

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, serta meningkatnya aktivitas ekonomi. Di sisi lain, sistem penyediaan energi listrik nasional masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil, khususnya batu bara, yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca. Kondisi tersebut mendorong pemerintah Indonesia untuk mempercepat transisi energi melalui pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai upaya mendukung ketahanan energi nasional dan mencapai target *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060. Komitmen tersebut tercermin dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) Tahun 2021–2030 (*Green RUPTL*) yang menargetkan peningkatan porsi pembangkit berbasis energi terbarukan dalam sistem ketenagalistrikan nasional (Aditya et al., 2025; Kementerian ESDM, 2021).

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya. Letak geografis Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa menyebabkan intensitas radiasi matahari relatif tinggi sepanjang tahun sehingga memberikan peluang besar bagi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan, PLTS juga mampu mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta mendukung pengurangan emis

karbon. Perkembangan teknologi fotovoltaik, peningkatan efisiensi modul surya, serta sistem monitoring yang semakin baik turut mempercepat implementasi PLTS pada sektor rumah tangga, komersial, maupun industri (Govindarajan et al., 2024; Tarigan, 2020; Wardani et al., 2024).

Salah satu implementasi PLTS pada sektor industri adalah pemanfaatannya sebagai sumber energi pendukung *Hydrogen Plant*. Integrasi PLTS dengan fasilitas produksi *hydrogen* menjadi salah satu strategi dalam mendukung pengembangan *Green Hydrogen*, yaitu *hydrogen* yang diproduksi menggunakan energi listrik dari sumber energi terbarukan sehingga mampu mengurangi emisi karbon dibandingkan metode produksi konvensional. Pengembangan teknologi tersebut dinilai memiliki peran penting dalam mendukung dekarbonisasi sektor energi dan industri (Falcão, 2023; Firdaus & Sudarti, 2022).

Sebagai bagian dari implementasi transisi energi, PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan telah mengoperasikan PLTS *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp yang dimanfaatkan sebagai sumber energi pendukung *Hydrogen Plant*. Pemanfaatan PLTS pada fasilitas tersebut diharapkan mampu meningkatkan penggunaan energi terbarukan sekaligus mengurangi konsumsi energi listrik yang berasal dari pembangkit berbahan bakar fosil. Namun demikian, kapasitas terpasang yang besar belum tentu menunjukkan bahwa sistem bekerja secara optimal. Produksi energi listrik yang dihasilkan PLTS dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik faktor lingkungan maupun faktor teknis,

sehingga diperlukan evaluasi kinerja secara berkala untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem yang sebenarnya (Govindarajan et al., 2024).

Evaluasi kinerja PLTS umumnya dilakukan berdasarkan standar IEC 61724-1 menggunakan parameter *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR). Ketiga parameter tersebut banyak digunakan untuk menilai tingkat produktivitas dan efisiensi sistem fotovoltaik serta menjadi dasar dalam mengidentifikasi rugi-rugi yang terjadi selama proses operasi (*International Electrotechnical Commission*, 2017, 2021; Rafhel Panjaitan et al., 2023). Untuk memperoleh hasil evaluasi yang lebih komprehensif, penelitian ini juga memanfaatkan perangkat lunak *Pvsyst* sebagai pembanding terhadap data operasional aktual sehingga tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan kondisi nyata sistem dapat dianalisis (Emi et al., 2025).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengevaluasi performa PLTS menggunakan parameter YR, YF, PR maupun simulasi *Pvsyst*. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem PLTS untuk bangunan komersial, institusi pendidikan, maupun analisis perencanaan sistem. Penelitian mengenai evaluasi performa PLTS yang dimanfaatkan sebagai sumber energi pendukung *Hydrogen Plant*, khususnya pada sistem PLTS *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan, masih relatif terbatas. Selain itu, kajian yang membandingkan data operasional aktual dengan hasil simulasi *Pvsyst* pada objek tersebut juga belum banyak dilaporkan sehingga masih terdapat kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja PLTS *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp sebagai suplai energi pada *Hydrogen Plant* di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan menggunakan parameter *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR) berdasarkan standar IEC 61724-1, kemudian membandingkan hasil perhitungan berdasarkan data operasional aktual dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Pvsyst*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat kinerja sistem, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi performa PLTS, serta menjadi masukan bagi upaya optimalisasi pemanfaatan energi surya sebagai pendukung pengembangan *Green Hydrogen* dan percepatan transisi energi di Indonesia.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana produksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp sebagai suplai energi pada H_2 *Plant* PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan selama periode Juni–Oktober 2025?
2. Bagaimana hasil nilai *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR) antara data actual dan hasil simulasi?
3. Apakah yang mempengaruhi hasil dari *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR)?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp sebagai suplai energi pada H₂ *Plant* PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan.
2. Menentukan nilai *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR) berdasarkan data operasional aktual sesuai standar IEC 61724-1.
3. Membandingkan hasil evaluasi kinerja sistem PLTS berdasarkan data aktual dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Pvsyst* 7.4.8.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah mengenai analisis kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), khususnya dalam penerapan parameter *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR) berdasarkan standar IEC 61724-1. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan evaluasi performa sistem fotovoltaik dan pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi untuk fasilitas produksi *hydrogen*.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi PT PLN Nusantara Power UP Pacitan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi terhadap kinerja PLTS *Rooftop* 87,4 kWp yang digunakan sebagai suplai energi *H₂ Plant*, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam meningkatkan efisiensi operasi, pemeliharaan sistem, dan optimalisasi produksi energi listrik.

b. Bagi Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Madiun

Penelitian ini diharapkan dapat menambah koleksi karya ilmiah di lingkungan Program Studi Teknik Elektro serta menjadi referensi bagi mahasiswa dalam melakukan penelitian mengenai sistem pembangkit listrik tenaga surya maupun teknologi energi baru terbarukan.

c. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat meningkatkan pengetahuan, pengalaman, dan kemampuan dalam melakukan analisis performa sistem PLTS menggunakan parameter kinerja berdasarkan standar internasional serta membandingkan hasil aktual dengan simulasi menggunakan perangkat lunak *Pvsyst*.

d. Bagi Peneliti Selanjutnya

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan penelitian mengenai evaluasi performa sistem

PLTS, integrasi energi surya dengan *Hydrogen Plant*, maupun optimalisasi sistem energi terbarukan pada sektor industri.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop* berkapasitas 87,4 kWp yang berada di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Pacitan.
2. Data yang dianalisis merupakan data operasional sistem PLTS selama periode Juni sampai Oktober 2025.
3. Evaluasi kinerja sistem hanya menggunakan parameter *Reference Yield* (YR), *Final Yield* (YF), dan *Performance Ratio* (PR) sesuai standar IEC 61724-1.
4. Analisis perbandingan dilakukan antara data operasional aktual dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Pvsyst* versi 7.4.8.