



PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS PADA ELEKTROLISIS AIR GAMBUT DALAM MENGHASILKAN GAS HIDROGEN

Kurnia Dwi Artika^{a*}, Imron Musthofa^a, Hajar Isworo^a, Anggun Angkasa Bela Persada^a, M. Yusuf Andhika^a, Dian Ridlo Pamuji^f

^a Jurusan Rekayasa dan Industri, Prodi Teknologi Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut

^f Jurusan Teknik Mesin, Prodi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Banyuwangi

E-mail koresponden: kurnia.2a@politala.ac.id

Abstract

Electrolysis is a chemical process in which a substance is broken down into several components using an electric current. The application of electrolysis to peat water has the potential to produce hydrogen and oxygen gas. It can change the nature of peat water to make it cleaner and more environmentally friendly. This research aims to determine the productivity of hydrogen gas regarding variations in the area of origin of peat water with the addition of a baking soda catalyst and to determine the pH of the electrolysis results. The method used is experimental in forming HHO gas by electrolysis of the solution and calculating the percentage of effectiveness. The results are that the peat water's pH will decrease to alkaline around pH 12. Hydrogen production will increase when compared to pure mineral water, where samples of peat water from area B produce around 75% faster than pure mineral water and around 45% faster When compared to areas A, C and D.

Keywords: *Electrolysis, Peat water, pH, Baking Soda, productivity*

Abstrak

Elektrolisis adalah proses kimia dimana suatu zat terpecah menjadi beberapa komponen menggunakan arus listrik. Penerapan elektrolisis pada Air Gambut memiliki potensi untuk menghasilkan Gas Hidrogen dan Oksigen, serta dapat mengubah sifat Air Gambut menjadi lebih bersih dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui produktivitas Gas Hidrogen terhadap variasi daerah asal Air Gambut dengan penambahan katalis baking soda, serta mengetahui pH dari hasil elektrolisis. Metode yang digunakan adalah eksperimental dalam pembentukan gas HHO dengan elektrolisis larutan dan perhitungan persentase efektivitasnya. Hasil yang didapat adalah pH air gambut akan turun menjadi basa sekitar pH 12, dan peningkatan produksi hidrogen jika dibandingkan dengan air mineral murni, dimana sampel dari air gambut dari daerah B memproduksi sekitar 75% lebih cepat daripada air mineral murni dan lebih cepat sekitar 45% jika dibandingkan daerah A, C dan D.

Kata Kunci: Elektrolisis, Air Gambut, pH, Soda Kue, Produktivitas

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terkendali mengakibatkan polusi udara tinggi disertai kekhawatiran pasar terkait ketersediannya secara global. Sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar dari fosil yang jumlahnya di alam semakin menurun bahkan bisa habis dalam kurun waktu tertentu. Polusi udara dan emisi karbon dioksida terjadi akibat pembakaran dari hasil pengolahan bahan bakar fosil, yang dapat berdampak buruk terhadap iklim dan lingkungan secara global [1][2]. Maka dari itu, masyarakat secara bertahap mulai mengeksplorasi berbagai jenis sumber energi baru terbarukan yang melimpah di alam.

Penggunaan energi alternatif adalah energi baru terbarukan (EBT). Salah satunya adalah hidrogen (H₂) yang dapat diproduksi dengan menggunakan air sebagai bahan bakunya karena air mengandung oksihidrogen (HHO). Oxyhydrogen (HHO) mempunyai potensi yang luar biasa bila dimaksimalkan [3], menjadikan hidrogen sebagai energi baru terbarukan yang menjanjikan. Pasalnya, sumber hidrogen sangat umum, bebas polusi udara dan sebagai energi kimia yang baik. Penggunaan gas hidrogen sebagai pembangkit

energi tidak menimbulkan polutan seperti nitrogen oksida, debu, hidrokarbon, sulfur oksida, dan karbon monoksida [3]. Bahan baku air untuk menghasilkan gas hidrogen diperoleh dari air alami yaitu gambut.

