PRODUKSI GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN ELEKTRODA STAINLESS STEEL/Fe-Co-Ni DENGAN MEDIA TEPUNG BIJI RAMBUTAN (Nephelium lappaceum l.)

HYDROGEN GAS PRODUCTION USING STAINLESS STEEL/Fe-Co-Ni WITH RAMBUTAN SEEDS FLOUR (Nephelium lappaceum l.) MEDIA

Abdurrohman Afief, Isana SYL

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

E-mail: afief@ymail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui aktivitas elektroda SS dan SS/Fe-Co-Ni sebagai elektroda kerja pada produksi gas hidrogen secara elektrolisis air dengan modifikasi media elektrolisis menggunakan tepung biji rambutan. Subjek penelitian adalah elektroda SS/Fe-Co-Ni, objeknya adalah aktivitas elektroda SS dan SS/Fe-Co-Ni, dan efisiensi produksi gas hidrogen. Elektroda SS/Fe-Co-Ni dibuat dengan melakukan elektrodeposisi logam Fe, Co, dan Ni terhadap substrat logam SS. Metode elektrolisis secara voltametri siklik. Modifikasi media elektrolisis dengan penambahan tepung biji rambutan dengan variasi massa: 0-10 gram. Karakterisasi permukaan elektroda SS/Fe-Co-Ni menggunakan SEM dan XRD. Data kuantitatif diperoleh dari voltameter eDAQ Echem dan EDX. Kondisi optimum untuk proses elektrolisis diperoleh berdasarkan efisiensi produk dan efisiensi energi. Penggunaan media tepung biji rambutan memberikan hasil yang kurang baik dibandingkan pada elektrolisis tanpa tepung biji rambutan. Penambahan tepung biji rambutan mengakibatkan covering pada permukaan elektroda sehingga menghambat aktivitas elektroda. Kondisi optimum elektroda SS dan SS/Fe-Co-Ni terjadi pada penambahan 0 gram tepung biji rambutan. Elektroda SS/Fe-Co-Ni memberikan hasil yang lebih baik daripada elektroda SS. Produksi gas hidrogen SS/Fe-Co-Ni 64% lebih besar dibandingkan elektroda SS. Rata-rata overpotential reaksi elektroda SS/Fe-Co-Ni lebih kecil daripada SS.

Kata kunci: elektroda *SS*/Fe-Co-Ni, elektrolisis, produksi gas hidrogen, tepung biji rambutan, voltametri siklik

Abstract

The objective of this research is to know the activity of SS and SS/Fe-Co-Ni electrode as work electrode on hydrogen gas production by electrolysis water by modification of electrolysis media using rambutan seed flour. Research subjects are SS/Fe-Co-Ni electrodes, the objects are SS and SS/Fe-Co-Ni electrode activities, and the efficiency of hydrogen gas production. The SS/Fe-Co-Ni electrode is made by electrodeposition of Fe, Co, and Ni metal to the SS metal substrate. Electrolysis method by cyclic voltammetry. Modification of electrolysis media with the addition of rambutan seed meal with mass variation: 0-10 gram. Characterization of SS/Fe-Co-Ni electrode surfaces using SEM and XRD. Quantitative data were obtained from the EDX and eDAQ Echem voltameters. The optimum conditions for the electrolysis process are obtained based on product efficiency and energy efficiency. The use of rambutan seed flour medium yielded poor results compared to rambutan seedless electrolysis. The addition of rambutan seed flour causes covering on the electrode surface thus inhibiting the activity of the electrode. The optimum conditions of SS and SS / Fe-Co-Ni electrodes occurred in the addition of 0 grams of rambutan seed meal. The SS/Fe-Co-Ni electrode provides better results than the SS electrode. The production of SS/Fe-Co-Ni hydrogen gas is 64% larger than the SS electrode. Average overpotential reaction of SS/Fe-Co-Ni electrode is smaller than SS.

