

PENAMBAHAN KATALIS BIO KARBON AKTIF UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI HDROGEN PADA ELEKTROLISIS AIR

Purnami

Dosen Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
purnami.ftub@ub.ac.id

Redi Bintarto

Dosen Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
redibintarto@ub.ac.id

Willy Satrio Nugroho

Mahasiswa S3 Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
willy13101307@gmail.com

Air electrolysis is the decomposition of air compounds (H₂O) into Oxygen and Hydrogen using an electric current. Currently, the efficiency of conventional electrolysis is about 50%. The use of catalysts is part of an effort to increase Hydrogen production. In this paper, 50 ppm and 100 ppm of Bio Activated Carbon of Sugarcane Leaves (BKADT) have been added as catalysts to increase Hydrogen production. FTIR testing has shown that BKADT has an aromatic ring functional group that has a magnetic field. By using ImageJ software, it has been proven that the BKADT surface has an electric charge which is dominated by a positive charge. The magnetic field plays a role in Hydrogen, where the electric charge plays a role in increasing its dissolution so that it becomes a good conductor. As a result, a large increase in BKADT increases Hydrogen production. The greatest hydrogen production of 14.5 ml for 10 minutes was obtained at the addition BKADT of 100 ppm.

Keywords: Hydrogen production, Water elctrolysis, Bio Activated Carbon of Sugarcane Leaves

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi hingga tahun 2050 terus meningkat seiring dengan deplesi cadangan fosil yang diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 9 tahun kedepan [1]. Selain masalah ketersediaan, bahan bakar fosil juga menghasilkan polusi dari proses pembakarannya [2]. Berbagai upaya untuk meningkatkan performasi proses pembakaran telah dilakukan, baik dari sisi peningkatan kualitas bahan bakarnya [3][4] maupun proses pembakarannya [5]. Peningkatan efisiensi pada mesin konversi energi juga sudah dilakukan untuk penghematan penggunaan energi ataupun peningkatan produksi energi [6] [7] [8]. Upaya mencari bahan bakar alternatif juga sudah banyak dilakukan oleh para peneliti [9] [10]. Salah satu bahan bakar alternatif pengganti fosil adalah Hidrogen (H₂). Gas H₂ tersedia dalam jumlah yang banyak dan tidak menimbulkan polusi hasil pembakaran, karena H₂ adalah pembawa energi yang dianggap sebagai energi terbersih [11]. Banyak cara untuk memproduksi H₂, diantaranya; steam reforming [12], fotokatalik [13], dan elektrolisis air [14]. Elektrolisis air paling banyak digunakan untuk memproduksi H₂ karena membutuhkan peralatan yang sederhana dan menghasilkan H₂ dengan kemurnian yang tinggi 99,9%. Masalah yang dihadapi dalam elektrolisis air adalah rendahnya efisiensi [15].

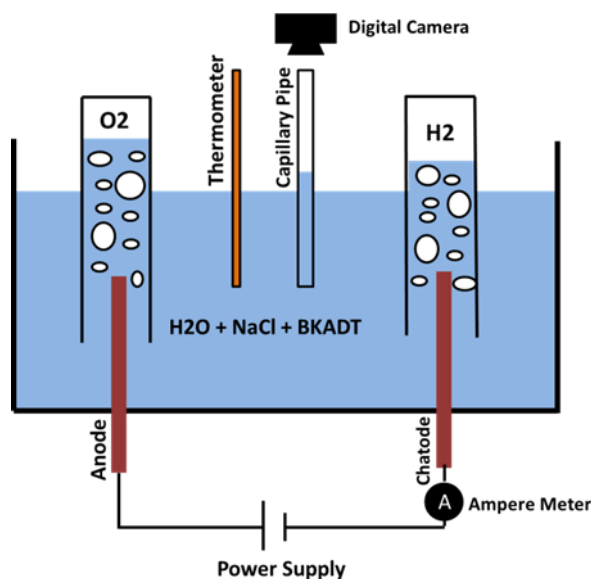
Penggunaan medan magnet adalah cara yang paling efektif untuk meningkatkan produksi H₂. Itu karena medan magnet terbukti mampu melemahkan ikatan H₂ [16]. Selain medan magnet, penggunaan medan listrik juga efektif meningkatkan produksi H₂ [17]. Hal ini karena medan listrik efektif untuk mengurangi polaritas dan mempengaruhi keasaman larutan elektrolit [18].