Air permukaan seperti air gambut biasanya dihasilkan dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan di rawa-rawa dan dataran rendah, dan penguraianya secara sempurna terhambat oleh kondisi asam dan anaerobik, khususnya di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Perairan gambut mempunyai ciri-ciri warna gelap (coklat kemerahan), kandungan bahan organik tinggi, keasaman (pH rendah), kandungan partikel tersuspensi rendah, kekeruhan tinggi, dan kandungan kation rendah sehingga menghasilkan gas hidrogen. Sebagai energi terbarukan. Air gambut mempunyai sifat istimewa karena mengandung senyawa organik, asam humat dan komponen lain yang berasal dari tumbuhan yang membusuk.

Perairan gambut seringkali memiliki pH rendah dan kadar zat terlarut yang tinggi. Kondisi ini membuat air gambut mempunyai sifat yang berbeda dengan air biasa. Dalam beberapa tahun terakhir, elektrolisis air gambut telah berkembang menjadi topik penelitian yang menarik. Elektrolisis adalah proses kimia yang menggunakan arus listrik untuk memecah suatu zat menjadi komponen-komponennya. Elektrolisis air gambut dapat menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang dapat mengubah sifat air gambut menjadi lebih bersih dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian adalah untuk melihat efektivitas dari katalis yang ditambahkan ke berbagai sumber air gambut terhadap gas hidrogen yang dihasilkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah suatu reaksi perubahan kimia atau penguraian suatu elektrolit yang disebabkan oleh arus listrik. Elektrolit dapat melarut dalam pelarut polar seperti air dengan cara berdisosiasi menjadi ion negatif (anion) dan ion positif (kation). Anion adalah Ion negatif yang menuju ke muatan positif anoda melalui larutan, sedangkan katoda adalah ion positif yang tertuju ke muatan negatif (katoda) dalam suatu larutan. Air memiliki sifat polar sehingga dapat digunakan sebagai pelarut. Molekul polar membawa muatan, muatan negatif dan positif, di ujung molekul, yang dapat berinteraksi dengan beberapa muatan molekul polar lainnya dan dapat larut di dalamnya. Atom hidrogen bergerak di antara molekul-molekul ini untuk membentuk ion hidronium. Penambahan elektrolit seperti basa, asam, dan garam mampu mempercepat proses elektrolisis air dan meningkatkan konduktivitas air. Di dalam sel elektrolitik, energi kimia dihasilkan dari energi listrik. Hubungan kuantitatif yang dirumuskan oleh Faraday dimana antara jumlah zat yang ikut bereaksi dan jumlah muatan yang digunakan, terjadi sebagai ikatan redoks yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan [6].

2.2 Air Gambut

Air gambut mempunyai nilai pH yang rendah (3-5), warnanya merah kecoklatan, dan kandungan organiknya tinggi, sehingga berguna untuk memenuhi kebutuhan air minum, kebutuhan rumah tangga, atau sebagai sumber air minum. persyaratan. [7] [8]. Sumber air permukaan banyak terdapat di wilayah Indonesia, seperti Kalimantan Selatan, Jambi, Kalimantan Tengah dan Riau, dimana sumber air permukaan seperti air gambut merupakan satu-satunya yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar [5]. Tingginya kandungan organik yang dapat bereaksi dengan klorin selama proses desinfeksi menghasilkan senyawa karsinogenik. Selain itu, kandungan organiknya menjamin intensitas warna yang tinggi dan menjadi tempat berkembangbiaknya mikroba.

