas deviasi tegangan yang diizinkan adalah $\pm 5\%$ dari nilai nominal. Apabila tegangan sistem turun di bawah batas tersebut secara berkelanjutan, maka akan berdampak pada penurunan kualitas daya, gangguan pada peralatan listrik, bahkan risiko pemadaman menyeluruh (*blackout*) pada jaringan lokal. Oleh karena itu, analisis terhadap kestabilan tegangan menjadi langkah penting untuk memahami respons sistem terhadap perubahan beban, gangguan, maupun integrasi sumber pembangkit baru.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis kestabilan tegangan pada sistem kelistrikan Nusa Penida. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PowerFactory DIgSILENT untuk melakukan simulasi aliran daya (load flow) pada beberapa skenario operasi, termasuk kondisi beban puncak, penambahan beban, dan saat diberikan gangguan. Melalui simulasi tersebut diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai kondisi profil tegangan di setiap bus, mengetahui titik-titik kritis yang berpotensi mengalami ketidakstabilan, serta memberikan rekomendasi teknis untuk peningkatan kestabilan sistem kelistrikan Nusa Penida.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian dalam tugas akhir ini menjawab perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perubahan beban dan integrasi pembangkit energi baru terbarukan (PLTS) terhadap kestabilan tegangan statis sistem kelistrikan Nusa Penida.
2. Bagaimana pengaruh perubahan beban dan integrasi

pembangkit energi baru terbarukan (PLTS) terhadap kestabilan tegangan dinamis sistem kelistrikan Nusa Penida.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menjawab permasalahan yang dihadapi dapat diatasi dengan pembuktian yang valid.

1. Menganalisis kestabilan statis dengan menggunakan metode kurva P-V dan Q-V.
2. Menganalisis kestabilan tegangan dinamik yang terjadi saat penambahan beban dan integrasi PLTS pada sistem.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan penulisan penelitian ini, maka penulis sampaikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian berfokus pada perubahan profil tegangan sebelum dan sesudah penambahan beban dan pengintegrasian PLTS ke dalam sistem.
2. Perencanaan dilaksanakan dalam bentuk simulasi menggunakan software DIGSILENT PowerFactor.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan skripsi ini disusun secara sistematis agar mempermudah dalam memahami pembahasan laporan skripsi ini. Struktur penelitian ini disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan, dengan susunan sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang mengenai analisis kestabilan tegangan pada sistem kelistrikan Nusa Penida , rumusan masalah mengenai pengaruh penambahan beban dan integrasi pembangkit EBT (PLTS) terhadap kestabilan tegangan, tujuan dan manfaat penelitian batasan masalah, dan sistematika penulisan penulisan skripsi.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan teori mengenai analisis aliran daya, stabilitas sistem tenaga listrik, stabilitas tegangan, stabilitas tegangan statis dan dinamis, serta dampak integrasi PLTS terhadap stabilitas tegangan, termasuk penggunaan perangkat lunak DigSILENT PowerFactory.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan penelitian yang berisi tentang pengolahan data dan simulasi pemasangan PLTS Nusa Penida dengan analisis perubahan pada sistem dalam kondisi base case maupun ketika sistem transmisi terinjeksi daya PLTS sebesar 4,2 MWp terhadap kestabilan tegangan. Analisa kestabilan tegangan yaitu melalui analisa tegangan statis dengan menggunakan metode kurva PV dan analisa tegangan dinamik. Dan analisa tersebut menggunakan software DigSILENT PowerFactory.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisa sistem saat kondisi base case dan saat kondisi sistem kelistrikan Nusa Penida terintegrasi dengan PLTS Nusa Penida. Pembahasan lengkap sistem dan analisisnya akan diuraikan pada bab ini.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa pengaruh stabilitas tegangan melalui metode kurva PV dan analisa tegangan dinamik pada saat sistem dalam kondisi base case maupun pada saat sistem terinjeksi daya PLTS 4,2 MWp, serta saran-saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.