

Produksi Gas Hidrogen dari Serbuk Aluminium Limbah Kaleng Minuman Menggunakan Katalis KOH

Dita Azzahra*¹, Robert Junaidi², Fadarina HC³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: ¹ditaazzahra85@gmail.com, ²robert.junaidi@polsri.ac.id, ³fadarinahc@yahoo.co.id

Abstrak

Permintaan Gas Hidrogen sebagai bahan bakar, proses hidrogenasi, dll semakin besar, bahkan diperkirakan bahwa Gas Hidrogen ini akan dijadikan sumber energi terbarukan pada masa yang akan datang. Hidrogen memiliki potensi untuk dihasilkan melalui teknologi seperti biomassa, air dan bahan bakar fosil. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari reaksi antara aluminium dan air. Terdapat berbagai macam jenis logam aluminium seperti aluminium foil, serbuk aluminium dan terdapat juga pada kaleng bekas minuman. Saat ini limbah kaleng aluminium menyumbang 80% dari total sampah kota. Oleh karena itu, daur ulang dan penggunaan bahan limbah aluminium ini menarik topik untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Akan tetapi limbah aluminium tidak bisa bereaksi dengan air secara langsung dikarenakan adanya lapisan oksida yang menghalangi interaksi antara aluminium dengan air, maka dari itu perlu ditambahkan katalis agar limbah aluminium dapat bereaksi secara spontan dengan air. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan produksi Hidrogen dengan menggunakan bahan utama limbah kaleng bekas minuman dan kalium hidroksida sebagai katalis. Penggunaan kalium hidroksida sebagai katalis dikarenakan kalium hidroksida memproduksi gas hidrogen lebih banyak dibandingkan natrium hidroksida. Penelitian ini dilakukan dengan cara mereaksikan serbuk logam aluminium dari limbah kaleng minuman sebanyak 2 g; 2,5 gr; 3 gr dengan aquadest dan katalis KOH 1M; 1,5 M; 2 M; 2,5 M didalam reaktor berpengaduk, yang dilakukan selama 60 menit dengan suhu ruang. Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat Aluminium 3 gr dengan konsentrasi Kalium Hidroksida 2,5 M sebesar 4,70 liter. Semakin banyak logam Aluminium dan semakin tinggi konsentrasi Kalium Hidroksida yang digunakan, maka akan menghasilkan Volume Gas Hidrogen yang lebih banyak.

Kata kunci: aluminium, hidrogen, katalis, KOH.

Production of Hydrogen Gas from Beverage Cans Waste Aluminum Powder Using KOH Catalyst

Abstract

The demand for Hydrogen Gas as a fuel, hydrogenation process, etc is getting bigger, it is even estimated that this Hydrogen Gas will be used as a renewable energy source in the future. Hydrogen has the potential to be generated through technologies such as biomass, water and fossil fuels. Hydrogen can also be produced from the reaction between aluminium and water. Currently, beverage cans account for 80% of the total municipal waste. Therefore, the recycling and use of aluminium waste materials is an interesting topic to reduce environmental pollution. This aluminium waste can be increased in value by utilizing it for Hydrogen production. However, aluminium waste cannot react with water directly due to the presence of an oxide layer that blocks the interaction between aluminium and water, therefore it is necessary to add a catalyst so that aluminium waste can react spontaneously with water. The purpose of this research is to increase Hydrogen production by using the main ingredients of used beverage can waste and potassium hydroxide as catalyst. The use of potassium hydroxide as a catalyst is because potassium hydroxide produces more Hydrogen Gas than sodium hydroxide. This research was conducted by reacting the aluminium metal powder from the waste of beverage cans as much as 2 g; 2,5 gr; 3 gr with aquadest and KOH catalyst 1 M; 1,5 M; 2 M; 2,5 M in a stirred reactor, which was carried out for 60 minutes at room temperature. The highest hydrogen gas was obtained at 3 g of Aluminium with a 2.5 M potassium hydroxide concentration of 4.70 liters. The more Aluminium metal and the higher the concentration of Potassium Hydroxide used, it will produce more Hydrogen Gas Volume..