Pemanfaatan sampah yang dijadikan karbon aktif telah dilakukan untuk meningkatkan produksi H₂ [19]. Daun tebu adalah material sampah dari pengolahan tebu yang tidak banyak dimanfaatkan [20]. Tebu bisa dimanfaatkan untuk bio karbon aktif yang berguna dalam banyak hal [21]. Bio Karbon aktif daun tebu

(BKADT) karena memiliki potensi magnet dan muatan listrik pada permukaannya yang diharapkan bisa meningkatkan produksi H_2 pada elektrolisis air. Penelitian ini akan mempelajari pengaruh penambahan BKADT untuk meningkatkan produksi H_2 pada elektrolisis air.

2. METODE DAN BAHAN

Tabung reaktor elektrolisis 500 ml diisi dengan air alkali yang ditambahkan 0,05 mol NaCl sebagai elektrolit. Elektroda dengan ukuran 60 x 10 x 2 mm yang terbuat dari baja karbon 316 L digunakan sebagai katoda dan anoda dipasang secara terpisah pada jarak 5 cm. BKADT sebanyak 50 ppm dan 100 ppm masing-masing ditambahkan ke tabung elektrolisis dan diaduk secara merata. Produksi hidrogen diukur dengan tabung volume yang ditempatkan di atas katoda. Instalasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Instalasi penelitian

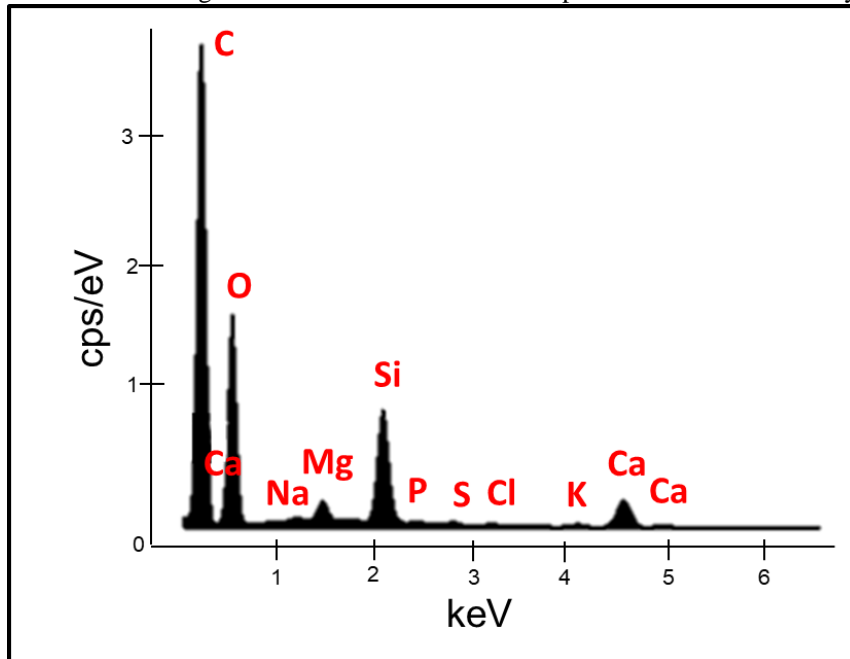
Selama proses elektrolisis, suhu dikontrol pada suhu ruang sebesar $25^{\circ}C$. Tegangan arus listrik dipertahankan pada 5V. Tingkat keasaman larutan diukur dengan pH meter dan arus listrik diukur dengan Amperemeter. Proses elektrolisis berlangsung selama 10 menit. Data pengukuran dilaporkan setiap 1 menit. Pengulangan percobaan dilakukan lima kali dan data diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata.

