

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN HIBAH GURU BESAR DAN DOKTOR  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**Pemanfaatan Nanokatalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@graphene untuk Peningkatan Produksi  
Hidrogen Pada Elektrolisis Air**

**Ketua**

Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D. (NIDN. 0003075906)

**Anggota**

Purnami, ST., MT. (NIDN. 0025049105)

Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT. (NIDN. 0013017504)

**Dibiayai oleh :**

**Fakultas Teknik**

**Melalui Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya  
Sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya**

**Nomor DIPA-023.17.2.6777512/2021**

**Dengan Perjanjian Kontrak**

**Nomor : 04/UN10.F07/PN/2021**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LAPORAN AKHIR**

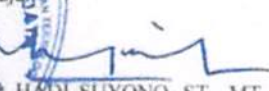
Judul : Pemanfaatan Nanokatalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Graphene Untuk Peningkatan Produksi Hidrogen Pada Elektrolisis Air

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Prof. Ir. I NYOMAN GEDE WARDANA, M.Eng., Ph.D.  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya  
NIDN :  
Jabatan Fungsional : Guru Besar  
Program Studi : -  
Nomor HP : 08123393002  
Alamat surel (e-mail) : wardana@ub.ac.id


**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Dr. PURNAMI, ST., MT.  
NIDN :  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : Dr. Eng. Ir. DENNY WIDHIYANURIYAWAN, ST., MT.  
NIDN :  
Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 100,000,000.00  
Biaya Keseluruhan : Rp 100,000,000.00



  
Prof. Ir. HADI SUYONO, ST., MT., Ph.D.,  
ASEAN Eng.  
NIDN. 0020057304

Mengetahui, 03 November 2021

  
Ketua Peneliti  
Prof. Ir. I NYOMAN GEDE WARDANA,  
M.Eng., Ph.D.  
NIDN.

## RINGKASAN

Hidrogen adalah senyawa alam yang melimpah dengan karakter fisika dan kimia yang unik, sehingga hidrogen dipertimbangkan sebagai bahan bakar yang penting untuk masa depan. Proses produksi gas hidrogen telah banyak diteliti. Dalam penelitian ini menggunakan katalis nanomaterial magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan karbon aktif daun pisang *Accuminata Cavendish* (KAAC) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan KATG. Potensi dari material organik ini berpotensi besar menguatkan nanomaterial  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Produksi hydrogen dengan metode elektrolisis dalam penelitian ini dilakukan karena metode tersebut masih memiliki efisiensi yang rendah. Salah satu cara untuk mengatasi hal ini beberapa peneliti telah melakukan peningkatan efisiensi salah satunya dengan katalis.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  merupakan nanomagnetik bulk yang memiliki sifat ferromagnetik dengan potensi dispersibilitas yang baik, Sifat hidrofiliknya yang luas dan memiliki kestabilan yang tinggi dalam air. Sehingga salah satu penggunaan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ini perlu dipertimbangkan.

Pada umumnya, peneliti menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  juga sebagai medan magnet dalam ukuran yang konstan. Penerapan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @KAAC dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @KATG diterapkan dalam proses elektrolisis secara terpisah dan bagaimana hasil produksi hidrogennya masing-masing. Medan magnet  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ini akan mempengaruhi KAAC dalam elektrolit dengan cara memberikan elektron dari atom O dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang memiliki elektronegatifitas besar ke permukaan KAAC. Begitupula dengan KATG, Elektronegatifitas O yang lebih besar akan memberikan elektron pada permukaan KATG. Akibat dari modifikasi katalis pada larutan elektrolit ini akan mengubah keadaan medium elektrolisis yang semakin konduktif. Selain itu, Penghantar yang dialiri arus listrik dan berada pada medan magnet/ferromagnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  maka akan menimbulkan gaya Lorentz. Di dalam ferromagnet terdapat medan molekuler internal yang setara dengan magnetisasi. Ferromagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki magnetisasi spontan sehingga gerakan konveksi ion meningkat dan difusi konsentrasi ion, rapat arus, dan laju deposisi pada permukaan juga meningkat.

Karakterisasi material dengan BET juga dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dan diameter pori. Hasil karakterisasi dengan SEM juga dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang ada pada karbon aktif. Hasil membuktikan bahwa kandungan karbon dan oksigen menduduki pada presentase yang paling besar baik untuk karbon aktif kayu Jati maupun karbon aktif daun pisang. Material ini digunakan sebagai katalis dan digabungkan dengan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  secara terpisah sebagai katalis yang dapat meningkatkan efisiensi produksi hydrogen.