PENDAHULUAN

Energi yang sangat diperlukan oleh seluruh makhluk hidup. Energi menjadi syarat dapat berlangsungnya kehidupan karena energi menjadi penopang segala aktivitas makhluk hidup. Energi bahan bakar merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan bagi kehidupan Energi bahan bakar dapat manusia. diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya berasal dari batu bara dan minyak bumi. Minyak bumi menopang mayoritas kebutuhan energi bahan bakar karena hasil pengolahannya yang beragam dapat dimanfaatkan bagi kebutuhan manusia khususnya transportasi. Besarnya peran minyak bumi menjadikan minyak bumi sering disebut sebagai 'emas hitam' karena warnanya gelap namun memiliki nilai jual yang tinggi.

Produksi minyak bumi di Indonesia dari tahun 1965 hingga 1977 terus meningkat karena pada saat tersebut merupakan masa pembukaan kilang minyak di Indonesia. Produksi minyak bumi di Indonesia mengalami fluktuasi yang stabil dan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi minyak bumi hingga tahun 2004. Di sisi lain konsumsi dan kebutuhan minyak bumi terus meningkat semakin karena banyaknya iumlah kendaraan bermotor, dan kebutuhan hidup lain seperti listrik dan industri. Mulai tahun 2004 produksi minyak bumi di mampu Indonesia tidak mencukupi kebutuhan konsumsi minyak bumi di Indonesia. Dengan kata lain pemenuhan kebutuhan minyak bumi diperoleh secara impor dari luar negeri.

Besarnya ketergantungan manusia terhadap ketersediaan minyak bumi perlu dikurangi. Mazloomi (2012), telah melakukan berbagai penelitian untuk memperoleh solusi pada permasalahan ini

dengan menawarkan penggunaan bahan bakar terbarukan. Penelitian mengenai energi terbarukan kini yang dikembangkan adalah pemanfaatan bahan bakar hidrogen (Hydrogen Fuel Cell). Gas hidrogen (H₂) merupakan gas yang memiliki kelimpahan paling besar yaitu 75% penyusun alam semesta dan hampir 90% membentuk unsur di alam. Gas hidrogen sedikit ditemukan di atmosfer bumi karena apabila memasuki atmosfer dalam bentuk gas maka akan berbenturan dengan unsur lain dan akan terlempar kembali keluar atmosfer bumi. Di bumi hidrogen bersenyawa dengan oksigen membentuk senyawa H₂O yang sering disebut dengan air. Pembakaran gas hidrogen menghasilkan energi yang cukup besar.

Menurut Vanags (2012), hidrogen tidak tersedia di bumi dalam keadaan bebas melainkan diproduksi secara industri sehingga harga akhir dari gas hidrogen ditentukan melalui proses produksi yang digunakan. Inilah alasan penelitian tentang ekektrolisis air menjadi sangat penting. Gas hidrogen (H₂) dapat diperoleh salah satunya dengan metode elektrolisis air. Gas hidrogen (H2) dapat dipisahkan dari molekul air dengan cara memasukkan arus listrik dengan besaran yang sesuai sehingga gas oksigen dan hidrogen akan dapat dipisahkan.

Logam stainless steel memiliki daya tahan terhadap korosi yang cukup baik karena adanya kandungan kromium yang dapat menghambat interaksi dengan oksigen membentuk kromium oksida (CrO) sehingga menghambat korosi. Kelemahan ketika menggunakan logam stainless steel adalah rendahnya aktifitas sebagai katalis terhadap adsorpsi atau Modifikasi H^+ . desorpsi ion pada elektroda berupa penambahan logamlogam yang bersifat katalitik seperti Fe, Co, dan Ni. Penggunaan logam Fe, Co, dan Ni sebagai tambahan pada elektroda stainless steel karena adanya kemiripan sifat. ukuran, dan mudah ditemui. Penempelan logam Fe, Co, dan Ni tersebut dilakukan dengan metode elektrodeposisi. Modifikasi pada media elektrolisis yaitu dengan air menambahkan tepung rambutan biji (Nephelium lappaceum l.). Penggunaan biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) sebagai media elektrolisis air bertujuan untuk mengetahui aktivitas katalitik elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dalam media tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.).