2.3 Katalis (Baking Soda)

Soda kue (*baking soda*) adalah senyawa yang juga dikenal sebagai natrium bikarbonat atau natrium bikarbonat. Ini adalah bubuk putih yang larut dalam air yang sedikit basa. Soda kue hanya terdiri dari natrium (Na), hidrogen (H), karbon (C), dan oksigen (O). Komposisi kimia soda kue adalah NaHCO_3 . Soda abu adalah zat padatan yang ringan dan sulit larut dalam air, serta 99,3% kandungannya adalah natrium karbonat (Na_2CO_3). Natrium karbonat (Na_2CO_3) merupakan zat lunak mampu melarut dengan air dingin dengan kelarutannya sebesar 30% dari jumlah larutan. Ini disebut "soda" pada industri kimia. Bahan ini biasa dijual karena kandungan natrium oksidanya sebesar 58%. Soda ash yang diolah dengan bahan kimia sintetis melalui proses Solvay dapat digunakan sebagai bahan pembuat kue [9].

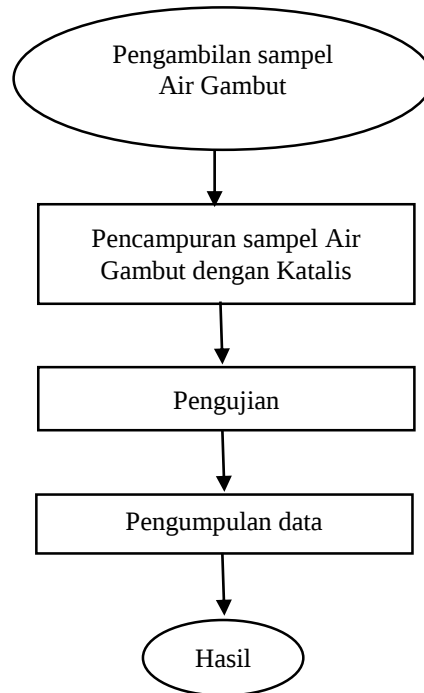
2.4 Gas hidrogen

Gas hidrogen adalah gas yang sangat mudah terbakar, paling ringan, dan mampu memproduksi energi dalam skala besar dengan cepat. Gas hidrogen bisa dihasilkan dengan banyak cara, termasuk dengan elektrolisis air. Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah dipelajari sejak lama. Namun untuk mencapai efisiensi yang relatif tinggi memerlukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut dengan mengubah konsentrasi elektrolit, jenis elektrolit, modifikasi dan jenis elektroda, serta penggunaan katalis yang mampu memaksimalkan hasil secara efisiensi dan lebih tinggi. Gas hidrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, bukan logam, monovalen, dan sangat mudah terbakar. Hidrogen merupakan energi alternatif yang berpotensi sebagai bahan bakar dalam aplikasi seperti industri otomotif. Hidrogen merupakan bahan bakar

ramah lingkungan dan penghasil energi yang ramah dan bersih karena hanya air yang dihasilkan sebagai emisi atau residu selama proses tersebut. Selain itu, hidrogen banyak digunakan dalam produksi metanol, katalis perengkahan air, dan hidrogen sulfidasi [10].

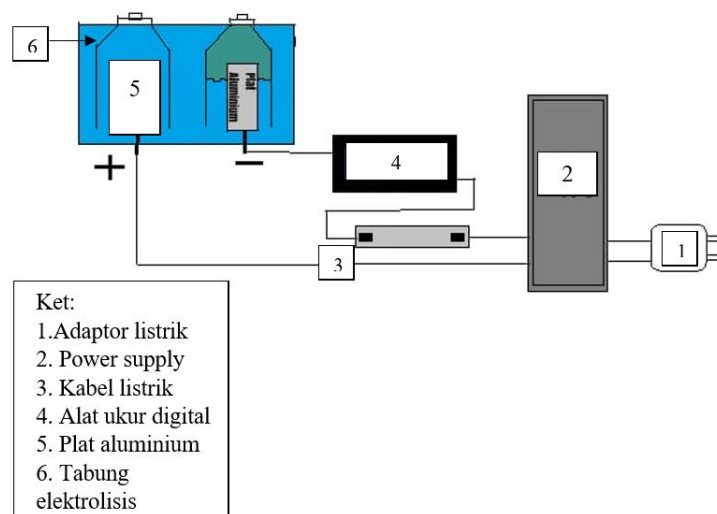
3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

