

## PRODUKSI GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN ALUMINIUM DARI LIMBAH KALENG MINUMAN DENGAN KATALIS NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH)

Friska Ramayanti\*, Robert Junaidi, Indah Purnamasari

Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri  
Siwijaya Bukit Besar Palembang

\*E-mail: [friskaramayanti27@gmail.com](mailto:friskaramayanti27@gmail.com)

### Abstract

The demand for hydrogen gas is increasing day by day. Hydrogen gas is expected to be a significant renewable energy source in the future. There are several ways to produce hydrogen gas, one of which is by reacting aluminum and water. Aluminum has the potential to be recycled and extracted from waste products, one of which is aluminum from beverage can waste. Currently, around 80% of urban waste comes from beverage can waste. Therefore, the use of beverage can waste to produce hydrogen gas is also an alternative to utilizing unused waste and is an effort to create renewable energy that is more supportive of environmental sustainability. However, because of the oxide layer that prevents the interaction of aluminum and water, an additional catalyst is needed so that aluminum waste and water can react. The purpose of this study was to increase the production of hydrogen gas from the use of beverage can waste with the help of NaOH catalyst. This study was conducted by reacting 4 gr, 5 gr, 6 gr, and 7 gr of aluminum metal powder with water using 4 M NaOH catalyst with temperature variations of 40oC, 50oC and 60oC. The hydrogen gas produced was analyzed using a Portable Multi Gas Detector. The results obtained from this study are: 7 grams of Al powder at a temperature of 60oC produces the most hydrogen gas of 57% with the time required to produce 2 liters of hydrogen gas only 6 minutes, while 4 grams of Al at a temperature of 40oC produces 21% hydrogen gas in 2 liters of hydrogen gas produced, with a reaction time of 21 minutes. This study concludes that the more Al powder used and the higher the temperature will produce more hydrogen gas in a shorter time.

**Keywords:** Aluminum; Hydrogen; NaOH

### Abstrak

Permintaan gas hidrogen semakin hari semakin meningkat. Gas hidrogen diperkirakan akan menjadi sumber energi terbarukan yang signifikan di masa depan. Terdapat beberapa cara untuk memproduksi gas hidrogen, salah satunya dengan mereaksikan antara aluminium dan air. Aluminium memiliki potensi untuk didaur ulang dan diekstraksi dari produk limbah, salah satunya aluminium dari limbah kaleng minuman. Saat ini juga, sekitar 80% dari sampah perkotaan berasal dari limbah kaleng minuman. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kaleng minuman untuk memproduksi gas hidrogen juga merupakan alternatif untuk memanfaatkan limbah yang tidak terpakai dan merupakan upaya untuk menciptakan energi terbarukan yang lebih mendukung kelestarian lingkungan. Namun, karena adanya lapisan oksida yang mencegah interaksi aluminium dan air, maka diperlukan tambahan katalis agar limbah

aluminium dan air dapat bereaksi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan produksi gas hidrogen dari pemanfaatan limbah kaleng minuman dengan bantuan katalis NaOH. Penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan 4 gr, 5 gr, 6 gr, dan 7 gr serbuk logam aluminium dengan air menggunakan katalis NaOH 4 M dengan variasi suhu 40°C, 50°C dan 60°C. Gas hidrogen yang dihasilkan dianalisa melalui Portable Multi Gas Detector. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah: 7 gr serbuk Al pada suhu 60°C menghasilkan gas hidrogen terbanyak sebesar 57% dengan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi 2 liter gas hidrogen hanya 6 menit, sedangkan 4 gr Al dengan suhu 40°C menghasilkan 21% gas hidrogen dalam 2 liter gas hidrogen yang dihasilkan, dengan waktu reaksi selama 21 menit. Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin banyak serbuk Al yang digunakan dan semakin tinggi suhu akan menghasilkan lebih banyak gas hidrogen dalam waktu yang lebih singkat.

