BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan energi dunia terus mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan populasi global dan pesatnya perkembangan sektor industri. Hingga saat ini, energi fosil masih mendominasi bauran energi di berbagai negara, termasuk Indonesia. Krisis energi global yang terjadi pada tahun 2022–2023 memperlihatkan kerentanan sistem ketahanan energi yang berbasis fosil, di mana Indonesia sendiri tercatat memiliki proporsi energi fosil mencapai 67% dari total bauran energi nasional. Kondisi ini mendorong berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk segera melakukan percepatan transisi menuju energi baru dan terbarukan (EBT) secara berkeadilan dan berkelanjutan (Anggraini dkk., 2020).

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin menipis serta dampak lingkungan yang ditimbulkannya mendorong perlunya transisi menuju energi baru dan terbarukan. Dalam kondisi krisis energi, EBT bukan hanya sekadar alternatif, melainkan solusi struktural yang dapat menurunkan ketergantungan terhadap energi fosil dan mengurangi kerentanan terhadap fluktuasi harga energi global. Salah satu bentuk energi terbarukan yang kini menjadi perhatian dunia adalah hidrogen, khususnya yang diproduksi melalui proses elektrolisis air (Cintia dkk., 2024).

Elektrolisis air alkali tetap menjadi salah satu teknologi terkemuka dan paling matang untuk produksi hidrogen skala besar. Keunggulannya berasal dari penggunaan material yang murah dan melimpah di bumi serta penerapan industri yang mapan, namun teknologi ini terus menghadapi tantangan, termasuk kinetika reaksi evolusi hidrogen (HER) yang lambat dan keterbatasan efisiensi energi dibandingkan dengan sistem elektrolisis asam. Air merupakan salah satu senyawa paling stabil di alam dan memisahkan komponen-komponennya satu sama lain hanya dapat dilakukan dengan cara yang relatif rumit, senyawa yang paling umum digunakan untuk meningkatkan konduktivitas dalam proses elektrolisis adalah kalium hidroksida karena ketahanannya terhadap korosi yang disebabkan oleh

elektrolit asam. Peningkatan suhu melebihi yang dibutuhkan dianggap sebagai efek samping negatif yang dihasilkan dari arus konstan, karena panas bekerja untuk menguapkan air, sehingga kita tidak mendapatkan gas murni. Oleh karena itu, salah satu manfaat dari rangkaian PWM (pulse width modulation) adalah menetapkan suhu agar tidak naik secara besar-besaran, dan diharapkan berada pada 60 derajat Celcius atau kurang (Rahman dkk., 2024).

Elektrolit merupakan zat yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik melalui perpindahan ion-ion di dalam larutan. Dalam proses elektrolisis air, elektrolit memiliki peranan penting karena air murni memiliki konduktivitas listrik yang sangat rendah sehingga diperlukan penambahan zat elektrolit untuk meningkatkan kemampuan penghantaran arus listrik. Pada sistem elektrolizer alkalin, larutan yang paling umum digunakan adalah kalium hidroksida (KOH) karena memiliki konduktivitas ionik tinggi, stabilitas kimia yang baik, serta mampu menurunkan hambatan ohmik pada sel elektrolisis. Keberadaan elektrolit memungkinkan terjadinya perpindahan ion hidroksida (OH^-) antara anoda dan katoda sehingga proses pemisahan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dapat berlangsung lebih efektif (Nikoli dkk., 2026).

Laju aliran (flow rate) elektrolit dalam proses elektrolisis air didefinisikan sebagai volume larutan elektrolit yang disirkulasikan atau dialirkan melintasi sel elektrolisis per satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam liter per menit (LPM), mililiter per detik (mL/s), atau meter kubik per jam (m^3/jam). laju aliran elektrolit merupakan salah satu parameter operasi (input) yang dapat dikendalikan oleh operator untuk memengaruhi kinerja sel, bersama dengan konsentrasi elektrolit, rapat arus, dan suhu larutan (Brauns, 2020)

Desain elektroda, khususnya luas area aktif, sangat memengaruhi kerugian ini. Luas area elektroda yang lebih besar mengurangi kerapatan arus untuk total arus tertentu, sehingga menurunkan potensial lebih aktivasi dan konsentrasi. Misalnya, konfigurasi elektroda asimetris dengan area anoda yang lebih besar dapat menstabilkan pH antarmuka dan mengurangi kehilangan konsentrasi dalam elektrolisis alkali. Selain itu, peningkatan luas permukaan elektrokimia aktif melalui penataan nano atau penggunaan suspensi katalitik meningkatkan jumlah

situs aktif, secara efektif mengurangi potensial aktivasi berlebih dan memungkinkan kerapatan arus yang lebih tinggi pada tegangan terapan yang lebih rendah (Fayez dkk., 2026).

