

PERAN SENYAWA ASAM FULVAT DARI AIR GAMBUT TERHADAP PRODUKTIVITAS GAS HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS

Imron Musthofa

Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
imron.musthofa26@gmail.com

I Nyoman Gede Wardana

Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
wardana@ub.ac.id

Denny Widhiyanuriyawan

Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
denny_w@ub.ac.id

Wetlands water is water formed from the breakdown of organic substances found in peatlands. In general, wetlands water has acidic properties ($pH < 7$), besides that the constituent compounds are humic substances, which consist of humic acid, fulvic acid and humin. Of the three acids that can react with air, namely fulvic acid, because this acid can react with all conditions, whether acidic, neutral or alkaline. Meanwhile, humic acid can only react with air in alkaline conditions. So, this research discusses the role of fulvic acid in H_2O bonds to produce hydrogen by electrolysis. In the structure of fulvic acid which has an aromatic ring, where the aromatic ring can produce a magnetic field, so that the aromatic ring on the fulvic acid can resonate. The resonance reaction of deep fulvic acid can induce and weaken the H_2O bond by attracting oxygen atoms in the H_2O bond, because atoms have paramagnetic properties where these atoms can be weakly attracted by magnets, so that the H_2O bonds become weak and can be easily reduced to hydrogen gas. fulvic acid, there are several other compounds contained in peat water and also help in the attenuation of H_2O , namely K, Ca, Na, Fe, Mg, and Al compounds, where these compounds can react with H_2O and produce H_2 . From the results of research conducted, the volume of hydrogen gas produced was 62.7 mL with a power consumption of 7.7-6.0 watts and the resulting current reached 0.64-0.5 amperes for 11 minutes of electrolysis time.

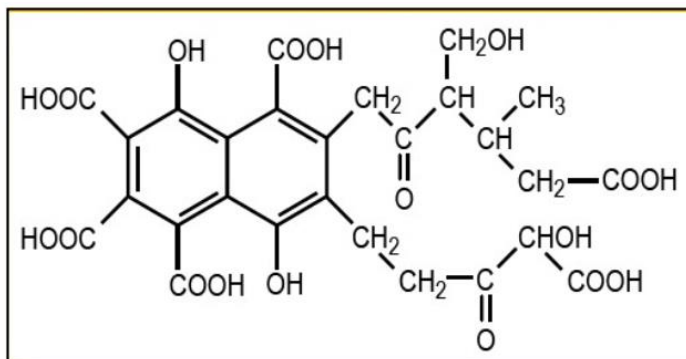
Keywords: *Electrolysis, Fulvic Acid, Hidrogen, Wetlands Water*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan energi fosil masih tinggi, namun ketersediaan minyak bumi di Indonesia tingkat produksinya mengalami penurunan. Sejak Indonesia merdeka, tingkat tertinggi produksi bahan bakar minyak sebanyak dua kali yakni tahun 1977 dan 1995, pada masa itu produksi bahan bakar minyak mencapai 1,68 dan 1,62 juta bpd. Setelah tahun 1995, tingkat produksi bahan bakar minyak di Indonesia mengalami penurunan berdasarkan natural decline rate sebesar kurang lebih 12% per tahun. Namun pada tahun 2004 tingkat penurunan produksi bahan bakar minyak bisa di tahan dengan decline rate sebesar 3% per tahun [1]. Kemudian pada tahun 2009 sampai tahun 2018 mengalami penurunan dari 346 juta barel menjadi 283 juta barel di tahun 2018 [2]. Oleh sebab itu, untuk terus menjaga ketersediaan cadangan energi khususnya di Indonesia, maka pada penelitian ini akan dilakukan pemecahan masalah mengenai kelangkaan energi fosil dengan menyediakan energi tambahan yaitu energi baru dan terbarukan. Pada penelitian ini, topik yang akan angkat yaitu pemanfaatan senyawa air gambut menjadi gas hidrogen dengan metode elektrolisis air.

