BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

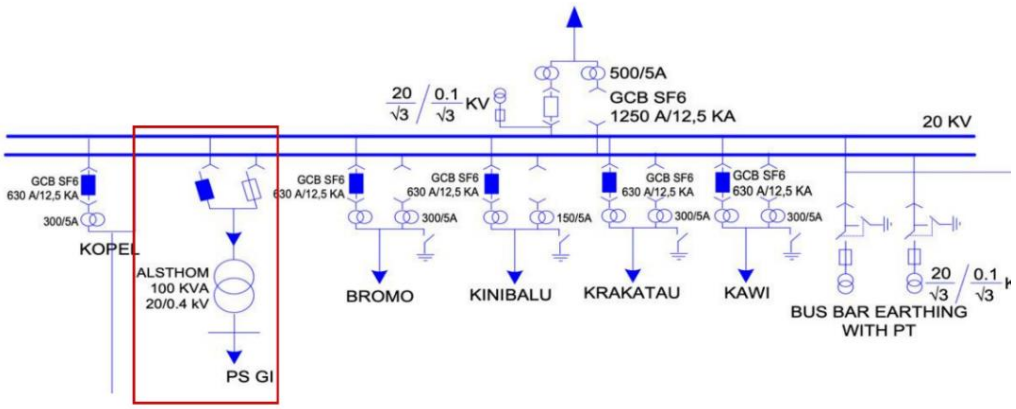
Aktivitas manusia telah menjadi pendorong utama *global warming* dan perubahan iklim global. Pembakaran bahan bakar fosil dalam skala besar untuk memenuhi kebutuhan energi, industri, dan transportasi menjadi penyumbang sebagian besar emisi Gas Rumah Kaca (GRK), yaitu penyebab utama fenomena *global warming*. Data dari *Climate Action Tracker* (CAT) memperkirakan emisi GRK global akan terus meningkat hingga 50 giga ton karbon dioksida per tahun dan mengakibatkan peningkatan suhu rata-rata global sebesar 3°C pada akhir abad ke-21 (Climate Action Tracker, 2024). Upaya global untuk mengatasi krisis iklim ditegaskan melalui Perjanjian Paris, yang menargetkan pembatasan kenaikan suhu bumi tidak melebihi 1,5°C. Indonesia melalui kebijakan *Enhanced Nationally Determined Contributions* (ENDC) dengan optimis mampu penurunan emisi GRK menjadi sebesar 31,89% dengan upaya sendiri dan 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030 (KLHK, 2024). Pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) menjadi langkah utama yang dilakukan dalam rangka mencapai target ENDC dan NZE tersebut. Indonesia telah menetapkan target bauran energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 sebagai bagian dari komitmen dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (Peraturan Pemerintan Republik Indonesia No. 79, 2014).

Sebagai turunan dari kebijakan energi nasional, sektor ketenagalistrikan mendukung transisi energi melalui penyusunan Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN). Dokumen ini menetapkan target bauran energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar minimum 23% pada tahun 2025, dan terus ditingkatkan hingga mencapai sekitar 25% pada tahun 2038. Target bauran tersebut kemudian dirinci secara detail dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) sebagai pedoman pelaksanaan di tingkat penyediaan listrik. Berdasarkan proyeksi RUPTL, pencapaian bauran EBT di sektor ketenagalistrikan berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 71 juta ton CO_2 pada tahun 2030. Jika skenario pembangunan rendah karbon (*low carbon*

development) diterapkan secara optimal, potensi penurunan emisinya bahkan dapat mencapai 99 juta ton CO_2 (RUPTL PT PLN, 2025).

Indonesia memiliki potensi radiasi matahari harian yang signifikan, dengan kisaran antara 3,8 hingga 4,6 kWh/m2 (Solargis & World Bank Group, 2020) dan total potensi teknis mencapai 3.294,4 GWp (Dewan Energi Nasional, 2023). Besarnya potensi tersebut menjadikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber EBT prioritas di Indonesia. Hal ini sejalan dengan target Pemerintah untuk mencapai kapasitas terpasang PLTS sebesar 6,5 GW di berbagai wilayah (KESDM, 2024). Keterbatasan ketersediaan lahan di beberapa wilayah menjadi hambatan dalam pembangunan PLTS skala besar. Oleh karena itu, pengembangan PLTS atap (*rooftop solar photovoltaic*) menjadi alternatif yang semakin banyak diterapkan karena memanfaatkan atap bangunan yang sudah ada tanpa memerlukan lahan tambahan. Sistem ini memungkinkan konsumen di sektor perumahan hingga industri untuk memproduksi energi untuk memenuhi kebutuhan listrik internal secara mandiri.

