

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan fondasi utama bagi pembangunan ekonomi, kemajuan teknologi, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Seiring pertumbuhan populasi dan pesatnya industrialisasi, permintaan energi global terus meningkat secara signifikan. Namun, ketergantungan terhadap energi fosil telah menimbulkan dua permasalahan besar, yaitu semakin menipisnya sumber daya tak terbarukan dan meningkatnya emisi gas rumah kaca yang memperparah perubahan iklim. Kondisi ini mendorong berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mempercepat transisi menuju pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang bersih, efisien, dan berkelanjutan. Sebagai negara kepulauan dengan ribuan pulau berpenghuni, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang besar, terutama dari energi surya, air, angin, dan biomassa. Namun, kondisi geografis yang tersebar luas menjadi tantangan dalam pemerataan akses dan distribusi energi. Banyak daerah terpencil masih bergantung pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), yang memiliki biaya operasional tinggi, ketergantungan bahan bakar yang besar, serta efisiensi rendah. Akibatnya, ketersediaan listrik di wilayah-wilayah tersebut sering terbatas dan tidak beroperasi sepanjang hari.

Salah satu wilayah yang menghadapi tantangan tersebut adalah Pulau Lemukutan, yang terletak di Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat. Berdasarkan hasil survei lapangan, terdapat sekitar 365 pelanggan listrik dengan daya terpasang rata-rata 900 VA atau sekitar 0,4 kW per rumah, sehingga total kebutuhan daya mencapai sekitar 146 kW. Sistem kelistrikan di pulau ini masih bergantung pada tiga unit genset diesel berkapasitas 133 kW, 40 kW, dan 140 kW dengan total kapasitas 313 kW. Namun, karena keterbatasan bahan bakar, efisiensi yang rendah, dan jam operasi yang terbatas, daya efektif yang mampu disuplai hanya sekitar 97 kW, sehingga listrik hanya menyala selama 12 jam per hari (18.00 - 06.00). Distribusi energi dilakukan melalui tiga gardu distribusi dengan kapasitas 100 kVA, 50 kVA, dan 25 kVA yang menyalurkan energi ke wilayah permukiman dan fasilitas publik. Kondisi ini sering menimbulkan pemadaman bergilir, pembatasan penggunaan listrik, serta menurunnya aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Selain itu, jarak antara PLTD dan beban cukup jauh, dengan jaringan tegangan menengah sepanjang 6 km dan tegangan rendah sepanjang 8 km yang dioperasikan oleh PLN. Kondisi ini menyebabkan rugi daya dan penurunan efisiensi distribusi. Sebaliknya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

menawarkan solusi yang lebih fleksibel karena dapat dipasang lebih dekat ke pusat beban. PLTS Atap (Rooftop PV) menjadi pilihan yang paling rasional dan strategis dibandingkan PLTS terpusat (ground-mounted). Hal ini dikarenakan keterbatasan ketersediaan lahan terbuka yang datar di wilayah kepulauan, di mana area daratan umumnya telah padat oleh pemukiman atau berupa kontur alam. karakteristik rumah warga di Pulau Lemukutan yang didominasi oleh struktur rumah panggung memberikan tantangan sekaligus peluang tersendiri. Dengan memanfaatkan atap bangunan sebagai dudukan panel surya, sistem ini tidak memerlukan pembebasan lahan tambahan yang seringkali menjadi kendala sosial dan ekonomi. Pemanfaatan atap rumah panggung ini memungkinkan optimalisasi ruang yang ada tanpa mengganggu ekosistem bawah rumah atau aktivitas sosial warga di permukaan tanah. Dengan penempatan sistem di sisi pelanggan sebelum kWh meter, PLTS Atap dapat beroperasi secara independen tanpa membebani jaringan PLN yang sudah ada, sehingga menjadi solusi praktis untuk mempercepat elektrifikasi mandiri di Pulau Lemukutan.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem PLTS Atap Hybrid berbasis simulasi Helioscope dengan pendekatan pemecahan sistem menjadi dua sumber utama, yaitu PLTS dan PLTD/PLN. Sistem dirancang per klaster, di mana satu klaster terdiri dari 3–5 rumah, menggunakan panel surya $425 \text{ Wp} \times 8 \text{ unit}$ ($\pm 3,4 \text{ kW}$) serta baterai 5 kWh yang mampu menyuplai energi dari pukul 18.00–00.00, sebelum secara otomatis beralih ke jaringan PLN dari pukul 00.00–06.00. Sementara PLTS beroperasi pada pukul 06.00–18.00, sehingga total sistem mampu menyediakan listrik selama 24 jam penuh. Melalui sistem ini, kebutuhan energi seluruh 365 pelanggan dapat terpenuhi hingga 100%, dengan kontribusi pasokan energi 50% dari PLTS, 25% dari baterai, dan 25% dari PLN. Penerapan sistem PLTS Atap Hybrid ini tidak hanya meningkatkan keandalan pasokan energi dan mendukung kegiatan ekonomi masyarakat, tetapi juga memberikan keuntungan bagi PLN dalam memperluas elektrifikasi nasional serta mendorong percepatan transisi energi bersih di wilayah terpencil. Selain itu, langkah ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya Tujuan ke-7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan Tujuan ke-13 (Penanganan Perubahan Iklim), yang menekankan pentingnya transformasi menuju sistem energi berkelanjutan bagi masa depan yang mandiri dan berkeadilan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Ruang lingkup masalah penugasan dan aktifitas yang dilakukan selama melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancangan konfigurasi sistem PLTS Atap Hybrid yang optimal untuk mencapai target suplai listrik 24 jam.
2. Bagaimana hasil pemodelan simulasi Helioscope terhadap performa energi di Pulau Lemukutan.
3. Bagaimana tingkat keandalan distribusi energi dari sistem PLTS Atap berkelanjutan.

