

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil—terutama batubara, minyak bumi, dan gas alam—telah memunculkan berbagai tantangan seperti fluktuasi harga energi, ketidakstabilan pasokan, serta dampak negatif terhadap lingkungan akibat emisi karbon. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah Indonesia telah mendorong pengembangan energi terbarukan guna mengurangi emisi gas rumah kaca serta meningkatkan ketahanan energi nasional. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan energi surya melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS merupakan sistem pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik oleh panel surya (Aji et al., 2022). Panel surya bekerja dengan menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik searah (DC) yang kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) oleh inverter untuk dapat digunakan pada berbagai aplikasi seperti perumahan, industri, dan fasilitas umum (Dwicaksana et al., 2021).

Pemanfaatan PLTS atap sistem off-grid menawarkan keunggulan signifikan, khususnya di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN atau yang memerlukan solusi energi mandiri. Sistem ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada energi fosil, tetapi juga menurunkan biaya operasional jangka panjang dan mengoptimalkan Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017, Indonesia menargetkan bauran energi baru dan terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025. Energi surya menjadi salah satu sumber yang paling potensial untuk dikembangkan mengingat Indonesia memiliki pemanfaatan lahan. Berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dalam intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 4,5–5,5 kWh/m²/hari (Fauzsan et al., 2025).

PLTU SUMSEL-8 di Sumatera Selatan, sebagai bagian dari proyek pembangkit listrik 35 GW, memiliki kapasitas 2×660 MW dan mengkonsumsi sekitar 5 juta ton batubara per

tahun. Meskipun menggunakan teknologi superkritikal yang meningkatkan efisiensi dan mengurangi kebutuhan peralatan pengendalian polusi, PLTU ini tetap menghasilkan residu berupa fly ash dan bottom ash (FABA) sekitar 400.000 ton per tahun. Untuk mendukung efisiensi energi dan operasional yang lebih berkelanjutan, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pembangunan PLTS atap sistem off-grid di area parkir mobil PLTU SUMSEL-8.

Rancangan sistem PLTS memiliki kapasitas 162 kWp, dipasang di atas lahan parkir seluas 650 m² menggunakan 275 panel surya berkapasitas 590 Wp dengan estimasi produksi energi tahunan sekitar 200.000–240.000 kWh, menyesuaikan dengan efisiensi modul 18–20% dan radiasi rata-rata harian setempat. Energi listrik ini diharapkan mampu menyuplai kebutuhan fasilitas pendukung seperti penerangan, sistem pendingin, dan operasional kantor. Selain menyediakan energi bersih, PLTS atap juga memberikan perlindungan kendaraan dari paparan panas matahari serta mengoptimalkan lahan yang sebelumnya tidak produktif.

Namun demikian, sebelum implementasi sistem ini dilakukan, diperlukan kajian kelayakan yang komprehensif yang mencakup analisis teknis, ekonomi, lingkungan, serta risiko operasional, khususnya terkait dengan variabilitas radiasi matahari dan degradasi panel dalam jangka panjang. Studi ini menitikberatkan pada sistem off-grid skala menengah dengan sistem penyimpanan energi (battery storage) untuk menjamin ketersediaan energi saat tidak ada sinar matahari.

Penelitian ini berkontribusi dalam memperluas pemodelan kelayakan PLTS off-grid skala menengah menggunakan pendekatan kuantitatif multi-aspek yang belum banyak diterapkan pada konteks kawasan industri besar di Indonesia. Pendekatan yang digunakan mencakup integrasi data teknis dari simulasi perangkat lunak (Helioscope dan HOMER Pro), analisis keekonomian berbasis NPV, LCOE, dan IRR, estimasi pengurangan emisi karbon, serta analisis sensitivitas terhadap risiko produksi energi. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya bersifat aplikatif tetapi juga memiliki kontribusi ilmiah dalam memperkaya literatur studi kelayakan energi terbarukan pada sektor industri besar di wilayah tropis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa kelayakan untuk PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp di PLTU SUMSEL-8?
2. Bagaimana aspek lingkungan dari hasil studi kelayakan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp?
3. Bagaimana aspek ekonomi dari studi kelayakan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp?
4. Bagaimana aspek risiko dari studi kelayakan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis aspek teknis dari rencana pemasangan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp di PLTU SUMSEL-8
2. Menganalisis aspek lingkungan dari rencana pemasangan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp
3. Menganalisis aspek ekonomi dari rencana pemasangan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp
4. Menganalisis aspek risiko dari rencana pemasangan PLTS atap parkir mobil sistem off-grid kapasitas 162 kWp

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang rumusan masalah, dan tujuan penelitian, batasan masalah pada penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Studi ini hanya membahas desain sistem PLTS atap parkir mobil dengan kapasitas 162 kWp, mencakup pemilihan komponen utama seperti panel surya, inverter, baterai penyimpanan, dan sistem kontrol yang berada di area parkir PLTU SUMSEL-8 di.

2. Analisis dampak lingkungan hanya mencakup potensi pengurangan emisi karbon berdasarkan perbandingan konsumsi energi konvensional dengan energi yang dihasilkan oleh PLTS.
3. Studi ekonomi hanya menganalisis kelayakan investasi dengan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PP) berdasarkan asumsi biaya investasi dan operasional yang tersedia.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang rumusan masalah, tujuan penelitian, dan batasan masalah, manfaat yang didapat pada penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam kajian studi kelayakan energi terbarukan, khususnya dalam penerapan PLTS atap sistem off-grid di lingkungan industri.
2. Memberikan gambaran kelayakan teknis mengenai desain dan kapasitas sistem PLTS atap di area parkir mobil untuk memenuhi kebutuhan energi tertentu.
3. Mengidentifikasi dampak lingkungan yang dihasilkan dari penerapan PLTS dalam hal pengurangan emisi karbon dan dampak lingkungan lainnya.
4. Menyediakan analisis kelayakan ekonomi, termasuk potensi pengembalian investasi (NPV, IRR, dan *Payback Period*) yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan investasi sistem PLTS atap.
5. Mengidentifikasi potensi penurunan kinerja sistem PLTS akibat variabilitas iradiasi dan degradasi panel surya, serta merumuskan strategi mitigasi yang dapat menjaga keandalan dan efisiensi sistem dalam jangka panjang.