Keywords: aluminium, catalyst, hydrogen, KOH.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan gas hidrogen semakin banyak digunakan, sehingga muncul gagasan untuk beralih ke sumber energi terbarukan sebagai solusi berkelanjutan. Negara ini masih menggunakan bahan bakar fosil yang menyebabkan kerusakan serius pada lingkungan. Misalnya, emisi dari pembakaran fosil merupakan penyebab utama polusi udara di banyak negara. Hidrogen adalah mineral paling sederhana dan paling melimpah di dunia. Hidrogen dapat diproduksi dari teknologi seperti biomassa, air dan bahan bakar fosil [1]. Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar transportasi, proses hidrogenasi, serta dapat bereaksi dengan karbondioksida untuk membentuk metan dan metanol. Para peneliti melaporkan bahwa reaksi antara aluminium dengan air dapat menghasilkan gas hidrogen [2]. Pada kaleng minuman juga terdapat kandungan aluminium dalam jumlah besar seperti pada kaleng minuman Pocari Sweat, Coca-cola, Bearbrand, Larutan Cap Kaki Tiga, dll. Pemanfaatan kaleng bekas telah banyak dilakukan penelitian diantaranya memanfaatkan kaleng bekas sebagai koagulan untuk penjernihan air [3], sebagai penghasil gas hidrogen (Wahyuni dkk., 2016), untuk pembuatan tawas [4]. Ukuran dari logam aluminium juga dapat mempengaruhi produksi gas hidrogen. Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan semakin banyak gas hidrogen yang dihasilkan [5].

Pembentukan gas hidrogen diperoleh dengan cara mereaksikan logam aluminium baik dari aluminium foil atau limbah kaleng minuman menggunakan katalis asam dan basa. Produksi gas hidrogen dari aluminium 1 gr dan katalis asam dengan konsentrasi 2,5-4,5 M. Sedangkan pada katalis basa dengan konsentrasi 0,25 M; 0,5 M dan waktu reaksi 25 menit. Gas Hidrogen paling banyak diperoleh pada katalis HCl 4,5 M menghasilkan balon dengan ukuran diameter 7,3 cm, sedangkan pada katalis NaOH 0,5 M menghasilkan balon dengan ukuran diameter 9,87 cm. Maka, mereka menarik kesimpulan bahwa katalis basa akan menghasilkan Gas Hidrogen lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan katalis asam. Gas Hidrogen yang dihasilkan dari reaksi antara aluminium dari limbah kaleng minuman Pocari Sweat dengan berat 2 gr dan berbentuk lempengan dan NaOH sebagai katalis dengan variasi konsentrasi 2-6 N diencerkan sebanyak 100 mL, maka diperoleh volume Gas Hidrogen tertinggi sebanyak 1,0818 liter menggunakan katalis dengan konsentrasi NaOH 6N. Maka, mereka menarik kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis NaOH yang digunakan, maka volume Gas Hidrogen yang dihasilkan semakin banyak [6]. Produksi hidrogen dari limbah aluminium foil ukuran 0,1 cm x 0,1 cm dengan berat 1 gr menggunakan katalis NaOH sebanyak 25 mL dengan variasi konsentrasi 2-6N, dan variasi waktu 2-5 menit. Diperoleh volume Gas Hidrogen tertinggi pada waktu reaksi 5 menit dengan konsentrasi NaOH 6N sebesar 1,938 liter. Mereka menarik kesimpulan bahwa semakin lama waktu reaksi, maka volume Gas Hidrogen yang dihasilkan akan semakin bertambah [7]. Produksi Gas Hidrogen menggunakan Aluminium Foil dan katalis basa dengan konsentrasi masing-masing 0,2-1,0 M. Kuantitas Gas Hidrogen diperoleh pada penggunaan KOH sebagai katalis. Pada NaOH dengan konsentrasi 1,0 M Gas Hidrogen yang dihasilkan sebesar $1,683 \times 10^{-4}$ mol, sedangkan jika menggunakan KOH konsentrasi 1,0 M Gas Hidrogen yang dihasilkan sebesar $2,140 \times 10^{-4}$ mol. Maka, mereka menarik kesimpulan bahwa Gas Hidrogen yang dihasilkan dari katalis KOH lebih besar daripada katalis NaOH [8] penelitian produksi Gas Hidrogen menggunakan limbah kaleng bekas minuman coca-cola dengan berat 2 gr dan menggunakan katalis KOH 25 mL dengan variasi konsentrasi 2-6N diperoleh volume Gas Hidrogen terbanyak pada KOH dengan konsentrasi 6 N sebesar $2,025 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ [9].