Saat ini luas lahan gambut yang berada di Kalimantan mencapai 5,769,246 Ha dan khususnya di wilayah Kalimantan Selatan luasnya mencapai 331,629 Ha [3], dan saat ini masih belum dimanfaatkan untuk menjadi energi alternatif. Bahan organik pada air gambut mempunyai bermacam-macam zat organik diantaranya dapat terlarut dalam air [4]. Asam Fulvat adalah bagian dari fraksi zat humik dimana asam ini

dapat larut dalam semua air kondisi pH. Asam fulvat mempunyai kemampuan dapat bereaksi dengan air dimana asam tersebut masih tetap dapat larut dalam air walaupun zat humik telah dihilangkan [5]. Adapun struktur asam fulvat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur Model Asam Fulvat Berdasarkan Buffle (1977) [6]

Pada senyawa asam fulvat terdapat struktur yang mempunyai model senyawa aromatik [7], dimana cincin aromatik tersebut dapat menginduksi ikatan H₂O, karena cincin aromatik yang terdapat pada asam fulvat mempunyai medan magnet [7,8]. Medan magnet yang terdapat pada cincin aromatik tersebut dapat menginduksi dan melemahkan kestabilan yang terdapat pada ikatan hidrogen senyawa H₂O. Dimana peran medan magnet dalam proses pelemahan ikatan H₂O dengan cara menarik atom oksigen (O) yang terdapat dalam ikatan H₂O, karena dalam struktur orbital molekul atom O memiliki sifat paramagnetik karena pada struktur orbitalnya mempunyai dua elektron yang tidak berpasangan [10], oleh karena itu atom O dapat ditarik lemah oleh medan magnet. Pada penelitian ini, media untuk menghasilkan gas hidrogen yaitu dengan cara proses elektrolisis. Elektrolisis adalah proses di mana energi listrik digunakan menyebabkan reaksi kimia yang tidak langsung terjadi [11], dimana terdapat katoda dan anoda yang dapat mereduksi gas hidrogen dan mengoksidasi gas oksigen yang telah di aliri arus listrik DC.

Adapun penelitian yang telah dilakukan untuk menghasilkan gas hidrogen dengan metode elektrolisis diantaranya dilakukan oleh Wahyono (2016), meneliti tentang produksi gas hidrogen tipe wet cell variasi luas penampang elektroda I menghasilkan produksi gas tertinggi mencapai 95,8 mL dengan konsentrasi KOH 0.41 M, sedangkan luas penampang elektroda II menghasilkan gas hidrogen sebesar 82.6 mL dengan konsentersasi KOH 0.468 M [12]. Pradigdo (2018), meneliti tentang produksi gas hidrogen dengan variasi dimensi profil elektroda, menghasilkan gas hidrogen tertinggi sebesar 20 mL dengan luas penampang elektroda 14.360,8 mm² dan daya yang dipakai sebesar 6,192 watt selama 15 menit [13]. Fretes (2019), meneliti tentang produksi gas hidrogen dengan variasi profil diameter lubang pada elektroda dan jumlah plat netral menghasilkan gas hidrogen maksimal sebesar 0.02871 L/s menggunakan variasi diameter lubang elektroda 10 mm dan dan 8 plat silang [14]. Purnami (2020), melakukan penelitian tentang produks gas hidrogen dengan elektrolit NaCl dengan penambahan variasi AACG (Algal Activated Carbon Graphene) dan Magnet, menghasilkan produksi gas hidrogen tertinggi mencapai 22.5 mL selama 10 menit waktu elektrolisis [15].