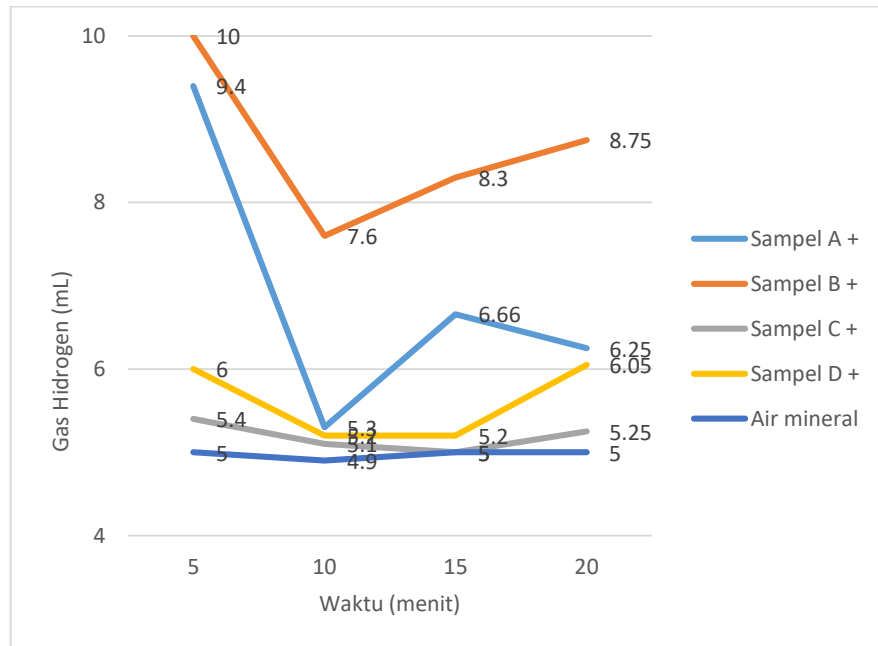
Adapun peralatan yang digunakan serta bahan pengujian diantaranya tabung elektrolisis, pH meter, air gambut sampel dari daerah A (Sungai Gambut pH 4,7), B (Rawa Gambut pH 3,2), C (Sungai Gambut pH 4,2), dan D (Rawa Gambut pH 3,8), baking soda (NaHCO_3), penggunaan plat aluminium sebagai katodik dan anodik, dan *stopwatch*,



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

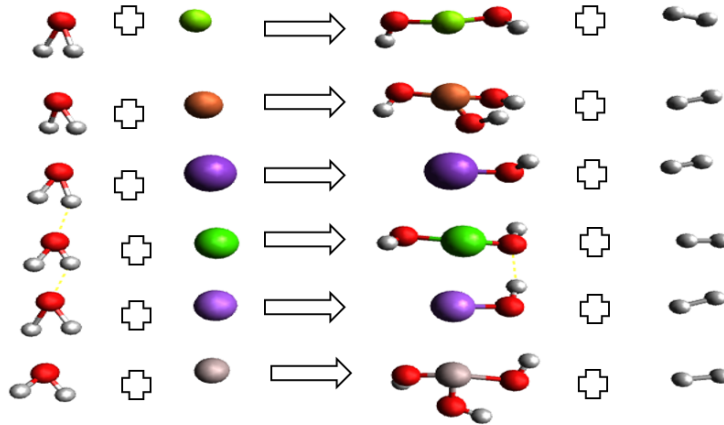
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Gas Hidrogen