Dari beberapa penelitian diatas ternyata faktor-faktor yang berpengaruh terhadap hasil produksi Gas Hidrogen diantaranya adalah jumlah dan bentuk logam aluminium yang digunakan, jenis katalis dan konsentrasi katalis. Permasalahan dari penelitian sebelumnya adalah produksi Gas Hidrogen yang dihasilkan masih relatif kecil dan masih dapat ditingkatkan lagi, hal tersebut disebabkan para peneliti sebelumnya tidak memvariasikan jumlah logam yang digunakan dan hanya menggunakan logam berbentuk lempengan, dan juga menggunakan katalis basa dengan konsentrasi yang besar, penggunaan katalis dengan konsentrasi yang besar dinilai kurang ekonomis. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produksi Gas Hidrogen dengan biaya yang ekonomis maka, akan dilakukan penelitian dengan cara meningkatkan jumlah logam aluminium yang didapat dari kaleng bekas minuman pocari sweat, melihat ukuran logam aluminium, dan menggunakan kalium hidroksida sebagai katalis dengan variasi konsentrasi yang kecil.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 4 (Empat) minggu dimulai pada 17 Mei – 17 Juni 2022. Penelitian dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Adapun tahapan penelitian meliputi proses preparasi bahan, proses pencampuran antara serbuk aluminium dan larutan KOH dan proses analisa percobaan

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengikir besi, erlenmeyer, magnetic stirrer, gelas ukur, pengaduk kaca, spatula, kaca arloji, neraca analitik dan termogun.

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kaleng minuman Pocari Sweat, kalium hidroksida dan aquadest.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah waktu reaksi 60 menit. Variabel bebas penelitian ini adalah konsentrasi KOH (1; 1,5; 2; 2,5 M) dan berat serbuk aluminium (2; 2,5; 3 gr).

2.4. Prosedur Kerja

Bagian penutup dan bagian bawah pada kaleng bekas minuman Pocari Sweat yang tidak dilapisi cat di haluskan menggunakan pengikir besi. Setelah kaleng bekas sudah menjadi serbuk, dilakukan pengayakan untuk sehingga diperoleh serbuk aluminium dengan ukuran yang sama dan diperoleh serbuk Aluminium dengan ukuran 80 mesh dan ditimbang dengan berat sampel 2 gr; 2,5 gr dan 3 gr. KOH disiapkan dan diencerkan di dalam labu ukur 100 mL dengan variasi konsentrasi 1M; 1,5 M; 2M; 2,5 M. Serbuk Aluminium dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu dimasukkan larutan KOH konsentrasi 1M sebanyak 25 mL direaksikan dengan serbuk Aluminium seberat 2 gr. Kemudian mulut erlenmeyer ditutup menggunakan penutup karet yang diberi selang untuk mengalirkan Gas Hidrogen yang akan dihasilkan dan diujung selang terdapat balon sebagai penampungnya. Erlenmeyer yang berisi serbuk Aluminium dan larutan KOH diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Proses diatas diulangi kembali pada konsentrasi 1M, 1,5 M, 2 M dan 6 M. Semua proses di atas diulangi kembali pada konsentrasi 1M, 1,5 M, 2 M dan 6 M.

