



Pengaruh Variasi Arus Listrik dan Jumlah Garam Terhadap Efisiensi Generator HHO dalam Proses Elektrolisis

Muhammad haafizh Al Barr¹, Nova Risdiyanto Ismail²✉, Purbo Suwandono³

^{1,2,3} Prodi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia
✉Corresponding author: nova@widyagama.ac.id

Diterima Redaksi : 6 September 2023
Selesai Revisi : 29 Oktober 2023
Diterbitkan Online : 20 November 2023

Abstract

Energy is an important component for human survival and is highly dependent on the availability of energy. given the limited energy from mining materials available today is running low. In terms of production, global environmental issues and the depletion of fossil fuel reserves encourage various R&D on hydrogen production with water as raw material. In order to overcome the above, one solution is to take advantage of the existence of alternative forms of energy by utilizing electrical energy in the form of hydrogen gas stored in H_2 which also comes from water (H_2O) which can now be used for energy through the Water Electrolysis process where the best H_2 gas production efficiency produced is 23.20% with a current variation of 10 A.

Keywords: electric current; salt; HHO; electrolysis; generator.

Abstrak

Energi merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia dan sangat tergantung terhadap ketersediaan energi. mengingat keterbatasan energi dari bahan tambang yang tersedia saat ini semakin menipis. Dari sisi produksi, Isu lingkungan global dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil mendorong berbagai litbang produksi hidrogen dengan bahan baku air. Guna mengatasi hal diatas, salah satu solusinya yaitu memanfaatkan adanya bentuk energi alternatif dengan cara memanfaatkan energi listrik berupa gas hidrogen yang tersimpan didalam H_2 yang juga berasal dari air (H_2O) yang kini dapat digunakan energinya melalui proses Elektrolisa Air dimana efisiensi produksi gas H_2 terbaik yang dihasilkan sebesar 23.20% dengan variasi arus 10 A.

Kata kunci: arus listrik ; garam; HHO; elektrolisis; generator.

1. Pendahuluan

Permasalahan kebutuhan energi dunia merupakan masalah yang serius pada era perkembangan hari ini. Energi merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung terhadap ketersediaan energy [1]. Salah satu permasalahan dalam dunia industri adalah dari sisi produksi energi, khususnya hidrogen, yang hingga kini masih banyak bergantung pada bahan bakar fosil, terutama gas alam, melalui proses seperti steam methane reforming (SMR). Proses ini, meskipun efisien dari sisi teknis dan ekonomi, memiliki dampak lingkungan yang signifikan karena menghasilkan emisi karbon dioksida dalam jumlah besar. Ketergantungan ini tidak hanya memperburuk isu perubahan iklim, tetapi juga menciptakan ketidakstabilan harga dan pasokan akibat fluktuasi geopolitik dan keterbatasan sumber daya fosil yang tidak

terbarukan.

Di sisi lain, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan metode produksi hidrogen yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan biomassa melalui proses gasifikasi. Biomassa, sebagai sumber energi terbarukan, dapat menjadi alternatif strategis untuk memproduksi hidrogen tanpa emisi karbon yang signifikan [2].

Salah satu solusi potensial yang terus dikembangkan adalah penggunaan gas HHO (Brown's Gas), yakni campuran gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Gas ini memiliki sifat pembakaran yang efisien dan bersih, sehingga banyak dilirik sebagai sumber energi alternatif pada berbagai sektor, termasuk otomotif, industri pemanas, dan pembangkit energi [3].

Proses elektrolisis air merupakan metode yang menjanjikan untuk menghasilkan hidrogen bersih, di mana molekul air (H_2O) dipecah menjadi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) melalui pemberian arus listrik. Reaksi ini berlangsung di dalam sel elektrolisis, yang umumnya terdiri dari dua elektroda yang dicelupkan dalam elektrolit. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi reaksi reduksi di katoda yang menghasilkan gas hidrogen, dan reaksi oksidasi di anoda yang menghasilkan gas oksigen. Namun, proses ini membutuhkan input energi listrik yang cukup besar untuk mengatasi energi ikatan kovalen dalam molekul air, yang secara termodinamika memerlukan tegangan minimum sekitar 1,23 volt pada kondisi standar.

