

Produksi Gas Hidrogen Dari Limbah Alumunium

Yusraini Dian Inayati Siregar

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat 15412
yuskimia@gmail.com

Abstrak

Penelitian mengenai produksi gas hidrogen dari limbah alumunium telah dilakukan. Fokus penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah alumunium yang belum termafaatkan secara optimal menjadi gas hidrogen yang dibutuhkan sebagai sumber *fuel cell*, sumber energi yang ramah lingkungan. Penelitian ini diawali dengan mencari katalis (H_2SO_4 , NaOH, KOH dan NaCl), yang optimal untuk produksi gas hidrogen dari limbah *alumunium foil*. Tahap selanjutnya adalah mempelajari pengaruh konsentrasi katalis dan jumlah limbah *alumunium foil* dan limbah alumunium dari kaleng minuman untuk produksi gas hidrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gas hidrogen dapat diproduksi dengan menggunakan limbah *alumunium foil* dan limbah alumunium dari kaleng minuman pada suasana basa (NaOH). Semakin tinggi konsentrasi NaOH, semakin cepat waktu reaksi tetapi produksi gas hidrogennya cenderung tetap. Semakin besar massa limbah *alumunium foil* semakin cepat waktu reaksi dan produksi gas hidrogennya juga semakin besar. Semakin besar massa limbah alumunium kaleng minuman semakin lambat waktu reaksi dan produksi gas hidrogennya semakin besar. Kesimpulannya adalah dari 0,05 gram limbah alumunium (*alumunium foil*) dihasilkan 0,006 gram hidrogen.

Kata Kunci: Alumunium, Gas Hidrogen, *Fuel-Cell*

Abstract

Research on hydrogen production from alumunium waste has been done. The focus of this research is to utilize alumunium waste that has not been used optimally into the gas needed as a source of hydrogen fuel cell, which is environmental friendly energi source. This research was initiated by searching for a catalyst (H_2SO_4 , NaOH, KOH and NaCl), which is probably optimal for the production of hydrogen gas from alumunium foil waste. The next stage is to study the effect of catalyst concentration and the amount of alumunium foil waste as well as alumunium waste beverage cans in the production of hydrogen gas. The results showed that hydrogen gas could be produced by using alumunium foil waste and that aluminum waste from beverage cans by using NaOH catalyst. The higher the concentration of NaOH, the faster the reaction time but the production of hydrogen gas tends to remain. The greater the mass of alumunium foil waste the faster reaction time and hydrogen gas production. On the other hands, the greater the mass of waste alumunium beverage cans the slower reaction times and the greater production of hydrogen gas. It can be concluded that 0,05 gram alumunium foil waste produced 0,006 gram hydrogen.

Key Words: Alumunium, Hydrogen Gas, Fuel-Cell

1. PENDAHULUAN

Krisis energi yang melanda Indonesia dikarenakan karena jumlah penduduk yang semakin meningkat berpengaruh langsung terhadap konsumsi bahan bakar. Energi yang berasal dari fosil termasuk energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga semakin menipis. Di sisi lain, isu lingkungan global yang menuntut tingkat kualitas lingkungan yang lebih baik, mendorong berbagai pakar energi untuk mengembangkan energi yang lebih

ramah lingkungan dan mendukung keamanan pasokan berkesinambungan. Hidrogen sangat dimungkinkan menjadi alternatif bahan bakar masa depan. Proses produksi hidrogen dapat dilakukan secara biologi maupun secara kimiawi. Secara biologi (bioteknologi) adalah teknik pendayagunaan organisme hidup atau bagiannya untuk membuat atau memodifikasi suatu produk dan meningkatkan/ memperbaiki sifat organisme untuk penggunaan dan tujuan khusus seperti untuk pangan, farmasi dan

energi (Miyamoto et al. 1997). Hal ini dilakukan Woodward et al. 2002 dengan memproduksi hidrogen menggunakan enzim melalui jalur fosfat pentosa dan enzim hidrogenase. Produksi hidrogen melalui fermentasi biomasa kayu tropika, hidrolisis gas metana, menggunakan metanol langsung (Liu et al. 2003). Proses fermentasi juga dilakukan Susilaningih et al. 2008 dengan menggunakan limbah biomasa kayu melalui dua langkah fermentasi, yaitu dengan mengkombinasikan konversi monomer hasil hidrolisa limbah biomasa kayu menjadi asam laktat melalui bakteri laktat (*Lactobacillus* sp) dan konversi laktat menjadi hidrogen dengan menggunakan bakteri fotosintetik.