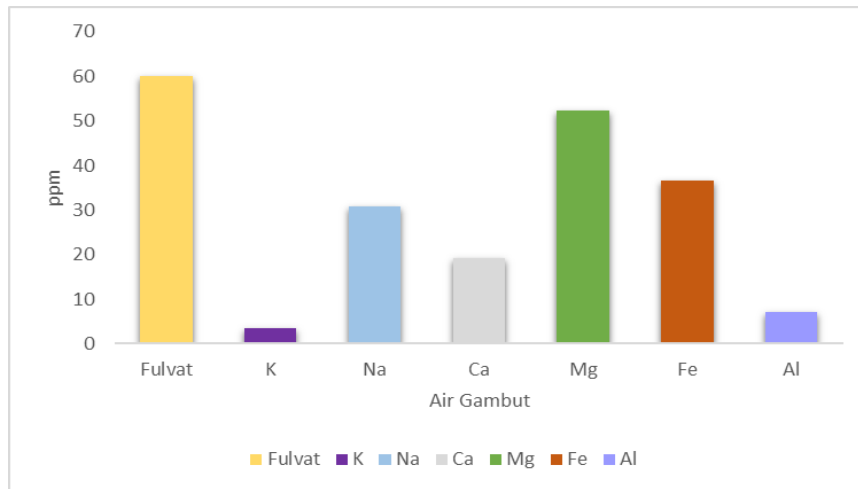
2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental guna mendapatkan hasil gas hidrogen dari elektrolisis air gambut. Dimana pada reaktor elektrolisis yang digunakan memiliki volume air gambut sebanyak 900 mL, dengan elektroda menggunakan bahan tembaga (Cu) dengan besar luas penampang 0.01884 m². Adapun tenaga listrik yang digunakan sebesar 12 Volt DC dan waktu dalam proses elektrolisis selama 11 menit.

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah pengujian air gambut dan aquades (H₂O) yang berperan sebagai elektrolit untuk proses elektrolisis, adapun air gambut yang digunakan sebagai elektrolit sebelumnya sudah di uji komposisinya sehingga elektrolit yang akan di teliti dapat memberikan data yang akurat. Berikut hasil pengujian komposisi yang telah dilakukan pada elektrolit air gambut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Komposisi Air Gambut Dalam Satuan ppm.

Fulvat	K	Na	Ca	Mg	Fe	Al
60	3.59	30.9	19.3	52.31	36.86	7.06

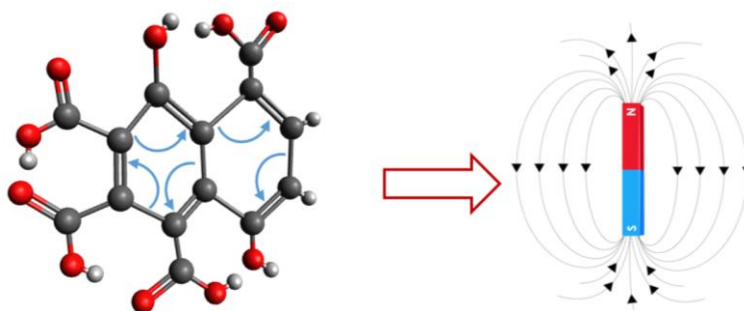


Gambar 2. Grafik Komposisi Air Gambut

Pada grafik yang disajikan pada Gambar 2, terlihat komposisi asam fulvat lebih banyak dibandingkan dengan komposisi senyawa lainnya yaitu sebesar 60 ppm, dengan demikian asam fulvat sangat berperan dalam proses pelemahan ikatan hidrogen pada H_2O pada air gambut untuk menghasilkan gas hidrogen dengan metode elektrolisis. Adapun senyawa lain yang turut membantu dalam proses menghasilkan gas hidrogen yaitu senyawa K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al. Senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan produk H_2 , dengan kata lain senyawa-senyawa tersebut dapat membantu untuk memaksimalkan produktivitas gas hidrogen.

2.1 Proses Pelemahan Ikatan Hidrogen

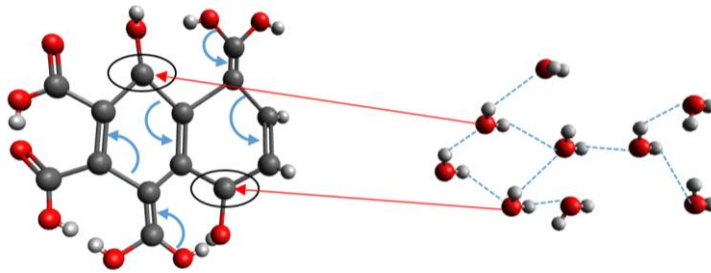
Mekanisme yang dilakukan asam fulvat pada air gambut yaitu pada bagian senyawa aromatic. Aromatik adalah ikatan heksagonal yang memiliki ikatan rangkap pada ikatan C tersusun secara berselang-seling atau berkonjugasi, yang artinya ikatan rangkap pada aromatic tersebut dapat berpindah-pindah, sehingga membentuk siklik yang disebabkan oleh pergerakan electron pada senyawa tersebut. Dari pergerakan electron yang dapat berpindah-pindah posisi pada ikatan rangkap senyawa aromatic, maka senyawa aromatic ini dapat beresonansi, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Resonansi dan Ilustrasi Gaya Magnet Pada Aromatik Asam Fulvat

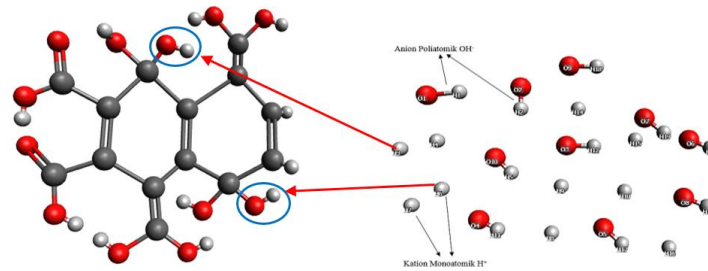
Untuk menjaga kestabilan akibat beresonansi, senyawa ini mudah untuk melakukan substitusi. Dimana setiap ikatan H yang lepas pada senyawa ini akan digantikan dengan gugus yang baru untuk menjaga kestabilan pada atom C. Pada senyawa asam fulvat ini memiliki gugus karboksil, yang mana gugus karboksil ($COOH$) dapat membantu dalam proses resonansi pada senyawa aromatic. Karena saat resonansi berlangsung, ikatan rangkap pada gugus karboksil ($COOH$) dapat berpindah tempat mendekati atom C senyawa aromatic,

sehingga ikatan rangkap pada senyawa aromatic juga berpindah tempat dapat dilihat pada Gambar 4.



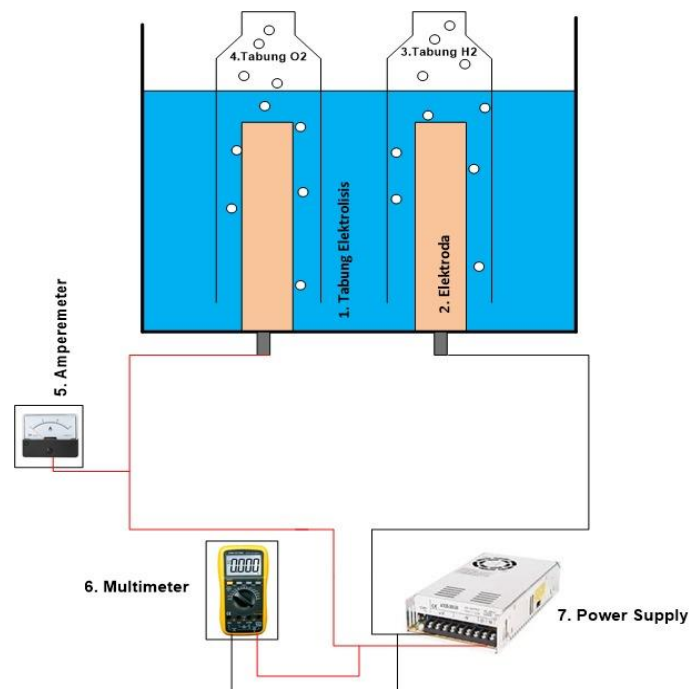
Gambar 4: Proses Terjadinya Substitusi Elektrofilik Pada Senyawa Aromatik