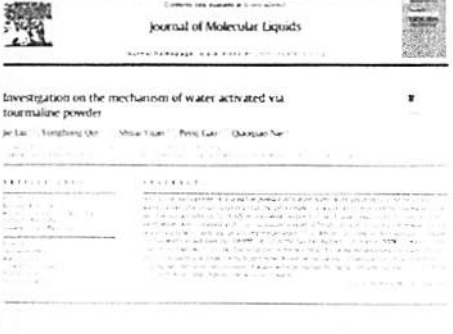

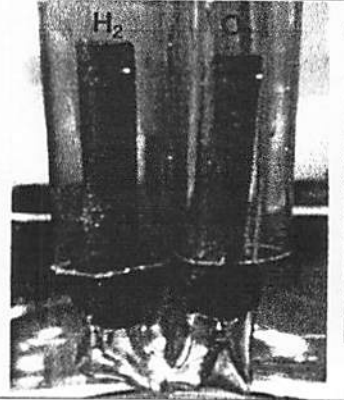
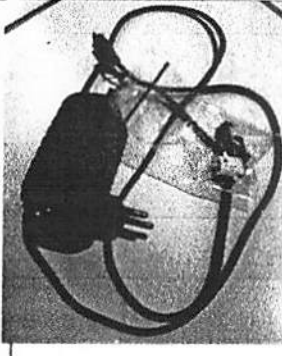
**Kata kunci:** karbon aktif, Elektrolisis air, Produksi Hidrogen,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

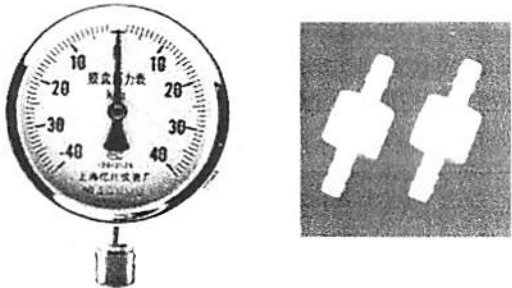
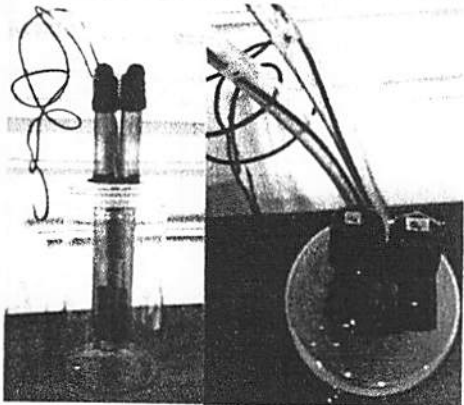
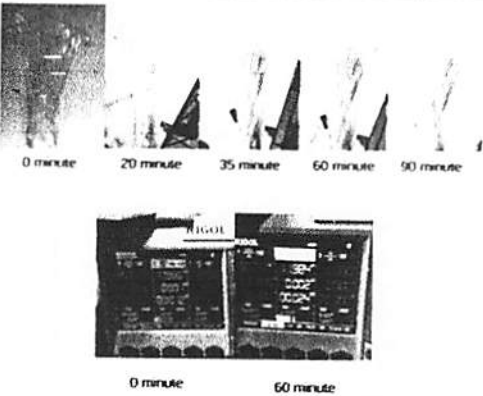
## DAFTAR PUSTAKA