Gambar 3. Produktivitas Gas Hidrogen

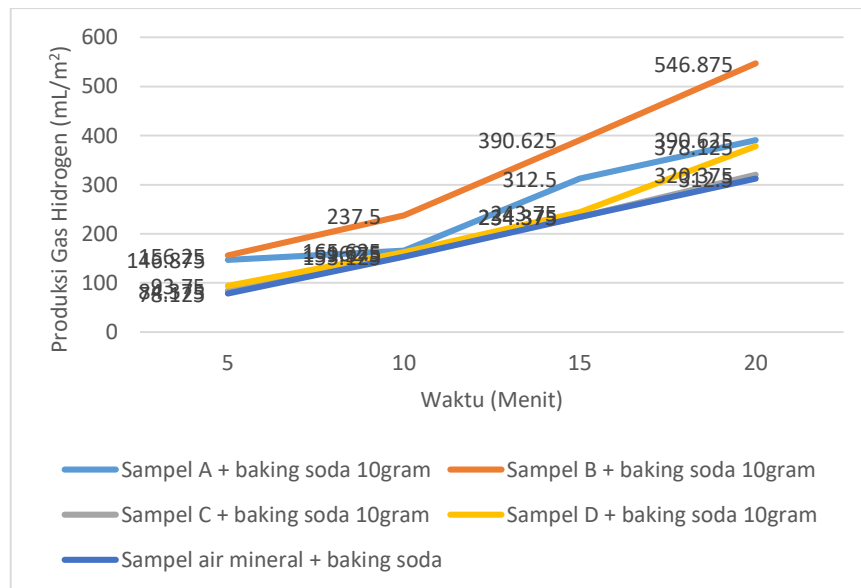
Proses elektrolisis terjadi pada larutan elektrolit yang dialiri arus listrik volt DC. Sel elektrolisis terdiri dari larutan yang memiliki karakteristik untuk berfungsi sebagai konduktor listrik biasa, di mana dua rangkaian elektroda berfungsi sebagai anoda (+) dan katoda (-). Aliran listrik dapat bekerja dengan cepat jika suatu elektrolit dilarutkan di dalam air. Elektrolit merupakan ion-ion bebas di dalam larutan air yang terdiri dari anion dan kation. Ion yang besad dalam larutan bertugas sebagai jembatan untuk menghantarkan aliran listrik dari anoda dan katoda, semakin banyak ion bebas yang dad pada larutan makan semakin kuat aliran listrik yang mengalir. Senyawa mineral seperti K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al dalam air gambut, berfungsi membantu untuk memecah ikatan H_2O , selain itu senyawa mineral juga bersifat sebagai penghantar arus listrik, dimana ketika ada tegangan listrik, senyawa mineral akan memiliki muatan ion positif (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan Al^{3+}) akan mendonorkan ion-ion positifnya. Ion positif tersebut akan bertugas untuk mengalirkan elektron dalam proses elektrolisis, sehingga dengan mudah untuk memutus ikatan H_2O [11].



Gambar 4. Reaksi Senyawa mineral dan H₂O

Gambar 4. Menunjukkan senyawa mineral ikut berperan dalam proses pemecahan ikatan H₂O menjadi prosuk dari hasil reaksi yaitu gas H₂. Pada Gambar 3 terlihat bahwa produksi gas hidrogen tertinggi adalah ada pada sample B dengan penambahan katalis. Jika dibandingkan dengan air mineral murni maka kecepatan produksinya adalah sebesar 75% lebih cepat dan jika dibandingkan dengan air gambut daerah yang lain seperti A, C dan D maka perbandingannya adalah lebih cepat 45%. Hal ini karena saat elektrolisa keadaan terlampaui basa, dan banyak ion anodik dan katodik yang terserap selama perubahan asam menjadi basa oleh adanya katalis soda kue, terutama di air gambut daerah B. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada sampel B merupakan elektrolit paling kuat dibandingkan dengan sampel yang lainnya, sehingga proses elektrolisis dapat dilakukan dengan mudah untuk menghasilkan gas hidrogen.