**Kata Kunci:** Aluminium; Hidrogen; NaOH

## 1. Pendahuluan

Negara Indonesia masih memanfaatkan bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang jumlahnya semakin meningkat, meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil dapat menimbulkan kerusakan yang serius pada lingkungan[1]. Emisi dari pembakaran fosil merupakan sumber utama pencemaran udara di berbagai negara, serta dapat menyebabkan kabut asap dan hujan asam[2], maka dari itu diperlukan upaya untuk mengembangkan energi yang lebih mendukung kelestarian lingkungan dan menjamin pasokan yang berkelanjutan. Bidang yang menonjol dalam energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan hidrogen untuk bahan bakar masa depan ramah lingkungan yang lebih efisien.

Hidrogen adalah mineral yang paling sederhana dan sangat melimpah di dunia. Permintaan hidrogen di dunia terus meningkat dari sekitar 52,5 juta ton di tahun 2000 hingga sekitar 88,5 juta ton di tahun 2020, diperkirakan akan meningkat secara signifikan menjadi 210,6 juta ton pada tahun 2030[3]. Produksi hidrogen dapat terjadi melalui teknologi seperti biomassa, air dan bahan bakar fosil. Hidrogen dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar transportasi dan proses hidrogenasi serta dapat bereaksi dengan kalium hidroksida untuk menghasilkan metana dan metanol[1]. Hidrogen yang bersumber dari gas bumi telah banyak digunakan di sektor industri Indonesia, terutama sebagai bahan baku pada pupuk. Saat ini, penggunaan hidrogen di Indonesia mencapai kurang lebih 1,75 juta ton per tahun, dengan tingkat pemanfaatan tertinggi yaitu 88% untuk urea, 4% untuk amonia dan 2% untuk kilang minyak. Produksi hidrogen di dunia 97% menggunakan proses termokimia dengan metode reformasi uap metana[4].

Pemanfaatan logam untuk produksi hidrogen juga telah diidentifikasi sebagai pendekatan yang efektif, mudah digunakan dan aman[5]. Diantaranya adalah hidrogen terbuat dari logam aluminium yang bereaksi dengan air dengan katalis Natrium Hidroksida[6]. Biasanya logam aluminium berwarna putih keperakan dan memiliki sifat yang lembut serta ulet [7]. Pada kaleng minuman juga banyak mengandung aluminium, seperti kaleng *pocari sweat*, susu *bear brand*, coca-cola dan lain-lain[1]. Saat ini, aluminium semakin banyak digunakan, termasuk dalam industri minuman ringan (*soft drink*). Terdapat 92-99% kandungan *aluminium foil* dalam kaleng minuman, sisanya mengandung sejumlah kecil seng, silika, tembaga, magnesium,

mangan dan logam lainnya[1]. Sekitar 80% dari sampah perkotaan berasal dari limbah kaleng minuman[1]. Limbah kaleng minuman yang diolah menjadi gas hidrogen sebagai bahan bakar juga merupakan alternatif untuk mengurangi limbah tidak terpakai dan memanfaatkannya menjadi energi terbarukan yang lebih bermanfaat bagi masyarakat.

Aluminium memiliki potensi untuk didaur ulang dan diekstraksi dari produk limbah[2] namun pembuatan gas hidrogen dari limbah kaleng tidak bisa terjadi secara langsung dengan air karena lapisan oksida pada permukaan aluminium menghambat reaksi antara aluminium dan air[1]. Adapun strategi untuk menghilangkan atau menghentikan lapisan oksida dapat dilakukan dengan penambahan promotor berupa katalis NaOH, KOH,  $Al_2O_3$ , NaCl, KCl dan lain-lain[2].