BKADT digunakan dalam penelitian ini, terbuat dari biomassa daun tebu. BKADT telah dikeringkan selama 8 jam dalam oven pada suhu $60^{\circ}C$ dan dikeringkan di bawah sinar matahari sampai bubuk BKADT diperoleh dengan kadar air sebesar 4,47%. Karbonisasi BKADT dilakukan dalam laju pemanasan $10^{\circ}C$ / menit pada $500^{\circ}C$ selama 30 menit. Arang yang dihasilkan dari karbonisasi proses berukuran sekitar 150 mm dengan wire mesh. Proses selanjutnya adalah aktifasi. 8 g BKADT direndam dalam 30 mL larutan KOH 50%. Maserasi dilakukan selama 12 jam, dilanjutkan dengan pengeringan proses dengan radiasi gelombang mikro 600 Watt selama 8 menit. BKADT dicuci dengan 1 M HCl panas. Pencucian dilanjutkan dengan akuades sampai pH karbon aktif mendekati 7,0. Kemudian dipanaskan di dalam oven dalam waktu 24 jam pada temperatur $105^{\circ}C$ sampai karbon aktif terkurus.

Pengujian SEM-EDX digunakan untuk mengetahui kontur permukaan dan kandungan unsur kimia BKADT. Muatan listrik pada permukaan BKADT diperkirakan menggunakan perangkat lunak ImageJ berdasarkan data SEM-EDX. Pengujian SEM-EDX dilakukan dengan menggunakan instrumen FEI-50 pada mode *High vacuum* (HiVac) dengan perbesaran 20.000 kali. Sedangkan untuk mengetahui gugus fungsional pada BKADT digunakan uji FTIR. Pengujian FTIR dilakukan menggunakan instrumen Shimadzu dengan mode *transmittance* dengan pencarian *peak* terfokus antara $500-4000\text{ cm}^{-1}$.

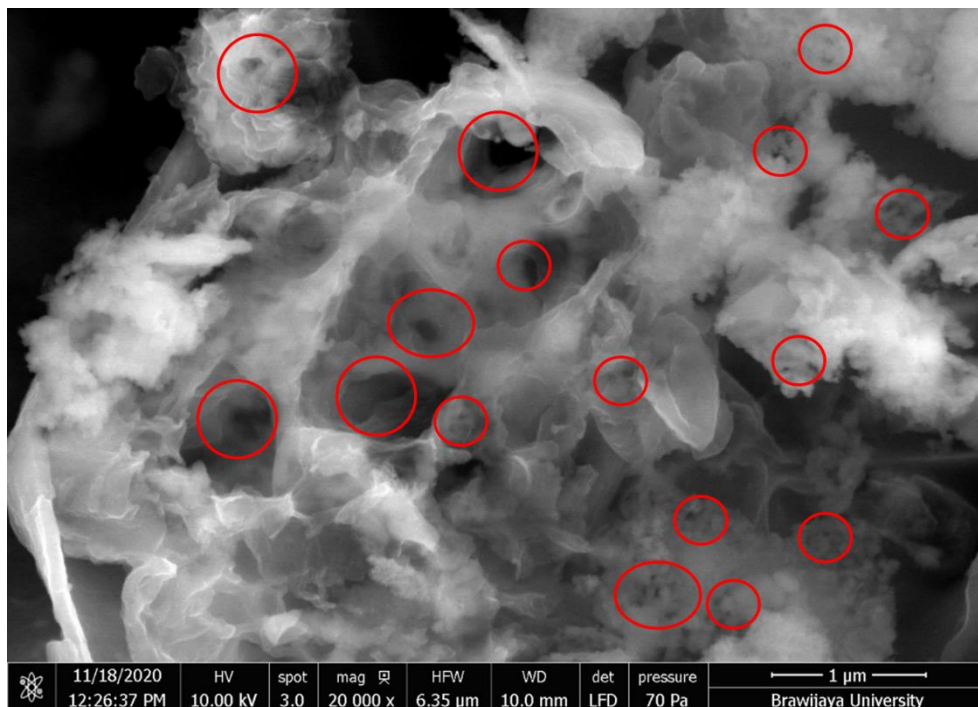
3. HASIL DAN DISKUSI

Kandungan unsur kimia BKADT hasil pengujian SEM-EDX ditunjukkan pada Gambar 2. Unsur yang terdapat pada BKADT berupa ; 44,2% Oksigen, 24,2% Carbon, 11,5% Kalium, 10,36% Alumunium, dan 9,66% Silika. Diketahui unsur Oksigen dan carbon mendominasi hampir 67% dari semua unsur yang ada.