- Liu, H. bo, Xu, H., Pan, L. ming, Zhong, D. han, & Liu, Y. (2019). Porous electrode improving energy efficiency under electrode-normal magnetic field in water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(41), 22780–22786. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.024>
- Fukutani, K., & Sugimoto, T. (2013). Physisorption and ortho-para conversion of molecular hydrogen on solid surfaces. *Progress in Surface Science*, 88(4), 279–348. <https://doi.org/10.1016/j.progsurf.2013.09.001>
- Zhao, H., Zhao, H., Huang, X., Zhu, S., Liu, Y., Ye, Q., Xu, H., Wang, Y., Lu, J., & Zhang, J. (2021). Enhancing Fe-C micro-electrolysis by coupling MF with electrolyte solution: Mechanism and application. *Separation and Purification Technology*, 257(June 2020), 117887. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117887>
- Qi, J., Liu, H., Feng, M., Xu, H., Liu, H., Wang, C., Wang, A., & Lü, W. (2020). Enhanced hydrogen evolution reaction in Sr doped BiFeO<sub>3</sub> by achieving the coexistence of ferroelectricity and ferromagnetism at room temperature. *Journal of Energy Chemistry*, 53, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.05.003>
- Yang, T., Wen, X. D., Cao, D. B., Li, Y. W., Wang, J. G., & Huo, C. F. (2009). Structures and energetics of H<sub>2</sub>O adsorption on the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (111) surface. *Ranliao Huaxue Xuebao/Journal of Fuel Chemistry and Technology*, 37(4), 506–512. [https://doi.org/10.1016/s1872-5813\(10\)60006-0](https://doi.org/10.1016/s1872-5813(10)60006-0)
- Hui Chao, Shen Chengmin, Yang Tianzhong, Bao Lihong, Tian Jifa, Ding Hao, Li Cjen and Gao H.J.2008. Large scale Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles Soluble in Water synthesized by a Facile Method. *J.Phys.Chem. C* 2008. 112. 11336-11339
- Lyman Mary, 2016. MPLs to Play Important Role in Midstream Energy's Future. *Natural Gas & Electricity*. <https://doi.org/10.1002/gas.21904>
- The World Bank.2017. World Development Indicators. Internet:www.worldbank.org
- Staffell I, Scamman D, Velazquez Abad A, Balcombe P, Dodds PE, Ekins P, et al. The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. *Energy Environ Sci*
- Wang Yongpei and Li Jun. 2019. Spatial Spillover Effect of Non-Fossil Fuel Power generation on Carbon Dioxide Emissions Across China's Provinces. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.012>
- Chakik F, Kaddami M., Mikou M. Effect Operating parameters on Hydrogen Production by Electrolysis of water. *Int J Hydrogen Energy* 2017;42(40):25550-7.<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.07.01.15> Ballat M. Potential important of hydrogen as a future Solution to Environmental and Transportation Problem. *International Journal of Hydrogen Energy* 2008; 33:4013-29
- Chang Chi J., Lee Zijiang, Wei Ming Deng, Chang Chung Chieh, and Chu Kuan Wu. 2015. Photocatalytic hydrogen production by magnetically separable Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZnS and NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@ZnS Core Shell Nanoparticle . *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.01.151>
- Chang Chi Jung and Tsai Wei Che. 2018. CuS-ZnS decorated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles as Magnetically Separable Composite Photocatalysts with Excellent Hydrogen Production activity. *International Hydrogen Energy*. 1-9.<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.06.083>
- Liu, Shanhu, Shengnan Li, Karthi Sekar, Rui Li, Yuanyuan Zhu, Ruimin Xing, Kazuyu Nakata, and Akira Fujishima. 2019. "Hierarchical ZnS@C@MoS<sub>2</sub> Core Shell Nanostructures as Efficient Hydrogen Evolution Electrocatalyst for Alkaline Water Electrolysis." *International Journal of Hydrogen Energy*
- Saka cafer, kaya Mustafa, Bekirogullari mesut. 2019. Spirulina Platensis Microalgae Strain Modified with Phosphoric Acid as a Novel Support material for C0-B Catalyst: Its