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan tentang pembuatan gas hidrogen, menggunakan 20 gram aluminium terhadap silika dengan rasio 1:1 untuk memproduksi nanosilicon, konsentrasi NaOH yang ideal untuk memproduksi gas hidrogen adalah 3,5 M menghasilkan konsentrasi gas 421 ppm[8]. Menggunakan logam aluminium berbentuk serbuk sebanyak 1 gram direaksikan menggunakan HCl 2,5-4,5 M dan NaOH 0,25-0,5 M dengan waktu 25 menit, gas hidrogen paling banyak dihasilkan menggunakan katalis HCL dengan konsentrasi 4,5 M yang membentuk balon berdiameter 7,3 cm, selain itu, katalis NaOH 0,5 M berhasil membentuk balon dengan diameter 9,87 cm[9]. Hakim dkk, menggunakan 1 gr limbah *aluminium foil* berukuran 0,1 cm x 0,1 cm dan katalis Natrium Hidroksida 2-6 N sebanyak 25 ml, waktu 2 sampai 5 menit dan temperatur 35°C, volume maksimum diperoleh dengan konsentrasi NaOH 6N sebanyak 1,938 liter pada waktu reaksi 5 menit[10]. Siregar, melihat pengaruh katalis NaOH dan KOH yang sama-sama memberikan hasil hidrogen tinggi, namun aluminium dan air bereaksi lebih cepat yaitu 259 detik menggunakan katalis NaOH dan 525 detik menggunakan katalis KOH[11]. Oleh wahyuni dkk, pembuatan hidrogen dari limbah kaleng minuman *Pocari Sweat* sebanyak 2 gram dengan NaOH 2-6 N, jumlah hidrogen paling banyak sebesar 1,0818 liter diperoleh dari penggunaan katalis NaOH dengan konsentrasi 6 N[6]. Ketika suhu 70°C digunakan dengan aluminium 3 gram dan 6 gram, laju hasil hidrogen yang dicapai untuk sampel aluminium masing-masing 60,09% dan 74,88% sedangkan untuk suhu 40°C masing-masing 45,43% dan 48,72%[2].

Dari beberapa peneliti terdahulu ternyata produksi gas hidrogen dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk banyak dan ukuran logam aluminium, katalis yang digunakan, konsentrasi katalis serta waktu dan suhu yang digunakan. Permasalahan dari peneliti sebelumnya adalah penggunaan bentuk logam tidak divariasikan yaitu hanya menggunakan logam aluminium dengan bentuk lempengan[12], kebanyakan peneliti masih menggunakan suhu yang rendah atau menggunakan suhu ruang. Penggunaan limbah kaleng minuman untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan belum banyak dilakukan, maka dari itu penulis mengambil penelitian logam aluminium dari limbah kaleng minuman dengan meningkatkan jumlah logam aluminium yang di dapat, menggunakan katalis basa NaOH sehingga dapat bereaksi dengan cepat di banding dengan katalis lainnya[9], meningkatkan dan memvariasikan suhu reaksinya.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang dengan waktu penelitian berlangsung dari bulan Mei hingga bulan Juni. Pencarian literatur dilakukan dengan pengambilan informasi melalui internet dan jurnal ilmiah.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah pengikir besi, beaker glass, erlenmeyer, labu ukur, neraca analitik, kaca arloji, reaktor, *portable multi gas detector*, kaleng pocari sweat, aquadest dan Natrium Hidroksida (NaOH).

### 2.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan variabel tetap yaitu konsentrasi katalis NaOH 4 M. Variabel bebas penelitian ini adalah temperatur (40°C, 50°C, 60°C) dan berat serbuk aluminium (4 gr, 5 gr, 6 gr dan 7 gr).

### 2.4 Prosedur Kerja

Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, membersihkan cat pada kaleng *Pocary Sweat* dan mengikir kaleng sehingga menjadi serbuk yang cukup halus. Selanjutnya membuat larutan NaOH 4 M, dengan menimbang 16 gr NaOH padat dan dilarutkan dalam labu ukur 100 ml. Berikutnya proses produksi gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan memasukkan serbuk aluminium 4 gr ke dalam *fixed bed reactor*, menambahkan 100 ml H<sub>2</sub>O lalu mengatur suhu menjadi 40°C, setelah suhu mencapai 40°C masukan larutan NaOH sebanyak 5 ml, kemudian buka valve gas hidrogen dan tampung di urin bag. Melakukan langkah kerja yang sama dengan sampel Al (5 gr, 6 gr dan 7 gr) pada suhu 40°C, 50°C dan 60°C. Setelah gas hidrogen berhasil di tampung pada urin bag maka lakukan analisa gas hidrogen menggunakan alat *Portable Multi Gas Detector*.