1.3 Tujuan

1. Merancang konfigurasi sistem PLTS Atap Hybrid yang optimal berbasis pembagian klaster untuk menjamin ketersediaan energi 24 jam.
2. Menganalisis performa produksi energi dan potensi rugi – rugi teknis di Pulau Lemukutan melalui simulasi helioscope dengan memanfaatkan atap rumah panggung sebagai area penempatan panel surya.
3. Mengevaluasi tingkat keandalan dan keberlanjutan distribusi energi dari sistem PLTS Atap Hybrid dalam memenuhi kebutuhan beban harian.

1.4 Manfaat

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknis dan analisis kelayakan penerapan sistem PLTS atap hybrid pada skala desa di Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan PLN dalam menentukan prioritas program elektrifikasi berbasis energi surya di wilayah-wilayah terisolir dengan karakteristik geografis serupa, serta sebagai pertimbangan dalam perencanaan investasi kecil hingga menengah untuk mewujudkan penyediaan listrik 24 jam yang berkelanjutan.
2. Bagi Masyarakat: Memberikan gambaran nyata tentang potensi peningkatan kualitas hidup dan peluang ekonomi di sektor perikanan, pariwisata, dll. yang dapat dicapai melalui pasokan listrik 24 jam, sehingga meningkatkan dukungan dan partisipasi publik dalam transisi energi.
3. Bagi Akademisi dan Praktisi: Menghasilkan sebuah kerangka kerja (framework) metodologis yang menggabungkan analisis masalah, perancangan teknis berbasis simulasi dengan pertimbangan kendala lokal, serta analisis kelayakan yang komprehensif, yang dapat direplikasi untuk kasus pulau-pulau terisolir lainnya.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

1. Penelitian ini terbatas pada perancangan konfigurasi sistem klaster 3 – 5 rumah menggunakan panel surya 425 Wp dan atarai 5 kWh untuk mencapai target suplai 24 jam.
2. Simulasi performa energi dan rugi rugi teknis hanya dilakukan melalui simulasi pada perangkat lunak Helioscope.
3. Analisis keandalan sistem hanya ditinjau dari aspek kontinuitas suplai daya.

1.6 Kabaharuan

Adapun kabaharuan pada penelitian kali ini , yaitu :

Kebaharuan penelitian ini terletak pada pendekatannya yang holistik, yang tidak hanya merancang sebuah solusi teknis, tetapi mengintegrasikannya dalam sebuah siklus analisis yang lengkap: mulai dari identifikasi mendalam dampak masalah (baseline), perancangan solusi optimal yang secara eksplisit mengatasi kendala lokal spesifik (keterbatasan lahan dan korosi), hingga validasi melalui analisis kelayakan teknis dan ekonomis. Penggunaan simulasi Helioscope bukan hanya sebagai alat perancangan, melainkan sebagai instrumen untuk membuktikan bahwa tantangan lingkungan pesisir dapat diatasi secara efektif. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan bukan sekadar rancangan teknis, melainkan sebuah proposal studi kelayakan yang komprehensif yang menghubungkan inovasi rekayasa dengan tujuan strategis yang lebih besar, yaitu kemandirian energi dan pembangunan ekonomi berkelanjutan di wilayah kepulauan.