4.2 Produktivitas Gas Hidrogen perluasan penampang plat



Gambar 5. Produktivitas Gas Hidrogen Perluasan Plat

Dilihat dari luasan permukaan plat, kecepatan produksi berdasarkan waktu, tertinggi adalah pada sampel B. terlihat pada Gambar 4, awal produksi adalah kurang lebih sama, namun setelah di menit 20 akan meningkat dari 156,25 mL/m² menjadi 546,875 mL/m². Peningkatan terjadi sejak menit ke 10, sekitar 50% jika dibandingkan dengan air lainnya. Penambahan Katalis terjadi karena ketika soda kue (Natrium Bikarbonat atau NaHCO₃) ditambahkan ke Air Gambut pH Air Gambut meningkat karena soda kue bersifat basa dan dapat berpungsi sebagai zat pengikat atau pemberi ion ke dalam larutan [12].

4.3 Pengukuran pH air

Tabel 1. Hasil Pengujian pH

Pengujian pH	Sampel A +	Sampel B +	Sampel C +	Sampel D +	Air mineral
Air Gambut murni	4,7	3,2	4,2	3,8	6,9
Air Gambut + Katalis	7,8	8,4	8,7	8,3	7,6
Saat elektrolisis	12,3	12,6	12,1	11,3	12,2

Berdasarkan pada Tabel 1, terlihat tingkat keasaman Air Gambut murni dan campuran, mengalami perubahan dikarenakan soda kue bersifat basa dan dapat berfungsi sebagai zat pemberi ion hidroksida kedalam larutan Katalis dapat meningkatkan efisiensi proses elektrolisis Air Gambut dengan meningkatkan konduktivitas larutan dan mempercepat reaksi elektrokimia.

Elektrolisis merupakan fenomena penguraian suatu larutan elektrolit yang diberi tegangan DC. Sel elektrolitik terdiri dari larutan yang berfungsi sebagai penghantar listrik yang biasa disebut elektrolit, dan dua susunan elektroda yang berfungsi sebagai anoda (+) dan katoda (-). Ketika elektrolit dilarutkan dalam air, arus mengalir lebih cepat. Sifat elektrolit ini bertindak sebagai ion negatif (anion), ion positif (kation), dan Kation menuju katoda untuk menetralkan ion OH negatif, dan anion menuju anoda untuk menetralkan ion H positif. Itu berarti lebih banyak arus yang mengalir. Jumlah ion yang bergerak bebas dalam elektrolit menjadi H dan OH sesuai urutan kata H₂O, dan kemudian dihasilkan listrik dalam jumlah besar [13][14]. Pengaruh baking soda sebagai larutan elektrolit pada proses elektrolisis, dan katalis, serta dapat menyebabkan terurainya H₂O menjadi H₂, dan O₂. Soda kue menciptakan medan magnet yang dapat beresonansi dan melemahkan ikatan H₂O. Namun, baking soda bertindak sebagai katalis dan mempercepat reaksi, namun tidak mengubah struktur. Sebaliknya senyawa mineral seperti Mg, K, Ca, Na, Al, dan Fe mampu bereaksi dengan H₂O dan mampu memutuskan ikatan H₂O. Senyawa mineral ini juga dapat menjadi konduktor listrik, dan dengan adanya pemberian tegangan, mampu membuka ikatan muatan positif (K, Ca, Na, Mg, Al, Fe). Kation-kation ini bertanggung jawab untuk mentransfer elektron dalam proses dekomposisi yang tepat. Artinya ikatan H₂O mudah diputus [9][15][16].

