

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi energi di Indonesia terus meningkat pertahunnya. Pada tahun 2021, total konsumsi energi Indonesia sebesar 4.768.794 *Terajoule*. Sementara pada tahun 2022, angka ini meningkat sebesar 45% menjadi 6.914.802 *Terajoule* [1]. Batubara masih menjadi sumber energi primer yang diproduksi di Indonesia di tahun 2023, yaitu sebanyak 40,46% dari total energi yang diproduksi [2]. Peringkat selanjutnya diduduki oleh gas alam, minyak bumi dan energi fosil lainnya. Simpanan batu bara di bumi diperkirakan hanya dapat memasok kebutuhan energi dunia selama 132 tahun lagi, jika mengikuti tren konsumsi energi dunia yang sekarang. Sementara minyak bumi hanya dapat bertahan selama 47 tahun lagi. Gas alam hanya dapat bertahan selama 90 sampai 120 tahun lagi [3]. Oleh karena itu, menemukan alternatif energi menjadi kebutuhan yang mendesak. Diversifikasi sumber energi dapat membantu mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi, yang dapat meningkatkan ketahanan energi dan mengurangi risiko kekurangan energi [4]. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan teknologi energi terbarukan.

Energi panas adalah mayoritas energi yang dibutuhkan. Pada tahun 2022, 75% konsumsi energi global berasal dari sumber panas, dengan batu bara, gas alam, dan minyak bumi mendominasi. Energi panas biasanya didapatkan dari bahan bakar fosil dan nuklir. Energi hidrogen adalah salah satu sumber alternatif energi panas yang bersih dan berkelanjutan [5].

Unsur hidrogen melimpah di alam, menjadikannya bahan baku yang murah [6]. Namun, gas hidrogen tak dapat diekstraksi secara langsung dari atmosfer melainkan harus diekstraksi dari bahan yang mengandung hidrogen [7]. Di Bumi, hidrogen paling banyak terdapat di dalam air, yang terdiri dari sekitar 11,2% hidrogen berdasarkan massa [8]. Untuk memanfaatkan potensi kandungan hidrogen yang terdapat dalam air sebagai sumber energi, salah satu metode yang digunakan adalah elektrolisis.

Elektrolisis adalah proses memecah air (H_2O) menjadi komponen hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) menggunakan listrik. Metode ini digunakan untuk menghasilkan hidrogen agar dapat digunakan menjadi bahan bakar tanpa emisi karbon. Proses elektrolisis dianggap sebagai teknologi yang menjanjikan untuk produksi sumber energi bersih dan berkelanjutan karena menggunakan air sebagai bahan baku utama untuk menghasilkan bahan bakar berharga tanpa merusak lingkungan [9].

Namun, terdapat beberapa tantangan dalam proses elektrolisis air. Salah satunya adalah upaya untuk mengurangi penggunaan energi dan mengatasi disintegrasi elektroda, yang menjadi kendala dalam penerapan elektrolisis air secara

luas. Masalah yang paling mendesak adalah tingginya biaya konsumsi energi yang disebabkan oleh rendahnya efisiensi produksi hidrogen. Dengan efisiensi yang hanya berkisar antara 56% hingga 73% pada skala besar, elektrolisis air alkali menjadi kurang ekonomis untuk diterapkan dalam skala industri. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan sistem *electrolyzer* yang lebih stabil dan hemat biaya [10].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa kekurangan utama terkait dan konsentrasi elektrolit terhadap dampaknya pada temperatur elektrolit dan efisiensi sistem. Penelitian tersebut hanya menggunakan katalis KOH dengan konsentrasi tunggal (1 gr/L), sehingga penelitian ini tidak membahas variasi konsentrasi elektrolit terhadap efisiensi sistem [11].

Selain itu, parameter seperti temperatur kerja optimal dan efeknya terhadap efisiensi energi belum banyak dieksplorasi, meskipun kehilangan energi akibat panas merupakan salah satu tantangan utama pada generator HHO. Seiring waktu, arus listrik yang mengalir dalam generator HHO akan meningkat, menyebabkan temperatur elektrolit naik karena sebagian arus tidak digunakan dalam proses elektrolisis dan mengarah pada pembentukan panas. Untuk itu, temperatur elektrolit harus dijaga agar tidak melebihi 70°C, guna menghindari pencampuran gas HHO dengan uap air [11]. Hanya sedikit penelitian yang mengintegrasikan dampak temperatur elektrolit terhadap efisiensi elektrolisis secara komprehensif. Penelitian lain mengelola temperatur elektrolit dalam batas tertentu, tetapi penelitian tersebut tidak menganalisis hubungan antara temperatur dengan efisiensi produksi [10], [12], [13].