Secara bersamaan saat proses resonansi tersebut, ikatan rangkap yang dekat dengan gugus hidroksil (OH^-) menjauh, sehingga pada atom pusat C yang mempunyai muatan parsial positif (+) tidak stabil karena memiliki satu electron bebas dan cenderung akan mencari pasangan. Pada saat atom C kehilangan pasangan elektronnya, atom O pada senyawa ikatan kovalen air (H_2O) dapat berpindah untuk berikatan dengan atom C pada senyawa aromatic tersebut, dengan demikian atom C pada senyawa aromatic dapat mencapai kestabilan [16] kembali karena elektronnya sudah berpasangan. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Proses Setelah Terjadinya Substitusi Elektrofilik Pada Senyawa Aromatik

2.2 Instalasi Alat Penelitian



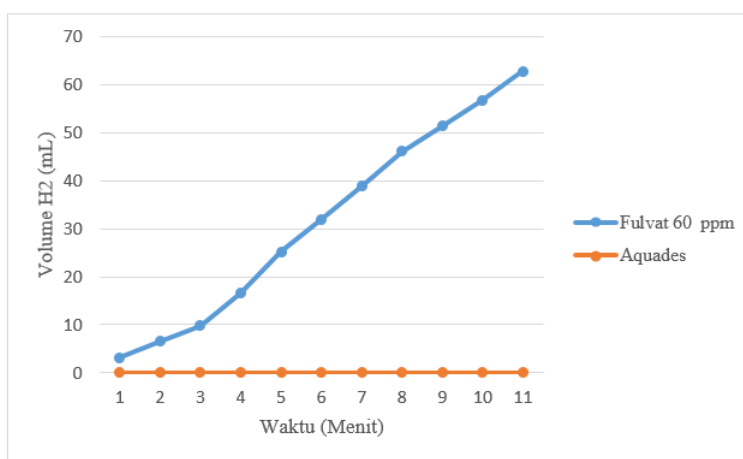
Gambar 6: Instalasi Alat Penelitian

Sebelum melakukan penelitian sampel air gambut diendapkan dan di saring terlebih dahulu. Proses ini dilakukan bertujuan untuk menjernihkan air agar produktivitas gas hidrogen menjadi maksimal. Setelah melakukan penjernihan air gambut, generator HHO di aliri arus listrik yang berasal dari power supply 12 Volt di alirkan ke elektroda katoda (-) dan anoda (+) melalui kabel jumper. Dari elektroda yang telah di aliri arus listrik terjadi proses elektrolisis yang pada air gambut pada tabung reaktor HHO. Dari proses elektrolisis air gambut akan di peroleh gas Hidrogen pada katoda dan gas oksigen pada anoda. Setelah di peroleh gas hasil elektrolisis. Gas tersebut menekan air yang berada di dalam tabung gas dan setiap tekanan tersebut level air akan berkurang. Berkurangnya air tersebut dapat diukur dengan satuan mililiter (ml). Jadi seberapa besar tekanan gas tersebut dapat diukur volume gas hidrogennya. Selain mengukur volume gas hidrogen, pada penelitian ini juga mengukur konsumsi daya yang dipakai saat proses elektrolisis berlangsung dan mengukur besar arus yang mengalir pada proses produksi gas hidrogen berlangsung.

3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan dengan uji eksperimental untuk menghasilkan gas hidrogen menggunakan metode elektrolisis. Pada penelitian ini, media elektrolit menggunakan air gambut dengan perbandingan pengujian menggunakan aquades. Hasil penelitian yang telah didapatkan disajikan pada Tabel 2.