Dalam praktiknya, efisiensi elektrolisis sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis elektrolit, material elektroda, suhu operasi, serta konfigurasi sel elektrolisis itu sendiri. Untuk meningkatkan efisiensi, sering digunakan katalis seperti platinum, nikel, atau logam transisi lainnya yang dapat menurunkan overpotential reaksi. Selain itu, pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya atau angin sebagai sumber listrik untuk elektrolisis menjadi sangat penting agar proses ini benar-benar bebas emisi dan berkelanjutan. [4]. Efisiensi dari proses ini sangat dipengaruhi oleh parameter operasional, terutama kuat arus listrik (ampere) dan komposisi larutan elektrolit, dalam hal ini jumlah garam ($NaCl$) yang ditambahkan ke dalam air [5]. Arus listrik yang lebih besar umumnya mempercepat reaksi elektrolisis, namun juga meningkatkan konsumsi energi. Sementara itu, penambahan garam berperan sebagai katalis elektrolit yang meningkatkan konduktivitas larutan dan menurunkan hambatan listrik, sehingga mempercepat laju produksi gas [6].

Diperkirakan 95% produksi hidrogen diperoleh melalui proses steam reforming gas alam dan bahan bakar fosil. Isu lingkungan global dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil mendorong berbagai litbang produksi hidrogen dengan bahan baku air. Gas hidrogen tidak dapat ditambang melainkan harus diproduksi [7]. Alternatif tersebut dapat dilakukan dengan melakukan proses elektrolisis menggunakan air khususnya air laut. Gas hidrogen yang tinggi memberikan tingkat emisi yang mendekati zero emission. Salah satu inovasi sumber energi baru itu adalah bahan bakar hidrogen (H_2) [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi kuat arus listrik dan jumlah garam terhadap efisiensi produksi gas HHO, dengan mengamati hubungan antara energi listrik yang dikonsumsi dan volume gas hidrogen yang dihasilkan. Efisiensi ini menjadi indikator penting dalam merancang sistem generator HHO yang hemat energi dan optimal untuk aplikasi praktis [9]. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi energi bersih yang lebih ekonomis dan efisien.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental (true experimental) yaitu dengan menggunakan perbandingan variasi kuat arus dan penambahan jumlah garam sebagai unsur percepatan elektrolisis air (H_2O) untuk menghasilkan gas hho atau brown's gas serta menentukan volume hidrogen dan kecepatan bakar dengan larutan air garam. dengan variabel kuat arus listrik yang sudah ditentukan sebesar 6 A, 8 A, dan 10 A dengan voltase tetap sebesar 12 volt yang ditambahkan garam 7, 10 dan 14 gram pada air dengan volume 1300 ml sehingga menghasilkan nyala api yang mana ketinggian api menjadi indikator hasil penelitian nantinya.

Dengan mengukur volume gas hidrogen yang dihasilkan dari larutan elektrolit yang berbeda, peneliti dapat mengevaluasi sejauh mana pengaruh kuat arus dan konsentrasi larutan garam terhadap laju produksi hidrogen. Data yang diperoleh dari pengukuran ini menjadi indikator utama dalam menentukan efisiensi elektrolisis, sekaligus menjadi parameter kunci dalam analisis hubungan antara input listrik dan komposisi larutan terhadap output gas yang dihasilkan. Selain itu, setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan keandalan data serta mengurangi kemungkinan terjadinya deviasi eksperimental.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan rangkaian elektrolisis tipe wet cell menggunakan wadah kaca atau plastik yang tahan terhadap reaksi kimia. Volume air yang digunakan dalam setiap perlakuan adalah sebesar 1300 ml, dan air tersebut dicampurkan dengan garam dapur (NaCl) dengan variasi massa yaitu 7 gram, 10 gram, dan 14 gram sebagai elektrolit untuk mempercepat proses elektrolisis. Larutan kemudian diaduk hingga homogen sebelum dialirkan arus listrik.

Generator HHO disusun dengan elektroda berbahan stainless steel yang terhubung ke sumber listrik DC dengan tegangan konstan 12 volt. Kuat arus yang digunakan divariasikan sebesar 6 A, 8 A, dan 10 A. Setiap kombinasi perlakuan antara kuat arus dan jumlah garam akan diuji dalam tiga kali pengulangan untuk menjaga keakuratan dan keandalan hasil.