Gas Hidrogen yang tertampung dalam balon akan dianalisa menggunakan alat *Multi Gas Detector Analyser* dan dapat dihitung volume Gas Hidrogen menggunakan rumus Volume bola [9].

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (1)$$

Dimana :

V = Volume H₂ (cm³)

π = 22/7 atau 3,14

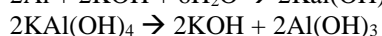
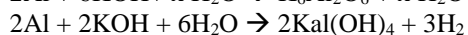
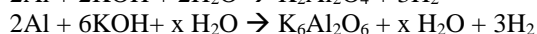
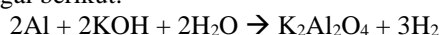
r = jari-jari balon (cm)

Uji Gas Hidrogen dilakukan dengan penyulutan api terhadap gas H₂ yang dikumpulkan dalam balon. Uji ini untuk membuktikan bahwa Gas yang dihasilkan adalah Gas Hidrogen yang mempunyai titik nyala yang tinggi dan sangat mudah terbakar (*flameable*). Pengujian juga dilakukan dengan cara menyulut/membakar langsung dari hasil reaksi antara Aluminium dan api dengan bantuan KOH.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pembuatan Gas Hidrogen menggunakan logam Aluminium dari limbah kaleng minuman Pocari Sweat dengan batuan Kalium Hidroksida sebagai katalis. Ketika Kalium Hidroksida dimasukkan dalam air maka akan memisahkan kation Kalium (bermuatan positif) dan anion Hidroksida (bermuatan negatif). Kalium Hidroksida mudah larut dalam air dan akan menghasilkan panas (eksoterm). Ion OH⁻ pada larutan alkali tersebut akan menjadi promotor pada reaksi aluminium dengan air.

Adapun tahapan reaksi antara Aluminium, KOH, dan air dalam U.S Departement of Energy [10] adalah sebagai berikut:



Hidrogen merupakan salah satu energi alternatif terbarukan yang mendapatkan perhatian untuk dikembangkan sebagai energi pengganti bahan bakar fosil. Energi bahan bakar Hidrogen mempunyai keuntungan yaitu lebih ramah lingkungan dan lebih efisien.

Pada umumnya, Hidrogen dapat dihasilkan dari beberapa metode melalui proses biologi, elektrolisis atau dengan reaksi kimiawi. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah reaksi kimiawi antara potongan limbah kaleng minuman Pocari Sweat dengan larutan KOH pada konsentrasi yang berbeda-beda.

3.1. Pengaruh Konsentrasi Kalium Hidroksida dan Berat Bahan Baku terhadap Produksi Gas Hidrogen yang dihasilkan

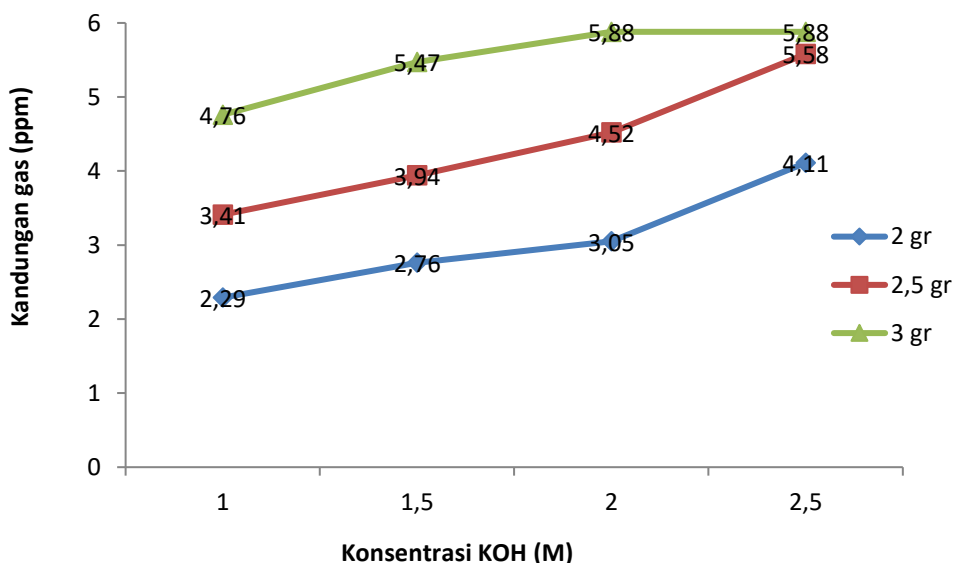
Hasil analisis kandungan Gas Hidrogen menggunakan alat *Gas Detector Analyzer* dapat dilihat pada Tabel 1 berdasarkan konsentrasi katalis dan berat bahan baku.