Gardu Induk merupakan salah satu infrastruktur vital dalam sistem ketenagalistrikan nasional yang berfungsi sebagai titik penghubung antara pembangkit listrik dan jaringan distribusi ke konsumen akhir (Yang et al., 2020). Gardu induk memerlukan suplai listrik untuk berbagai kebutuhan operasionalnya, seperti sistem kontrol, proteksi, penerangan, serta pendingin trafo, yang secara keseluruhan dikenal sebagai pemakaian sendiri. Gardu Induk (GI) Prabumulih milik PT PLN (Persero) di Sumatera Selatan memiliki kapasitas operasional 150 MVA dengan tegangan 150/20 kV yang dilengkapi tiga unit transformator daya (RUPTL PT PLN, 2025). Dalam operasionalnya, GI Prabumulih memenuhi seluruh kebutuhan energi listrik internalnya dari jaringan PLN dengan berkapasitas 100 kVA. Gambar 1.1 menunjukan single line diagram alur ditribusi energi listrik di GI Prabumulih.



Gambar 1. 1 Single Line Diagram (SLD) di GI Prabumulih

Ketergantungan pada suplai jaringan PLN untuk beban operasional dapat minimalisir dengan memanfaatkan potensi energi terbarukan di lokasi tersebut. GI Prabumulih memiliki luas atap beton sebesar 528 m^2 yang belum dimanfaatkan secara optimal. Wilayah Sumatera Selatan memiliki potensi iradiasi matahari yang cukup tinggi dengan kapasitas mencapai 285 GWp, menempati peringkat ketiga terbesar di Indonesia setelah Nusa Tenggara Timur (370 GWp) dan Riau (290 GWp) (Dewan Energi Nasional, 2023). Pemanfaatan sistem PLTS Atap pada gedung GI Prabumulih menjadi alternatif strategis untuk menghasilkan listrik mandiri guna memenuhi kebutuhan beban PS. Integrasi ini juga terbukti mampu menurunkan rugi-rugi daya sebesar 43% dan memperbaiki profil tegangan sebesar 4% (Huda et al., 2024). Analisis mengenai aspek teknis dan ekonomis dari instalasi ini diperlukan untuk memastikan efisiensi dan kelayakan sistem dalam mendukung operasional gardu induk.

Instalasi PLTS atap memerlukan modal investasi yang tinggi, terutama untuk kapasitas besar yang sesuai dengan kebutuhan pemakaian sendiri *(self-consumption)* gardu induk. Studi kasus menunjukkan bahwa PLTS berkapasitas >1 MWp memerlukan investasi awal mencapai Rp14–18 miliar per MWp, dengan periode pengembalian modal (payback period) 8–12 tahun tergantung faktor lokasi dan intensitas radiasi (Prayogi et al., 2023). Kebijakan terbaru Kementerian ESDM (Peraturan Menteri ESDM No. 2/2024) menghapus ekspor listrik dari PLTS atap ke jaringan PLN, sehingga mengurangi potensi pendapatan tambahan. Namun, kebijakan ini juga membuka peluang dengan

menghilangkan batasan kapasitas instalasi, memungkinkan Gardu Induk Prabumulih mengoptimalkan PLTS atap sesuai kebutuhan energinya.

Analisis potensi pemanfaatan PLTS atap di Gardu Induk Prabumulih sebagai strategi efisiensi energi perlu dilakukan, khususnya melalui kajian teknis dan ekonomis. Kajian teknis mencakup pengaruh integrasi PLTS atap terhadap efisiensi kinerja gardu induk, sementara kajian ekonomis fokus pada kebutuhan modal investasi dan periode pengembalian, terutama dalam konteks kebijakan terbaru ESDM No. 2/2024 yang menghapus ekspor listrik namun membuka peluang optimalisasi kapasitas instalasi. Studi ini mendukung pemanfaatan energi surya untuk pemakaian sendiri (*self-consumption*). Hasil yang diharapkan adalah tersusunnya analisis teknis dan ekonomi yang dapat menjadi dasar perencanaan instalasi PLTS atap di Gardu Induk Prabumulih.

1.2 Perumusan Masalah

Beban pemakaian sendiri di Gardu Induk (GI) Prabumulih saat ini masih sepenuhnya bergantung pada pasokan energi listrik dari jaringan PLN dengan kapasitas daya tersambung sebesar 100 kVA. Ketergantungan tersebut berdampak pada timbulnya biaya operasional yang tercatat dalam tagihan listrik bulanan. Berdasarkan data pengusahan konsumsi energi listrik, penggunaan energi operasional di GI Prabumulih terbagi menjadi konsumsi pada periode Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Data konsumsi bulanan menunjukkan bahwa rata-rata penggunaan energi pada periode WBP sebesar 1.279 kWh/bulan, sedangkan pada periode LWBP sebesar 3.156,582 kWh/bulan.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa terdapat area atap beton seluas 528 m² yang hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan PLTS atap berpotensi menjadi sumber energi alternatif untuk menyuplai kebutuhan energi internal gardu induk terutama pada saat LWBP, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik dari jaringan PLN. Mengacu pada kondisi ini, penelitian ini akan berfokus untuk menjawab 3 rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana desain sistem dan konfigurasi kapasitas PLTS atap yang optimal pada area atap beton GI Prabumulih?

