

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pemanasan global merupakan tantangan utama yang dihadapi dunia akibat peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), yang sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar fosil. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sektor transportasi menyumbang 24,64% dari total emisi GRK, menjadikannya salah satu kontributor utama perubahan iklim (Dharmawan dkk., 2021). Menanggapi hal ini, pemerintah Indonesia mempercepat adopsi kendaraan Listrik berbasis baterai melalui Peraturan Presiden (Perpres) No. 55 Tahun 2019. Implementasi kendaraan listrik membutuhkan infrastruktur pendukung seperti Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) (Chandrasa & Sarinanto, 2020). Namun, keterbatasan jumlah SPKLU dan ketergantungan pada energi berbasis fosil menjadi kendala utama dalam mendukung elektrifikasi kendaraan dan transisi energi (Pratama & Sulistiyowati, 2023).

SPKLU di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Medan Timur beroperasi dengan kapasitas 22 kW dengan 2 port AC *Type 2* yang melayani 1- 4 kendaraan per hari dengan konsumsi energi rata-rata mencapai 20,1 kWh. Mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No. 1 Tahun 2023, tarif pengisian daya SPKLU ditetapkan sebesar Rp2.466,00/kWh. Saat ini, SPKLU ini masih bergantung sepenuhnya pada jaringan PLN, yang didominasi pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Hal ini bertentangan dengan tujuan implementasi kendaraan listrik untuk transisi energi bersih karena hanya memindahkan emisi dari perkotaan ke lokasi pembangkit listrik (Herdian

dkk., 2022). Menurut PLN, setiap 1 kWh listrik yang dihasilkan oleh sistem kelistrikan Indonesia yang masih didominasi PLTU menghasilkan sekitar 0,85 kg CO_{2e}. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengurangi emisi karbon dari operasional SPKLU.

Integrasi sumber energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menjadi solusi potensial untuk menekan emisi karbon dalam operasional SPKLU. Undang-Undang Harmonisasi Peraturan Perpajakan pasal 13 Tahun 2021 menetapkan nilai ekonomi karbon sebesar Rp30.000,00 per ton CO_{2e}, yang ketika diberlakukan akan berpotensi memberikan penghematan dari pengurangan emisi karbon. Integrasi sumber energi terbarukan, khususnya PLTS tidak hanya akan mengoptimalkan biaya operasional tetapi juga mempersiapkan SPKLU menghadapi regulasi karbon di masa mendatang. Namun, sifat *intermittent* PLTS dapat menyebabkan ketidakstabilan pasokan daya pada SPKLU (Bhadra dkk., 2020). Oleh karena itu, kombinasi PLTS dengan jaringan PLN dapat menciptakan sistem yang lebih andal (Khalid dkk., 2021).

Pada penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa SPKLU berbasis PLTS dengan kapasitas 1000 kW untuk 6 slot pengisian dengan kapasitas masing-masing 150 kW yang terhubung ke jaringan dapat menurunkan *Level Cost of Energy* (LCOE) 75% dibandingkan dengan sistem berbasis jaringan saja serta dapat mengurangi emisi karbon sebesar 879.658 kg/tahun (Ullah dkk., 2023). Meskipun investasi awal lebih tinggi, pemasangan PLTS berpotensi menghemat biaya operasional jangka panjang dan mengurangi emisi karbon secara signifikan (Rachmanto dkk., 2023). Namun, belum ada kajian spesifik yang menganalisis

kapasitas optimal PLTS yang dapat diterapkan pada SPKLU dengan skala lebih kecil seperti di ULP Medan Timur.

Analisis tekno-ekonomi diperlukan untuk mengevaluasi potensi penghematan dan *Return of Investment* (ROI), mengingat tingginya biaya investasi awal serta adanya regulasi tarif SPKLU sesuai Peraturan Menteri ESDM No. 182 Tahun 2023. Dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomi secara bersamaan, solusi optimal dapat diperoleh untuk mendukung keberlanjutan energi sektor transportasi listrik (Denis dkk., 2022). Untuk memastikan bahwa sistem PLTS yang dirancang benar-benar layak, maka dibutuhkan simulasi sistem. Simulasi teknis menggunakan PVSyst memberikan gambaran potensi produksi energi dari sistem, sedangkan analisis ekonomi menggunakan HOMER Pro untuk penilaian biaya, pengembalian investasi dan efisiensi biaya produksi energi. Penelitian ini relevan dengan kebijakan transisi energi nasional menuju *Net Zero Emission*, serta kebutuhan PLN dalam menyediakan SPKLU yang ramah lingkungan di berbagai kota, termasuk Medan sebagai salah satu pusat pertumbuhan kendaraan listrik di Sumatera. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan teknis dan ekonomi sistem PLTS *On-Grid* yang diintegrasikan pada SPKLU, dengan pendekatan berbasis simulasi teknis dan analisis sensitivitas ekonomi terhadap berbagai skenario.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang terdapat pada penelitian yang akan dilakukan, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Pemanasan global akibat peningkatakn emisi gas rumah kaca (GRK) yang

sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar fosil

2. Ketergantungan infrastruktur SPKLU pada sumber listrik berbahan bakar fosil yang tidak berkelanjutan
3. Rendahnya pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur transportasi listrik.
4. Sifat intermittent PLTS dapat mempengaruhi keandalan SPKLU, sehingga diperlukan strategi integrasi dengan jaringan PLN agar operasional tetap stabil.
5. Belum ada kajian tekno-ekonomi yang menganalisis kelayakan penerapan sistem PLTS *On-Grid* pada SPKLU skala kecil seperti di PT PLN (Persero) ULP Medan Timur.

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis tekno-ekonomi sistem PLTS *On-Grid* yang terintegrasi dengan jaringan PLN pada SPKLU di PT PLN (Persero) ULP Medan Timur.
2. Penelitian ini tidak membahas aspek detail mengenai perancangan fisik seperti *layout* penyusunan panel surya, desain *mounting system*, pengaturan kabel, maupun analisis *shading*.
3. Analisis dilakukan untuk menentukan kapasitas optimal PLTS yang dapat diterapkan pada SPKLU skala kecil.
4. Penelitian ini menggunakan *software* HOMER Pro untuk analisis ekonomi dan PVsyst untuk menganalisis kelayakan teknis.

5. Evaluasi ekonomi mencakup analisis *Levelized Cost Energy* (LCOE), *Return of Investment* (ROI), *Net Present Cost* (NPC), dan *Payback Period*.
6. Penelitian ini tidak mencakup analisis terkait kontrol sistem PLTS

1.4. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

1. Bagaimana aspek teknis sistem PLTS *On-Grid* berdasarkan hasil simulasi teknis ditinjau dari produksi energi, *performance ratio* (PR), *specific production*, *solar fraction* dan kerugian sistem?
2. Bagaimana kelayakan ekonomi sistem PLTS *On-Grid* secara finansial berdasarkan parameter *Levelized Cost of Energy* (LCOE), *Return of Investment* (ROI), NPC dan *Payback Period*.
3. Bagaimana hasil analisis sensitivitas terhadap variasi beban, suku bunga dan inflasi terhadap kelayakan ekonomi sistem?
4. Seberapa besar kontribusi PLTS *On-Grid* dalam menurunkan emisi karbon dibandingkan sistem *baseline* berbasis *grid*?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah

1. Menganalisis aspek teknis sistem PLTS *On-Grid* dengan menentukan kapasitas sistem optimal, estimasi produksi energi, nilai *performance ratio* (PR), *solar fraction*, dan distribusi kerugian sistem.
2. Menganalisis kelayakan ekonomi sistem PLTS *On-Grid*, melalui hasil simulasi sistem berdasarkan parameter LCOE, NPC, ROI dan *Payback Period*.

3. Melakukan analisis sensitivitas terhadap parameter suku bunga, skenario pembebanan dan inflasi untuk mengidentifikasi faktor paling berpengaruh terhadap kelayakan sistem.
4. Menilai aspek lingkungan dari penerapan PLTS *On-Grid* dengan menghitung potensi reduksi emisi karbon CO₂ dan polutan lain sebagai kontribusi terhadap target *Net Zero Emission* 2060.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah

1. Memberikan kontribusi akademik dalam analisis tekno-ekonomi sistem PLTS *On-Grid* pada SPKLU.
2. Menentukan kapasitas optimal PLTS yang dapat diterapkan pada SPKLU skala kecil seperti di PT PLN (Persero) ULP Medan Timur
3. Menyediakan analisis teknis terkait implementasi sistem PLTS *On-Grid* pada SPKLU.
4. Mengevaluasi kelayakan finansial sistem PLTS *On-Grid* pada SPKLU
5. Memberikan rekomendasi bagi PLN dan pemangku kepentingan terkait dalam pengembangan SPKLU berbasis energi terbarukan guna mendukung kebijakan transisi energi dan pengurangan emisi karbon dalam sektor transportasi Listrik.