Tabel 1. Hasil Analisa Gas Hidrogen

No	Perlakuan Sampel		Hasil Pemeriksaan H ₂ (ppm)
	Konsentrasi KOH(M)	Berat Aluminium (gr)	
1	1	2	2,29
2	1	2,5	3,41
3	1	3	4,76
4	1,5	2	2,76
5	1,5	2,5	3,94
6	1,5	3	5,47
7	2	2	3,05
8	2	2,5	4,52
9	2	3	5,88
10	2,5	2	4,11
11	2,5	2,5	5,58
12	2,5	3	5,88

Sumber : *Gas Detector Analyzer Laboratorium Teknik Kimia POLSRI, 2022*

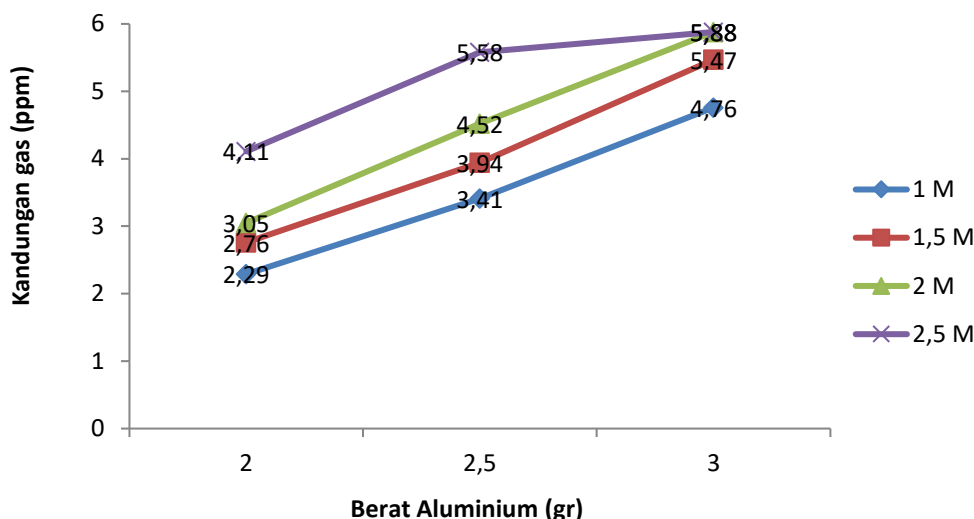
Berdasarkan Gambar 1 yang dialurkan dari Tabel 1 ternyata hubungan antara konsentrasi Kalium Hidroksida dengan kandungan Gas Hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus. Semakin tinggi konsentrasi Kalium Hidroksida, maka Gas Hidrogen yang dihasilkan semakin meningkat pada rentang konsentrasi Kalium Hidroksida 1-2,5 M. Kandungan Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada konsentrasi Kalium Hidroksida 2,5 M sebesar 5,88 ppm, sedangkan produksi Gas Hidrogen terendah pada konsentrasi Kalium Hidroksida 1 M sebesar 2,29 ppm.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Konsentrasi KOH dan Kandungan Gas