2. Bagaimana pengaruh penggunaan jenis modul PV terhadap performa teknis dan produksi energi PLTS atap berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst?
3. Bagaimana kelayakan ekonomi dan lingkungan dari rencana investasi PLTS atap di GI Prabumulih?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi produksi energi PLTS Atap yang dapat diterapkan di GI Prabumulih melalui analisis teknis dan ekonomis. Secara detail tujuan penelitian ini yaitu :

1. Merancang desain sistem dan menentukan konfigurasi kapasitas optimal PLTS Atap pada area atap beton GI Prabumulih.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan jenis PV modul terhadap performa teknis dan produksi energi PLTS atap melalui simulasi perangkat lunak PVsyst.
3. Menganalisis kelayakan ekonomi dan lingkungan rencana investasi PLTS Atap di GI Prabumulih.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Akademis

   Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian energi terbarukan, khususnya terkait pemanfaatan PLTS atap untuk sistem distribusi tenaga listrik. Hasil analisis teknis dan ekonomi yang disusun dapat menjadi referensi ilmiah bagi penelitian lanjutan di bidang efisiensi energi, integrasi sistem terbarukan pada infrastruktur kelistrikan, serta dampaknya terhadap pengurangan emisi GRK.
2. Manfaat Praktis

   Bagi praktisi, khususnya pihak PT PLN (Persero) dan pemangku kepentingan di sektor energi, penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan dan implementasi PLTS atap di gardu induk, termasuk dalam aspek desain teknis, investasi, dan penyesuaian kebijakan operasional. Hasil penelitian ini juga dapat membantu optimalisasi strategi efisiensi energi dan peningkatan kinerja gardu induk secara berkelanjutan

1.5 Orisinalitas Penelitian

Tabel 1. 1 Gap Penelitian

No.	Peneliti	Fokus Analisis Penelitian Terdahulu	Gap
1.	(Duan et al., 2025)	Analisis pengaruh pemasangan PLTS atap terhadap kinerja termal atap bangunan, konsumsi energi, dan penurunan emisi karbon. Analisis melalui simulasi energi bangunan dengan membandingkan beberapa skenario retrofit atap PLTS pada berbagai kondisi iklim.	Analisis pengaruh pemasangan PLTS Atap di Gardu Induk. Analisis dilakukan melalui simulasi PVSyst dengan mengacu pada ketersediaan luas atap bangunan yang tersedia dan jenis PV modul yang digunakan
2.	(Huda et al., 2024)	Analisis pengaruh pemasangan PLTS terhadap penurunan rugi daya dan perbaikan tegangan pada sistem distribusi listrik Ampenaan. Analisis menggunakan aplikasi ETAP Power Station 12.0 dengan percobaan integrasi PLTS pada sistem distribusi listrik melalui Bus terpilih.	Menganalisis efektivitas penerapan PLTS Atap di GI Prabumulih dalam mengurangi penggunaan energi listrik dari PLN dengan cara menyuplai beban Pemakaian Sendiri (PS) secara mandiri
3.	(Prayogi et al., 2023)	Analisis pengaruh total beban puncak terhadap efisiensi transformator 60 MVA. Parameter yang diamati tegangan dan beban transformator. Hasilnya menunjukkan bahwa beban energi yang lebih ringan meningkatkan efisiensi transformator sebesar 0,01%–0,03%.	Analisis pengaruh penerapan PLTS Atap terhadap efisiensi kinerja Gardu Induk akan dilakukan. Analisis ekonomi potensi penghematan energi
4.	(Tarigan, 2023)	Analisis kelayakan ekonomi penerapan sistem PLTS terapung pada	Analisis pengaruh penerapan sistem PLTS atap terhadap

No.	Peneliti	Fokus Analisis Penelitian Terdahulu	Gap
		bendungan eksisting dengan tujuan mengestimasi kapasitas terpasang dan potensi produksi energi listrik tahunan. Analisis dilakukan melalui simulasi spasial dan energi menggunakan Google Earth dan SolarGIS PV Planner berdasarkan luas area perairan yang tersedia.	pada bangunan Gardu Induk terhadap kelayakan ekonomi. Analisis dilakukan dengan simulasi PVSyst berdasarkan luasan area tersedia, dengan validasi berupa perhitungan penghematan energi dan potensi penurunan emisi

UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG