

# PREPARASI DAN APLIKASI ELEKTRODA ELEKTROKATALIS BERBASIS *STAINLESS STEEL* UNTUK PRODUKSI HIDROGEN

(*PREPARATION AND APPLICATION OF ELECTROCATALYST ELECTRODE BASED  
STAINLESS STEEL TO PRODUCE HYDROGEN*)

Isana Supiah Yosephine Louise<sup>1)</sup>, Wega Trisunaryanti<sup>2)</sup>, Agus Kuncaka<sup>2)</sup>, Triyono<sup>2)</sup>  
<sup>1)</sup>Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta  
<sup>1)</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjahmada Yogyakarta  
email: isana\_supiah@uny.ac.id

## ABSTRAK

Elektroda elektrokatalis dapat dikembangkan secara luas sesuai dengan kebutuhan dan pemanfaatannya, dengan berbagai metoda dan komposisi material serta variasi kondisi preparasi. Pada penelitian ini telah dicoba preparasi elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* untuk produksi gas hidrogen. Coating logam Fe, Co, dan Ni pada substrat *stainless steel* dilakukan secara electrodeposisi. Karakterisasi *stainless steel* dilakukan dengan OES. Elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* diaplikasikan pada proses produksi gas hidrogen.

Elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* dapat dibuat secara electrodeposisi dan dapat diaplikasikan pada proses produksi gas hidrogen.

---

*Kata kunci: elektroda elektrokatalis, stainless steel, produksi hidrogen*

*\*) Disampaikan dalam Seminar Nasional Hasil Penelitian MIPA yang diselenggarakan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada pada tanggal 24 September 2011 di Yogyakarta*

## ABSTRACT

Electrocatalyst electrode is well-known developed on special occasion and utilization by various method and material composition, and preparation condition. The research had prepared the electrocatalyst electrode based stainless steel to produce hydrogen gas. Fe, Co, and Ni coating on substrate of stainless steel by electrodeposition. Characterization of stainless steel had performed by optical emission spectrometer. Electrocatalyst electrode based stainless steel will be plied to hydrogen gas production by electrochemical.

Electrocatalyst electrode based stainless steel is prepared by electrodeposition and implemented to produce hydrogen gas.

---

Key words: electrocatalyst electrode, stainless steel, to produce hydrogen gas

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan energi dalam kehidupan makin meningkat, sementara sumber energi yang tak dapat terbarukan menjadi makin berkurang. Oleh karena itu perlu diupayakan penyediaan sumber energi terbarukan. Banyak sumber energi terbarukan yang saat ini dalam taraf pengembangan maupun penelitian, antara lain sumber energi yang berupa gas hidrogen. Gas hidrogen merupakan gas paling ringan dan sangat mudah terbakar dengan menghasilkan sejumlah energi. Gas hidrogen dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan cara elektrolisis air. Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah lama dipelajari, hanya secara spesifik untuk mencapai efisiensi relatif tinggi perlu dikembangkan dan diteliti lebih lanjut, yakni dengan bervariasi jenis elektrolit, konsentrasi elektrolit, jenis elektroda dan modifikasinya, serta pemanfaatan katalis yang memungkinkan tercapainya efisiensi yang relatif tinggi. Proses elektrolisis telah lama dilakukan, tetapi secara umum biaya untuk menghasilkan hidrogen dengan cara elektrolisis air relatif mahal. Oleh karena itu perlu diupayakan produksi hidrogen dengan cara elektrolisis air secara mudah, murah dan memiliki efisiensi relatif tinggi.

Proses elektrolisis air dipengaruhi banyak faktor (Bard, dan Faulkner, 1980; Basseguy dkk., 2009, de Nora, de Nora dan Spaziante, 1977, de Nora dan Spaziante, 1986, Isana, 2007, Isana, 2008, Isana, 2010, Jayalakshmi dkk., 2008, Jiang dan Brisard, 2007, Kubisztal, Budniok dan Lasia, 2007, Lu, dkk., 2009, Mao, dkk., 2003, Navarro-Flores dan Omanovic, 2005, Olivares-Ramirez, dkk., 2007, Shaaban dan Dobyne, 1999, Godinho dkk., 2002, Colley, Macpherson, dan Unwin, 2008), antara lain jenis elektroda yang digunakan. Secara umum elektroda yang digunakan dalam elektrolisis air harus memiliki sifat-sifat tahan terhadap korosi sehingga tidak mudah rusak, umumnya digunakan logam mulia seperti platina. Oleh karena logam platina memiliki harga relatif mahal, maka tidak menutup kemungkinan untuk mencoba logam-logam lain, paduannya atau komposisinya untuk digunakan sebagai elektroda dalam proses elektrolisis air (Zhang, dkk., 1999, Yang dan Xu, 2003, Shao, Sasaki dan Adzic, 2006, Zoltowski, Drazic dan Vorkapic, 1973, Sanches, dkk., 2004, Raj dan Vasu, 1990, Raj, 1992, Ke-Qiang Ding, 2010, Jayalakshmi,