METODE PENELITIAN Subjek dan Objek Penelitian

- Subjek dalam penelitian ini adalah elektroda *stainless steel*/Fe-Co-Ni
- Objek dalam penelitian ini adalah aktivitas elektrode *stainless steel* dan *stainless steel*/Fe-Co-Ni serta efisiensi produksi gas H₂ dari elektrolisis air dengan media tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.).

Variabel Penelitian Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi massa tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) dalam media elektolisis air dan elektroda kerja yang digunakan pada elektrolisis air.

Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini terdiri dari efisiensi produksi gas hidrogen dan efisiensi energi yang dihasilkan dari elektrolisis air.

Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah *scan rate* pada proses elektrolisis yaitu sebesar 50mV/s

Metode Elektrolisis

Elektrolisis H₂O dilakukan untuk memecah molekul H₂O menjadi gas oksigen (O₂) dan gas hidrogen (H₂). Elektrolisis dilakukan dengan menggunakan instrumen eDAQ EChems dengan elektroda kontra Pt, elektroda referensi Ag/AgCl, serta elektroda kerja stainless steel dan stainless steel/Fe-Co-Ni. Elektrolisis dilakukan dalam suasana basa dengan media biji tepung rambutan(Nephelium *l*.). lappaceum Elektrolit pendukung menggunakan NaHCO₃ sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 1 liter air. Variasi masa tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) yang diterapkan dalam penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Nama Sampel Berdasarkan Massa Tepung yang Ditambahkan

2100111001111011			
Nomor	NaHCO ₃	Massa Tepung	Kode
11011101		Biji Rambutan	Sampel
1		0 gram	Sampel 1
2		1 gram	Sampel 2
3		2 gram	Sampel 3
4		3 gram	Sampel 4
5		4 gram	Sampel 5
6	5 gram	5 gram	Sampel 6
7		6 gram	Sampel 7
8		7 gram	Sampel 8
9		8 gram	Sampel 9
10		9 gram	Sampel 10
11		10 gram	Sampel 11

Teknik Pengambilan Data Data kualitatif

Data kualitatif diperoleh dari analisis data hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDX dan XRD. Data hasil karakterisasi menggunakan XRD dan SEM-EDX adalah untuk menentukan keberhasilan proses elektrodeposisi elektroda *stainless steel*/Fe-Co-Ni berdasarkan karakterisasi pada permukaan elektroda.

Data kuantitatif

Data kuantitatif didapatkan dari analisis data hasil karakterisasi menggunakan eDAQ EChem dan SEM-EDX. Efisiensi produk diperoleh dengan membandingkan produk pada elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dan stainless steel. Efisiensi produk hidrogen gas ditentukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\varepsilon = \frac{ic \, SS / Fe - Co - Ni}{ic \, SS} \, x \, 100\% \dots (1)$$

dengan ε dan i_c masing-masing adalah efisiensi produk hidrogen dan puncak arus katoda. ε dan i_c diperoleh dari kurva voltamogram siklik menggunakan instrumen eDAQ EChem. ε ditentukan untuk tiap sampel.

Selain efisiensi produk, ditinjau juga efisiensi energi, dengan menggunakan persamaan (2).

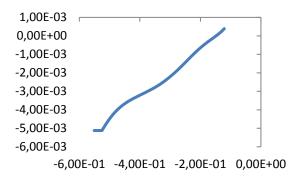
$$\Delta V = (V_{eksperimen} - V_{teori})$$
(2)

 $V_{eksperimen}$ diperoleh berdasarkan energi yang dibutuhkan untuk elektrolisis dan diketahui melalui puncak arus katodik. V_{teori} produksi gas hidrogen secara elektrolisis air adalah ($E^o\ H_2O/H_2 = -0.828\ Volt$). Hasil perhitungan menggunakan persamaan (2) diperoleh nilai *overpotential* proses elektrolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN Elektrodeposisi Logam Fe-Co-Ni pada Elektroda stainless steel

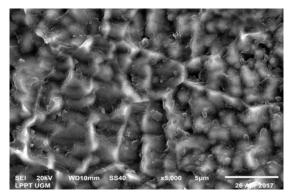
Elektrodeposisi secara voltametri linear dilakukan dengan elektroda kerja *stainless steel*, elektroda kontra Pt, dan elektroda referensi Ag/AgCl. Sumber logam Fe, Co, dan Ni masing-masing

diperoleh dari larutan FeSO₄.7H₂O p.a, Co(NO₃)₂.6H₂O p.a, dan NiSO₄.6H₂O p.a. Untuk memudahkan penempelan logam Fe-Co-Ni digunakan katalis H_3BO_3 , sakarin. NH₄Cl. dan NaCl. Elektrodeposisi dilakukan menggunakan instrumentasi eDAQ EChems dengan scan 50 mV/sselama 600s. Hasil rate ditentukan elektrodeposisi keberhasilannya menggunakan voltameter eDAQ EChem secara voltametri linear, karakterisasi SEM-EDX dan XRD.



Gambar 1. Grafik Voltamogram Linear Elektrodeposisi Ion Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺

Gambar 1 merupakan kurva voltamogram linear dari proses elektrodeposisi logam Fe, Co, dan Ni terhadap elektroda stainless steel. Pengendapan logam tersebut ditandai dengan puncak-puncak kurva voltamogram yang menunjukkan terjadinya reduksi ion logam menjadi padatan logam yang menempel pada stainless steel. Keberadaan puncak arus katodik pada voltamogram tersebut menunjukkan adanya reduksi logam Fe, Co, Ni pada permukaan logam stainless steel, sehingga elektroda stanless steel/Fe-Co-Ni telah berhasil dibuat. Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui harga potensial elektrode $Fe^{2+}(aq)/Fe(s)$; $Co^{2+}(aq)/Co(s)$; dan $Ni^{2+}(aq)/Ni(s)$ adalah: -0,45 Volt; -0,38Volt; dan -0,34Volt. Harga tersebut berbeda dibandingkan data Eo_{red} yang diperoleh secara teori. Perbedaan tersebut dikarenakan selama proses elektrodeposisi tidak dilakukan pengadukan sehingga terbentuk gas hidrogen.



Gambar 2. Hasil Karakterisasi SEM Elektroda *Stainless Steel*/Fe-Co-Ni

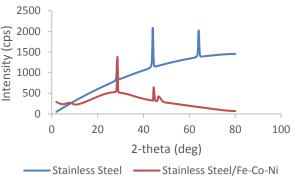
Gambar 2 menunjukkan tekstur permukaan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni menggunakan instrumentasi SEM dengan perbesaran 5000 kali. gambar tersebut dapat dilihat adanya bercak-bercak yang menempel logam. Bercak yang terdapat pada logam tersebut menunjukkan logam Fe, Co, Ni yang telah berhasil di coating secara elektrodeposisi terhadap logam stainless Berdasarkan hasil karakterisasi steel. SEM-EDX diketahui komposisi logam Fe; Co; Ni yang tedapat dalam elektroda adalah 50,34 % Fe; 0,14% Co; dan 0,17% Ni.

Hasil karakterisasi SEM-EDX pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Isana (2012) yaitu terjadi peningkatan jumlah logam Co dan Ni pada elektroda *stainless steel*/Fe-Co-Ni. Perbedaan kandungan logam Fe-Co-Ni pada elektroda sebelum dan setelah dilakukan *coating* dan dibandingkan dengan penelitian Isana (2012) ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan data Tabel 2, dapat disimpulkan proses elektrodeposisi berhasil karena terjadi peningkatan kadar Co dan Ni dalam elektroda *stainless* steel/Fe-Co-Ni. Adapun penurunan kadar Fe yang terdeteksi oleh EDX dikarenakan penempelan logam Co dan Ni dalam elektroda mengakibatkan permukaan Fe yang terdeteksi oleh SEM-EDX menjadi lebih kecil sehingga data kadar logam Fe yang ditunjukkan menjadi lebih kecil.