3.1 Produktivitas Gas Hidrogen

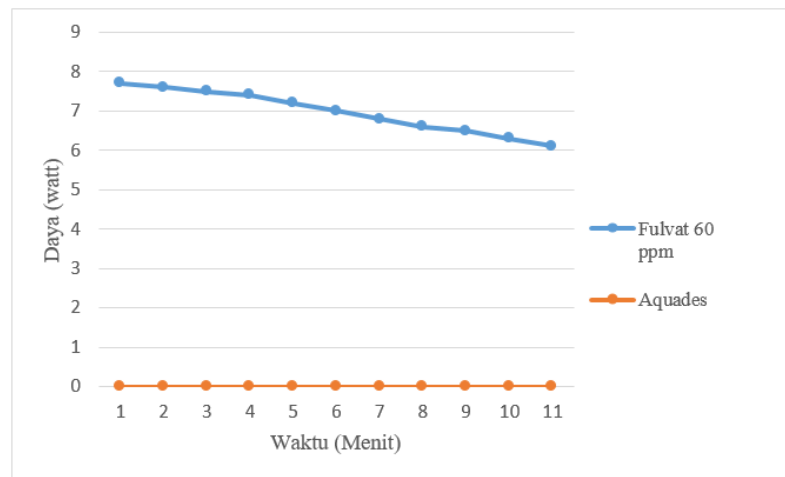


Gambar 7: Grafik Perbandingan Produksi Gas Hidrogen Terhadap Waktu

Sel elektrolisis terdiri dari larutan yang dapat menghantarkan listrik yang disebut elektrolit, dengan dua elektroda yang berperan sebagai anoda (+) dan katoda (-). Jika suatu elektrolit dilarutkan dalam air maka daya hantar air akan naik dengan cepat. Elektrolit akan terurai menjadi kation dan anion. Anion akan bergerak ke arah anoda dan menetralkan muatan positif H^+ sedangkan kation akan bergerak ke arah katoda dan menetralkan muatan negatif OH^- . Hal ini menyebabkan arus listrik dapat mengalir lebih kuat. Banyaknya ion yang bergerak bebas pada elektrolit di karenakan terurainya ikatan H_2O menjadi H^+ dan OH^- yang di ikuti dengan besar daya yang dihasilkan. Adapun senyawa yang mempengaruhi penguraian H_2O yaitu asam fulvat yang menimbulkan medan magnet dan dapat beresonansi melemahkan ikatan H_2O , selain itu senyawa pendukung lainnya seperti K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al yang turut membantu melemahkan ikatan H_2O , membuat daya yang dihasilkan semakin besar.

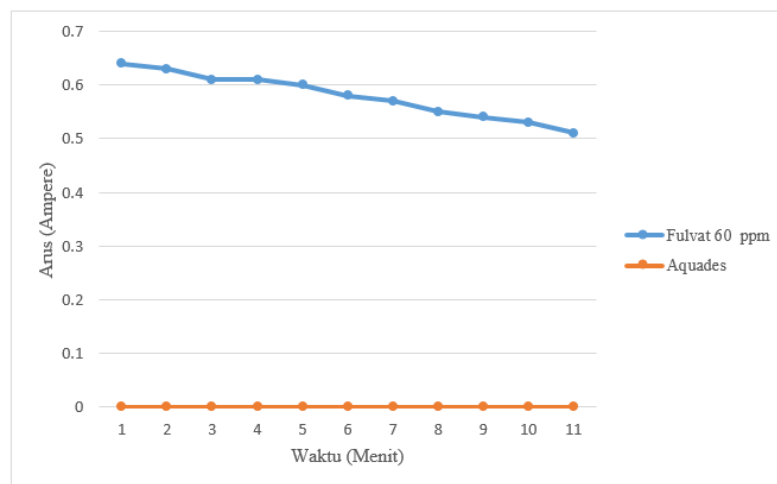
Gambar 7 menunjukkan hubungan antara volume gas dan waktu proses produksi gas hidrogen air gambut, terlihat bahwa laju produksi gas hidrogen yang tertinggi yaitu variasi fulvat 60 ppm dengan volume gas 62.7 ml dalam waktu produksi 11 menit. Hal tersebut pada variasi fulvat 60 ppm memiliki kadar asam fulvat yang lebih banyak sehingga oksigen yang berikatan pada H_2O semakin melemah dan mudah untuk terlepas dengan H_2 , ini karena di pengaruhi kuat medan mangnet yang terdapat pada cincin aromatic yang mampu beresonansi dengan melemahkan ikatan H_2O , selain itu senyawa lain yang mendukung dalam melemahkan ikatan H_2O yang terdapat pada air gambut adalah senyawa K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al, dengan nilai kadar masing-masing 3.59 ppm, 30.9 ppm, 19.3 ppm, 52.31 ppm, 36.86 ppm, dan 7.06 ppm, nilai pada konsentrasi ini adalah nilai yang tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi lain, sehingga menambah semakin banyak produk reaksi H_2 yang di hasilkan dengan senyawa-senyawa tersebut dan dapat memproduksi gas dengan nilai tertinggi, dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan H_2O dan menghasilkan produk H_2 .

