

**VOLTAMOGRAM SIKLIK ELEKTRODA TERNER Fe-Co-Ni/ STAINLESS STEEL  
PADA ELEKTROLISIS AIR DALAM SUASANA BASA  
(VOLTAMMOGRAM OF TERNARY ELECTRODE OF STAINLESS STEEL/Fe-Co-Ni ON  
WATER ELECTROLYSIS IN BASE CONDITION)**

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**

Pada penelitian ini telah dilakukan *coating* logam terner Fe, Co dan Ni pada substrat *stainless steel* dengan berbagai komposisi secara voltametrik linear dengan menggunakan elektroda kerja *stainless steel*, elektroda referensi Ag/AgCl dan elektroda bantu platinum untuk preparasi elektroda elektrokatalis Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*. Karakterisasi *stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* dilakukan dengan SEM dan GSA. Aplikasi elektroda *stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* dilakukan untuk elektrolisis air dalam suasana basa dengan penambahan NaHCO<sub>3</sub> sebanyak 5 gram per liter air, dengan metoda voltametri siklik.

*Coating* logam terner Fe, Co dan Ni pada substrat *stainless steel* telah berhasil dilakukan dengan cara elektrodeposisi secara voltametri. Elektroda Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* mampu memperbaiki sifat *stainless steel* dan memungkinkan untuk digunakan sebagai elektroda elektrokatalis pada elektrolisis air dalam suasana basa. Elektroda Fe1-Co-Ni/*stainless steel* memiliki aktivitas katalitik relatif paling baik pada elektrolisis air dalam suasana basa.

---

*Kata kunci: stainless steel, coating, elektroda elektrokatalis, Fe1-5-Co-Ni/stainless steel*

**ABSTRACT**

The coating of ternary metals of Fe, Co, and Ni into stainless substrate had been conducted at different composition by linear voltammetry with stainless steel as the working electrode, Ag/AgCl as the reference electrode, and platinum as an auxiliary electrode on electrocatalytic electrode preparation of Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*. The characterization of stainless steel and Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* had been conducted by Scanning Electron Microscopy and GSA. The application of stainless steel and Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* electrode was to produce hydrogen gas on water electrolysis process in alkaline condition with 5 gram/L NaHCO<sub>3</sub> addition using cyclic voltammetry method.

The research had been successfully coated ternary metals Fe, Co, and Ni on stainless steel substrate with electro deposition method using voltammetry. The electrode of Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* was able to enhance the properties of stainless steel, so it is possible to apply the electrode on water electrolysis on alkaline condition. The electrode of Fe1-Co-Ni/*stainless steel* had relatively the best catalytic activity on water electrolysis in alkaline condition.

---

Key words: stainless steel, coating, electrocatalyst electrode, Fe1-5-Co-Ni/stainless steel

## PENDAHULUAN

Elektrolisis air menghasilkan gas hidrogen dan oksigen dengan perbandingan 2:1, dapat dimanfaatkan sebagai sumber hidrogen, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan, hanya saja proses elektrolisis air tanpa adanya elektrolit sangat lambat atau memiliki efisiensi relatif sangat kecil. Oleh karena itu perlu diupayakan berbagai cara untuk meningkatkan efisiensinya (Arul Raj dan Vasu, 1990, Basseguy, dkk., 2009, Bianchi, Guerrini dan Trasatti, 2005, de Nora, de Nora dan Spaziante, 1977, de Nora dan Spaziante, 1986, Godinho, dkk., 2002, Highfield, Claude dan Oguro, 1999, Isana, 2007, Isana, 2008, Isana, 2010, Olivares-Ramirez, 2007, Shaaban dan Dobyne, 1999).

Perilaku elektrolisis dapat dipelajari secara voltametri, salah satunya dengan voltametri siklik, dengan mengukur variasi arus, potensial dan waktu, dengan menggunakan tiga macam elektroda, yakni elektroda kerja, referensi dan kontra (bantu) (Ke-Qiang Ding, 2010, Salgado, dkk., 2001). Pada penelitian ini dipelajari elektrolisis air dalam suasana basa dengan menggunakan elektroda kerja *stainless steel* dan Fe-Co-Ni/*stainless steel* secara voltametri, dengan mempelajari voltamogram siklik elektroda tersebut.