Tabel 2. Kandungan Logam Pada *Stainless Steel* dan *Stainless Steel*/Fe-Co-Ni

	Stainless steel	Stainless steel/Fe-Co-Ni	Stainless steel/Fe-Co-Ni (Isana, 2012)
Fe	80,11%	50,34 %	57,09%
Co	0,05%	0,14 %	0,22%
Ni	0,00%	0,17%	0,74%



Gambar 3. Karakterisasi XRD Terhadap SS dan SS/Fe-Co-Ni

Karakterisasi terhadap elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dilakukan setelah coating terhadap elektroda stainless steel dengan logam Fe, Co, dan Karakterisasi terhadap stainless steel/Fe-Co-Ni diharapkan memiliki grafik yang berbeda dibandingkan grafik elektroda stainless steel sehingga dapat diketahui berhasil atau tidaknya coating yang dilakukan. Berdasarkan Gambar 3, terlihat perbedaan jumlah puncak dan posisi puncak yang terbentuk pada grafik karakterisasi. hasil Hal tersebut mengindikasikan adanya perbedaan kristalinitas pada elektroda stainless steel dan stainless steel/Fe-Co-Ni.

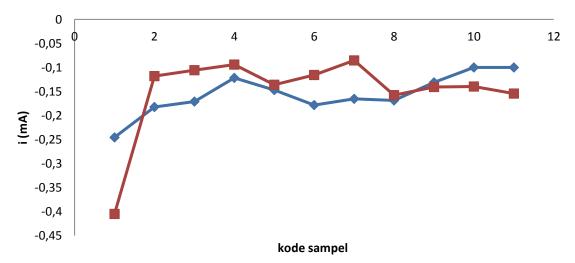
Hasil elektrolisis secara voltametri siklik berupa kurva voltamogram. Pada kurva voltamogram terdapat puncakpuncak sehingga berdasarkan puncak tersebut dapat diketahui jumlah hidrogen yang dihasilkan dan energi yang diperlukan untuk menghasilkan gas hidrogen dengan jumlah paling banyak. Jumlah hidrogen yang dihasilkan ditunjukkan oleh puncak arus katodik (i_c). elektrolisis air menggunakan elektroda stainless steel dan stainless steel/Fe-Co-Ni ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Efisiensi Energi dan Arus Katodik Hasil Elektrolisis Menggunakan Elektroda *Stainless Steel* dan *Stainless Steel*/Fe-Co-Ni

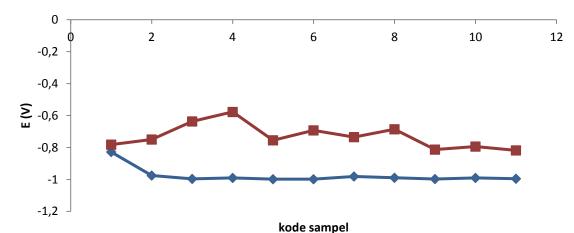
Nama	Elektroda Stainless steel		Elektroda Stainless steel/Fe-Co-Ni	
Sampel	Energi	ic	Energi	ic
	(Volt)	(mA)	(Volt)	(mA)
Sampel 1	-0,8280	-0,2455	-0,7820	-0,4048
Sampel 2	-0,9750	-0,1825	-0,7500	-0,1182
Sampel 3	-0,9960	-0,1710	-0,6370	-0,1056
Sampel 4	-0,9900	-0,1218	-0,5770	-0,0940
Sampel 5	-0,9980	-0,1470	-0,7550	-0,1360
Sampel 6	-0,9980	-0,1784	-0,6930	-0,1156
Sampel 7	-0,9810	-0,1655	-0,7350	-0,0854
Sampel 8	-0,9890	-0,1687	-0,6860	-0,1577
Sampel 9	-0,9970	-0,1310	-0,8130	-0,1408
Sampel 10	-0,9900	-0,1000	-0,7940	-0,1398
Sampel 11	-0,9950	-0,1000	-0,8180	-0,1545

