

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, pendidikan, dan industri. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi yang terus berkembang, Indonesia menghadapi tantangan serius berupa keterbatasan pasokan energi fosil yang sebagian besar masih menjadi sumber utama pembangkit listrik. Penggunaan energi fosil dalam jangka panjang bukan hanya berdampak terhadap ketersediaan sumber daya, tetapi juga berkontribusi besar terhadap pemanasan global, emisi karbon, dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi energi alternatif yang ramah lingkungan, terbarukan, serta memiliki keberlanjutan jangka panjang.

Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah energi surya. Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memiliki intensitas radiasi matahari yang tinggi, yaitu berkisar antara 4,5 – 5,5 kWh/m² per hari. Kondisi ini menjadikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu solusi energi bersih yang sangat potensial untuk dikembangkan, baik pada skala industri, komersial, maupun pendidikan. Keunggulan PLTS antara lain: tidak menghasilkan emisi gas buang, mudah dalam perawatan, tidak menghasilkan polusi suara, dan dapat dipasang di berbagai lokasi seperti atap bangunan, lahan kosong, dan area terbuka. Perkembangan teknologi PLTS telah mengalami kemajuan pesat, terutama pada penerapan sistem inverter on-grid, yaitu sistem PLTS yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini memungkinkan energi listrik dari panel surya digunakan langsung oleh beban atau disalurkan ke jaringan ketika terjadi surplus energi. Dengan mekanisme ini, penggunaan energi dapat lebih efisien dan mampu mengurangi ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional.

Selain itu, perkembangan teknologi digital dan *Internet of Things* (IoT) juga memberikan dampak signifikan dalam pengembangan sistem monitoring PLTS modern. Jika pada sistem konvensional pemantauan dilakukan secara manual melalui alat ukur sederhana, kini sistem monitoring telah mampu menampilkan data secara *real-time*

melalui dashboard berbasis web atau aplikasi *mobile*. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi panel, inverter, dan kualitas daya dari jarak jauh tanpa perlu mendatangi lokasi secara langsung. (Albustomi et al., n.d.)

Pemantauan ini sangat penting untuk mendeteksi penurunan performa sejak dini, seperti menurunnya daya output akibat shading, kerusakan modul surya, error pada inverter, hingga kondisi abnormal pada rangkaian kelistrikan. Dengan demikian, sistem monitoring bukan hanya sebagai alat pencatat data, tetapi juga sebagai sistem kendali kualitas (quality control) dan jaminan performa (performance assurance).

Dalam konteks pendidikan, penelitian dan implementasi sistem monitoring PLTS sangat relevan untuk mendukung tercapainya pembelajaran berbasis teknologi energi terbarukan. IT PLN sebagai institusi pendidikan vokasi dan ketenagalistrikan perlu melakukan pengembangan fasilitas laboratorium yang tidak hanya bersifat demonstratif, tetapi juga analitis dan aplikatif. Penggunaan sistem PLTS on-grid 5 kWp sebagai objek penelitian merupakan langkah strategis dalam mendukung penguasaan teknologi energi masa depan.

Namun dalam pengoperasian sistem PLTS, khususnya yang terintegrasi dengan grid, terdapat tantangan teknis yang perlu dianalisis, seperti:

- a. stabilitas tegangan dan frekuensi,
- b. sinkronisasi inverter terhadap jaringan,
- c. rugi-rugi daya (*Losses*),
- d. kualitas daya (power quality),
- e. variasi iradiasi harian dan musiman,
- f. dan penurunan efisiensi panel surya akibat suhu.

Menurut penelitian sebelumnya, salah satu indikator penting dalam menganalisis kinerja PLTS adalah nilai *Performance Ratio (PR)*, yaitu perbandingan antara energi listrik aktual dengan energi teoritis berdasarkan radiasi matahari. Pada kondisi ideal, PR bernilai 80% ke atas, namun dalam kondisi lapangan nilai ini sering menurun akibat

faktor lingkungan dan teknis. Oleh karena itu, PR sering digunakan dalam penelitian sebagai parameter utama untuk menilai kualitas sistem PLTS.(Albustomi et al., n.d.)

Di sisi lain, sistem inverter on-grid juga memiliki karakteristik penting dalam menentukan keseluruhan kinerja PLTS. Teknologi inverter modern dilengkapi dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT), proteksi anti-islanding, dan konversi efisiensi tinggi. Namun performa inverter tetap harus diuji berdasarkan data operasional agar sesuai dengan spesifikasi pabrikan.

Dengan adanya kesenjangan antara performa teoritis dan aktual, maka pengujian kinerja sistem secara menyeluruh menjadi sangat penting, terutama pada fasilitas pendidikan seperti Laboratorium Renewable Energy IT PLN. Penelitian berbasis data aktual lapangan menjadi rujukan kuat untuk pengembangan sistem serupa — baik untuk penelitian lanjutan, kegiatan akademik, maupun implementasi di industri.

Selain mendukung capaian akademik, penelitian ini juga menjadi referensi praktis bagi implementasi PLTS dalam skala rumah tangga, industri, dan institusi pendidikan. Hal ini sejalan dengan target pemerintah dalam program transisi energi dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) hingga mencapai 23% pada tahun 2025 dan meningkat bertahap pada tahun 2060.

Namun, keberhasilan implementasi PLTS tidak hanya bergantung pada jumlah panel surya yang terpasang, tetapi juga pada kemampuan sistem monitoring untuk memantau dan menganalisis performa operasi PLTS secara real time. Sistem monitoring berfungsi untuk mencatat data produksi energi, arus, tegangan, efisiensi, dan kondisi komponen PLTS. Tanpa sistem monitoring yang baik, sulit untuk memastikan bahwa sistem PLTS bekerja pada kondisi optimal, terutama dalam konteks pendidikan dan penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Dari yang sudah dijelaskan pada latar belakang maka diperoleh rumusan masalah diantaranya :

1. Bagaimana kinerja sistem monitoring pada PLTS on-grid 5 kWp di Laboratorium Renewable Energy IT PLN?
2. Seberapa besar pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap output daya PLTS?

3. Bagaimana performa inverter dalam proses konversi energi DC ke AC pada sistem PLTS on-grid?
4. Berapa nilai efisiensi sistem PLTS berdasarkan data hasil monitoring?

1.2 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis kinerja sistem monitoring PLTS 5 kWp berbasis data *real-time*.
2. Mengetahui hubungan antara iradiasi matahari terhadap daya yang dihasilkan.
3. Mengevaluasi kinerja inverter on-grid dalam proses konversi daya.
4. Menghitung efisiensi sistem PLTS berdasarkan hasil data monitoring.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian untuk umum yaitu :

- a. Menjadi referensi pengembangan PLTS skala laboratorium.
- b. Memberikan evaluasi untuk peningkatan kualitas monitoring.
- c. Menjadi bahan kajian implementasi PLTS di lingkungan kampus atau industri.

1.4 Ruang Lingkup

Penulisan Propsal yang berjudul “analisis kinerja sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya dalam sistem inverter on grid 5 kwp di laboratorium renewable it pln”, dibatasi dengan hal- hal berikut ini :

1. Penelitian dilakukan pada sistem PLTS on-grid kapasitas 5 kWp yang berada di Laboratorium Renewable Energy IT PLN.
2. Fokus pada analisis data monitoring seperti tegangan, arus, daya keluaran, iradiasi, dan efisiensi.
3. Kinerja inverter dievaluasi berdasarkan proses konversi energi DC ke AC.
4. Analisis hanya mencakup aspek teknis, tidak membahas biaya, ekonomi, atau sistem hybrid/off-grid.