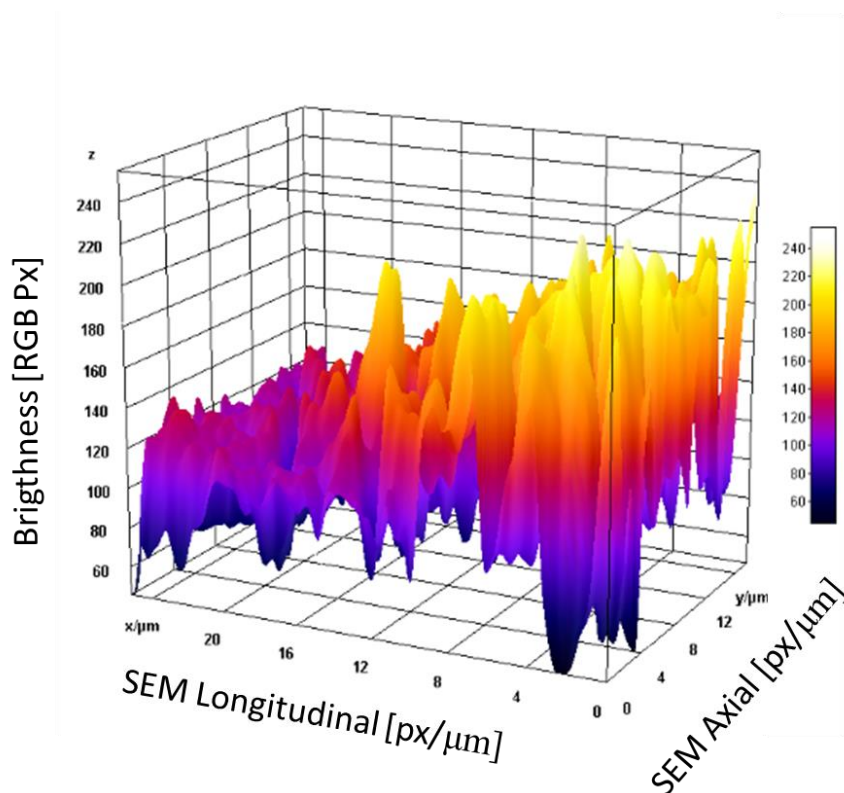
Gambar 2. Unsur kimia BKADT

Kontur permukaan BKADT dapat dilihat pada Gambar 3 yang merupakan perbesaran BKADT hingga 20.000 kali. Terlihat permukaan BKADT tidak rata yang direpresentasikan oleh bentuk untaian putih pada gambar dan memiliki banyak pori yang berada didalam lingkaran merah. Kedua karakteristik tersebut merupakan ciri khas dari permukaan karbon aktif.



