

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan global terhadap energi fosil menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan dan keterbatasan sumber daya, sehingga pengembangan energi terbarukan menjadi prioritas menuju sistem energi yang berkelanjutan (Eid *et al.*, 2016). Di antara sumber energi terbarukan, energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki potensi besar di Indonesia karena letak geografisnya di wilayah khatulistiwa dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun, serta dipandang sebagai solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan energi nasional dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil beserta dampak lingkungannya (Ramadhana *et al.*, 2022).

Komitmen pemerintah Indonesia dalam pengembangan energi terbarukan tercermin dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) periode 2021–2030 yang menjadi pedoman pengelolaan energi nasional. RUPTL dirancang untuk mengatasi tantangan kebutuhan energi dengan memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan, sejalan dengan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025. Berdasarkan data PLN tahun 2022, kapasitas listrik terpasang di Indonesia mencapai 44.939,88 MW dengan 6.314 unit pembangkit, di mana sekitar 31.328,92 MW berasal dari PLTS (PLN, 2021).

Pemanfaatan energi matahari melalui PLTS menggunakan teknologi *photovoltaic* (PV) yang mampu mengonversi radiasi matahari langsung menjadi energi listrik (Green *et al.*, 2022). Sistem ini memiliki efisiensi yang terus meningkat serta kebutuhan perawatan yang relatif rendah (Taghizadeh-Alisaraei *et al.*, 2017). Salah satu penerapannya adalah sistem PLTS *on-grid* yang terintegrasi dengan jaringan listrik, dan perguruan tinggi memiliki peran strategis dalam mengadopsinya sebagai upaya pembangkitan energi mandiri yang berkelanjutan (Blaabjerg *et al.*, 2017).

Sejalan dengan hal tersebut, perguruan tinggi memiliki tanggung jawab menerapkan konsep *green campus* melalui efisiensi energi dan air, pengelolaan limbah, penghijauan, transportasi berkelanjutan, serta pendidikan lingkungan, yang salah satu bentuk implementasinya dilakukan melalui pemanfaatan energi terbarukan untuk mengurangi emisi karbon (Universitas Siliwangi, 2025).

Sebagai perguruan tinggi negeri terbesar di Priangan Timur yang berlokasi di Tasikmalaya, Universitas Siliwangi memiliki kampus baru di Mugarsari, Kecamatan Tamansari, dengan luas sekitar 30 hektar. Untuk mewujudkan konsep *green campus*, khususnya dalam pemanfaatan energi, salah satu yang dapat dikembangkan oleh Universitas Siliwangi adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* di Kampus 2 Universitas Siliwangi sebagai bagian dari pengelolaan energi berkelanjutan. Sistem ini terhubung ke jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV PLN dari Gardu Induk 150 kV Tasikmalaya Baru Trafo 1 melalui pemanfaatan atap bangunan kampus, sehingga diharapkan dapat memenuhi sebagian kebutuhan energi

kampus sekaligus mendukung kinerja penyulang distribusi di Kota Tasikmalaya.

Namun, integrasi PLTS sebagai *Distributed Energy Resources* (DER) pada sistem distribusi eksisting menimbulkan berbagai tantangan teknis. Sifat intermiten PLTS berpotensi menyebabkan fluktuasi tegangan, aliran daya balik (*reverse power flow*), gangguan koordinasi proteksi, serta penurunan kualitas tegangan akibat pengaturan inverter yang kurang optimal (Maghami *et al.*, 2023). Selain itu, penetrasi PLTS dalam skala besar dapat memicu kondisi *overvoltage*, meningkatkan rugi-rugi daya jaringan, dan menurunkan efektivitas operasi regulator tegangan (de Negreiros *et al.*, 2023; Iioka *et al.*, 2020).

Oleh karena itu, perencanaan kapasitas, titik sambung, dan strategi operasi PLTS menjadi aspek krusial untuk menjaga keandalan sistem distribusi listrik (Zajuli, 2022). Evaluasi dampak integrasi PLTS dilakukan pada Penyulang Ciledug (CLDG) serta penyulang lain yang terhubung pada Bus GI Tasikmalaya Baru Trafo 1 (TMSR, CINE, CBLO, LUTT) untuk mengetahui apakah dampaknya bersifat lokal atau menyebar. Pemodelan sistem dan analisis aliran daya, rugi-rugi daya, serta profil tegangan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP (ETAP, 2022).