1.6 Orisinalitas Penelitian

Orisinalitas penelitian adalah unsur baru atau pembeda dari penelitian yang dilakukan sebelumnya. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang peneliti rangkum dalam Tabel 1.1

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Peningkatan dalam Penelitian Ini
-----	---------------------	------------------	------------------	-------------------------------------

1	Jaka Windarta et al. (2021)	Analisis Teknis dan Ekonomis PLTS Off-grid Menggunakan Software PVSyst untuk UMKM Coffeeshop di Remote Area	Menggunakan simulasi PVSyst dengan dua variasi merk panel surya dan baterai; membandingkan alternatif sumber listrik lain seperti genset dan PLN	Penelitian ini melengkapi dengan cakupan yang lebih luas: menganalisis aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan risiko secara komprehensif untuk skala industri di area parkir PLTU SUMSEL-8
2	Rahman (2021)	Analisis Perencanaan PLTS Off-grid untuk Rumah Tinggal di Banjarbaru	Merancang sistem PLTS rumah tinggal dengan investasi awal dan biaya pemeliharaan selama 25 tahun	Penelitian ini meningkatkan pendekatan dengan studi PLTS off-grid berskala besar dan menambahkan dimensi lingkungan dan risiko yang relevan dengan implementasi industri
3	Hasanah (2021)	Perancangan Sistem PLTS Off-grid 6,4 kWp untuk Rumah Tinggal	Menghasilkan perancangan teknis sistem PLTS off-grid dengan performance ratio 80%	Penelitian ini memperluas cakupan dari skala rumah tangga ke skala industri, serta menambahkan analisis kelayakan multi-dimensi (teknis, ekonomi, lingkungan, risiko)
4	Sechan, Valubia R., & Mas Soeroto (2024)	Analisis Kelayakan Investasi PLTS Atap Off-grid pada Indekos di Surabaya	Menunjukkan bahwa investasi PLTS atap off-grid layak secara ekonomi untuk bangunan indekos	Penelitian ini membangun dari pendekatan kelayakan ekonomi menjadi kajian teknis dan lingkungan secara terpadu, diterapkan pada sistem PLTS off-grid

				skala besar di sektor industri
5	Pujiantoro & Agus Supardi (2023)	Rancang Bangun Sistem PLTS Off-grid untuk Perkebunan di Bengkulu Utara	Menyediakan solusi teknis PLTS skala kecil untuk penerangan di perkebunan	Penelitian ini menerapkan pendekatan serupa namun dalam konteks skala lebih besar, kebutuhan energi lebih kompleks, dan dilengkapi analisis lingkungan dan manajemen risiko
6	Ibáñez-Rioja et al. (2023)	Off-grid Solar PV–Wind–Battery–Water Electrolyzer Plant	Simulasi sistem energi terintegrasi multi-sumber (PV, angin, baterai, elektroliser) dengan optimasi kontrol	Penelitian ini lebih terfokus pada aplikasi sistem PLTS tunggal yang berdiri sendiri (stand-alone), spesifik pada kebutuhan industri, dan mengangkat aspek risiko dan lingkungan secara lebih rinci
7	Katongole et al. (2024)	Techno-Economic Analysis of Grid-connected PV in Uganda	Menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi sistem PV on-grid skala besar di Uganda menggunakan PVsyst	Penelitian ini berbeda pendekatan dengan fokus pada sistem off-grid, dan memberikan kontribusi tambahan melalui analisis risiko serta dampak lingkungan
8	Saha (2025)	Off-grid Solar PV, Electricity Accessibility, and Sustainable	Menunjukkan hubungan antara adopsi PV dan nilai tambah pertanian melalui pendekatan data panel	Penelitian ini melengkapi pendekatan makro tersebut dengan kajian mikro berbasis studi kasus spesifik di lingkungan

		Agriculture di Asia Selatan		industri, serta pendekatan teknis dan lingkungan yang aplikatif dan kontekstual
--	--	-----------------------------	--	---

1.7 Resume Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian Saat Ini

Penelitian-penelitian sebelumnya banyak membahas perancangan dan kelayakan teknis-ekonomi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid dalam berbagai skala kecil dan menengah, seperti rumah tinggal, indekos, UMKM, hingga penerangan perkebunan. Beberapa di antaranya menggunakan software simulasi seperti PVSyst dan metode perhitungan konvensional untuk menilai performa dan efisiensi energi serta kelayakan investasi. Namun, sebagian besar penelitian tersebut memiliki keterbatasan dalam hal:

- Skala penerapan yang masih terbatas (rumah tinggal/UMKM/perkebunan).
- Fokus utama hanya pada aspek teknis dan ekonomi, tanpa menyentuh dimensi lingkungan dan analisis risiko operasional.
- Kurangnya integrasi data dalam konteks industri besar atau aplikasi real-world berskala besar.

Sebaliknya, penelitian ini meningkatkan nilai ilmiah dengan:

- Menerapkan studi pada skala besar (PLTS off-grid 162 kWp) di area parkir industri PLTU SUMSEL-8.
- Menambahkan analisis multi-aspek secara komprehensif, yakni aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan risiko.
- Menawarkan peningkatan (improvement) dari penelitian terdahulu, bukan sekadar mencari kekurangannya.

