

**PRODUKSI HIDROGEN DARI LIMBAH ALUMINIUM DENGAN  
AKTIVATOR NATRIUM MENGGUNAKAN METODE *ALUMINUM-WATER***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



**MIFTAHUR RAHMAH**

**08031281621043**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRODUKSI HIDROGEN DARI LIMBAH ALUMINIUM DENGAN  
AKTIVATOR NATRIUM MENGGUNAKAN METODE  
ALUMINUM-WATER**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

**MIFTAHUR RAHMAH**

**08031281621043**

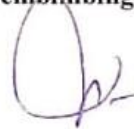
Indralaya, 30 September 2020

**Pembimbing I**



**Dr. Dedi Rohendi, M.T.**  
**NIP. 196704191993031001**

**Pembimbing II**



**Dr. Nirwan Syarif, M.Si.**  
**NIP. 197010011999031003**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Produksi Hidrogen dari Limbah Aluminium dengan Aktivator Natrium Menggunakan Metode *Alumimum-Water*" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 30 September 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 30 September 2020

**Ketua :**

**1. Dr. Dedi Rohendi, M.T.**

NIP. 196704191993031001

**Anggota :**

**2. Dr. Nirwan Syarif, M.Si.**

NIP. 197010011999031003

**3. Dr. Addy Rachmat, M.Si.**

NIP. 197409282000121001

**4. Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si.**

NIP. 196808271994022001

**5. Dra. Julinar, M.Si.**

NIP. 196507251993032002

(  )

(  )

(  )

(  )

(  )

**Mengetahui,**

**Dekan FMIPA**

  
**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

**Ketua Jurusan Kimia**

  
**Dr. Hasanudin, M. Si**  
NIP. 197205151997021003

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Miftahur Rahmah  
NIM : 08031281621043  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

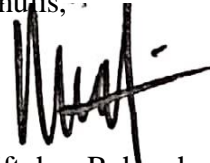
Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 30 September 2020

Penulis, -



Miftahur Rahmah -

NIM. 08031281621043

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

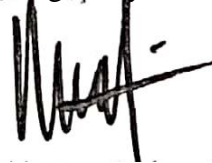
Nama Mahasiswa : Miftahur Rahmah  
NIM : 08031281621043  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Produksi Hidrogen dari Limbah Aluminium dengan Aktivator Natrium Menggunakan Metode *Aluminum-Water*”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 30 September 2020

Yang menyatakan,



Miftahur Rahmah

NIM. 08031281621043

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- “Cukuplah akhirat sebagai pengingat.”
- “Allah SWT. Memberi lebih baik dari yang kita minta, dalam bentuk yang lebih baik dari harapan kita, dengan cara yang lebih baik dari dugaan kita. Berusaha, berdoa, bersyukur, dan bersabarlah.”

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Abah, ibu, adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa restu yang luar biasa untuk Rahmah.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini, saya sebagai penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak terlibat membantu, mendukung, dan menginspirasi hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, Adapun pihak tersebut;

1. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. beserta jajarannya WD I, WD II, dan WD III, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Terima Kasih karena telah mendukung saya untuk terus maju dan berkembang melalui semua informasi-informasi akademik yang disediakan di Fakultas MIPA.
2. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si sekali sekretaris Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T. selaku dosen pembimbing utama. Terima kasih telah bersedia menjadi pembimbing sekaligus orang tua kedua di tanah rantau yang selalu membimbing, mengajari, dan mendorong saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segala bentuk nasihat, dukungan moral maupun material kepada Rahmah, Pak.
4. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua. Terima kasih atas segala bentuk bimbingan, dukungan, dan bantuannya kepada saya untuk selalu semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Orang Tua saya, Abah dan Ibu serta adik saya. Terima kasih atas doa restu yang sangat luar biasa, bimbingan, dukungan moral maupun material, kasih sayang tak terbatas, yang selalu Abah dan Ibu berikan untuk Rahmah. You're my everything.

6. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Republik Indonesia. Terima kasih atas dukungan beasiswa PPA yang telah mendukung akademik selama perkuliahan ini.
7. Dinas Pendidikan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Terima kasih atas dukungan beasiswa PPA Anak Daerah yang telah mendukung akademik selama perkuliahan ini.
8. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si. selaku pembimbing akademik. Terima kasih sudah membimbing, memberi motivasi dan semangat selama perkuliahan.
9. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si., Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si. dan Dra. Julinar, M.Si. selaku dosen penguji. Terima kasih Bapak dan Ibu sudah memberikan ilmu, saran, dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Staf pengajar di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya, terima kasih atas ilmu, materi dan dukungan untuk saya selama proses perkuliahan.
11. Staf administrasi jurusan, Mba Novi, Kak Iin dan Kak Tejo. Terima kasih telah membantu semua urusan saya di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya sampai akhir perkuliahan ini.
12. Keluarga besar Sahabudin, terima kasih atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan selalu dalam lindungan-Nya.
13. Team PUR Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya, terima kasih telah membantu, membimbing, mendukung baik secara moral maupun material selama perkuliahan ini. Terima kasih telah menjadi rumah yang hangat akan kekeluargaannya. Semoga kita sukses dan selalu dalam lindungan-Nya.
14. Seluruh punggawa BEM KM FMIPA Kabinet Impresif, Kabinet Lebah dan Kabinet Akor. Terima kasih telah menjadi salah satu bagian penting dari perjalanan hidup, yang telah memberikan warna-warni kehidupan kampus selama 3 tahun, yang saling memberi manfaat satu sama lain. Semoga kita tetap solid, selalu memberikan kontribusi, memberikan bakti kita untuk ummat dimanapun dan kapanpun.



15. Seluruh pengurus Himpunan Mahasiswa Kimia - Inovasi Karya, terima kasih telah menjadi tempat pulang, terima kasih atas kebersamaan dan kerja samanya. Mari saling memberi semangat dan terus berkarya. Sukses buat kita!
16. Seluruh pengurus COIN (*Community of Science*), terima kasih telah memberikan banyak ilmu, pelajaran, dan membantu perkembangan akademik selama kuliah.
17. Teman-teman YES (*Young Entrepreneur Sriwijaya*), terima kasih atas kebersamaan, kerja sama, pengalaman dan dukungannya selama kuliah.
18. Keluarga Kominfo (Aldi, Putra, Tiva, Alfiyyah, Elsha, Sisi, Utari) terima kasih telah kebersamaan sampai akhir. Tetap jaga silaturahmi, ya. Saling memberi keluh kesah dan mengobati. Semangat buat kita, semoga selalu ada pertemuan-pertemuan berikutnya.
19. Seluruh keluarga Rumah Tahfidz Yatim Dhuafa, terima kasih telah menjadi pengingat saya dan selalu mendoakan saya untuk kelancaran selama menyelesaikan tugas akhir ini.
20. Adik asuh, Alfina dan Keke. Terima kasih atas kehangatannya sebagai adik-kakak sekaligus teman. Semangat, ya.
21. Mentor penelitian, Kak Icha Amelia, S.Si, Kak Dwi Hawa, M.Si, kak Dea Radestia, S.Si, dan kak Nyimas Febrika, M.Si. Terima kasih atas waktu, tenaga, dan segala bentuk ilmu yang telah diberikan kepada saya.
22. Kakak-kakakku, Kak Lavini, Kak Ratih, Kak Ade, Kak Faisal, Kak Ikhsan. Terima kasih atas segala bentuk dukungan dan bantuan selama masa perkuliahan ini. Sukses buat kita, Kak!
23. *Brother and Sister*, Qodria, Elsha, Sisi, Indah, Utari, Juju, Febby, Aknes, Putnan, Dian, Ramdan, Putra, Alfian, Apresi, Enggi, Deni, Indra, Nim yo, Igam, Lola, Taya, Restri, Mitha, Yollan, Candra, Iqbal, Anggun, Annash, Gatri, dan masih banyak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih atas kebaikan dan kehangatan selama ini. Tetaplah menjadi baik dan hangat, tetap jaga silaturahmi, ya. Sukses buat kita!
24. Team PUR 16 (Agathis, Uwid, Juwita, dan Renza). Terima kasih atas bantuan, dukungan, dan kerja samanya, team.

25. Teman KKN, Ucik, Revina, Nisa, Sukma, Dwi, Albi, Rizky, Ejak, dan Dian. Terima kasih telah memberikan cerita dan pengalaman baru dan telah bersama beradaptasi di lingkungan yang baru. Sukses buat kita!
26. *Partner in crime, all the things I need*, Aydes, Zaza, Mey, dan Aldi. Orang-orang yang menjadi tujuan untuk bercerita, memberi keluh-kesah, canda-tawa, sedih-bahagia. Terima kasih telah kebersamaan awal sampai akhir kuliah. Cuma mau bilang, sayang banget sama kalian! *Luv u*, lur!
27. Anak-anak Papa Iskhaq, Vivid, Phuja, Nova, Mey, Aldi, Oki, Wimbi, Afangs, Cwi. Terima kasih telah memberi warna cerita kehidupan kampus. Sukses buat kita!
28. *Lestari 2 Kost's Gengs* (Putri, Aydes, Mey, Evy, Meidalea, Anggun). Terima kasih atas kehangatannya, Semangat capai cita-cita masing-masing!
29. Teman angkatan 2016 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas pengalaman berharga yang telah diberikan.
30. Kakak-kakak kimia angkatan 2012-2015 dan adik-adik Angkatan 2017-2019. Terima kasih telah menjadi bagian dari hari-hari perkuliahan.
31. Semua pihak yang telah mendukung dan mendoakan saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga sukses dan Allah selalu melindungi kita.