Perubahan dalam daya dan arus selama elektrolisis Air Gambut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah:

1. Konduktivitas Air Gambut: Air Gambut memiliki konduktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan air biasa. Konduktivitas yang rendah dapat menyebabkan resistansi yang lebih tinggi dalam sistem elektrolisis, yang pada gilirannya dapat mengurangi daya dan arus yang dihasilkan. Selama proses elektrolisis, konduktivitas Air Gambut dapat berubah karena adanya perubahan konsentrasi elektrolit atau bahan-bahan larut lainnya yang ada dalam Air Gambut.
2. Variabilitas komposisi Air Gambut: Air Gambut dapat bervariasi dalam komposisi kimianya tergantung pada lokasi dan kondisi lingkungan di mana gambut tersebut terbentuk. Komposisi Air Gambut yang berbeda dapat mempengaruhi daya dan arus yang dihasilkan selama elektrolisis. Kandungan zat-zat organik, mineral, atau senyawa kimia lainnya dalam Air Gambut dapat mempengaruhi konduktivitas dan efisiensi elektrolisis.
3. Interaksi antara Katalis dan Air Gambut: Ketika Katalis ditambahkan ke dalam Air Gambut untuk meningkatkan efisiensi elektrolisis, interaksi antara Katalis dan komponen Air Gambut dapat mempengaruhi daya dan arus yang dihasilkan. Interaksi ini dapat bergantung pada sifat-sifat Katalis dan komponen-komponen Air Gambut, dan dapat menghasilkan variasi dalam efisiensi elektrolisis dari waktu ke waktu.
4. Perubahan pH: Selama elektrolisis, reaksi redoks yang terjadi di elektroda dapat menghasilkan ion Hidrogen (H⁺) dan ion hidroksida (OH⁻) yang dapat mempengaruhi pH larutan elektrolit. Perubahan pH dapat mempengaruhi konduktivitas larutan dan kecepatan reaksi elektrolisis, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan perubahan dalam daya dan arus yang dihasilkan.
5. Faktor-faktor eksperimental lainnya: Terdapat faktor-faktor eksperimental lainnya yang dapat mempengaruhi perubahan daya dan arus selama elektrolisis Air Gambut, seperti suhu