Efektivitas produksi hidrogen yang dihasilkan ditinjau berdasarkan puncak arus katodik yang terdapat pada kurva voltamogram. Semakin besar nilai puncak arus katodik, menunjukkan makin besar pula hidrogen yang dihasilkan. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan elektroda *stainless steel*/Fe-Co-Ni dilakukan pembandingan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, produksi gas hidrogen paling banyak dihasilkan pada sampel 1 dengan nilai arus katodik -0,4048mA. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan elektrolisis sampel menggunakan elektroda stainless steel dengan peningkatan sebesar 64%. Nilai tersebut menunjukkan aktivitas katalitik elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dapat meningkatkan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan. Gambar 11 menunjukkan adanya tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) menyebabkan penurunan puncak katodik. Berdasarkan penelitian Isana (2015), penggunaan bahan alam memungkinkan terjadinya covering pada permukaan elektroda sehingga proses elektrolisis menjadi lebih lambat dan produk gas hidrogen yang diperoleh mengalami penurunan.



Gambar 4. Arus Katodik Elektroda Stainless Steel dan Stainless Steel/Fe-Co-Ni



Gambar 5. Energi yang Dibutuhkan Untuk Elektrolisis Pada Elektroda *Stainless Steel* dan *Stainless Steel*/Fe-Co-Ni

Tabel 4. Nilai Efisiensi Produk dan Overpotential Pada Proses Elektrolisis

Nama Campal	ic SS /Fe-Co-Ni x 100%	Overpotential	
Nama Sampel	ic SS X 100%	SS	SS/Fe-Co-Ni
Sampel 1	164 %	0	0,046
Sampel 2	64%	-0,147	0,078
Sampel 3	61%	-0,168	0,191
Sampel 4	77%	-0,162	0,251
Sampel 5	92%	-0,17	0,073
Sampel 6	64%	-0,17	0,135
Sampel 7	51%	-0,153	0,093
Sampel 8	93%	-0,161	0,142
Sampel 9	107%	-0,169	0,015
Sampel 10	139%	-0,162	0,034
Sampel 11	154%	-0,167	0,01

Efisiensi energi yang dibutuhkan untuk mencapai produksi hidrogen maksimal menggunakan elektroda stainless steel dan stainless steel/Fe-Co-Ni pada Gambar 5. Berdasarkan energi yang diperlukan untuk mencapai produksi hidrogen maksimum, untuk semua sampel penggunaan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni menunjukkan energi yang lebih rendah dibandingkan pada penggunaan elektroda stainless steel. Penurunan energi yang terjadi menyebabkan penurunan nilai overpotential reaksi. Penurunan overpotential menunjukkan aktivitas katalitik elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni selama proses elektrolisis berlangsung.

Penentuan media elektrolisis yang paling efektif ditinjau dari 2 aspek, yaitu jumlah produk gas hidrogen dihasilkan dan efisiensi energi yang diperlukan. Efektivitas produksi gas hidrogen dapat ditentukan dengan persamaan (1). Penentuan energi yang paling efektif ditunjukkan dengan nilai overpotential. Overpotential digunakan untuk menentukan besarnya produksi gas hidrogen secara kuantitatif yang didasarkan pada besarnya energi yang digunakan. Penentuan nilai overpotential menggunakan persamaan (2). Hasil penentuan efektivitas produksi gas hidrogen dan overpotential ditunjukkan pada Tabel 4.

