

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan global pada energi fosil telah menimbulkan ancaman ganda yang signifikan yaitu masalah keamanan energi akibat ketersediaan sumber daya yang terbatas dan fluktuasi harga, serta dampak lingkungan serius berupa peningkatan emisi gas rumah kaca yang memicu pemanasan global. Data menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat setiap tahunnya, yang tidak sebanding dengan ketersediaan sumber daya fosil yang tidak dapat diperbaharui. Fenomena ini mendesak adanya transisi menuju sumber energi yang berkelanjutan, terbarukan, dan ramah lingkungan.

Hidrogen hijau (*green hydrogen*) muncul sebagai Solusi menjanjikan untuk tantangan energi global. Berbeda dengan hidrogen yang diproduksi dari bahan bakar fosil, hydrogen hijau dihasilkan melalui proses elektrolisis air menggunakan listrik dari sumber energi terbarukan seperti surya atau angin. Proses ini tidak menghasilkan emisi karbon, menjadikannya energi pembawa (*energy carrier*) yang bersih. Hidrogen memiliki keunggulan signifikan sebagai sumber energi karena memiliki kepadatan energi yang sangat tinggi, yaitu 140 MJ/kg, dua kali lipat lebih besar dari bahan bakar padat konvensional (50 MJ/kg). Selain itu, hidrogen merupakan bahan bakar yang sangat bersih karena proses pembakarannya hanya menghasilkan air dan sama sekali tidak melepaskan emisi karbon yang berbahaya (Nugroho et al., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi besar pengembangan teknologi hidrogen hijau berbasis energi terbarukan. (Parman et al., 2024) berhasil menciptakan sistem hidrogen hijau di Lombok, menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 2,33 MWp sebagai sumber energi. Dengan didukung elektroliser jenis PEM sebesar 2 MW, sistem ini memiliki kemampuan produksi hingga 121.391 kilogram hidrogen per tahun. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi PLTS dengan teknologi elektrolisis dapat memberikan solusi berkelanjutan untuk produksi hidrogen skala besar.

Implementasi teknologi PLTS untuk berbagai aplikasi juga menunjukkan perkembangan positif. (Yudho et al., 2025) melaporkan kesuksesan program edukasi mengenai teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang disampaikan melalui

platform berbasis cloud. Program ini terbukti efektif dengan tingkat pemahaman siswa yang dihasilkan mencapai 79,2%. (Hutajulu et al., 2020) telah sukses merancang dan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (On-Grid) di Ecopark Ancol. Sistem ini memiliki kapasitas sebesar 68,17 kWp dengan menggunakan 100 modul sel surya, yang sekaligus membuktikan kelayakan dan penerapan PLTS untuk kebutuhan skala komersial.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun dan menganalisis kinerja prototipe *system green hydrogen plant* skala kecil, yang mengintegrasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama. Fokus utama terletak pada perancangan, pembangunan prototipe, dan analisis eksperimental kinerja sistem untuk menguji pengaruh langsung variabel listrik masukan (tegangan dan arus) terhadap laju produksi gas hidrogen dan efisiensi elektroliser, memastikan produksi hidrogen yang efisien dan aman.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dirumuskan berdasarkan latar belakang permasalahan penelitian yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses perancangan dan implementasi mesin penghasil hidrogen berbasis energi terbarukan dengan sumber daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem PLTS *off-grid* yang mampu menyuplai kebutuhan daya yang sesuai dan stabil bagi proses elektrolisis dalam skala prototipe?
3. Bagaimana hubungan antara variabel masukan (tegangan dan arus listrik) dengan produksi gas hidrogen dan efisiensi elektroliser?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan mesin penghasil hidrogen berbasis energi terbarukan dengan sumber daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

2. Merancang dan membangun sistem PLTS *off-grid* yang mampu menyediakan daya listrik yang sesuai dengan spesifikasi untuk unit elektrolisis prototipe.
3. Menganalisis pengaruh variasi tegangan dan arus listrik terhadap produksi gas hidrogen dan efisiensi sistem elektrolisis.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini menjadi sarana penerapan ilmu yang telah dipelajari, khususnya di bidang konversi energi serta memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi Tugas Akhir.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi akademis dan dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut di bidang energi terbarukan di lingkungan Institut Teknologi PLN.
3. Prototipe ini dapat menjadi model demonstrasi teknologi hidrogen hijau, meningkatkan kesadaran publik akan energi bersih, serta memberikan wawasan praktis tentang implementasi teknologi ini di lingkungan industri, khususnya di sektor ketenagalistrikan seperti PLN.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Agar tidak meluas dari maksud dan tujuan yang ada maka penelitian ini hanya dibatasi pada :

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan prototipe sistem skala kecil.
2. Sumber energi terbarukan yang digunakan adalah panel surya dengan sistem penyimpanan daya menggunakan baterai LiFePO₄.
3. Analisis performa sistem dibatasi pada pengaruh tegangan dan arus terhadap laju produksi hidrogen dan efisiensi elektrolisis.
4. Pengukuran produksi gas hidrogen pada prototipe ini difokuskan pada deteksi konsentrasi gas dalam satuan PPM.

1.6 Kebaharuan

Penelitian mengenai produksi hidrogen hijau berbasis energi terbarukan telah banyak dilakukan. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kebaruan dan kontribusi yang membedakannya dari penelitian terdahulu, di antaranya :

1. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang fokus pada studi kelayakan, simulasi skala besar atau pada pengujian terpisah tiap komponen, penelitian ini berfokus pada perancangan, pembangunan, dan pengujian prototipe yang mengintegrasikan seluruh rantai suplai energi.
2. Penelitian ini menawarkan analisis eksperimental yang rinci terhadap hubungan antara variabel listrik masukan (arus dan tegangan) dengan kinerja dan efisiensi produksi hidrogen.
3. Penelitian ini secara langsung mendukung agenda strategis pemerintah Indonesia dalam pengembangan hidrogen hijau, sejalan dengan target yang tercantum dalam *Indonesia Hydrogen Roadmap*.