Berdasarkan Gambar 2 yang dialurkan dari Tabel 1 ternyata hubungan antara berat serbuk Aluminium dengan kandungan Gas Hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus. Semakin banyak serbuk Aluminium yang

digunakan, maka kandungan Gas Hidrogen yang dihasilkan semakin banyak pada rentang berat serbuk Aluminium 2-3 gr. Kandungan Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat serbuk Aluminium 3 gr sebesar 5,88 ppm, sedangkan kandungan Gas Hidrogen terendah pada berat serbuk Aluminium 2 gr sebesar 2,29 ppm.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Berat Serbuk Aluminium dan Kandungan Gas

3.2. Pengaruh Konsentrasi Kalium Hidroksida dan Berat Bahan Baku terhadap Volume Gas Hidrogen yang dihasilkan

Hasil volume gas hidrogen yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan berdasarkan konsentrasi Kalium Hidroksida dan berat serbuk Aluminium, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Volume Gas Hidrogen

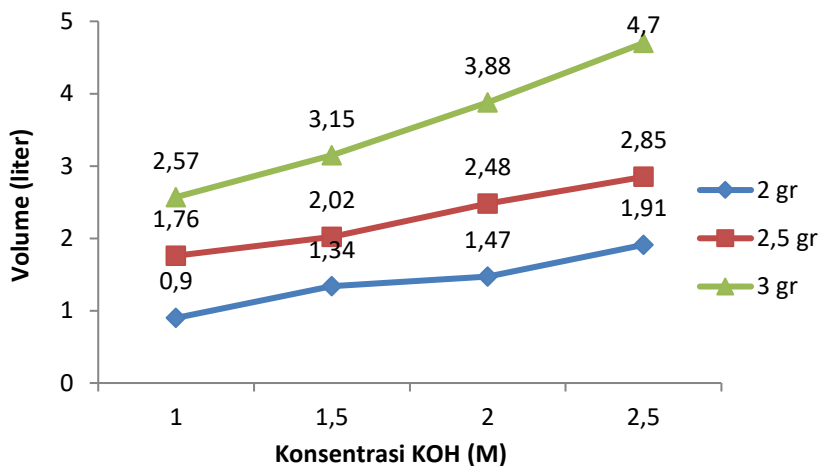
Konsentrasi KOH (M)	Berat Aluminium (gr)	Diameter Penampung (cm)	Volume H ₂ (m ³)	Volume H ₂ (liter)
1	2	12	0,90 x 10 ⁻³	0,9
	2,5	13,7	1,34 x 10 ⁻³	1,34
	3	15,4	1,91 x 10 ⁻³	1,91
1,5	2	14,2	1,47 x 10 ⁻³	1,47
	2,5	15	1,76 x 10 ⁻³	1,76
	3	16,8	2,4 x 10 ⁻³	2,4
2	2	15,7	2,02 x 10 ⁻³	2,02
	2,5	17,1	2,61 x 10 ⁻³	2,61
	3	18,2	3,15 x 10 ⁻³	3,15
2,5	2	17	2,57 x 10 ⁻³	2,57
	2,5	19,5	3,88 x 10 ⁻³	3,88
	3	20,8	4,70 x 10 ⁻³	4,70

Sumber : Laboratorium Teknik Kimia POLSRI, 2022

Berdasarkan Gambar 3 yang dialurkan dari Tabel 2 ternyata hubungan antara konsentrasi Kalium Hidroksida dan volume Gas Hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus. Semakin tinggi konsentrasi Kalium Hidroksida, maka Gas Hidrogen yang dihasilkan semakin meningkat pada rentang konsentrasi Kalium Hidroksida 1-2,5 M. Hal tersebut dikarenakan larutan Kalium Hidroksida membantu Aluminium untuk mengikat OH⁻ dari H₂O dan membentuk KAl(OH)₄ dan melepaskan H₂. Hasil yang diperoleh sama halnya seperti hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan Sri Wahyuni dkk (2016); Lukman Hakim dkk (2017); Lentina Sitohang dkk (2017).