Kehilangan panas (heat loss) pada elektrolizer menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi efisiensi sistem. Energi listrik yang diberikan pada proses elektrolisis tidak seluruhnya digunakan untuk memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen, tetapi sebagian berubah menjadi energi panas akibat hambatan listrik pada elektroda, elektrolit, dan koneksi rangkaian. Peningkatan temperatur elektrolit secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan efisiensi elektrolizer, meningkatkan konsumsi daya listrik, serta mempercepat penguapan larutan elektrolit. Oleh karena itu, pengendalian temperatur dan kehilangan panas sangat penting untuk menjaga kestabilan produksi gas HHO dan meningkatkan performa sistem elektrolisis (Gad dkk., 2025).

Dalam hal pemilihan konfigurasi generator, HHO generator tipe *dry cell* dinilai lebih unggul dibandingkan tipe *wet cell* karena memiliki konstruksi yang lebih kompak dan efisiensi termal yang lebih baik. Hasil evaluasi unjuk kerja generator HHO tipe *dry cell* dengan variasi penambahan karbon aktif pada katalis natrium hidroksida (NaOH) menunjukkan laju produksi gas HHO tertinggi sebesar 458,72 mL/menit dengan efisiensi tertinggi 63,04%. Temuan ini menunjukkan bahwa optimasi material dan komposisi elektrolit pada generator *dry cell* memberikan peluang peningkatan efisiensi yang signifikan (Zulfany dkk., 2024).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian difokuskan pada pengujian HHO generator tipe *dry cell* berbahan *stainless steel* 316L, dengan judul " Studi Eksperimental Laju Aliran Elektrolit Kalium Hidroksida 15% Terhadap Unjuk kerja Elektrolizer Sel Kering dalam Produksi Gas Hidrogen". Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang nyata dalam pengembangan teknologi produksi hidrogen bersih yang lebih efisien dan terjangkau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran elektrolit kalium hidroksida 15% terhadap unjuk kerja pada elektrolizer tipe *dry cell*?
2. Bagaimana pengaruh laju aliran elektrolit terhadap kehilangan panas pada *elektrolizer Dry Cell* (sell kering).

1.3 Batasan Masalah

Untuk dapat mengatasi permasalahan di atas dan menghindari pembahasan yang meluas dari penelitian ini, maka penulis menetukan batasan permasalahan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. Penelitian difokuskan pada generator gas HHO tipe *dry cell*.
2. Elektrolizer yang digunakan menggunakan plat elektroda berbahan *stainless steel* 316L yang dimana keunggulan *stainless steel* 316 L lebih baik dan tahan korosi dari pada bahan lainya.
3. Elektrolit yang digunakan adalah larutan kalium hidroksida (KOH) dengan konsentrasi tetap sebesar 15% karena penelitian ini hanya menggunakan variasi 15% tanpa ada variasi lainya.
4. Variabel bebas penelitian adalah laju aliran elektrolit KOH dengan variasi 300,600,900,1200, dan 1500 ml/menit dengan PWM konstan 33 yang dimana peneliti ingin melihat dan mengetahui unjuk kerja pada rentan laju aliran tersebut dengan PWM konstan 33 itu untuk mendapatkan tegangan di 2,1 volt.
5. Variabel yang diamati meliputi laju produksi gas HHO, konsumsi daya listrik, dan efisiensi generator yang dimana peneliti ingin mengetahui dari variabel tersebut.
6. Sumber listrik yang digunakan berupa arus searah (DC) dari *power supply*/adaptor, yang dimana pompa pada generator elektroliser menggunakan arus searah.
7. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dan tidak diaplikasikan langsung pada mesin kendaraan atau sistem pembakaran karena perlu pengujian leih mendalam dari hasil gas tersebut

8. Pengujian hanya dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja elektrolizer dalam produksi gas hidrogen tanpa membahas emisi gas buang.
9. Temperatur dan tekanan lingkungan dianggap dalam kondisi normal selama proses pengujian berlangsung karena pengujian langsung di ruangan terbuka.

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah,maka tunjuan dilakukan penelitian adalah, sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi laju aliran elektrolit dengan penggunaan elektrolit kalium hidroksida 15 % terhadap unjuk kerja pada *elektrolizer* tipe *dry cell*
2. Menganalisis pengaruh laju aliran elektrolit terhadap energi *losess* pada *elektrolizer dry cell* melalui panas yang dihasilkan akibat kelebihan tegangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dilakukan penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

1. Memberikan referensi teknis terkait pengaruh laju aliran pada sistem elektrolisis air menggunakan kalium hidroksida
2. Memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan teknologi energi alternatif, khususnya produksi gas HHO untuk aplikasi pembakaran atau kendaraan hemat energi.
3. Sebagai upaya mendukung transisi energi tentang pemanfaatan energi alternatif yang lebih efisien, rendah karbon dan berkelanjutan dengan energi terbarukan.
4. Sebagai solusi meningkatkan ketersediaan energi dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca serta polusi udara.
5. Hasil penelitian dapat menjadi referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan disempurnakan supaya bisa diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari sebagai solusi akan adanya krisis energi di masa mendatang.