Gambar 2.1 *Fixed Bed Reactor*

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Analisa Gas Hidrogen (H<sub>2</sub>)

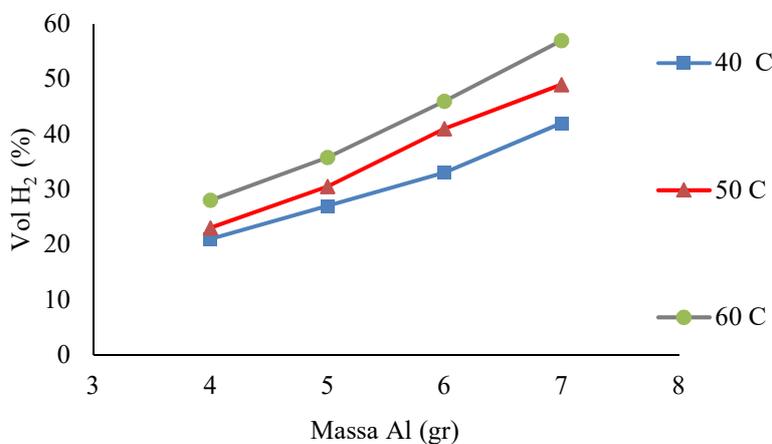
Dari penelitian yang telah dilangsungkan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, maka didapatkan data dan hasil analisa Gas Hidrogen yang merupakan variasi dari temperatur dan berat aluminium menggunakan alat *Multi Gas Detector Analyzer* dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil Analisa Gas Hidrogen

No	Massa Al (gr)	Temperatur (°C)	Konsentrasi NaOH (M)	Waktu/2L H <sub>2</sub> (menit)	H <sub>2</sub> (%)
1	4	40	4	21	21
2	5			20	27
3	6			20	33
4	7			19	42
5	4	50	4	16	23
6	5			15	30,5
7	6			15	41
8	7			14	49
9	4	60	4	8	28
10	5			8	35,8
11	6			7	46
12	7			6	57

### 3.2 Pengaruh Massa Serbuk Aluminium dan Suhu terhadap Produksi Gas Hidrogen

Peningkatan massa serbuk aluminium terhadap pembuatan gas hidrogen yang dilakukan dari reaksi yang terjadi antara aluminium dan air menggunakan bantuan katalis natrium hidroksida (NaOH) sangat berpengaruh, dari hasil penelitian, pengaruh massa serbuk aluminium terhadap produksi gas hidrogen ditampilkan pada Gambar 3.1



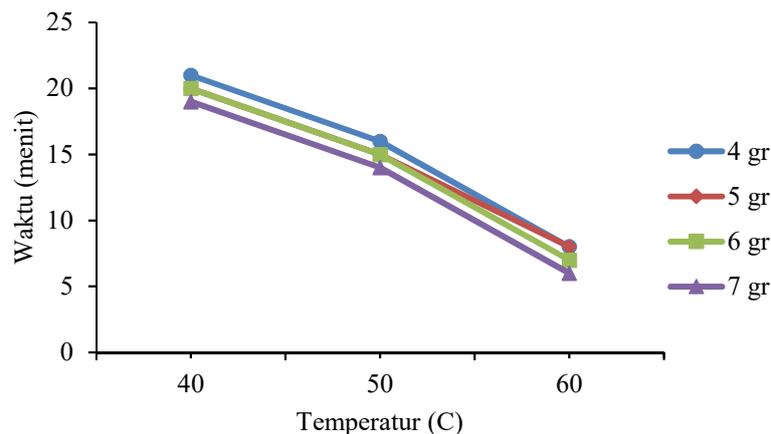
Gambar 3.1 Hubungan antara Massa Al dan Volume Gas Hidrogen

Mengacu pada Gambar 3.1 di atas, dapat dilihat bahwa hubungan antara massa aluminium dengan volume gas hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus. Semakin tinggi massa aluminium yang digunakan, semakin tinggi volume hidrogennya[1]. Menggunakan variasi massa aluminium 4-7 gr, pembentukan gas hidrogen tertinggi yang diperoleh sebesar 57% dari massa aluminium 7 gr dan gas hidrogen terendah 21% dari massa aluminium 4 gr. Massa aluminium 7 gr menghasilkan % volume hidrogen tertinggi dibandingkan dengan masa aluminium 4-6 gr, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan massa yang lebih banyak akan menunjukkan jumlah reaktan yang lebih

banyak juga sehingga kesempatan terbentuknya gas hidrogen akan semakin meningkat.