Efisiensi energi dilihat dari besar kecilnya simpangan yang diperoleh dari potensial teori (E^{o} $H_{2}O/H_{2} = -0.828$ Volt). Overpotential berbanding lurus dengan energi yang dibutuhkan, semakin besar nilai overpotential, semakin besar pula dibutuhkan untuk energi yang menghasilkan gas hidrogen. Rata-rata overpotensial menggunakan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni bernilai lebih rendah dibandingkan menggunakan stainless steel. elektroda Rata-rata overpotential elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni adalah 0,097, sedangkan elektroda stainless steel sebesar 0,148. Hal tersebut dikarenakan sifat katalitik yang dimiliki elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni lebih baik dibandingkan elektroda stainless steel.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat elektrolisis menggunakan kondisi elektroda stainless steel. Kondisi paling baik ditinjau dari segi produk yang dihasilkan adalah pada sampel 1 yaitu -0,2455mA. Kondisi terbaik ditinjau dari efisiensi energi ditunjukkan pada sampel 1, sebesar 0,000 Volt (dari $E^{o} H_{2}O/H_{2} = -$ 0,828 Volt). Dengan demikian pada penggunaan elektroda stainless steel kondisi optimum yang disarankan untuk dilakukan elektrolisis adalah pada sampel 1. Nilai overpotential sampel menunjukkan bahwa penggunaan elektroda stainless steel memberikan hasil

lebih baik dibandingkan dengan elektroda platinum ($\Delta V H_2O/H_2/Pt = 0.03 Volt$).

Berdasarkan Tabel 3, elektrolisis menggunakan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni, kondisi paling baik ditinjau dari segi produk yang dihasilkan adalah pada sampel 1 yaitu -0,4048mA. Produk gas hidrogen tersebut 64% lebih banyak dibandingkan pada elektroda stainless steel. Nilai overpotential yang terjadi sebesar 0,046 Volt (dari E^{o} $H_2O/H_2 = -$ 0,828 Volt). Nilai overpotential terkecil menggunakan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni terjadi pada sampel 11 yaitu 0,010 Volt (dari $E^{o} H_{2}O/H_{2} = -0.828 \text{ Volt}$). Namun produksi gas hidrogen sampel 11 lebih kecil dari sampel 1 yaitu sebesar -0,1545mA. Dengan demikian kondisi optimum untuk elektrolisis air menggunakan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni adalah pada sampel 1. Nilai overpotential sampel 11 menunjukkan bahwa penggunaan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan elektroda platinum ($\Delta V H_2O/H_2/Pt = 0.03 Volt$).

Berdasarkan uraian pembahasan hasil yang diperoleh dari segi energi dan dari segi jumlah gas hidrogen yang dihasilkan, diperoleh 2 keadaan optimum untuk dilakukan elektrolisis. Masingmasing keadaan pada penggunaan elektroda *stainless steel*/Fe-Co/Ni. Adapun kondisi yang dimaksud ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Kondisi Optimum Menggunakan Elektroda *Stainless Steel* dan *Stainless Steel*/Fe-Co-Ni

	Kondisi optimal	
_	Stainless steel	Stainless steel/Fe-Co-Ni
Massa tepung biji rambutan	0 gram	0 gram
Efisiensi produksi hidrogen	100%	164%
Overpotential	0	0,046
Arus Katodic	-0,2455 mA	-0,4048 mA
Energi yang dibutuhkan	-0,8280 Volt	-0,7820 Volt

Data Tabel 5, mengindikasikan bahwa elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan dengan elektroda stainless steel. Hal tersebut terlihat ketika kedua sampel dalam kondisi sama (tanpa media), hasil yang diperoleh sangat jauh berbeda. Dengan penambahan energi 4,6% dapat diperoleh peningkatan jumlah gas hidrogen sebesar 64%. Dengan demikian kondisi optimum produksi gas elektrolisis hidrogen secara elektroda menggunakan stainless steel/Fe-Co-Ni terjadi pada penambahan 0 gram biji rambutan.