Secara kimiawi dapat melalui elektrolisis seperti yang dilaporkan Salimy & Finahari 2008 dengan melakukan perbandingan produksi hidrogen dengan energi nuklir untuk dua buah teknologi proses produksi hidrogen yaitu proses elektrolisis dan steam reforming. Proses elektrolisis juga dilaporkan juga oleh Domen & Maeda 2006 dengan produksi hidrogen melalui elektrolisis air dengan reaksi fotokatalisis oksinitrida. Produksi hidrogen lain misalnya melalui dekomposisi metanol dengan katalis Pt/Al₂O₃ (Brown & Gulari 2004). Produksi hidrogen melalui dekomposisi metana menggunakan katalis berbasis Ni (Purwanto et al. 2005). Produksi hidrogen berbasis nuklir dilakukan oleh Sriyono 2008 dan Sutarno & Malik 2004 dengan menganalisis efisiensi energi nuklir dan energi listrik pada proses produksi hidrogen dengan elektrolisis air. Produksi hidrogen secara kimiawi yang lain adalah dengan menggunakan alumunium beralkalin untuk dijadikan *fuel cell* alumunium alkalin-udara. *Fuel cell* alumunium alkalin-udara adalah serangkaian anoda alumunium dalam larutan beralkalin dan gas oksigen berada di katoda yang akan menghasilkan energi listrik. *Fuel cell* berbasis alumunium alkalin-udara sangat ramah lingkungan karena produk sampingnya adalah air dan bahan kimia (aluminum oksida (Al₂O₃) dan aluminum hidroksida Al(OH)₃ yang dibutuhkan industri pemurnian air dan industri kertas serta alat-alat elektronik (Kulakov & Ross 2007).

Penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan limbah *alumunium foil* (pembungkus makanan) dan limbah kaleng minuman sebagai sumber dari alumunium

untuk produksi hidrogen. Penelusuran pustaka dan referensi belum ditemukan laporan mengenai pemanfaatan limbah *alumunium foil* dan limbah alumunium dari kaleng minuman untuk produksi gas hidrogen. Untuk itulah dilakukan penelitian produksi gas hidrogen dari limbah *alumunium foil* dengan menggunakan katalis NaOH. Produksi gas hidrogen melalui jalur ini selain memanfaatkan limbah di lingkungan sekitar juga merupakan energi yang mudah dikonversikan menjadi listrik dan bahan bakar, aman untuk lingkungan, karena tidak menyisakan limbah beracun, dan bersih, hanya air dan bahan kimia seperti aluminum hidroksida Al(OH)₃ yang dapat digunakan kembali.

2. METODE PENELITIAN

Optimasi Penggunaan Katalis (suasana asam, basa dan netral) yang digunakan untuk Produksi Hidrogen

Sejumlah katalis (H₂SO₄, NaOH, KOH dan NaCl) dengan konsentrasi masing-masing 3 M sebanyak 25 mL direaksikan dengan limbah aluminium foil seberat 0,01 g. Gas hidrogen yang terbentuk sebanding dengan tekanan yang terukur. Volume tempat reaksi adalah sebesar 130 mL. Waktu yang dibutuhkan untuk proses reaksi tersebut dicatat. Gas hidrogen yang dihasilkan diukur tekanannya dengan *CASSY LAB Version 1.41*.

Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Lamanya Reaksi dan Produksi Hidrogen.

Larutan NaOH dibuat dalam berbagai konsentrasi mulai dari 1M, 2M, 3M, 4M, dan 5M. Kemudian larutan NaOH sebanyak 25 mL masing-masing larutan direaksikan dengan limbah aluminium foil seberat 0,01 g. Gas hidrogen yang terbentuk sebanding dengan tekanan yang terukur. Volume tempat reaksi adalah sebesar 130 mL. Waktu yang dibutuhkan untuk proses reaksi tersebut dicatat. Gas hidrogen yang dihasilkan diukur tekanannya dengan *CASSY LAB Version 1.41*.