- Application to Hydrogen production. *Int J. Hydrogen Energy*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.11.199>
- Purnami, Hamidi N., Sasongko Mega N., Denny Widhiyanuriyawan, Wardana ING., Strengthening External Magnetic Fields with Activated Carbon Graphene for Increasing Hydrogen production in Water Electrolysis. *Int J. Hydrogen Production*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.05.148>
- Teja, A. S., & Koh, P. Y. (2009). Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55(1–2), 22–45. <https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2008.08.003>
- Yew, Y. P., Shameli, K., Miyake, M., Ahmad Khairudin, N. B. B., Mohamad, S. E. B., Naiki, T., & Lee, K. X. (2020). Green biosynthesis of superparamagnetic magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and biomedical applications in targeted anticancer drug delivery system: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 2287–2308. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.04.013>
- Liu, Y., Pan, L. ming, & Liu, H. bo. (2021). Water electrolysis using plate electrodes in an electrode-paralleled non-uniform magnetic field. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(5), 3329–3336. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.10.171>
- Bidin, N., Azni, S. R., Abu Bakar, M. A., Johari, A. R., Abdul Munap, D. H. F., Salebi, M. F., Siti, S. N., Sahidan, N. S., & Sulaiman, S. N. A. (2017). The effect of sunlight in hydrogen production from water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(1), 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.203>
- Yang, T., Wen, X. D., Cao, D. B., Li, Y. W., Wang, J. G., & Huo, C. F. (2009). Structures and energetics of H<sub>2</sub>O adsorption on the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (111) surface. *Ranliao Huaxue Xuebao/Journal of Fuel Chemistry and Technology*, 37(4), 506–512. [https://doi.org/10.1016/s1872-5813\(10\)60006-0](https://doi.org/10.1016/s1872-5813(10)60006-0)
- Karatza, D., Konstantopoulos, C., Chianese, S., Diplas, S., Svec, P., Hristoforou, E., & Musmarra, D. (2021). Hydrogen production through water splitting at low temperature over Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> pellet: Effects of electric power, magnetic field, and temperature. *Fuel Processing Technology*, 211(September 2020), 106606. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106606>

Lampiran Catatan Harian (Logbook)

| No | Tanggal   | Kegiatan  | Bukti dokumen pendukung   |
|----|-----------|---|---|
| 1  | 10/5/2021 | Studi Referensi untuk persiapan penelitian. Ini dilakukan dengan membaca jurnal yang relevan dan membuat list jurnal untuk diketahui perkembangan penelitian terbaru  |  <p>Investigation on the mechanism of water activated via tourmaline powder</p> <p>Journal of Molecular Liquids</p> <p>Investigation on the mechanism of water activated via tourmaline powder</p> <p>Journal of Molecular Liquids</p> <p>Investigation on the mechanism of water activated via tourmaline powder</p> <p>Journal of Molecular Liquids</p>  <p>MHD stagnation point flow heat and mass transfer of nanofluids in porous medium with radiation, viscous dissipation and chemical reaction</p> <p>Advanced Powder Technology</p> <p>MHD stagnation point flow heat and mass transfer of nanofluids in porous medium with radiation, viscous dissipation and chemical reaction</p> <p>Advanced Powder Technology</p> |
| 2  | 4/6/2020  | Penyediaan bahan dan alat yang diperlukan untuk penelitian yang meliputi: batang elektroda, ampermeter, power supply, dan tabung penampung Hidrogen, pressure gauge, konektor karet/pompa, inline check valve, container plastic, pipa transparan |    |

|   |                  |                             |   |
|---|------------------|-----------------------------|---|
|   |                  |                             |   |
| 3 | 11/6/2020        | Pembuatan alat elektrolisis |  <p style="text-align: center;">electrolysis block</p> |
| 4 | 12-19<br>/6/2020 | Pengambilan Data penelitian |   |

|   |                 |                                       |  |
|---|-----------------|---------------------------------------|--|
| 8 | 1-10<br>/8/2021 | Pembuatan laporan kemajuan penelitian | <p style="text-align: center;"> <b>LAPORAN KEMAJUAN<br/> PENELITIAN HIBAH ILMU RI BESAR DAN DOKTOR<br/> FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA</b> </p>  <p style="text-align: center;"> <b>Pemanfaatan Nanokatalis FeMo4a graphene untuk Peningkatan Produksi<br/> Hidrogen Pada Elektrolisis Air</b> </p> <p style="text-align: center;"> <b>Ketua</b><br/> Prof. Ir. IMA Wardana, M.Eng., Ph.D. (NIDN. 0003075986) </p> <p style="text-align: center;"> <b>Anggota</b><br/> Purnama, ST., MT (NIDN. 0025649105)<br/> Dr. Eng. Denny Wisdiyandaryawan, ST., MT (NIDN. 0013017564) </p> <p style="text-align: center;"> <i>Didukung oleh:</i><br/> Fakultas Teknik<br/> Melalui Dana Penelitian Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya<br/> Sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya<br/> Nomor DIPA: 023.17.2.6777512.2021<br/> Dengan Perjanjian Kontrak<br/> Nomor : 041 UNIBR/PS/2021 </p> <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSITAS BRAWIJAYA<br/> 2021</b> </p> |
|---|-----------------|---------------------------------------|--|