## METODE PENELITIAN

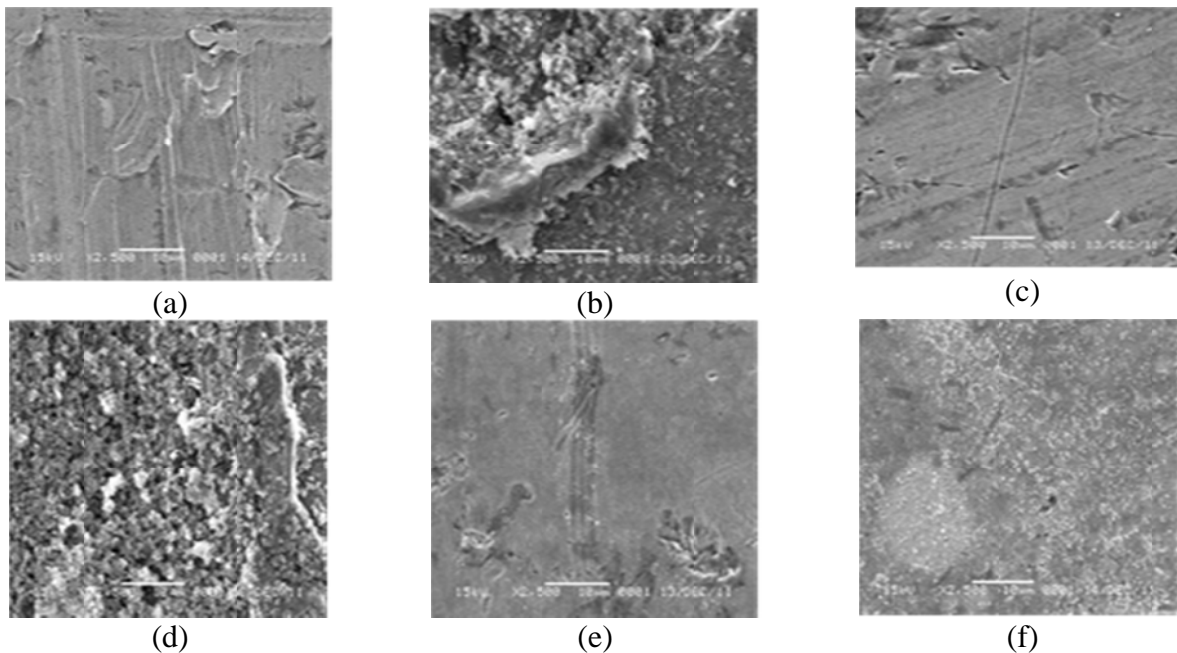
Bahan yang digunakan meliputi logam *stainless steel* S-430, ketebalan 1,2 mm; lebar 3 mm; dan panjang 110 mm, NaHCO<sub>3</sub>, akuades, elektroda platinum dan elektroda Ag/AgCl, asam nitrat, aseton, NaHCO<sub>3</sub> p.a, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O p.a, CoSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O p.a, NiSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O p.a, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, sakarin, NaCl, NH<sub>4</sub>Cl dan akuades. Alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, tabung elektrolisis, voltameter eDAQ EChem produk Australia, SEM (*Scanning Electron Micrographs*) tipe Jeol jsm-6063 La buatan Jepang dan GSA (*Gas Sorption Analyzer*) tipe Quantachrome NovaWin2 GSA.

Karakterisasi *stainless steel* dan Fe-Co-Ni/*stainless steel* dilakukan dengan SEM dan GSA. Elektrolisis air dilakukan secara voltametri, dalam suasana basa, yakni dengan penambahan 5 gram NaHCO<sub>3</sub> dalam 1 liter air; dengan laju penyapuan 100 mV/sekon. Elektroda yang digunakan adalah *stainless steel* dan Fe-Co-Ni/*stainless steel* sebagai elektroda kerja, platinum sebagai elektroda kontra dan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Kondisi optimum elektrolisis air dalam kondisi basa ditentukan dengan membandingkan puncak katodik voltamogram siklik dari enam macam elektroda, yakni elektroda *stainless steel*, Fe-Co-

Ni/*stainless steel*, Fe2-Co-Ni/*stainless steel*, Fe3-Co-Ni/*stainless steel*, Fe4-Co-Ni/*stainless steel* dan Fe5-Co-Ni/*stainless steel*. Puncak katodik yang relatif tinggi menunjukkan bahwa proses reduksi  $H^+$  menjadi gas hidrogen relatif lebih efektif.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

*Coating* logam terner Fe-Co-Ni pada substrat *stainless steel* dilakukan dalam lima variasi komposisi, yakni Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*, dengan komposisi mol Fe:Co:Ni masing-masing sebesar 1:1:1, 1,2:1:1, 1,4:1:1, 1,6:1:1 dan 1,8:1:1. Foto SEM *stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* ditunjukkan Gambar 1. Berdasarkan data GSA ditentukan secara berturut-turut luas muka spesifik, volume pori total dan jejari pori *stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* dengan metoda BJH (Barrett, Joyner dan Halenda) dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan foto SEM dan data GSA menunjukkan bahwa *coating* logam terner Fe, Co dan Ni pada substrat *stainless steel* secara voltametri telah berhasil dilakukan, karena foto SEM yang berbeda sebelum dan sesudah *coating*. Setelah *coating* terdapat bercak-bercak yang menunjukkan adanya partikel yang menempel pada substrat. Hal ini diperjelas dengan data GSA yang menunjukkan luas muka spesifik yang berbeda.



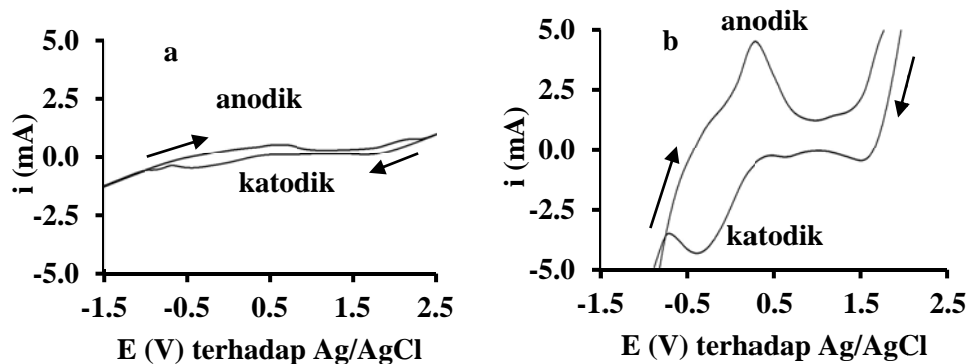
Gambar 1 Foto SEM (a) *stainless steel* dan (b-f) Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*

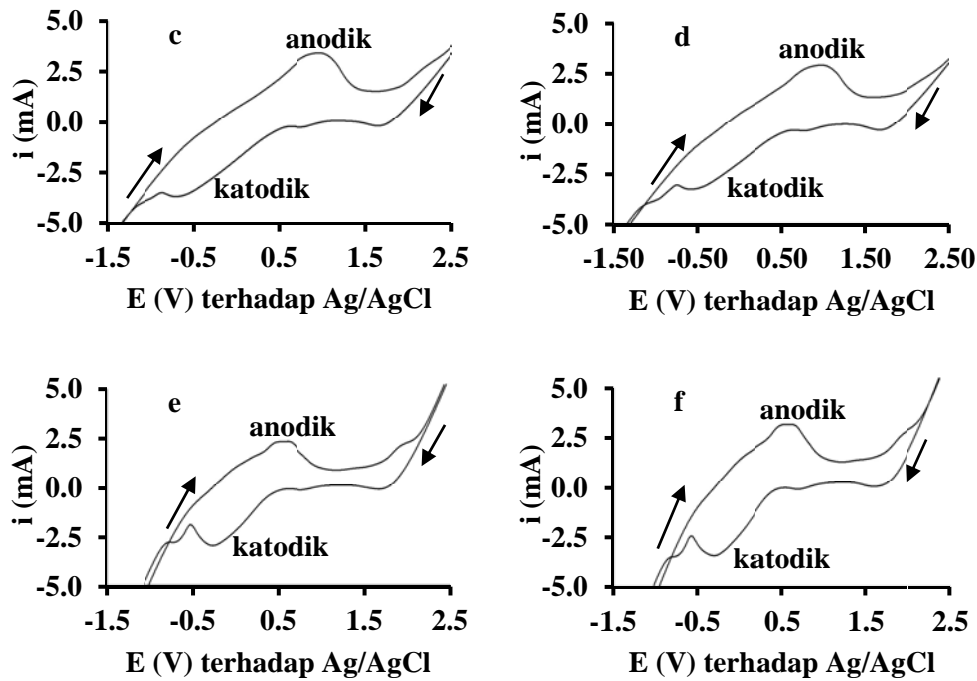
Tabel 1. Luas muka spesifik, volume pori total dan jejari pori *stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*