dkk., 2008, Highfield, Claude dan Oguro, 1999). *Stainless steel* memiliki sifat-sifat tahan terhadap korosi, kotoran dan oksidasi (Helmenstine, 2009), mudah perawatannya dan memiliki harga relatif murah sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai elektroda pada proses elektrolisis air. Pemanfaatan logam selain logam mulia sebagai elektroda pada elektrolisis air secara umum kurang efektif, baik ditinjau dari sisi efisiensi produk maupun ketahanan logam terhadap korosi terutama bila digunakan sebagai anoda. Logam selain logam mulia memungkinkan dimanfaatkan sebagai katoda dalam proses elektrolisis air, hanya saja memiliki efisiensi yang relatif rendah, paling efektif bila digunakan logam platina. Oleh karena itu, pemanfaatan logam selain logam platina sebagai katoda pada proses elektrolisis air perlu penanganan khusus untuk meningkatkan efektifitas dan aktifitas katalitiknya.

*Coating* merupakan teknik penutupan suatu permukaan material dengan material lain dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat material tersebut (Kelber, Rudenja dan Bjelkevig, 2006, Kubisztal dan Budniok, 2006, He, dkk., 2005, Han, dkk., 2003, Grujicic dan Pesic, 2002, Grujicic dan Pesic, 2005, Endoh, dkk., 1987, Crnkovic, Machado dan Avaca, 2004, Choquette, Menard dan Brossard, 1989, Brian, Malevich dan Pletcher, 2001), misalnya untuk mencegah terjadinya kerusakan material karena peristiwa korosi atau meningkatkan sifat katalis material tersebut. *Coating* kromium pada substrat stainless steel mampu memperbaiki sifat-sifat stainless steel terutama terhadap korosi (Hashimoto, dkk., 1991 dan Shepard dan Mould, 1972). Dalam penelitian ini, akan dicoba penggunaan substrat stainless steel yang *dicoating* dengan logam Fe-Co-Ni secara elektrodposisi, yang selanjutnya akan digunakan sebagai elektroda elektrokatalis pada pembuatan gas hidrogen melalui elektrolisis air dalam suasana basa.

Pembuatan elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* yang *dicoating* dengan logam Fe, Co, dan Ni belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga penelitian ini merupakan penelitian baru, yang akan diaplikasikan pada produksi hidrogen melalui proses elektrolisis air dalam suasana basa. Logam-logam Fe, Co dan Ni selain berisfat katalitik, memiliki ukuran yang tidak berbeda jauh, memiliki harga potensial elektroda yang juga tidak berbeda jauh, sangat melimpah di alam sehingga mudah diperoleh dan memiliki harga yang relatif murah.

Permasalahan pada penelitian ini adalah “Bagaimanakah proses *coating* logam Fe, Co, dan Ni pada substrat *stainless steel* sehingga memungkinkan digunakan sebagai elektroda elektrokatalis pada produksi gas hidrogen?”

## METODA PENELITIAN

Bahan yang digunakan meliputi logam *stainless steel ferritic grades* S-430 dengan tebal 1,2 mm, lebar 3 mm, dan panjang 110 mm. Alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, tabung elektrolisis dan OES (*optical emission spectrometer*).

Tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Penyediaan/pembuatan wadah untuk proses elektrolisis
- b. Penyediaan/pembuatan elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* yang *dicoating* dengan logam terner Fe-Co-Ni melalui proses elektrodeposisi dengan konsentrasi larutan sebesar 0,1 M, tegangan sebesar 3V dan arus sebesar 0,1 – 0,3 A, selama 10 menit; dengan variasi komposisi seperti Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Fe, Co dan Ni pada proses elektrodeposisi

Proses elektrodeposisi	Perbandingan mol		
	Fe	Co	Ni
I	1	1	1
II	1,2	1	1
III	1,4	1	1
IV	1,6	1	1
V	1,8	1	1