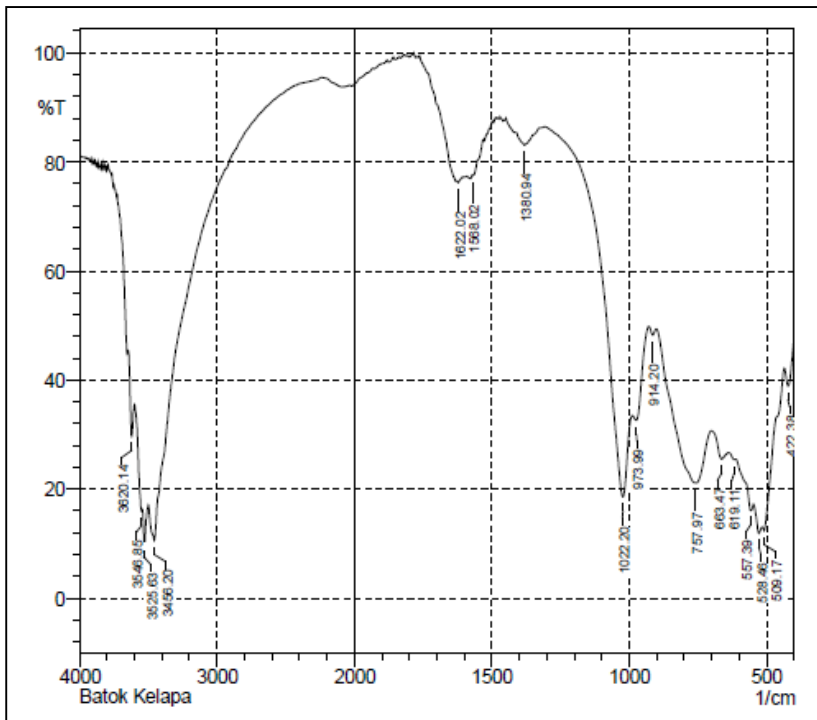
Gambar 3. Permukaan BKADT

Adanya muatan listrik pada permukaan BKADT bisa dilihat pada Gambar 4. Ini adalah hasil olahan Gambar 2 dengan bantuan *software* ImageJ. Terlihat dari Gambar 4 bahwa permukaan BKADT didominasi dengan warna terang. Warna terang berasal dari konsentrasi elektron yang lebih dibandingkan dengan permukaan yang lain [22]. Konsentrasi elektron lebih ini terjadi karena elektron banyak diikat oleh permukaan BKADT. Sehingga dapat disimpulkan bahwa permukaan BKADT didominasi oleh muatan positif.



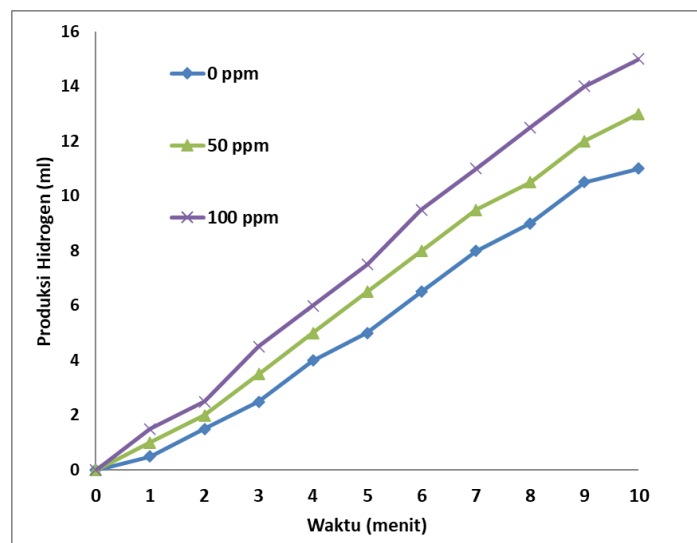
Gambar 4. Muatan listrik permukaan BKADT

Hasil uji FTIR pada BKADT ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Gambar tersebut terlihat munculnya pita serapan pada $1548,73\text{ cm}^{-1}$. Frekuensi ini menunjukkan adanya gugus fungsional senyawa aromatik yang mengandung potensi magnetik.



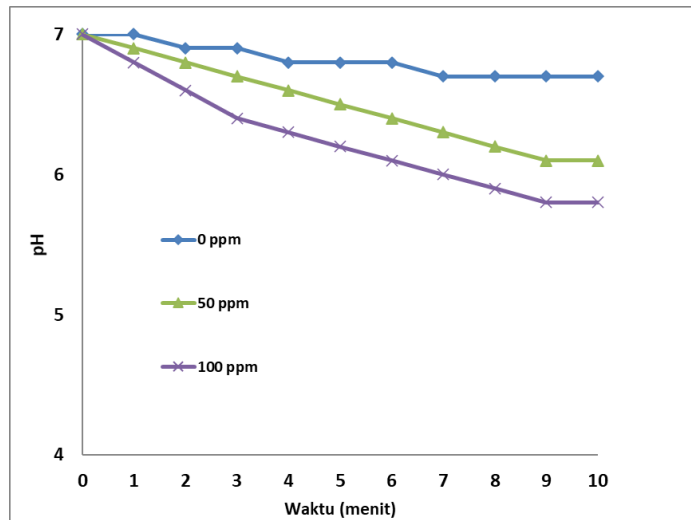
Gambar 5. Hasil pengujian FTIR BKADT

Produksi H_2 dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat dari Gambar tersebut, volume H_2 semakin meningkat dengan bertambahnya waktu. Elektrolisis air secara konvensional menghasilkan H_2 paling sedikit, sedangkan penambahan BKADT 100 ppm menghasilkan H_2 lebih banyak dibandingkan penambahan 50 ppm.