Lapisan Fe-Co-Ni pada elektroda stainless steel mampu meningkatkan sifat katalitik elektroda stainless steel, sehinga membutuhkan energi yang relatif lebih sedikit. Elektroda stainless steel/Fe-Coyang memiliki sifat lebih baik dibanding elektroda stainless steel karena adanya perubahan sifat setelah mengalami elektrodeposisi. Perubahan sifat yang berupa peningkatan ketahanan terhadap korosi kapasitas konduktivitasnya. Konduktivitas merupakan kemampuan suatu material menghantarkan arus listrik. Penempelan Fe-Co-Ni logam pada permukaan stainless steel meningkatkan konduktivitas elektroda sehingga dapat menghantarkan aliran listrik dengan lebih baik. Dengan demikian pemecahan molekul H_2O menjadi lebih baik dibanding menggunakan elektroda stainless steel.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang elektrogenerasi gas hidrogen yang dilakukan menggunakan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dalam media tepung biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) maka dapat diperoleh kesimpulan:

Elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni pada media biji rambutan (Nephelium lappaceum l.) memberikan aktivitas lebih baik dibandingkan elektroda stainless steel. Berdasarkan jumlah gas hidrogen dihasilkan, elektroda stainless yang steel/Fe-Co-Ni memberikan hasil lebih besar daripada stainless steel. Efisiensi energi stainless steel/Fe-Co-Ni juga lebih baik dibandingkan stainless steel berdasarkan rata-rata overpotential yang lebih rendah pada penggunaan stainless steel/Fe-Co-Ni. Kondisi optimum diperoleh pada penggunaan elektroda stainless steel/Fe-Co-Ni dengan media tepung biji rambutan 0 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- AK Steel. (2007). 430 Stainless steel.
 West Chester: AK Steel
 Corporation.
- Fahrudin, A. (2015). Pengaruh Jarak Antar Plat pada Generator HHO Model Wet Cell terhadap Debit dan Efisiensi. Jurnal SAINTEK, 12, 37-41Louise, I.S.Y. (2014). Stainless steel/Fe-Co-Ni sebagai Elektro Katalis pada Reaksi Evolusi Hidrogen. Abstrak Disertasi
- Louise, I.S.Y. (2014). Stainless steel/Fe-Co-Ni sebagai Elektro Katalis pada Reaksi Evolusi Hidrogen. Abstrak Disertasi.
- Louise, I.S.Y. (November, 2010).

 Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan
 Elektrode Stainless steel. Makalah
 disajikan dalam Seminar Nasional
 Kimia, di Universitas Negeri
 Yogyakarta.

- Louise, I.S.Y, Dewi, Y., & Heru P.A. (2015). Pemecahan Molekul Air Dengan Media Tepung Umbi Dahlia (Dahlia Pinata). Jurnal Sains Dasar, 2, 173-178.
- Louise, I.S.Y., Wega, T., Agus, K., et al. (2012). Studies on the Hydrogen Evolution Reaction on Fe-Co-Ni/Stainless steel Electrode. *Journal of Applied Chemistry*, 3, 6-10.
- Mahreni,& Ade, I. (2011).
 Pengembangan Teknologi Bersih
 Berbasis Hidrogen Menggunakan
 Sumber Daya Alam Indonesia.
 Makalah disajikan dalam Seminar
 Nasional Teknik Kimia
 "Kejuangan", di FTI UPN "V"
 Yogyakarta.
- Marlina, E., Slamet, W., & Lilis, Y. (2013). Produksi Gas Brown's Gas

- Hasil Elektrolisis H₂O dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4, 53-57
- Vanags, M., Janis, K., & Gunars, B. (2012). Water Electrolysis with Inductive Voltage Pulses. *Journal of Intech*, 2.
- Wahyono, I., Salam, R., Dimyati, et al. (2015).Karakterisasi Struktur Mikro Menggunakan SEM dan XRD pada Ketahanan Korosi Baja Komersial SS430 dan Baja Non Disajikan pada Komersial F1. Nasional ΧI SDM Seminar Teknologi Nuklir, di UPN "V" Yogyakarta.
- Wardhani, S., (2010). Hydrogen. Universitas Brawijaya: FMIPA.