Gambar 3.1 juga menunjukkan bahwa hubungan antara temperatur dan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus, semakin tinggi suhu maka semakin tinggi kandungan gas hidrogen yang dihasilkan[2]. Hal ini disebabkan oleh peningkatan suhu dapat mempercepat terjadinya reaksi, karena semakin tinggi suhu dapat membuat suatu molekul dalam keadaan yang lebih tereksitasi. Peneliti mendapati bahwa dalam rentang suhu 40°C, 50°C dan 60°C kandungan gas hidrogen tertinggi ada pada suhu 60°C sebesar 57% dan kandungan gas hidrogen terendah ada pada suhu 40°C sebesar 21%. Temperatur merupakan faktor yang mempengaruhi suatu laju reaksi, saat suhu meningkat laju reaksi juga meningkat. Ketika molekul dipanaskan maka akan menghasilkan pergerakan yang lebih cepat sehingga memungkinkan terjadinya tabrakan antar partikel dan menghasilkan produk yg lebih banyak.

Peneliti juga mengamati bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan maka waktu produksi hidrogen akan semakin cepat, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.2, merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi 2 liter gas hidrogen dari berat sampel aluminium 4 - 7 gr dengan penggunaan temperatur 40°C, 50°C dan 60°C.



**Gambar 3.2 Hubungan antara temperatur dan waktu produksi hidrogen**

Dari Gambar 3.2 menunjukkan hubungan antara temperatur dan waktu produksi gas hidrogen berbanding terbalik. Semakin tinggi temperatur yang digunakan maka waktu produksi hidrogen akan semakin kecil atau semakin sedikit. Sebagaimana peneliti mendapati bahwa dalam rentang suhu 40°C, 50°C dan 60°C waktu tercepat dalam memproduksi 2 liter gas hidrogen ada pada suhu 60°C dengan 7 gr Al yaitu selama 6 menit dan 21 menit pada suhu 40°C dengan 3 gr Al.

### 3.3 Pengaruh Jumlah Aluminium dan Temperatur Terhadap Konversi Aluminium

Perhitungan konversi dapat dilakukan dengan rumus di bawah ini:

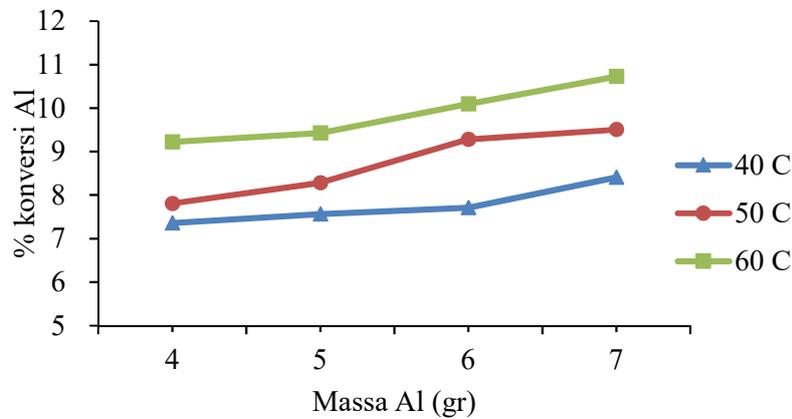
$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{Mol Al awal} - \text{Mol Al sisa}}{\text{Mol Al awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan menggunakan rumus perhitungan di atas, maka konversi aluminium yang terbentuk ditampilkan pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3 Konversi Aluminium**

No	Temperatur (°C)	Massa Al (gr)	Konversi Al (%)
1	40		7,3558
2	50	4	7,8071
3	60		9,2190
4	40		7,5660
5	50	5	8,2823
6	60		9,4297
7	40		7,7061
8	50	6	9,2780
9	60		10,0970
10	40		8,4066
11	50	7	9,5042
12	60		10,7241

Banyaknya jumlah massa dan peningkatan temperatur akan mempengaruhi suatu laju reaksi dan hasil reaksi. Pengaruh massa aluminium dan temperatur terhadap konversi Aluminium pada produksi gas hidrogen dapat dilihat pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3 Pengaruh Massa Aluminium dan Temperatur terhadap Konversi Aluminium**

Dari Gambar 3.3 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah aluminium dan semakin tinggi temperatur maka konversi aluminium akan semakin tinggi. Semakin banyak gas hidrogen yang terbentuk berarti jumlah aluminium yang terkonversi akan terus meningkat. Hal ini terjadi karena semakin besar jumlah massa menandakan jumlah reaktan semakin banyak dan peluang bertemunya molekul-molekul reaktan lebih besar. Begitupun dengan peningkatan suhu, semakin tinggi suhu maka molekul-molekul reaktan akan bergerak semakin cepat dan menyebabkan bertambahnya jumlah tabrakan yang efektif.