No	Sampel	Luas muka spesifik (m <sup>2</sup> /g)	Volum pori total (cc/g)	Jejari pori (Å)
1	<i>Stainless steel</i>	6,628	0,0106	15,318
2	<i>Stainless steel</i> /Fe1-Co-Ni	6,970	0,0112	15,331
3	<i>Stainless steel</i> /Fe2-Co-Ni	6,703	0,0117	15,349
4	<i>Stainless steel</i> /Fe3-Co-Ni	10,759	0,017	15,331
5	<i>Stainless steel</i> /Fe4-Co-Ni	6,691	0,0108	15,338
6	<i>Stainless steel</i> /Fe5-Co-Ni	9,150	0,0145	15,327

Berdasarkan voltamogram siklik yang diperoleh dari enam macam elektroda (Gambar 2a-f), dapat dipahami bahwa secara umum elektroda Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* relatif lebih baik dibandingkan *stainless steel*. Hal ini ditunjukkan oleh puncak arus katodik yang relatif lebih tinggi. Puncak arus katodik menunjukkan banyak H<sup>+</sup> yang teradsorpsi dan tereduksi pada permukaan elektroda membentuk gas hidrogen.

Berdasarkan voltamogram siklik dari enam macam elektroda (*stainless steel* dan Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel*), kondisi optimum elektrolisis air dalam suasana basa dicapai bila menggunakan elektroda Fe1-Co-Ni/*stainless steel*. Hal ini ditunjukkan oleh puncak arus katodik yang relatif paling tinggi (Gambar 2b). Gambar 2b menunjukkan bahwa adsorpsi ion H<sup>+</sup> dan desorpsi molekul H<sub>2</sub> relatif lebih tinggi dibandingkan Gambar 2a,c-f.





Gambar 2 Voltamogram siklik elektroda (a) *stainless steel* dan (b-f) Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* dalam suasana basa 0 gram, 1 gram, (c) 2 gram, (d) 3 gram, (e) 4 gram, (f) 5 gram, (g) 6 gram, (h) 7 gram, (i) 8 gram dan (j) 9 gram per liter air

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data voltametri dan SEM-EDAX dapat diketahui bahwa *coating* logam terner Fe, Co dan Ni pada substrat *stainless steel* telah berhasil dilakukan dengan cara elektrodeposisi secara voltametri linear dan dapat diketahui bahwa elektroda Fe1-5-Co-Ni/*stainless steel* mampu memperbaiki sifat *stainless steel* dan memungkinkan untuk digunakan sebagai elektroda elektrokatalis pada elektrolisis air dalam suasana basa. Elektroda elektrokatalis Fe1-Co-Ni/*stainless steel* (dengan kadar Fe, Co dan Ni masing-masing sebesar 57,09%, 0,22% dan 0,74%) ternyata memiliki aktivitas katalitik relatif paling baik pada elektrolisis air dalam suasana basa.

## DAFTAR PUSTAKA

Arul Raj, I.A. dan Vasu, K.I., 1990, Characterization of Electrolytic MnO<sub>2</sub>-based Oxygen Electrodes for Alkaline Water Electrolyser / Fuel Cell Reactions, *J. Appl. Electrochem*, 20, 3.

- Basseguy, R., Alain Bergel, Serge Da Silva, Leonardo De Silva Munoz, Damien Feron dan Marc Roy, 2009, *Water Electrolysis Device*, United States Patent Application Publication, No.:US 2009/0294282 A1.
- Bianchi, I., Guerrini, E. dan Trasatti, S., 2005, Electrocatalytic Activation of Ni for H<sub>2</sub> Evolution by Spontaneous Deposition of Ru, *Chemical Physics*, 319, 192–199.
- 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.
- 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 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Spinel Oxide Electrode, *Electrochim. Acta*, 47, 4307-4314.
- 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.
- 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.
- 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.
- Salgado, J.R.C., Andrade 1, M.H.S., Silva, J.C.P., Tonholo, J., 2001, A voltammetric study of a- and b-hydroxides over nickel alloys, *Electrochimica Acta* 47 (2002) 1997\_ 2004
- Shaaban, A.H. dan Dobyne, E.K., 1999, *Electrolysis Cells*, United States Patent No.:5,879,522.