Pada penelitian yang menggunakan Aluminium dari limbah kaleng minuman Pocari Sweat dan Natrium Hidroksida sebaagai katalis, peneliti memperoleh volume Gas Hidrogen tertinggi pada konsentrasi Natrium Hidroksida 6 N sebesar 1,081 liter [6]. Pada penelitian yang menggunakan Aluminium Foil dan Natrium

Hidroksida sebagai katalis, peneliti mendapatkan volume Gas Hidrogen tertinggi pada konsentrasi Natrium Hidroksida 6 N 1,938 liter [7]. Pada penelitian yang menggunakan Aluminium dari limbah kaleng minuman coca-cola dan Kalium Hidroksida sebagai katalis, peneliti memperoleh volume Gas Hidrogen tertinggi pada konsentrasi KOH 6 N sebesar $2,025 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ [9].

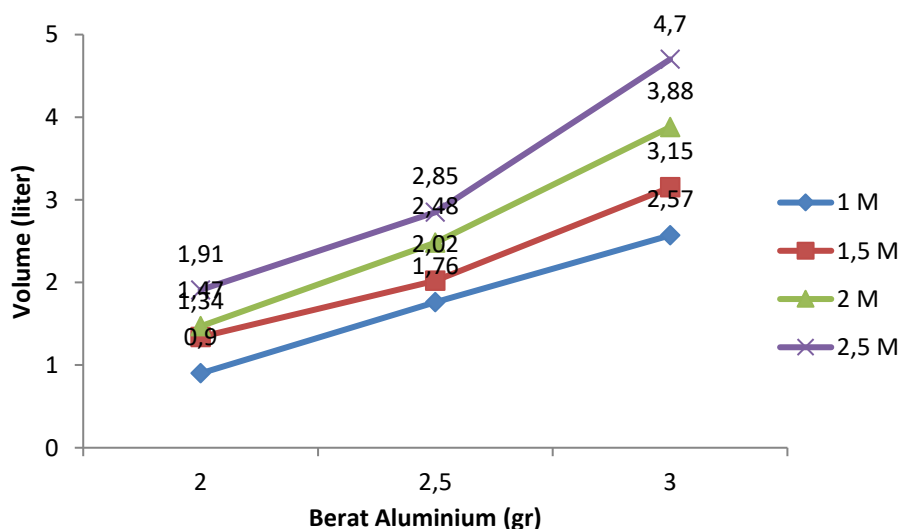


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Kalium Hidroksida dan Volume Gas Hidrogen

Pada penelitian ini, produksi Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada konsentrasi Kalium Hidroksida 2,5 M sebesar 4,70 liter. Sedangkan produksi Gas Hidrogen terendah pada konsentrasi Kalium Hidroksida 1 M sebesar 0,90 liter. Maka, hasil yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar daripada penelitian sebelumnya hal tersebut dapat dipengaruhi oleh berat dan ukuran dari aluminium yang digunakan.

Berdasarkan Gambar 4 yang dialurkan dari Tabel 4.1 ternyata hubungan antara berat serbuk Aluminium dan volume Gas Hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus. Semakin banyak serbuk logam Aluminium yang digunakan, maka Gas Hidrogen yang dihasilkan semakin meningkat pada rentang berat Aluminium 2-3 gr, hasil yang diperoleh dari penelitian ini sama halnya seperti hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sri Wahyuni (2016); Lukman Hakim dkk (2017); Lentina Sitohang dkk (2017).