Gambar 6. Produksi hydrogen dengan penambahan BKADT

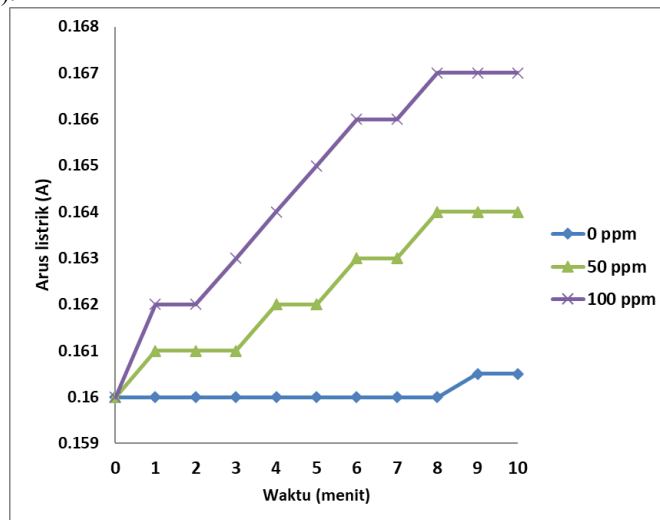
Dari pengujian SEM-EDX dan FTIR secara meyakinkan telah dibuktikan bahwa BKADT memiliki potensi muatan listrik dan magnet. Kedua hal inilah yang sangat berpengaruh dalam proses elektrolisis air. Permukaan BKADT yang didominasi dengan muatan positif mengikat lebih banyak ion OH^- dari larutan, akibatnya banyak ion H^+ yang bebas bergerak dalam larutan. Semakin banyak konsentrasi ion H^+ dalam larutan menyebabkan larutan lebih asam. Ini dengan jelas terkonfirmasi pada Gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan semakin banyak penambahan BKADT maka larutan semakin asam, dengan kata lain semakin kecil nilai pH nya. Ini mengakibatkan larutan menjadi lebih mudah untuk menghantarkan arus listrik.



Gambar 7. pH larutan elektrolit

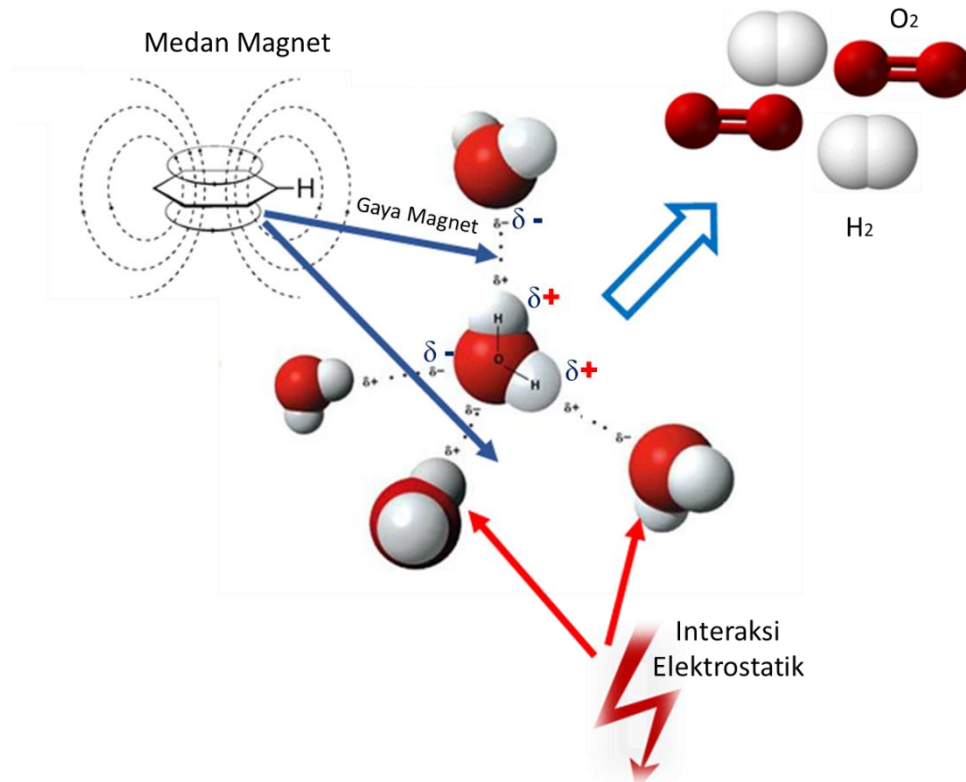
Pada sisi yang lain, potensi magnetik yang dimiliki BKADT menyebabkan semakin lemahnya ikatan hidrogen. Pelemahan ikatan hydrogen karena pengaruh medan magnet sudah dijelaskan dalam banyak makalah [10][11][12]. Mekanisme yang memungkinkan untuk menjelaskan hal itu karena sifat diamagnetik air. Sifat diamagnetik memberikan gaya repulsif ketika berada pada pengaruh medan magnet. Gaya repulsif menyebabkan ikatan hidrogen menjadi bengkok yang pada akhirnya terputus [13].