Pengaruh Jumlah Alumunium Foil terhadap Lamanya Reaksi dan Produksi Hidrogen.

Larutan NaOH 5 M sebanyak 25 mL masing-masing direaksikan dengan limbah aluminium foil sebesar 0,01 , 0,02 , 0,03 , 0,04 dan 0,05 g. Gas hidrogen yang terbentuk sebanding dengan tekanan yang terukur. Volume tempat reaksi adalah sebesar 130 mL. Waktu yang dibutuhkan untuk proses reaksi tersebut dicatat. Gas hidrogen yang dihasilkan diukur tekanannya dengan *CASSY LAB Version 1.41*.

Uji Produksi Hidrogen dengan Limbah Alumunium Kaleng Minuman.

Larutan NaOH 5 M sebanyak 25 mL masing-masing direaksikan dengan limbah aluminium kaleng minuman sebesar 0,01 , 0,02 , 0,03 , 0,04 dan 0,05 g. Gas hidrogen yang terbentuk sebanding dengan tekanan yang terukur. Volume tempat reaksi adalah sebesar 130 mL. Waktu yang dibutuhkan untuk proses reaksi tersebut dicatat. Gas hidrogen yang dihasilkan diukur tekanannya dengan *CASSY LAB Version 1.41*. Konsentrasi NaOH yang paling berpengaruh atau optimal terhadap lamanya reaksi dan produksi hidrogen kemudian dapat dijadikan sebagai konsentrasi yang tetap.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Penggunaan Katalis (suasana asam, basa dan netral) yang digunakan untuk Produksi Hidrogen

Variasi penggunaan katalis dilakukan untuk menentukan jenis katalis yang paling optimal dalam memproduksi gas hidrogen. Tabel.1 menunjukkan bahwa penggunaan katalis dalam suasana asam (H₂SO₄ dan HCl) dan katalis dalam suasana netral (NaCl) tidak bereaksi. Sebagai contoh dengan H₂SO₄ pada waktu 3 detik reaksi sudah tidak ada peningkatan tekanan. Hal ini menunjukkan bahwa baik katalis asam dan netral tidak dapat memproduksi gas hidrogen.

Sebaliknya dengan menggunakan katalis basa, baik itu NaOH dan KOH memberikan tekanan akhir yang cukup tinggi, yaitu untuk 25 mL NaOH 3 M sebesar 1169 hPa dengan waktu 259 detik. Sedangkan dengan menggunakan 25 mL KOH 3 M menghasilkan tekanan yang hampir sama dengan NaOH yaitu sebesar 1101 hPa, tetapi waktunya selama 525 detik (2x lebih lama dari

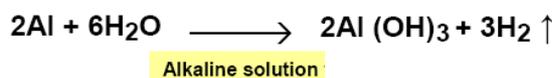
NaOH). Maka dari itu untuk langkah selanjutnya, katalis yang digunakan adalah NaOH.

Tabel 1. Produksi Hidrogen dengan Variasi Katalis Tekanan awal = 1016 hPa = 002714 atm, V= 0,13L

Jenis Katalis	Volume Katalis (ml)	Berat Al (gr)	Tekanan Akhir (hPa)	Waktu akhir reaksi (detik)*
H ₂ SO ₄ 3M	25 ml	0,01	1028	3
HCl 3M	25 mL	0,01	1020	17
NaCl 3M	25 ml	0,01	1029	1
NaOH 3M	25 ml	0,01	1169	259
KOH 3M	25 ml	0,01	1101	525

*Setelah waktu ini tidak ada peningkatan tekanan.