Proses elektrolisis dijalankan selama 60 detik untuk setiap perlakuan. Gas HHO yang terbentuk dikumpulkan melalui selang yang terhubung ke tabung pengukur (misalnya gelas ukur atau tabung pengumpul gas yang diberi skala volume) untuk mencatat volume hidrogen yang dihasilkan. Setelah proses selesai, volume gas yang terbentuk dicatat sebagai salah satu parameter utama.

Setelah itu, gas HHO diarahkan ke pembakar untuk mengamati nyala api. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi nyala api sebagai indikator visual untuk menilai kekuatan pembakaran yang dihasilkan dari gas yang terbentuk. Ketinggian api diukur menggunakan penggaris skala atau alat ukur tinggi nyala yang ditempatkan pada posisi tetap untuk menjaga konsistensi pengukuran.

Seluruh data volume gas dan tinggi nyala api kemudian dianalisis untuk mengetahui korelasi antara kuat arus listrik dan konsentrasi larutan garam terhadap efisiensi produksi hidrogen serta karakteristik nyala api. Hasil pengulangan setiap perlakuan dihitung nilai rata-ratanya dan digunakan dalam analisis perbandingan antarperlakuan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian variasi kuat arus dan penambahan katalis pada produksi hidrogen pada generator HHO terhadap volume hidrogen ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kuat Arus Pada Generator HHO Terhadap Volume Hidrogen

No	Arus Listrik (A)	Jumlah Garam/Katalis (g)	Waktu (s)	Volume Hidrogen (ml)
1	6	7	35	60
2	6	10	32	60
3	6	14	28	60
4	8	7	30	60
5	8	10	26	60
6	8	14	25	60
7	10	7	20	60
8	10	10	17	60
9	10	14	15	60

Tabel 1. menunjukkan hubungan antara kuat arus listrik, jumlah garam (sebagai katalis), waktu elektrolisis, dan volume gas hidrogen yang dihasilkan dalam proses elektrolisis air. Secara umum, volume hidrogen yang dihasilkan dijaga tetap sebesar 60 mL untuk mempermudah analisis efisiensi terhadap waktu dan parameter input lainnya. Dari data tersebut, terlihat bahwa semakin besar arus listrik yang digunakan, maka waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60 mL gas hidrogen menjadi semakin singkat. Sebagai contoh, pada arus 6 A dan jumlah garam 7 gram, waktu yang diperlukan adalah 35 detik. Namun, ketika arus ditingkatkan menjadi 10 A dengan jumlah garam yang sama, waktu yang dibutuhkan hanya 20 detik. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan arus listrik dapat mempercepat laju elektrolisis karena energi yang disalurkan ke sistem meningkat, sehingga reaksi pemecahan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen berlangsung lebih cepat.

Selain itu, jumlah garam yang ditambahkan ke dalam larutan juga memberikan pengaruh signifikan. Penambahan garam meningkatkan konduktivitas larutan, sehingga arus listrik dapat mengalir lebih efisien. Sebagai ilustrasi, pada arus tetap 6 A, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 60 mL hidrogen berkurang dari 35 detik (7g garam) menjadi 28 detik (14g garam). Pola yang sama juga terlihat pada arus 8 A dan 10 A. Artinya, semakin banyak garam yang ditambahkan, semakin cepat pula proses elektrolisis berlangsung karena resistansi larutan menurun dan ionisasi menjadi lebih efektif.

Kombinasi antara peningkatan arus listrik dan penambahan jumlah garam terbukti efektif dalam mempercepat waktu produksi gas hidrogen tanpa mengubah volume gas yang dihasilkan. Hasil ini memberikan gambaran penting mengenai optimasi parameter operasional pada sistem elektrolisis air untuk produksi HHO, khususnya dalam konteks efisiensi energi dan waktu reaksi.

Arus listrik (A) dan tegangan (Volt) yang dialirkan pada rangkaian generator HHO sangat berpengaruh pada proses elektrolisis berlangsung, sehingga akan berdampak pada produktivitas gas HHO. Arus listrik dan voltase yang terpakai merupakan besar energi yang terpakai pada proses reaksi elektrolisis [6].