Keberadaan medan magnet memunculkan gaya Lorentz yang menyebabkan mobilitas ion NaCl sebagai pembawa muatan pada proses elektrolisis semakin meningkat [15]. Akibatnya, semakin banyak muatan listrik yang bergerak dalam larutan. Ketika larutan semakin mudah menghantarkan arus listrik sedangkan gerak ion yang membawa muatan listrik semakin cepat, maka densitas arus listrik dipastikan meningkat. (lihat Gambar 8).



Gambar 8. Densitas arus listrik selama proses elektrolisis

Peningkatan densitas arus listrik inilah yang menjelaskan peningkatan produksi H₂ pada proses elektrolisis air. Visualisasi penambahan BKADT untuk meningkatkan produksi H₂ karena mampu melemahkan ikatan H₂ dan meningkatkan densitas arus listrik bisa dilihat pada Gambar 8. Gambar 9 mengilustrasikan proses pembengkokan orbital molekuler air akibat dorongan gaya magnet yang menyebabkan interaksi elektrostatik antar dipol air sehingga melemahkan ikatan hidrogen intermolekul.



Gambar 9. Visualisasi pengaruh BKADT pada elektrolisis air.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian SEM-EDX dan FTIR yang dibantu dengan *software* ImageJ telah menunjukkan BKADT memiliki potensi magnet dan listrik pada permukaannya. Potensi magnet efektif untuk melemahkan ikatan H_2 dan meningkatkan mobilitas ion NaCl, sedangkan potensi muatan listrik efektif untuk meningkatkan kemampuan hantar listrik pada larutan. Akumulasi dari keduanya terbukti mampu meningkatkan produksi H_2 . Penambahan BKADT sebanyak 100 pmm menghasilkan H_2 sebanyak 14,5 ml selama 10 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency. Technology. vol. 1. 2006. <https://doi.org/10.1049/et:20060114>.
- [2] PURNAMI, WARDANA ING, HAMIDI N, SASONGKO MN, DARMADI DB. The effect of rhodium (III) sulfate and clove oil catalysts on the droplet combustion characteristics of castor oil. *Int J Integr Eng* 2019;11:66–71. <https://doi.org/10.30880/ijie.2019.11.05.009>.
- [3] PURNAMI P, WARDANA ING. Perbandingan Interaksi Karbon Aktif dengan Polaritas Minyak Nabati terhadap Karakteristik Pembakaran Premixed. *J Rekayasa Mesin* 2021;12:79. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.9>.
- [4] MUSYAROH M, WIJAYANTI W, SASONGKO MN, RIZALDY AD. Efek Intermolecular Forces: Perubahan Physical Properties pada Campuran Premium dan Bio-Additive Orange Peel. *J Rekayasa Mesin* 2021;12:133. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.15>.
- [5] SASONGKO MN, ZUHRI AA. Uji Performa Mesin Bensin dengan Sistem Injeksi Berbahan Bakar HCNG. *J Rekayasa Mesin* 2021;12. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.8>.
- [6] WINARTO EW, SUGIYANTO S, SISWANTORO S, DJATI I. Turbin Hibrid Bi-Directional Sebagai Pemanen Energi pada Thermoacoustic Engine. *J Rekayasa Mesin* 2021;12. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.3>.
- [7] BIANTORO AW, ISKENDAR I, SUBEKTI S, BIN MUHD NOOR NH. The Effects of Water Debit and Number of Blades on the Power Generated of Prototype Turbines Propeller as Renewable Electricity. *J Rekayasa Mesin* 2021;12. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.22>.
- [8] SOENOKO R, PURNAMI, UTAMI DEWI FG. Second stage cross flow turbine performance. *ARPN J Eng Appl Sci* 2017.
- [9] SUKARNI S, SUMARLI S, MUDA NAURI I, PURNAMI P, AL MUFID A, YAMAHAS U.