Reaksi yang berlangsung adalah:



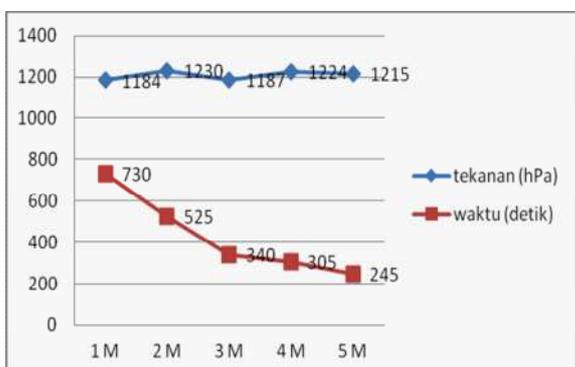
Selanjutnya cara untuk menghitung jumlah hidrogen yang dihasilkan adalah dengan penerapan hukum gas kimia atau biasa disebut hukum gas ideal, yaitu :

PV = nRT¹⁾
 dengan :
 P = tekanan (atm)
 V = volume (L)
 n = mol
 R = tetapan gas universal (0,08206 L atm mol⁻¹ K⁻¹)
 T = temperatur (K)

Penerapan dari hukum gas ideal ini adalah dalam perhitungan gas yang dihasilkan dalam reaksi kimia antara logam aluminium dengan air dalam larutan beralkalin (NaOH). Jika volume tempat dan temperatur diketahui, maka hukum gas ideal dapat digunakan untuk mengkonversi antara jumlah kimia dan tekanan. Pengukuran tekanan dengan menghitung perbedaan tekanan awal dan akhir (ΔP). Meningkatnya (ΔP), maka menunjukkan meningkatnya produksi hidrogen. Selanjutnya produksi hidrogen dapat ditunjukkan oleh tekanan.

Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Lamanya Reaksi dan Produksi Hidrogen dari Limbah Alumunium Foil.

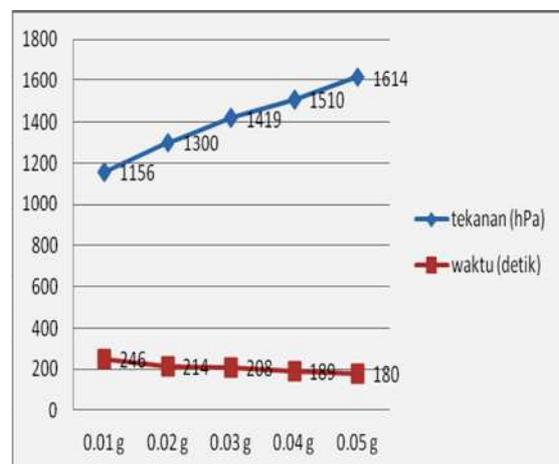
Analisa kimia kuantitatif digunakan untuk mendapatkan data mengenai produksi gas hidrogen yang dihasilkan dari reaksi antara limbah aluminium dengan larutan NaOH (1,2,3,4 dan 5 M). Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap laju pembentukan gas hidrogen. Gambar 1 menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH yang menghasilkan gas hidrogen terbesar adalah saat konsentrasi NaOH 2 M yaitu sebesar 1230 hPa. NaOH 1 M menghasilkan gas hidrogen paling sedikit yaitu sebesar 1184 hPa dan membutuhkan waktu paling lama sebesar 745 detik. Gambar 1 dengan jelas memperlihatkan tidak adanya hubungan antara meningkatnya konsentrasi NaOH dengan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan. Gambar 1 menunjukkan adanya hubungan antara meningkatnya konsentrasi NaOH dengan peningkatan laju pembentukan gas hidrogen. Saat konsentrasi 1 M, waktu yang diperlukan sebesar 730 detik. Saat konsentrasi 2 M, waktu yang diperlukan 525 detik. Waktu yang diperlukan terus berkurang dengan bertambahnya konsentrasi NaOH. Pada konsentrasi NaOH 5 M, waktu yang diperlukan untuk pembentukan gas hidrogen semakin singkat, yaitu selama 245 detik. Meningkatnya konsentrasi ini mempengaruhi kecepatan limbah aluminium yang bereaksi untuk menghasilkan hidrogen. Semakin besar konsentrasi yang dipakai maka semakin cepat waktu yang diperlukan untuk produksi gas hidrogen. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi NaOH tidak berpengaruh terhadap tekanan gas atau hidrogen yang dihasilkan.



