BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental dalam kehidupan modern, karena hampir seluruh aktivitas manusia, mulai dari rumah tangga, industri, pendidikan, komunikasi, hingga pelayanan publik, bergantung pada ketersediaan listrik yang stabil. Peningkatan kebutuhan energi yang terus meningkat tidak sebanding dengan kapasitas produksi energi fosil yang semakin berkurang dan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi karbon dan pemanasan global. Kondisi tersebut mendorong banyak negara, termasuk Indonesia, untuk beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Energi terbarukan menjadi salah satu prioritas nasional guna menciptakan sistem ketenagalistrikan yang lebih efisien, bersih, dan dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Di antara berbagai sumber energi terbarukan, energi surya merupakan salah satu yang paling menjanjikan. Indonesia sebagai negara beriklim tropis memiliki intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun dengan rata-rata 4–5,5 kWh/m² per hari. Potensi tersebut secara teoritis mampu menyediakan energi dalam jumlah besar apabila dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi strategi ideal untuk memperluas akses listrik, baik pada daerah padat penduduk maupun daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau jaringan listrik konvensional. Kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau kecil, daerah pegunungan, dan wilayah pedalaman

menjadikan tantangan dalam distribusi listrik sangat besar. Banyak daerah yang hingga kini masih belum terhubung dengan jaringan PLN atau mengalami suplai listrik yang tidak stabil. Dalam konteks ini, PLTS khususnya sistem *off-grid* menjadi solusi efektif karena mampu menyediakan energi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan utama (*grid*). Di sejumlah wilayah terpencil, PLTS telah menjadi harapan baru bagi masyarakat untuk mengakses listrik sebagai pendukung aktivitas ekonomi, pendidikan, dan social. Namun, potensi energi surya yang besar tidak serta-merta menjamin PLTS dapat bekerja secara optimal. Kinerja PLTS sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti intensitas cahaya matahari, kondisi cuaca, umur panel surya, orientasi dan kemiringan panel, temperatur lingkungan, kapasitas baterai, dan efisiensi *inverter*. Di sisi lain, pola pemakaian beban listrik masyarakat yang berubah-ubah setiap jam sering kali menyebabkan ketidaksesuaian antara produksi energi dan kebutuhan energi. Kondisi inilah yang dapat menurunkan performa sistem, menyebabkan gangguan suplai listrik, atau menurunkan umur baterai jika tidak terkelola dengan baik.

Untuk memahami efektivitas sistem PLTS secara menyeluruh, diperlukan evaluasi yang lebih spesifik dan terukur. Pengukuran per jam (*hourly measurement*) merupakan metode yang sangat penting karena memberikan data detail mengenai pola produksi energi dan konsumsi beban secara *real-time*. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengetahui kapan PLTS menghasilkan energi tertinggi, kapan beban mencapai puncaknya, seberapa besar energi disimpan dan dikeluarkan oleh baterai, serta apakah kapasitas sistem sudah sesuai dengan kebutuhan aktual masyarakat yang dilayani. Analisis per jam juga membantu mendeteksi potensi

ketidakseimbangan energi dan memberikan dasar bagi perbaikan atau optimasi sistem PLTS, termasuk mendeteksi seberapa besar pengaruh debu polutan terhadap penurunan daya yang dihasilkan.

Urgensi evaluasi kinerja PLTS berbasis pengukuran per jam juga terlihat pada beberapa penelitian terdahulu. Sari dan Darmawan menemukan bahwa monitoring per jam dapat mengidentifikasi waktu-waktu kritis ketika produksi PLTS menurun, terutampa pada sore hari, sehingga sering tidak mampu memenuhi beban konsumsi Masyarakat (Sari, D., & Darmawan, A, 2019). Sementara itu, Nugroho dkk. menyoroti bahwa fluktuasi radiasi matahari memberikan pengaruh signifikan terhadap kestabilan tegangan dan arus pada PLTS di daerah terpencil, sehingga diperlukan analisis per jam untuk memahami performa sistem dalam kondisi nyata (Nugroho, B., et al, 2020). Rahmawati dan Putra menunjukkan bahwa pengukuran per jam mampu mengidentifikasi efisiensi panel, inverter, serta potensi kehilangan daya yang tidak terlihat ketika pengukuran dilakukan secara harian atau bulanan (Rahmawati, N.,& Putra, R. Yusuf dalam penelitiannya di wilayah kepulauan juga menekankan pentingnya evaluasi per jam untuk menentukan kapasitas baterai yang tepat sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi harian masyarakat (Yusuf, M. 2022).

Temuan-temuan tersebut menunjukkan secara jelas bahwa studi mengenai PLTS tidak cukup hanya melihat total produksi energi atau efisiensi panel secara umum. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis produksi energi, sedangkan kajian yang menghubungkan secara langsung antara pengaruh debu

polutan, kondisi cuaca, dan pemakaian beban per jam terhadap kinerja daya PLTS masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian mengenai analisis pengaruh debu polutan terhadap kinerja daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya menjadi sangat penting dilakukan. Hasil evaluasi yang diperoleh dapat memberikan informasi mengenai tingkat penurunan daya akibat akumulasi debu pada permukaan panel, tingkat kecukupan energi sepanjang hari, serta kesesuaian kapasitas sistem dengan kebutuhan riil masyarakat. Penelitian ini juga berkontribusi dalam memberikan rekomendasi teknis untuk pengembangan dan pemeliharaan PLTS yang lebih optimal, berkelanjutan, dan sesuai kondisi geografis Indonesia, terutama bagi wilayah yang rentan terhadap paparan debu dan polutan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh debu polutan terhadap kinerja daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berdasarkan pengukuran per jam?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi pengaruh debu polutan terhadap kinerja daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berdasarkan pengukuran per jam.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem PLTS yang telah terpasang pada lokasi penelitian (lokasi bersifat umum dan dapat disesuaikan).
2. Evaluasi difokuskan pada hubungan antara tingkat polutan (debu) yang menutupi permukaan panel dengan daya keluaran PLTS.
3. Variasi polutan yang digunakan dibatasi pada debu dengan massa 5 gram dan 10 gram, serta kondisi cuaca mendung sebagai pembanding.
4. Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, iradiasi matahari, dan temperatur panel dianalisis sebagai pendukung.
5. Pengaruh variasi pemakaian beban turut dianalisis sebagai bagian dari evaluasi kinerja sistem PLTS.
6. Penelitian tidak membahas aspek ekonomi dan investasi PLTS.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan, khususnya analisis pengaruh debu polutan terhadap performa PLTS berbasis pengukuran per jam.

b. Dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian lanjutan di bidang energi surya, khususnya kajian soiling effect pada sistem fotovoltaik.

2. Manfaat Praktis

a. Menjadi pedoman bagi pengguna PLTS dalam menjadwalkan pembersihan panel guna menjaga performa sistem tetap optimal.

b. Memberikan informasi yang berguna bagi perencana dan teknisi PLTS dalam mengoptimalkan performa sistem terhadap pengaruh debu dan polutan.

c. Membantu masyarakat dan pengelola PLTS memahami dampak polutan terhadap efisiensi energi sehingga pemanfaatan energi menjadi lebih efisien.