- Exploring the prospect of marine microalgae *Isochrysis galbana* as sustainable solid biofuel feedstock. *J Appl Res Technol* 2018. <https://doi.org/10.22201/icat.16656423.0.16.1.703>.
- [10] HAMIDI N, PURNAMI, JULIYONO AR. The effect of natural bentonite and temperature on gasification of oil palm shell. *AIP Conf. Proc.*, vol. 1983, 2018. <https://doi.org/10.1063/1.5046213>.
- [11] LIN RH, ZHAO YY, WU BD. Toward a hydrogen society: Hydrogen and smart grid integration. *Int J Hydrogen Energy* 2020;45. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.01.047>.
- [12] KAIWEN L, BIN Y, TAO Z. Economic analysis of hydrogen production from steam reforming process: A literature review. *Energy Sources, Part B Econ Plan Policy* 2018;13:109–15. <https://doi.org/10.1080/15567249.2017.1387619>.
- [13] KOE WS, LEE JW, CHONG WC, PANG YL, SIM LC. An overview of photocatalytic degradation: photocatalysts, mechanisms, and development of photocatalytic membrane. *Environ Sci Pollut Res* 2020;27. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07193-5>.
- [14] GODULA-JOPEK A. Hydrogen Production: By Electrolysis. 2015. <https://doi.org/10.1002/9783527676507>.
- [15] NIKOLIC VM, TASIC GS, MAKSIC AD, SAPONJIC DP, MIULOVIC SM, MARCETA KANINSKI MP. Raising efficiency of hydrogen generation from alkaline water electrolysis - Energy saving. *Int J Hydrogen Energy* 2010;35:12369–73. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.08.069>.
- [16] PURNAMI, HAMIDI N, SASONGKO MN, WIDHIYANURIYAWAN D, WARDANA ING. Strengthening external magnetic fields with activated carbon graphene for increasing hydrogen production in water electrolysis. *Int J Hydrogen Energy* 2020;45:19370–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.05.148>.
- [17] BIDIN N, AZNI SR, ABU BAKAR MA, JOHARI AR, ABDUL MUNAP DHF, SALEBI MF, ET AL. The effect of sunlight in hydrogen production from water electrolysis. *Int J Hydrogen Energy* 2017;42:133–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.203>.
- [18] LIU Y, PAN L MING, LIU H, CHEN T, YIN S, LIU M. Effects of magnetic field on water electrolysis using foam electrodes. *Int J Hydrogen Energy* 2019;44:1352–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.11.103>.
- [19] PURNAMI, WARDANA I, SUDJITO, WIDHIYANURIYAWAN D, HAMIDI N. Adding the activated carbon of rice husk to increase hydrogen production on water electrolysis. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 2021;1034. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012075>.
- [20] HAKIM M. Potensi Sumber Daya Lahan untuk Tanaman Tebu di Indonesia. *Agrikultura* 2010;21. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v21i1.967>.
- [21] SUDIBANDRIYO M, LYDIA L. Karakteristik luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivasi kimia. *J Tek Kim Indones* 2018;10. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.3.6>.
- [22] POSTEK MT, VLADÁR AE. Does your SEM really tell the truth? How would you know? Part 4: Charging and its mitigation. *Scanning Microsc.* 2015, vol. 9636, 2015, p. 963605. <https://doi.org/10.1117/12.2195344>.