Penelitian yang menggunakan Aluminium dari kaleng Pocari Sweat dipotong dengan ukuran 0,1 cm x 0,1 cm dan ditimbang dengan berat sampel 0,5-2 gr. Volume Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat logam Aluminium 2 gr sebesar 1,0818 liter [6]. Penelitian yang menggunakan Aluminium Foil dikecilkan ukurannya sampai 0,1 cm x 0,1 cm dan ditimbang dengan berat sampel 1 gram. Volume yang diperoleh pada berat 1 gram sebesar 1,938 liter [7]. Pada penelitian yang menggunakan Aluminium dari kaleng bekas minuman coca-cola dipotong dengan ukuran 0,1 cm x 0,1 cm dengan variasi berat 0,5-2 gr. Volume Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat logam Aluminium 2 gr sebesar $2,025 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ [9].



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Berat Serbuk Aluminium dan Volume Gas Hidrogen

Pada penelitian ini, produksi Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat serbuk Aluminium 3gr sebesar 4,70 liter. Sedangkan produksi Gas Hidrogen terendah pada berat serbuk Aluminium 2 gr sebesar 0,90 liter. Maka, hasil yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar daripada penelitian sebelumnya hal tersebut dapat dipengaruhi oleh berat dan ukuran dari aluminium yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa kandungan Gas Hidrogen terbanyak diperoleh pada berat serbuk Aluminium 3 gr dengan konsentrasi Kalium Hidroksida 2,5 M yaitu 5,88 ppm. Sedangkan kandungan Gas Hidrogen terkecil pada berat serbuk Aluminium 2 gr dengan konsentrasi Kalium Hidroksida 1 M yaitu 2,29 ppm. Volume Gas Hidrogen tertinggi diperoleh pada berat serbuk Aluminium 3 gr yaitu 4,70 liter. Sedangkan volume Gas Hidrogen terendah diperoleh pada berat serbuk Aluminium 2 gr dengan konsentrasi Kalium Hidroksida 1 M yaitu 0,90 liter

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bakenne, W. Nuttall, N. Kazantzis, "Sankey-Diagram-based insights into the hydrogen economy of today. *Int J Hydrogen Energy*" vol. 41, no. 19, pp. 7744-53, 2016.
- [2] Junia, Denawati, and D. S. Khaerudini, "Produksi Hidrogen dari Limbah Kaleng Minuman Berbasis Reaksi Aluminium dan Air dengan Bantuan Katalis NaOH" n.d., 9.
- [3] M. Syaiful, A. I. Jn, and D. Andriawan, "Efektivitas Alum dari Kaleng Minuman Bekas Sebagai Koagulan untuk Penjernihan Air". *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 20, no. 4, pp. 39-45, 2014.
- [4] I. Purnawan, and R. B. Ramadhani, "Pengaruh Konsentrasi KOH pada Pembuatan Tawas dari Kaleng Aluminium Bekas," *Jurnal Teknologi*, vol. 6, July, 2014.
- [5] Huang, Xiani, T. Gao, D. Wei, "Feasibility of Hydrogen Generation From the Reaction Between Aluminium and Water for Fuel Cell Applications," *Journal of Power Sources* 229, 2013.
- [6] Wahyuni, Sri., Hakim, Lukman., Hasfita, Fikri, "Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium Sebagai Penghasil Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH)," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [7] Hakim, Lukman, and I. Marsalin, "Pemanfaatan Limbah Aluminium Fol untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH)," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 6, no. 1, Mei, 2017.
- [8] S. Khairi, E. Kuseno, T. Macelina and M. K. Syafrianto, "Hidrogen dari Reaksi Pemecahan Air Menggunakan Aluminium dengan Katalis Basa Abu Tandan Kosong Sawit," *Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 5, no. 2, pp. 1-7, 2021, doi: 10.17977/um026v5i22021p001.
- [9] L. Sitohang, Hakim, Lukman and Hasfita, Fikri, "Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Kalium Hidroksida (KOH)," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol.6, no.1, pp. 55-67, 2017
- [10] U.S Departement of Energy. *Reaction of Aluminium with Water to Produce Hydrogen Version 1.0*. United State of America, 2008.