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi NaOH terhadap waktu reaksi dan tekanan, tekanan awal = 1016 hPa = 1,002714 atm, V = 0,13L

Pengaruh Jumlah Aluminium Foil terhadap Lamanya Reaksi dan Produksi Hidrogen

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap pengaruh jumlah massa aluminium foil yang digunakan terhadap jumlah gas hidrogen yang dihasilkan. Konsentrasi NaOH 5 M dipilih karena menghasilkan reaksi paling cepat yaitu selama 245 detik. Massa aluminium foil divariasikan dari 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, dan 0.05 g. Gas hidrogen yang dihasilkan diukur berdasarkan tekanan yang dihasilkan dengan program *Cassy Lab Version 1.41*. Gambar 2 memperlihatkan bahwa, reaksi 0,01 g aluminium dengan NaOH 5 M 25 mL menghasilkan tekanan sebesar 1156 hPa dalam waktu 246 detik. Saat massa aluminium ditingkatkan menjadi 0,02 g, tekanan gas meningkat menjadi 1300 hPa dengan waktu 214 detik. Tekanan gas terus meningkat seiring dengan meningkatnya massa aluminium yang digunakan. Waktu yang diperlukan semakin kecil atau semakin cepat. Tekanan gas terbesar dihasilkan saat mereaksikan 0,05 g aluminium dengan NaOH 5 M 25 mL dihasilkan tekanan gas sebesar 1614 hPa dalam waktu 180 detik.



Gambar 2. Hubungan antara massa limbah aluminium foil terhadap waktu reaksi dan tekanan, tekanan awal = 1016 hPa = 1,002714 atm, V = 0,13L

Kulakov & Ross 2007 melaporkan bahwa untuk memproduksi 1 kg hidrogen dibutuhkan:

- Air sebesar 18 kg (sebagai sumber utama penghasil hidrogen)
- Aluminium sebesar 9 kg
- Campuran bahan kimia lain sebesar 2 kg (NaOH/KOH dan lain-lain)

Hasil konversi dari tekanan yang dihasilkan setelah dikurangi tekanan awal adalah sebesar 0,6 atm, sehingga dihasilkan mol hidrogen adalah sebesar 3×10^{-3} mol atau 3×10^{-6} gram hidrogen dari 0,05 gram limbah aluminium. Jadi hasil penelitian menunjukkan bahwa, untuk menghasilkan 0,006 gram hidrogen dibutuhkan 0,05 gram aluminium.

Bila dibandingkan (Tabel 2), maka perbandingan hasil penelitian ini dapat dikatakan hampir sama dengan Kulakov & Ross 2007 yaitu sebesar 0,12. Hanya saja penelitian ini menggunakan aluminium yang berasal dari limbah dan hanya dalam jumlah yang kecil yaitu sebesar 0,05 gram.

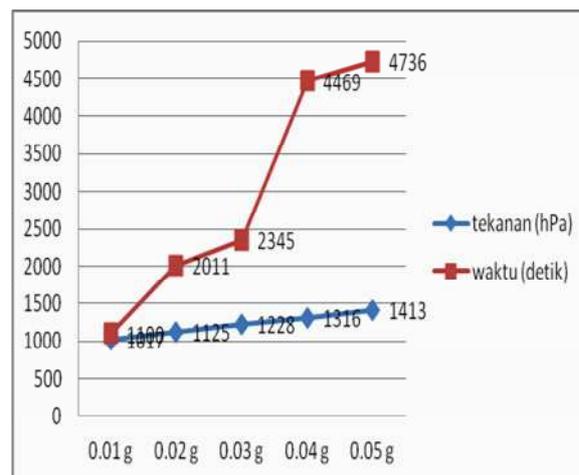
Tabel 2. Perbandingan Hasil Penelitian ini dengan Kulakov & Ross (2007)

Jumlah H ₂	Jumlah Al	Perbandingan H ₂ dan Al
0,006 gram (a)	0,05 gram (a)	0,12 (a)
1000 gram (b)	9000 gram (b)	0,11 (b)

- (a) Hasil penelitian ini
(b) Laporan Kulakov & Ross (2007)

Uji Produksi Hidrogen dengan Limbah Aluminium dari Kaleng Minuman

Untuk mengetahui, apakah produksi hidrogen ini berlaku pada limbah aluminium yang lain, maka dilakukan uji coba terhadap limbah aluminium dari kaleng minuman. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3. Data ini menunjukkan gas hidrogen yang dihasilkan terus meningkat seiring dengan meningkatnya massa aluminium yang digunakan. Berbeda dengan waktu reaksi menggunakan limbah *aluminium foil*, waktu reaksi yang diperlukan untuk bereaksi menggunakan limbah aluminium kaleng minuman ini semakin besar. Tekanan gas terbesar dihasilkan pada saat mereaksikan 0,05 g aluminium dengan NaOH 5 M 25 mL dengan tekanan 1413 hPa dalam waktu 4736 detik. Jika dibandingkan tekanan yang dihasilkan menggunakan limbah *aluminium foil* lebih besar daripada menggunakan limbah aluminium dari kaleng minuman.