lingkungan, waktu reaksi, keausan elektroda, dan lain sebagainya. Perubahan dalam faktor-faktor ini dapat menghasilkan variasi dalam daya dan arus yang diamati selama elektrolisis [2] [10].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dengan metode elektrolisis dapat disimpulkan bahwa Pengaruh penggunaan Katalis Dalam pembuatan Gas Hidrogen dengan metode elektrolisis Air Gambut adalah mempercepat transfer massa dan mengurangi potensial elektrokimia yang diperlukan untuk memulai reaksi elektrolisis, sehingga meningkatkan efisiensi konversi air menjadi Hidrogen dan Oksigen, serta perubahan nilai pH pada penambahan Katalis dalam proses elektrolisis mengalami kenaikan. Efektivitas kinerja adalah ada pada sampel daerah B, dengan pH awal sangat asam kemudian menjadi sangat basa saat penambahan katalis dan proses elektrolisis, dengan kenaikan kecepatan produksi 75% dibandingkan dengan air murni mineral dan peningkatan 45% jika dibandingkan dengan sampel daerah A, C, dan D. Penggunaan soda kue (Natrium Bikarbonat atau NaHCO_3) ditambahkan ke Air Gambut pH Air Gambut meningkat saat proses elektrolisis, dikarenakan soda kue bersifat basa dan dapat berfungsi sebagai zat pengikat atau pemberi ion ke dalam larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. H. Firdaus and S. Sudarti, "Analisis Potensi Hidrogen Air Laut di Banyuwangi Melalui Proses Elektrolisis Sebagai Energi Terbarukan," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 173–178, Jun. 2022, doi: 10.14710/JEBT.2022.14286.
- [2] A. B. Vethamony and V. Thangavel, "Experiments on the effect of temperature on HHO production by Alkaline water electrolysis," *Mater. Today Proc.*, Apr. 2023, doi: 10.1016/J.MATPR.2023.03.771.
- [3] Y. Setiawan, F. Salam, and N. Diterima, "GAS HIDROGEN PADA PROSES ELEKTROLISIS TERHADAP EMISI DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, pp. 10–13, Mar. 2018, doi: 10.36055/FWL.V1I1.3351.
- [4] U. Brawijaya, J. T. Mesin, and D. Widhiyanuriyawan, "Peran Senyawa Asam Fulvat dari Air Gambut terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dengan Metode Elektrolisis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 613–620, Dec. 2021, doi: 10.21776/UB.JRM.2021.012.03.11.
- [5] D. Suherman and N. Sumawijaya, "MENGHILANGKAN WARNA DAN ZAT ORGANIK AIR GAMBUT DENGAN METODE KOAGULASI-FLOKULASI SUASANA BASA," *Ris. Geol. dan Pertamb. - Geol. Min. Res.*, vol. 23, no. 2, pp. 125–137, Nov. 2013, doi: 10.14203/RISETGEOTAM2013.V23.75.
- [6] S. Isana, "Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel," 2010, [Online]. Available: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/131808339/penelitian/perilaku-sel-elektrolisis-air-dengan-elektroda-stainless-stell.pdf>.
- [7] "PP No. 82 Tahun 2001." <https://peraturan.bpk.go.id/Details/53103/pp-no-82-tahun-2001> (accessed Jan. 19, 2024).
- [8] "Kemenkes – Permenkes No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum - Stunting." <https://stunting.go.id/kemenkes-permenkes-no-492-tahun-2010-tentang-persyaratan-kualitas-air-minum/> (accessed Jan. 19, 2024).
- [9] R. Hengki, A. Penggunaan Variasi Katalis NaOH, dan KOH Terhadap Laju Aliran Gas, J. Primanita Diningrum, and R. Hengki Rahmanto, "ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI KATALIS NaOH, NaCl, DAN KOH TERHADAP LAJU ALIRAN GAS HHO," *J. Ilm. Tek. MESIN*, vol. 7, no. 2, pp. 64–71, Jan. 2019, doi: 10.33558/JITM.V7I2.1916.
- [10] D. Pradigdo, S. Soeparman, and A. Widodo, "Pengaruh Dimensi terhadap Volume Gas HHO dan Daya Listrik pada Proses Elektrolisis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 93–98, Aug. 2018, doi: 10.21776/UB.JRM.2018.009.02.4.
- [11] I. Musthofa, I.N.G. Wardana, D. Widhiyanuriyawan, "Peran Senyawa Asam Fulvat dari Air Gambut terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dengan Metode Elektrolisis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 613–620, Dec. 2021, doi: 10.21776/UB.JRM.2021.012.03.11.
- [12] R. Saputra, "Pengaruh Katalis Koh Terhadap Produksi Hho Hasil Elektrolisis Menggunakan Generator Wet Cell," Aug. 2021, Accessed: Jan. 18, 2024. [Online]. Available: <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/3565>.

- [13] H. V. de Fretes, S. Soeparman, and D. Widhiyanuriyawan, "Pengaruh Variasi Diameter Lubang dan Bentuk Profil Elektroda serta Jumlah Pelat Netral terhadap Produksi Brown Gas," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 155–163, Aug. 2019, doi: 10.21776/UB.JRM.2019.010.02.7.
- [14] R. FIRDAUS and E. Ellyanic, "PENAMBAHAN GAS HHO DENGAN KATALIS NaOH DAN KOH PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX TERHADAP PERFORMANSI SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH," Jun. 2023.
- [15] D. Pradigdo, "Pengaruh Luasan Elektroda Stainless steel terhadap produksi Gas HHO pada prosesElektrolisis," Jul. 2018.
- [16] E. Wiberg, N. Wiberg, and A. Holleman, "The Manganese Group," *Inorg. Chem.*, pp. 1405–1415, 2001.