Efisiensi ini untuk melihat performa generator HHO dry cell dan bergantung pada produktivitas gas brown serta daya yang dibutuhkan [7]. Pada persamaan reaksi kimia yang terjadi pada elektrolisis di generator HHO terdapat kandungan massa oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2). massa air (H_2O) yang direaksikan pada sebuah generator HHO adalah 1 kg, maka hasil produk Brown's gas yang merupakan massa total hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) adalah 1 kg. Menurut tabel periodik nilai Mr $H_2O=18$, Mr $H_2=2$, Mr $O_2=32$, maka didapatkan mol H_2 reaksi di atas dapat di ketahui massa jenis Brown's gas. Jika pada kondisi

STP (standard temperature pressure) massa jenis hidrogen (H_2) $\rho_{H_2} = 0,08235$ gr/l dan oksigen (O_2) $\rho_{O_2} = 1,3088$ gr/l, maka massa jenis Brown's gas (ρ_{HHO}) diketahui sebesar 0,491167 gram/l. Dari perhitungan data yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 2.

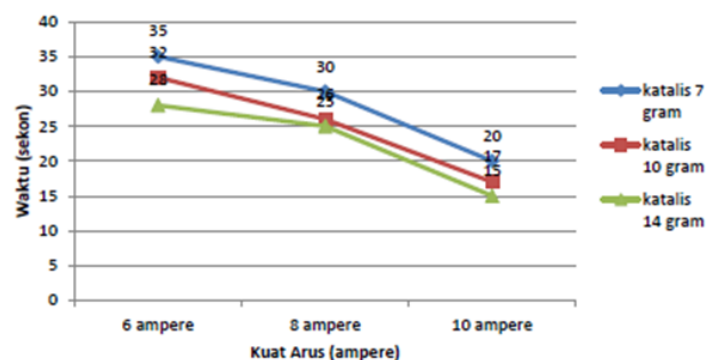
Tabel 2. Perhitungan Data Efisiensi *Electrolyzer Wett Cell*

No	Arus Listrik (A)	Jumlah Katalis (g)	Waktu (s)	Volume Hidrogen (ml)	Laju Produksi (l/s)	Efisiensi (%)
1	6	7	45	60	0.00133	9.35
2	6	10	38	60	0.00157	14.1
3	6	14	29	60	0.00206	18.2
4	8	7	30	60	0.002	13.3
5	8	10	26	60	0.0023	15.5
6	8	14	25	60	0.0027	18.4
7	10	7	20	60	0.003	16.2
8	10	10	17	60	0.0035	19.8
9	10	14	15	60	0.0043	23.20

Tabel 2 menunjukkan pengaruh variasi arus listrik dan jumlah katalis (garam) terhadap efisiensi proses elektrolisis pada sistem wet cell. Dari data tersebut terlihat bahwa semakin besar arus listrik yang digunakan, disertai dengan penambahan jumlah katalis, maka semakin besar pula laju produksi gas hidrogen yang dihasilkan [10]. Hal ini secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi sistem.

Pada arus 6 ampere dengan 7 gram garam, volume hidrogen sebesar 60 ml tercapai dalam waktu 45 detik, menghasilkan laju produksi sebesar 0.00133 liter/detik dengan efisiensi 9.35%. Sementara itu, pada arus tertinggi yaitu 10 ampere dengan 14 gram garam, volume gas yang sama dapat dihasilkan hanya dalam 15 detik dengan laju produksi 0.0043 liter/detik dan efisiensi mencapai 23.20%. Peningkatan signifikan ini menunjukkan bahwa kombinasi arus tinggi dan larutan elektrolit yang lebih pekat (lebih banyak ion) mempercepat proses pemisahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen.

Pola yang konsisten juga tampak pada perlakuan lainnya, di mana waktu reaksi semakin pendek seiring bertambahnya arus dan jumlah garam, sementara volume gas tetap, yang menunjukkan laju reaksi yang lebih cepat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa baik kuat arus maupun konsentrasi larutan elektrolit merupakan faktor utama yang menentukan kecepatan dan efisiensi dalam proses pembangkitan gas HHO.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Dan Arus