Kajian yang mengevaluasi dampak integrasi PLTS terhadap kinerja penyulang distribusi tegangan menengah di lingkungan kampus yang terhubung langsung ke sistem PLN masih terbatas. Sebagian penelitian masih menggunakan model generik atau mikrogrid tertutup, serta jarang melakukan

analisis simultan kapasitas PLTS, titik sambung, dan waktu injeksi daya berbasis ETAP, sehingga menunjukkan adanya kesenjangan riset dalam perencanaan sistem distribusi kampus yang berkelanjutan (de Oliveira *et al.*, 2018; Barutçu *et al.*, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berjudul “***ANALISIS KINERJA PENYULANG DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH PADA GARDU INDUK TASIKMALAYA BARU TRAF0 1 AKIBAT PEMASANGAN PLTS DI KAMPUS 2 UNIVERSITAS SILIWANGI.***”

Objek studi difokuskan pada penyulang yang terlibat langsung dalam integrasi PLTS, yaitu Penyulang Ciledug (CLDG) sebagai penyulang yang disalurkan, serta Penyulang Tamansari (TMSR), Cineam (CINE), Cibalong (CBLO), dan Lingkar Utara (LUTT) sebagai penyulang distribusi yang terhubung dari Bus Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran teknis perubahan profil tegangan dan rugi-rugi daya akibat integrasi PLTS, serta menjadi referensi dalam perencanaan sistem distribusi tenaga listrik yang andal, efisien, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja penyulang distribusi tegangan menengah 20 kV pada Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1 sebelum integrasi PLTS *on-grid*, ditinjau berdasarkan profil tegangan dan besarnya rugi-rugi daya?

2. Bagaimana kinerja penyulang distribusi tegangan menengah 20 kV pada Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1 setelah integrasi PLTS *on-grid*, ditinjau berdasarkan perubahan profil tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi?
3. Bagaimana pengaruh integrasi PLTS terhadap penyulang yang terhubung langsung, serta apakah integrasi tersebut juga berdampak pada penyulang lain yang berada pada bus gardu induk yang sama?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kedalaman pembahasan, penelitian ini dibatasi oleh beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Analisis hanya dilakukan pada penyulang distribusi 20 kV yang disuplai oleh Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1, dengan fokus pada kinerja Penyulang Ciledug (CLDG) sebagai penyulang yang disalurkan serta Penyulang Tamansari (TMSR), Cineam (CINE), Cibalong (CBLO), dan Lingkar Utara (LUTT) sebagai penyulang distribusi yang terhubung.
2. Simulasi dan analisis sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1 pada frekuensi 50 Hz, dengan analisis berdasarkan data aktual hasil simulasi ETAP.
3. PLTS yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan sistem PLTS *on-grid* tanpa menggunakan baterai, dengan perencanaan instalasi memanfaatkan atap (*rooftop*) gedung-gedung di Kampus 2 Universitas Siliwangi, meliputi Gedung Fakultas Pertanian, Fakultas Teknik, dan Gedung Rektorat.

4. Kapasitas PLTS yang akan dibangun hanya berdasarkan luas atap gedung yang tersedia dan tidak mencakup aspek ekonomi, seperti biaya investasi, biaya operasi dan pemeliharaan, serta analisis kelayakan finansial dari pemasangan PLTS.
5. Analisis dalam penelitian ini difokuskan pada profil tegangan dan rugi daya aktif (*active power losses*) pada jaringan distribusi. Adapun rugi daya reaktif, analisis faktor daya, harmonisa, ketidakseimbangan beban (*unbalance*), keandalan sistem (SAIDI/SAIFI), arus hubung singkat, koordinasi proteksi, serta analisis stabilitas sistem tidak dibahas secara khusus dalam penelitian ini.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja penyulang distribusi tegangan menengah 20 kV pada Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1 sebelum integrasi PLTS *on-grid* berdasarkan profil tegangan dan besarnya rugi-rugi daya.
2. Menganalisis kinerja penyulang distribusi tegangan menengah 20 kV pada Gardu Induk Tasikmalaya Baru Trafo 1 setelah integrasi PLTS *on-grid* berdasarkan perubahan profil tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi.
3. Menganalisis pengaruh integrasi PLTS pada penyulang jaringan distribusi 20 kV terhadap penyulang yang terhubung langsung serta dampaknya terhadap penyulang lain pada bus gardu induk yang sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian sistem tenaga listrik, khususnya terkait integrasi energi terbarukan berupa PLTS *on-grid* pada sistem distribusi tegangan menengah.
2. Menjadi referensi teknis bagi pengelola sistem distribusi tenaga listrik dalam mengevaluasi dampak integrasi PLTS *on-grid* terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya.
3. Memberikan dasar pertimbangan dalam proses perencanaan dan pengembangan jaringan distribusi 20 kV yang terintegrasi dengan sumber energi terbarukan, sehingga dapat mendukung operasi sistem yang andal dan efisien.
4. Memberikan gambaran teknis mengenai penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* pada jaringan distribusi tenaga listrik yang mencakup Universitas Siliwangi