- c. Karakterisasi elektroda elektrokatalis berbasis *stainless steel* (uji material elektroda) dilakukan dengan OES.
- d. Aplikasi elektroda elektrokatalis be basis *stainless steel* pada elektrolisis air dalam suasana basa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Preparasi Elektroda Fe-Co-Ni/Stainless Steel*

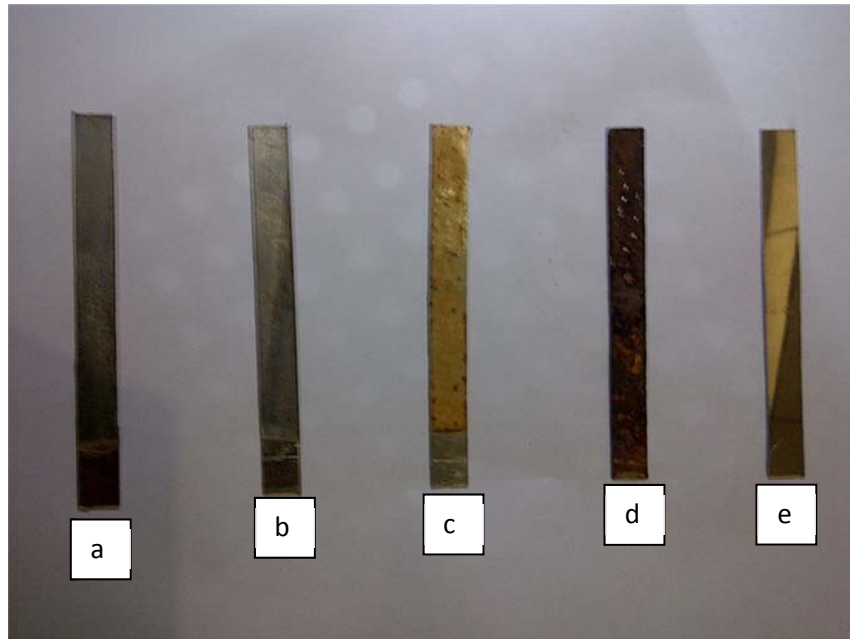
Komposisi *stainless steel* diuji dengan menggunakan *optical emission spectrometer*, dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan unsur Fe paling besar, yakni 82%, disusul Cr sebesar 16,4%. Proses *coating* Fe-Co-Ni pada substrat *stainless steel* dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Proses *coating* dilakukan secara elektrodeposisi dengan variasi komposisi Fe, Co dan Ni (Tabel 1), tegangan sebesar 3V dan arus sebesar 0,1 – 0,3 A, selama 10 menit.

Tabel 2. Komposisi *stainless steel*

No	Unsur	Kadar (%)
1	Fe	82,0
2	C	0,0086
3	Si	0,221
4	Mn	0,501
5	P	<0,0050
6	S	<0,0050
7	Cr	16,4
8	Mo	0,0403
9	Ni	0,311
10	Al	0,0087
11	Co	0,0252
12	Cu	0,215
13	Nb	0,0481
14	Ti	0,0178
15	V	0,0697
16	W	<0,0250
17	Pb	0,0285



Gambar 2. Proses *coating* Fe-Co-Ni pada substrat *stainless steel*



Gambar 3. Hasil *coating* (a-e) Fe(1-5)-Co-Ni pada substrat *stainless steel*

#### ***Aplikasi Elektroda Fe-Co-Ni/Stainless Steel***

Aplikasi elektroda Fe-Co-Ni/*stainless steel* digunakan sebagai elektroda kerja pada elektrolisis air dalam suasana basa, yakni dengan penambahan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Hasilnya menunjukkan bahwa gelembung-gelembung gas yang dihasilkan jauh lebih banyak bila dibandingkan menggunakan elektroda *stainless steel*.

#### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa proses *coating* Fe1-5-Co-Ni pada substrat *stainless steel* dapat dilakukan secara elektrodposisi dan dapat digunakan untuk produksi gas hidrogen secara elektrokimia. Elektroda Fe-Co-Ni/*stainless steel* memiliki aktivitas lebih baik dibandingkan *stainless steel*.