Gambar 3. Hubungan antara massa limbah aluminium dari kaleng minuman terhadap waktu reaksi dan tekanan, tekanan awal = 1016 hPa = 1,002714 atm, V = 0,13L

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

- Gas hidrogen dapat diproduksi dengan menggunakan limbah *aluminium foil* dan limbah aluminium dari kaleng minuman pada suasana basa (NaOH).
- Konsentrasi NaOH hanya berpengaruh pada waktu reaksi tetapi tidak berpengaruh terhadap produksi hidrogen.
- Produksi hidrogen optimum adalah sebesar 0,006 gram dari 0,05 gram limbah aluminium (*aluminium foil*).

Saran

Penelitian ini merupakan studi awal sehingga perlu kajian lebih dalam mengenai analisa kandungan aluminium dari beberapa limbah aluminium sehingga dapat dihitung efisiensi produksi gas hidrogennya. Hal lain adalah mengenai penyimpanan (*storage*) gas hidrogen yang dihasilkan dan bagaimana aplikasinya sebagai *fuel cell*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brown, J.C., Gulari, E., *Hydrogen Production from Methanol Decomposition over Pt/Al₂O₃ and Ceria Promoted Pt/Al₂O₃ Catalysts*, Catalysis Communications 5, (2004) 431–436
2. Domen, K., Maeda K., *Hydrogen Production from Water on Oxynitride Photocatalysts*, The

- International Society for Optical Engineering, (2006) 1-3
3. Kulakov, E., Ross, A.F., *Aluminium Energi for Fuel Cells: Using an Energi Source that is Both Plentiful and Fully Recyclable Will Dramatically Enhance its Utilization and Provide Benefits Globally.*, ALTEK FUEL GROUP.INC, (2007)
 4. Liu, X.Z., Liu, C.Z., Eliasson, B., *Hydrogen Production from Methanol Using Corona Discharges*, Chinese Chemical Letters Vol. 14, No. 6, (2003) 631-633
 5. Miyamoto, K., Hallenbeck, P.C., Benemann, J.R., *Appl Environ Microbiol.* 37 (1997) 454-458.
 6. Purwanto, W.W., Nasikin, M., Saputra, E., Song, L., *Production Hydrogen and Nanocarbon via Methane Decomposition using Ni-based Catalysts. Effect ao Acidity and Catalyst Diameter*, Makara, Teknologi, Vol. 9, No. 2 (2005) 48-52
 7. Salimy, D.H., Finahari, I.N., *Perbandingan Produksi Hidrogen dengan Energi Nuklir Proses Elektrolisis dan Steam Reforming*, Prosiding: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-0176, (2008)
 8. Sutarno, Malik A, *Analisis Efisiensi Efisiensi Energi dan Energi Listrik pada Proses Produksi Hidrogen dengan Elektrolisis Air*, Prosiding: Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, ISSN 1411-4216, (2004)
 9. Sriyono, *Teknologi Proses Produksi Hidrogen Berbasis Energi Nuklir*, Sigma Epsilon, ISSN 0853-9103, (2008)
 10. Susilaningsih, D., Harwati, T.U., Anam, K., Yopi, *Preparasi Substrat Biomassa Kekayaan Tropika untuk Produksi Biohidrogen*, Makara, Teknologi, Vol.12, No.1 (2008) 38-42
 11. Woodward, J., Heyer, N.I., Getty, J.P., O'Neil, H.M., Pinkhassik, E., Evans, B.R., *Efficient Hydrogen Production using Enzymes of the Pentose Phosphate Pathway*, Proceedings of the 2002 U.S. DOE Hydrogen Program Review NREL/CP-610-32405, (2002)