Ditambah lagi, sebagian besar penelitian terdahulu masih mencatat data secara manual dalam rentang waktu yang tidak konsisten dan belum menggunakan sistem pemantauan otomatis, sehingga data yang dicatat tidak akurat terhadap *real-time*. Metode pengambilan data manual ini membatasi kemampuan untuk memantau perubahan yang terjadi selama proses kerja generator HHO, sehingga sulit untuk menilai performa sistem secara dinamis, seperti mengetahui fluktuasi temperatur pada waktu kerja tertentu yang dapat mempengaruhi efisiensi produksi gas. Hal ini juga membuatnya lebih sulit untuk mengidentifikasi potensi masalah secara cepat, seperti peningkatan temperatur yang berisiko merusak komponen atau mengurangi efisiensi energi. Oleh karena itu, pencatatan data secara otomatis secara *real-time* sangat penting untuk meningkatkan pemahaman dan pengendalian terhadap proses elektrolisis pada generator HHO.

Oleh karena itu, penting untuk mengisi celah yang ada pada penelitian sebelumnya dengan cara mengeksplorasi pengaruh variasi konsentrasi elektrolit terhadap temperatur elektrolit dan efisiensi sistem generator HHO secara menyeluruh, serta memperkenalkan sistem pencatatan data yang lebih akurat dan efektif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian berjudul “Analisis Dampak Variasi Konsentrasi dan Temperatur Elektrolit pada Performa Sistem

Generator HHO Tipe *Dry Cell*". Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan *output* hidrogen dan menentukan spesifikasi generator HHO yang efisien, sehingga dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem energi terbarukan berbasis hidrogen. Penelitian ini penting tidak hanya untuk mengonfirmasi hasil penelitian sebelumnya tetapi juga untuk memberikan kontribusi baru bagi pengembangan teknologi generator HHO yang lebih andal dan hemat energi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dibahas, yaitu:

1. Bagaimana variasi konsentrasi elektrolit kalium hidroksida (KOH) sebesar 3%, 5%, dan 7% memengaruhi temperatur elektrolit, efisiensi sistem, produksi gas, dan konsumsi listrik spesifik (SEC) pada generator HHO tipe *dry cell*?
2. Bagaimana hubungan antara arus, temperatur elektrolit, efisiensi sistem, produksi gas, dan konsumsi listrik spesifik (SEC)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi dampak variasi konsentrasi elektrolit terhadap performa generator HHO, yaitu temperatur elektrolit, efisiensi sistem, produksi gas, dan konsumsi listrik spesifik (SEC) pada generator HHO.
2. Mengkaji hubungan antara arus, temperatur elektrolit, efisiensi sistem, produksi gas, dan konsumsi listrik spesifik (SEC) pada generator HHO untuk mendapatkan parameter kerja yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi generator HHO melalui analisis komprehensif terhadap konsentrasi elektrolit pada arus, temperatur elektrolit, efisiensi sistem, dan produksi gas HHO.
2. Menghasilkan spesifikasi kerja generator HHO yang lebih stabil, efisien, dan hemat energi, sehingga dapat mengurangi biaya produksi hidrogen dan menjadi acuan untuk aplikasi skala kecil hingga menengah di bidang energi terbarukan.
3. Mendukung diversifikasi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa aspek berikut:

1. Generator HHO yang digunakan adalah tipe *dry cell*.

2. Jenis katalis yang digunakan terbatas pada bahan katalis berbasis KOH dengan variasi konsentrasi 3%, 5% dan 7%.
3. Sistem monitoring yang dikembangkan hanya mencakup pencatatan data temperatur elektrolit secara real-time.
4. Temperatur elektrolit dijaga pada kisaran tertentu ($<50^{\circ}\text{C}$) untuk mencegah pencampuran gas HHO dengan uap air.
5. Penelitian ini tidak mencakup aspek desain mekanis atau material elektroda secara rinci, melainkan berfokus pada optimasi parameter operasional.
6. Studi dilakukan pada skala laboratorium, sehingga hasilnya memerlukan validasi lebih lanjut untuk aplikasi skala industri.
7. Studi tidak mencakup aspek biaya implementasi atau perbandingan ekonomi dengan sistem energi konvensional.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- | | | |
|---------|-----------------------|---|
| BAB I | PENDAHULUAN | Menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian dan bagaimana sistematika penulisan penelitian. |
| BAB II | TINJAUAN PUSTAKA | Berisi tentang teori-teori yang mendukung penelitian. |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | Menjabarkan tentang model perancangan sistem dan metode-metode yang digunakan dalam penelitian. |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | Menguraikan semua penjelasan mulai dari perancangan sistem, hasil dan analisa dari sistem yang dirancang. |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian lanjutan dengan topik yang serupa. |