### 3.4 Analisa Uji Nyala Gas Hidrogen

Proses uji nyala api pada gas hidrogen dilakukan dengan pemantik api di ujung mulut urin bag dapat dilihat pada Gambar 3.4, dengan nyala api yang dihasilkan berwarna kuning kemerahan, menghilang dengan cepat serta menghasilkan ledakan. Nyala api yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik dari api gas hidrogen ( $H_2$ ) yaitu nyala api yang cenderung menghilang cepat di udara dan jika bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan ledakan[13].



Gambar 3.4 Hasil Uji Nyala Api gas  $H_2$

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jumlah gas hidrogen tertinggi didapat dari massa serbuk aluminium 7 gr pada suhu  $60^{\circ}C$  sebesar 57% sedangkan kandungan gas hidrogen paling sedikit dihasilkan dari serbuk aluminium 4 gr pada suhu  $40^{\circ}C$  dengan penggunaan katalis NaOH yang sama yaitu 4 M. % konversi aluminium pada produksi gas hidrogen menunjukkan angka tertinggi sebesar 10,72% pada massa aluminium 7 gram dan suhu  $60^{\circ}C$ . Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah aluminium dan semakin meningkatnya suhu, maka gas hidrogen yang dihasilkan semakin banyak dengan waktu yang lebih cepat. Semakin banyak gas hidrogen yang di hasilkan maka semakin tinggi konversi aluminium.

## Referensi

[1] Azzahrah, D., 2022, "Pemanfaatan Serbuk Aluminium dari Limbah Kaleng Minuman untuk Produksi Hidrogen Menggunakan Katalis KOH", (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).

- [2] Bolt, A., Dincer, I., & Agelin-Chaab, M., 2020, "Experimental study of hydrogen production process with aluminum and water", *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(28), 14232-14244.
- [3] Qamar, Fadhil, A., dan Desti, A., 2022, "Peluang dan Strategi Pengembangan Ekosistem Hidrogen di Indonesia.". Kompas.id.
- [4] Perdana., dan Aditya, P., 2024, "Hidrogen, Energi Massa Depan yang Sudah di Depan Mata". Kompas.id.
- [5] Setiani, P., Watanabe, N., Sondari, R. R., & Tsuchiya, N., 2018, "Mechanisms and kinetic model of hydrogen production in the hydrothermal treatment of waste aluminum". *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 7, 1-13.
- [6] Wahyuni, S., Lukman, H., dan Fikri, H., 2016, "Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium Sebagai Penghasil Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH)", *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 31.
- [7] Renaldi., dan Irvan, K., 2018, "Pengaruh Waktu Oksidasi Terhadap Morfologi dan Kekerasan Lapisan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Aluminium Menggunakan Metode Plasma Electrolytic".
- [8] Wahyudi, R., Junaidi, R., & Dewi, E., 2023, "Pembuatan Nanosilikon dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Katalis untuk Proses Hidrogenasi Air", *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 901-912.
- [9] Simbolon, D. I., Sari, A. F., & Tuty, A. I., 2020, "Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Aluminium Foil dengan Bantuan Katalis Asam (HCL) dan Basa (NaOH)"
- [10] Hakim, L., & Marsalin, I., 2018, "Pemanfaatan Limbah Aluminium Foil Untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH)". *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 68-81.
- [11] Siregar, Y. D. I., November 1, 2010, "Produksi Gas Hidrogen Dari Limbah Alumunium", *Jurnal Kimia VALENSI 2*, no. 1. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.236>.
- [12] Sitohan., Lentina., Lukman, H., dan Fikri, H., March 23, 2018, "Pemanfaatan Limbah Kaleng Miniuman Aluminium Untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Kalium Hidroksida (KOH)", *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 6, no. 1: 55. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i1.469>.
- [13] Ali, M., 2020, *Produksi Gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Limbah Tekstil Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).