3.2 Konsumsi Daya dan Arus



Gambar 8: Grafik Perbandingan Konsumsi Daya Terhadap Waktu

Menurut Michael Faraday elektrolit merupakan suatu zat yang dapat menghantarkan listrik jika berada dalam bentuk larutan. Larutan elektrolit dalam air terurai kedalam partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif yang disebut ion (ion positif dan ion negatif) Jumlah muatan ion positif akan sama dengan jumlah muatan ion negatif, sehingga muatan ion dalam larutan netral [17]. Ion ion inilah yang bertugas menghantarkan arus listrik. Anion dan kation inilah yang akan menghantarkan arus listrik dalam air. Namun dengan berlangsungnya lama waktu elektrolisis, besar daya semakin menurun, hal ini terjadi karena banyaknya senyawa yang terurai mengakibatkan larutan semakin pekat dan dapat menghambat aliran listrik yang di hantarkan, sehingga di ikuti dengan menurunnya daya pada proses elektrolisis. Pada grafik hubungan terhadap daya dan waktu elektrolisis, dapat dilihat konsumsi daya tertinggi terjadi pada konsentrasi fulvat 60 ppm dengan daya produksi sebesar 7.7 watt dengan penurunan menjadi 6 watt selama 11 menit proses elektrolisis. Penurunan daya yang terjadi selama proses elektrolisis disebabkan karena terlalu banyaknya senyawa pada elektrolit yang terurai didalam air mengakibatkan larutan semakin pekat dan dapat menghambat aliran listrik yang di hantarkan. Sedangkan pada variable aquades menghasilkan daya 0 watt, hal tersebut disebabkan tidak adanya elektrolit bebas yang terkandung pada air aquades.



Gambar 9: Grafik Perbandingan Konsumsi Daya Terhadap Waktu

Semakin banyaknya ion-ion yaitu kation H^+ dan anion OH^- yang bertugas sebagai penghantar arus listrik, maka semakin tinggi pula dengan daya yang dihasilkan. Hal itu juga berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada proses tersebut. Tetapi hal yang sama juga terjadi ketika larutan berubah menjadi lebih pekat akan menghambat arus listrik yang mengalir, dengan ditandai penurunan arus listrik selama

proses elektrolisis berlangsung. Pada gambar grafik di atas menunjukkan besar arus listrik yang mengalir pada saat proses elektrolisis, dimana arus terbesar yang mengalir pada proses tersebut pada variasi fulvat 60 ppm dengan arus sebesar 0.64 Ampere dengan penurunan 0.5 Ampere. Karena pada konsentrasi ini banyaknya jumlah elektrolis sebagai pembawa muatan listrik paling banyak dibandingkan dengan variasi lainnya.