#### **SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian selanjutnya perlu dilakukan elektrodposisi komposit logam lain baik pada substrat *stainless steel* maupun substrat lain supaya dapat dibandingkan aktivitas katalitiknya terhadap elektroda Fe-Co-Ni/*stainless steel*, terutama aktivitasnya terhadap pemecahan molekul air menjadi gas-gas hidrogen dan oksigen secara elektrokimia. Perlu dicoba menggunakan voltameter untuk proses preparasi, karakterisasi maupun aplikasi elektroda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bard, A.J. dan Faulkner, L.R., 1980, *Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Basseguy, R., dkk., 2009, *Water Electrolysis Device*, United States Patent Application Publication, No.:US 2009/0294282 A1.
- Brian E.H., Malevich, D.V. dan Pletcher, D., 2001, Electrode Coatings from Sprayed Titanium Dioxide Nanoparticles: Behaviour in NaOH Solutions, *Electrochemistry Communications*, 3, 8, 390-394.
- Choquette, Y., Menard, H. dan Brossard, L., 1989, Hydrogen Discharge on a Raney Nickel Composite-Coated Electrode, *Int. J. Hydrogen Energy*, 14, 637-642.
- Crnkovic, F.C., Machado, S.A.S. dan Avaca, L. A. , 2004, Studies of Electrodeposited Ni-Fe-Mo-Zn Alloys Tailored for Water Electrolysis, *Int. J. Hydrogen Energy*, 29, 249-254.
- Colley, A. L., Macpherson, J. V., Unwin, P. R., 2008, Effect of High Rates of Mass Transport on Oxygen Reduction at Copper Electrodes: Implications for Aluminium Corrosion, *Electrochem. Commun.*, 10, 1334-1336.
- de Nora, O., de Nora, V. dan Spaziante, P.M., 1977, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.: 4,032,426.
- de Nora, O. dan Spaziante, M., 1986, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.: 4,592,822.
- Endoh, E., Otouma, H., Morimoto, T. dan Oda, Y., 1987, New Raney Nickel Composite-Coated Electrode for Hydrogen Evolution, *Int. J. Hydrogen Energy*, 12, 473-479.
- Godinho, M.I., Catarino, M.A., da Silva Pereira, M. I., Mendonc, M. H., Costa, F. M., 2002, Effect of The Partial Replacement of Fe by Ni and/or Mn on The Electrocatalytic Activity for Oxygen Evolution of The  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  Spinel Oxide Electrode, *Electrochim. Acta*, 47, 4307-4314.
- Grujicic, D. dan Pesic, B., 2002, Electrodeposition of Copper: The Nucleation Mechanisms, *Electrochim. Acta*, 47, 2901-2912.
- ....., 2005, judul Reaction and Nucleation Mechanisms of Copper Electrodeposition from Ammoniacal Solutions on Vitreous Carbon, *Electrochim. Acta*, 50, 4426-4443.
- Han, Q., Liu, K., Chen, J. dan Wei, X., 2003, A Study on The Electrodeposited Ni-S Alloys as Hydrogen Evolution Reaction Cathodes, *Int. J. Hydrogen Energy*, 28, 1207-1212.

- Hashimoto, M., Ito, S., Miyajima, S., Ito, W., Komori, T. dan Hikari, 1991, *Chrome-coated Sainless Steel Having Good Atmospheric Corrosion Resistance*, United States Patent No.: 4,999,259.
- He, H., Liu, H., Liu, F. dan Zhou, K., 2005, Distribution of Sulphur and Electrochemical Properties of Nickel Sulphur Coatings Electrodeposited on The Nickel Foam as Hydrogen Evolution Reaction Cathodes, *Mater. Lett.*, 59, 3968-3972.
- Helmenstine, A.M., 2009, Why is Stainless Steel, <http://chemistry.about.com/cs/metalsandalloy/a/aa071201a.htm>, 23-02-2009, diakses 15 Januari 2010.
- Highfield, J.G., Claude, E. dan Oguro, K., 1999, Electrocatalytic Synergism in Ni/Mo Cathodes for Hydrogen Evolution in Acid Medium: A New Model, *Electrochim. Acta*, 44, 2805-2814.
- Isana S.Y.L, 2007, Variasi Suhu dan Waktu Sel Elektrolisis Berbagai Merk Minuman dengan Elektroda Karbon, *Laporan Penelitian*, DIPA UNY, UNY, Yogyakarta.
- Isana SYL, 2008, Elektrolisis Berbagai Merk Minuman. *Prosiding*, Seminar Nasional, Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Isana SYL, 2010, Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda *Stainless Steel*, *Prosiding*, Seminar Nasional, Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Jayalakshmi, M., Puspitasari, I., Kwang-Deog Jung dan Oh-Shim Joo, 2008, Effect of Different Substrates on the Electrochemical Behavior of Ni-Mo-Fe-Co-S Composite Film in Alkali Solutions, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 3, 787 – 796.
- Jayalakshmi, M., Woo-Young Kim, Kwang-Deog Jung dan Oh-Shim Joo, 2008, Electrochemical Characterization of Ni-Mo-Fe Composite Film in Alkali Solution, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 3, 908 – 917.
- Jiang, T. dan Brisard, G.M., 2007, Determination of The Kinetic Parameters of Oxygen Reduction on Copper Using a Rotating Ring Single Crystal Disk Assembly (RRD<sub>Cu(h k l)E</sub>), *Electrochim. Acta*, 52, 4487-4496.
- Kelber, J., Rudenja, S. dan Bjelkevig, C., 2006, Electrodeposition of Copper on Ru(0 0 0 1) in Sulfuric Acid Solution: Growth Kinetics and Nucleation Behavior, *Electrochim. Acta*, 51, 3086-3090.
- Ke-Qiang Ding, 2010, Cyclic Voltammetrically Prepared Copper-Decorated MnO<sub>2</sub> and its Electrocatalysis for Oxygen Reduction Reaction, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 5, 72 – 87.
- Kubisztal, J. dan Budniok, A., 2006, Electrolytical Production of Ni + Mo + Si Composite Coatings with Enhanced Content of Si, *Appl. Surface Sci.* 252, 8605-8610.