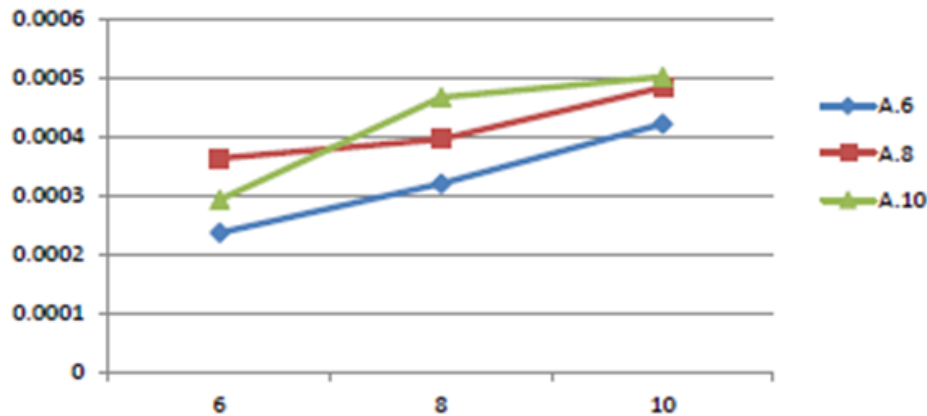
Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara kuat arus listrik (ampere) dan waktu yang dibutuhkan (detik) untuk menghasilkan 60 mL gas hidrogen, dengan tiga variasi jumlah katalis (garam NaCl): 7 gram, 10 gram, dan 14 gram.

Secara umum, grafik menunjukkan tren penurunan waktu produksi gas hidrogen seiring dengan peningkatan kuat arus, yang berlaku pada semua variasi jumlah katalis. Artinya, semakin besar arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis, semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan volume hidrogen yang sama. Hal ini dapat dijelaskan karena peningkatan arus listrik meningkatkan jumlah muatan listrik yang mengalir per satuan waktu, sehingga mempercepat proses pemecahan molekul air (H_2O) menjadi gas HHO (terutama H_2).

Selain itu, efek penambahan jumlah katalis juga terlihat signifikan. Untuk arus yang sama, misalnya 6 ampere, penambahan garam dari 7 gram ke 14 gram mengurangi waktu produksi dari 35 detik menjadi 28 detik. Efek ini terjadi karena peningkatan jumlah garam meningkatkan konduktivitas larutan elektrolit, yang memperlancar aliran arus listrik dan mempercepat reaksi elektrolisis. Tren ini konsisten pada arus 8 ampere dan 10 ampere, di mana waktu terus menurun dengan peningkatan jumlah garam.

Pola grafik yang semakin landai dari kiri atas ke kanan bawah mengindikasikan adanya sinergi antara kuat arus dan jumlah katalis dalam mempercepat produksi hidrogen. Kombinasi terbaik pada grafik ditunjukkan pada titik dengan arus 10 ampere dan katalis 14 gram, yang hanya membutuhkan 15 detik untuk menghasilkan 60 mL gas hidrogen menunjukkan efisiensi reaksi tertinggi di antara perlakuan lainnya.

Dengan demikian, grafik ini memperkuat temuan bahwa baik arus listrik maupun jumlah katalis merupakan variabel penting dalam mengoptimalkan proses elektrolisis air, khususnya dalam konteks percepatan produksi gas hidrogen.



Gambar 3. Grafik Variasi Kuat Arus Terhadap Ketinggian Api

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara jumlah garam (katalis) dengan rasio efisiensi produksi hidrogen terhadap energi listrik, untuk tiga variasi arus listrik: 6 A, 8 A, dan 10 A. Sumbu horizontal mewakili jumlah garam (kemungkinan dalam gram: 7, 10, dan 14 gram), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai efisiensi (kemungkinan berupa laju produksi hidrogen dibagi dengan energi listrik yang dikonsumsi, dalam satuan mL/J).

Tren umum yang tampak adalah meningkatnya efisiensi produksi hidrogen seiring dengan penambahan jumlah garam, khususnya pada arus 10 ampere (ditandai dengan garis hijau). Pada arus ini, peningkatan jumlah garam memberikan peningkatan efisiensi yang cukup signifikan, menunjukkan bahwa pada arus tinggi, peningkatan konduktivitas larutan akibat garam yang lebih banyak memberikan efek optimal terhadap kecepatan elektrolisis.