Penulis menyadari banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam skripsi ini, begitu pula dalam penulisan masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari pembaca baik berupa kritik maupun saran yang membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Terima Kasih. Wassalamu'alaikum wr.wb.

Indralaya, 30 September 2020

Penulis

## SUMMARY

### PRODUCTION OF HYDROGEN FROM ALUMINUM WASTE WITH SODIUM ACTIVATOR USING ALUMINUM-WATER METHOD

Miftahur Rahmah: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Si. Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University  
xviii + 41 pages, 12 tables, 9 pictures, 6 attachments

The growth of population and economic development in the world causes the world need more energy, especially energy derived from fossil fuels, so that this fuel is increasingly scarce. To overcome this problem, researchers are trying to find alternatives energy that have the concept of clean and environmentally friendly energy. Hydrogen is one of the energy carriers that can be used as an alternative to fossil fuels because it has a clean energy concept. One way to produce hydrogen is using the aluminum-water method, which reacts aluminum with water. Research on the production of hydrogen from aluminum waste with sodium activator using aluminum-water method had been successfully done. This research utilizes the reaction of aluminum using a sodium activator and catalyst. Production of hydrogen using an activator in the form of sodium is carried out with variation of water volume, aluminum particle size, activator mass and temperature. The best conditions in the aluminum-water reaction of 1 g aluminum with sodium activator of 1.5 mL water volume, 7% w/w sodium content, 60 mesh aluminum particle size, and temperature of 25°C. Production of hydrogen gas using sodium activators at the best conditions produces hydrogen gas of 520 mL, while the addition of NaOH catalyst produced hydrogen gas of 862 mL. The highest reaction rate of hydrogen gas production by adding sodium activator to the selected condition is 65 mL/min, while the addition of NaOH as a catalyst is 160 mL/min. Based on the results of XRD analysis, the compound contained in aluminum waste before being reacted with an activator and water is alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). The obtained alumina diffraction pattern is at angles of  $2\theta = 38.662^\circ$ ,  $44.90^\circ$ , and  $65.17^\circ$ . After being reacted with an activator and water, the resulting is  $\text{Al}(\text{OH})_3$  and the diffraction pattern at angles of  $2\theta = 19.032^\circ$ ,  $20.60^\circ$ , and  $40.84^\circ$ .

Keywords : Sodium activator, Sodium hydroxide, Hydrogen, Aluminum waste, Aluminum-water

Citation : 38 (1979-2020)

## RINGKASAN

### PRODUKSI HIDROGEN DARI LIMBAH ALUMINIUM DENGAN AKTIVATOR NATRIUM MENGGUNAKAN METODE *ALUMINUM-WATER*

Miftahur Rahmah : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya  
xviii + 41 halaman, 12 tabel, 9 gambar, 6 lampiran

Tingginya pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi di dunia menyebabkan dunia semakin banyak membutuhkan energi terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil sehingga bahan bakar tersebut semakin langka. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti berusaha menemukan alternatif energi yang memiliki konsep energi bersih dan ramah lingkungan. Hidrogen termasuk salah satu *energy carrier* yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil karena memiliki konsep energi bersih. Salah satu cara untuk memproduksi hidrogen adalah menggunakan metode *aluminum-water* yang mereaksikan aluminium dengan air. Penelitian mengenai produksi gas hidrogen dari limbah aluminium dengan aktivator natrium menggunakan metode *aluminum-water* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini memanfaatkan reaksi aluminium dengan air dengan menggunakan aktivator natrium dan bantuan katalis. Produksi gas hidrogen dengan menggunakan aktivator berupa natrium dilakukan dengan berbagai variasi; volume air, ukuran partikel aluminium, massa aktivator dan temperatur. Kondisi terbaik pada reaksi 1 g aluminium dengan aktivator natrium didapatkan volume air optimum 1,5 mL, kandungan natrium 7% b/b, ukuran partikel aluminium 60 mesh, dan temperatur 25°C. Produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium pada kondisi terbaik menghasilkan gas hidrogen sebesar 520 mL, sedangkan dengan penambahan katalis NaOH dihasilkan gas hidrogen sebesar 862 mL. Laju reaksi tertinggi produksi gas hidrogen dengan penambahan aktivator natrium pada kondisi terpilih sebesar 65 mL/menit, sedangkan dengan penambahan NaOH sebagai katalis sebesar 160 mL/menit. Berdasarkan hasil analisa XRD, senyawa yang terdapat dalam limbah aluminium sebelum direaksikan dengan aktivator dan air berupa senyawa alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Pola difraksi alumina yang didapatkan terdapat pada sudut  $2\theta = 38,662^\circ$ ,  $44,90^\circ$ , dan  $65,17^\circ$ . Sedangkan, setelah direaksikan dengan aktivator dan air dihasilkan senyawa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang menghasilkan pola difraksi yang terdapat pada sudut  $2\theta = 19,032^\circ$ ,  $20,60^\circ$ , dan  $40,84^\circ$ .