- Kubisztal, J., Budniok, A. dan Lasia, A., 2007, Study of The Hydrogen Evolution Reaction on Nickel-Based Composite Coatings Containing Molybdenum Powder, *Int. J. Hydrogen Energy*, 32, 1211-1218.
- Lu, Y., Xu, H., Wang, J. dan Kong, X., 2009, Oxygen Reduction Mechanism on Copper in a 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, *Electrochim. Acta*, 54, 3972-3978.
- Mao, L., Zhang, D., Sotomura, T., Nakatsu, K., Koshiha, N. dan Ohsaka, T., 2003, Mechanistic Study of The Reduction of Oxygen in Air Electrode with Manganese Oxides as Electrocatalysts, *Electrochim. Acta*, 48, 1015-1021.
- Navarro-Flores, E. dan Omanovic, S., 2005, Hydrogen Evolution on Nickel Incorporated in Three-Dimensional Conducting Polymer Layers, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 242, 182-194.
- Olivares-Ramirez, J.M., Campos-Cornelio, M.L., Uribe Godinez, J., Borja-Arco, E. dan Castellanos, R.H. 2007, Studies on the Hydrogen Evolution reaction on Different Stainless, *Int. J. Hydrogen Energy*, 32, 3170-3173.
- Raj, I.A., 1992, Transition Metal-Based Cathodes for Hydrogen Evolution in Alkaline Solution: Electrocatalysis on Nickel-Based Ternary Electrolytic Codeposits, *J. Appl. Electrochem.*, 22, 471-477.
- Raj, I.A. dan Vasu, K.I., 1990. Transition Metal-Based Hydrogen Electrodes in Alkaline Solution - Electrocatalysis on Nickel Based Binary Alloy Coatings, *J. Appl. Electrochem.*, 20, 32-38.
- Sanches, L.S., Domingues, S.H., Marino, C.E.B. dan Mascaro, L.H., 2004, Characterisation of Electrochemically Deposited Ni–Mo Alloy Coatings, *Electrochem. Commun.* 6, 543-548.
- Shaaban, A.H. dan Dobyne, E.K., 1999, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.:5,879,522.
- Shao, M.H., Sasaki, K. dan Adzic, R.R., 2006, Pd–Fe Nanoparticles as Electrocatalysts for Oxygen Reduction, *J. Am. Chem. Soc.* 128, 3526-3527.
- Shepard, G.A. dan Mould, R.J., 1972, *Anodic Treatment for Stainless Steel*, United States Patent No.: 3,642,586.
- Yang, J. dan Xu, J. J., 2003, Nanoporous Amorphous Manganese Oxide as Electrocatalyst for Oxygen Reduction in Alkaline Solutions, *Electrochem. Commun.*, 5, 306-311.
- Zhang, Y., Cao, X., Yuan, H., Zhang, W. dan Zhou, Z., 1999, Oxygen Evolution Reaction on Ni Hydroxide Film Electrode Containing Various Content of Co, *Int. J. Hydrogen Energy*, 24, 529-536.

Zoltowski, P., Drazic, D.M. dan Vorkapic, L., 1973, Carbon-Air Electrode with Regenerative Short Time Overload Capacity: Part 1. Effect of Manganese Dioxide, *J. Appl. Electrochem.* 3, 271-283.