4. KESIMPULAN

Asam fulvat dapat melemahkan ikatan H₂O pada air gambut, sehingga gas hidrogen dapat diproduksi dengan cepat. Senyawa lain yang terkandung dalam air air gambut seperti K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al yang bereaksi dengan H₂O dan membantu dalam proses pelemahan H₂O, sehingga semakin banyak produk reaksi H₂ yang di hasilkan dengan meningkatnya volume gas hidrogen. Dengan berlangsungnya lama waktu elektrolisis, besar daya dan arus semakin menurun, hal ini terjadi karena banyaknya senyawa yang terurai mengakibatkan larutan semakin pekat dan dapat menghambat aliran listrik yang di hantarkan, sehingga di ikuti dengan menurunnya daya arus pada proses elektrolisis. Dari data yang di dapat produksi gas hidrogen tertinggi mencapai 62.7 mL, konsumsi daya yang di pakai sebesar 7.7 – 6.0 watt dan arus yang mengalir sebesar 0.64-0.5 Ampere selama 11 menit waktu elektrolisis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] RUEN, “The Ministry of Energy and Mineral Resources of Republic Indonesia, Rencana strategis 2015-2019,” p. 74, 2015.
- [2] E. INDONESIA, “Outlook Energy Indonesia 2019,” 2019.
- [3] S. R. WAHYUNTO and H. SUBAGJO, “Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan 2000-2002 (Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan 2000-2002),” *Wetl. Int. - Indones. Program. Wildl. Habitat Canada*, no. Laporan ini dWetlands International – Indonesia Programme Jalan A.Yani No.53 Bogor P.O.Box 254/Boo 16002 Jawa Barat, pp. 1–52, 2004.
- [4] G. DOTRO, G. LANGERGRABER, G. MOLLE, P. NIVALA, J. PUIGAGUT, J. STEIN, O. V. SPERLING, MARCOS, *Treatment Wetlands*, vol. 16. 2017.
- [5] G. ALMENDROS, “Humic substances,” *Encycl. Earth Sci. Ser.*, pp. 315–323, 2008, doi: 10.1007/978-1-4020-3995-9_273.
- [6] J. BUFFLE, F. L. GRETER, and W. HAERDI, “Measurement of Complexation Properties of Humic and Fulvic Acids in Natural Waters with Lead and Copper Ion-Selective Electrodes,” *Anal. Chem.*, vol. 49, no. 2, pp. 216–222, 1977, doi: 10.1021/ac50010a012.
- [7] E. M. PEÑA-MÉNDEZ, J. HAVEL, and J. PATOČKA, “Humic substance - Compounds of still unknown structure: Applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine,” *J. Appl. Biomed.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–24, 2005, doi: 10.32725/jab.2005.002.
- [8] T. JANDA and C. FOROUTAN-NEJAD, “Why is Benzene Unique? Screening Magnetic Properties of C₆H₆ Isomers,” *ChemPhysChem*, vol. 19, no. 18, pp. 2357–2363, 2018, doi: 10.1002/cphc.201800364.
- [9] “Aromatic ring current,” <http://id.wikipedia.org>, pp. 5–8, 2014. di akses pada tanggal 27 Maret 2021
- [10] R. F. De Farias, “Proving the paramagnetism of oxygen by molecular modelling,” *African J. Chem. Educ.*, vol. 8, no. 2, pp. 2–6, 2018.
- [11] R. CHANG and J. OVERBY, “*General Chemistry- The essential concepts*,” *McGraw-Hill*, vol. 6, no. 5, pp. 1689–1699, 2012.
- [12] WAHYONO and R. ANIS, “Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan Oksigen Tipe,” *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 1, 2016.
- [13] 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, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.02.4.
- [14] H. V. D. 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. 2, no. March. 2019.
- [15] PURNAMI, N. HAMIDI, M. N. SASONGKO, D. WIDHIYANURIYAWAN, and I. N. G.

WARDANA, “Strengthening external magnetic fields with activated carbon graphene for increasing hydrogen production in water electrolysis,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 38, pp. 19370–19380, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.05.148.

- [16] S. K. MURTHY and S. S. NATHAN, “Benzene and Its Derivatives,” *Org. Chem.*, pp. 181–211, 1981, doi: 10.1016/b978-0-434-98489-3.50016-9.
- [17] M. FARADAY, *Faraday’s Diary of Experimental Investigation, 1820-1862, Vol. IV*. 2008.