Sementara itu, pada arus 6 A dan 8 A (ditandai dengan garis biru dan merah), peningkatan efisiensi terjadi lebih lambat. Garis biru (6 A) menunjukkan peningkatan yang stabil namun rendah, menandakan bahwa pada arus rendah, sistem kurang responsif terhadap perubahan jumlah katalis. Di sisi lain, garis merah (8 A) mengalami kenaikan awal, namun kemudian cenderung datar, menunjukkan adanya titik jenuh efisiensi pada penambahan garam tertentu. Grafik ini mengindikasikan bahwa kombinasi arus listrik tinggi (10 A) dengan jumlah garam tinggi (14 g) memberikan efisiensi tertinggi dalam produksi hidrogen. Hal ini sejalan dengan prinsip bahwa elektrolit yang lebih kuat (lebih banyak garam) dalam kondisi arus tinggi akan meminimalkan resistansi larutan dan memaksimalkan reaksi elektrokimia. Namun, pada arus yang lebih rendah, peningkatan jumlah garam tidak selalu menghasilkan efisiensi signifikan karena keterbatasan jumlah energi yang dialirkan ke dalam sistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kuat arus listrik dan jumlah garam sebagai katalis dalam larutan elektrolit secara signifikan berpengaruh terhadap peningkatan performa sistem elektrolisis. Semakin besar arus listrik yang digunakan serta semakin tinggi konsentrasi garam yang ditambahkan, maka volume gas hidrogen yang dihasilkan meningkat, yang pada akhirnya turut meningkatkan efisiensi produksi. Selain itu, peningkatan tersebut juga berdampak langsung terhadap ketinggian nyala api dari gas HHO yang dihasilkan. Hasil tertinggi diperoleh pada kombinasi arus listrik sebesar 10 ampere dan jumlah garam sebanyak 14 gram, yang menghasilkan ketinggian nyala api maksimal sebesar 16 mm dalam waktu 60 detik. Pada kondisi ini pula, efisiensi tertinggi tercatat sebesar 23.20%, menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut merupakan kondisi optimal dalam sistem wet cell untuk menghasilkan gas hidrogen secara efektif dan efisien. Temuan ini memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan lebih lanjut teknologi elektrolisis untuk aplikasi energi terbarukan.

Daftar Pustaka

- [1] A. YASSI, E. B. DEMMALLINO, and H. R. SULTANI, "Tropical climate change and its impact on horticultural plants in Enrekang District, South Sulawesi, Indonesia," *Biodiversitas J. Biol. Divers.*, vol. 24, no. 6, 2023.
- [2] S. Sally, Y. P. Budianto, M. W. Hakim, and W. El Kiyat, "Potensi pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas untuk skala industri rumah tangga di Provinsi Banten," *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 13, no. 1, pp. 43–53, 2019.
- [3] M. S. Hasan and W. Widayat, "Produksi Hidrogen dengan Memanfaatkan Sumber Daya Energi Surya dan Angin di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022.
- [4] F. Mustari, B. Widodo, and J. Salebay, "Produksi Gas Oxy-Hidrogen dari Air sebagai Energi Baru Terbarukan Melalui Multi Series Cell Elektrolisis," *Lektrokom J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 9, 2018.
- [5] M. Herdiadi, "Analisa Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit Zinc Chloride Acid terhadap Ketebalan, Kekuatan Lekat, dan Ketahanan Korosi Baja AISI 1020 dengan Metode Elektroplating." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [6] N. M. Janani, "Pengolahan Air Limbah Reverse Osmosis Melalui Elektrolisis Untuk Menghasilkan Elektrolit Bernilai Ekonomi Dan Gas Hidrogen Untuk Fuel Cell." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

- [7] A. Anggit, “Analisa Produksi Gas Hidrogen dan Oksigen Dari H₂O Menggunakan Metode Elektrolisis dengan Penambahan Katalis NaHCO₃ (Natrium Bikarbonat),” *Pros. Sains Nas. dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 584–588, 2022.
- [8] G. K. Putri, “Produksi Gas Hidrogen Dari Gas Alam Melalui Membran Graphene Oxide Secara Elektrokimia.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [9] A. Budiprasojo and A. G. Maliki, “AUKE-2019-012 ANALISIS EFEKTIFITAS HHO CARBON CLEANING DENGAN METODE PENGOLAHAN CITRA DIGITAL,” *KATA PENGANTAR*, 2019.
- [10] Y. D. Herlambang and A. Roihatin, “Teknologi Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan Menggunakan Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Skala Kecil,” *Eksergi J. Tek. Energi*, vol. 15, no. 1, pp. 27–34, 2019.