Kata kunci : Aktivator natrium, NaOH, Hidrogen, Limbah aluminium,  
*Aluminum-water*

Kepustakaan : 38 (1979-2020)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH</b> .....	v
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Hidrogen .....	4
2.1.1 Karakteristik Hidrogen.....	4
2.2 Produksi Hidrogen.....	5
2.2.1 <i>Steam Reforming</i> .....	6
2.2.2 Elektrolisis.....	8
2.2.3 <i>Aluminum-Water</i> .....	8
2.2.3.1 Aluminium .....	8
2.2.3.2 Karakteristik Aluminium .....	9
2.2.3.3 Reaksi <i>Aluminum-Water</i> .....	9
2.3 Katalis .....	12

2.4 X-Ray Diffraction .....	13
2.5 Laju Reaksi .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.2.1 Alat.....	15
3.2.2 Bahan .....	15
3.3 Prosedur Penelitian.....	15
3.3.1 Persiapan Sampel Aluminium .....	15
3.3.2 Produksi Hidrogen dengan Metode <i>Aluminum-Water</i> ....	15
3.3.2.1 Pengaruh Volume Air yang Ditambahkan.....	15
3.3.2.2 Pengaruh Ukuran Partikel Aluminium .....	16
3.3.2.3 Pengaruh Massa Aktivator Natrium .....	16
3.3.2.4 Pengaruh Temperatur .....	16
3.3.3 Menggunakan NaOH sebagai Katalis .....	17
3.4 Analisa Data.....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Produksi Gas Hidrogen dengan Metode <i>Aluminum-Water</i> Menggunakan Natrium sebagai Aktivator.....	19
4.1.1 Pengaruh Volume Air yang Ditambahkan .....	19
4.1.2 Pengaruh Ukuran Partikel Aluminium.....	21
4.1.3 Pengaruh Massa Aktivator Natrium .....	22
4.1.4 Pengaruh Temperatur.....	23
4.2 Produksi Gas Hidrogen dengan Penambahan Katalis NaOH Menggunakan Metode <i>Aluminum-Water</i> .....	24
4.3 Analisa X-Ray Diffraction .....	25
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>28</b>
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran .....	28
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>29</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>33</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses <i>steam reforming</i> .....	6
Gambar 2. Diagram alir proses <i>steam reforming</i> gas alam.....	7
Gambar 3. Kurva produksi gas hidrogen pada berbagai volume air .....	19
Gambar 4. Gelembung hasil produksi gas hidrogen.....	20
Gambar 5. Kurva hasil produksi gas hidrogen pada variasi ukuran partikel aluminium .....	21
Gambar 6. Kurva hasil produksi gas hidrogen pada variasi massa aktivator natrium sebagai fungsi waktu.....	22
Gambar 7. Kurva hasil produksi gas hidrogen pada variasi temperatur sebagai fungsi waktu.....	23
Gambar 8. Kurva produksi gas hidrogen dengan katalis NaOH .....	24
Gambar 9. Difraktogram sebelum dan sesudah produksi hidrogen .....	26

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat-sifat hidrogen.....	5
Tabel 2. Nilai oktan berbagai bahan bakar.....	5
Tabel 3. Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi volume air yang ditambahkan .....	17
Tabel 4. Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi ukuran partikel aluminium .....	17
Tabel 5. Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi massa aktivator natrium .....	18
Tabel 6. Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi temperatur .....	18
Tabel 7. Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan NaOH sebagai katalis pada temperatur 25°C .....	18
Tabel 8. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi volume air yang ditambahkan .....	36
Tabel 9. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi ukuran partikel aluminium .....	37
Tabel 10. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi massa aktivator natrium .....	38
Tabel 11. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator natrium dengan variasi temperatur .....	39



Tabel 12. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan katalis NaOH pada temperatur 25°C .....	40
--	----

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema kerja .....	34
Lampiran 2. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada pengaruh volume air yang ditambahkan dalam produksi gas hidrogen.....	36
Lampiran 3. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada pengaruh ukuran partikel aluminium dalam produksi gas hidrogen.....	37
Lampiran 4. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada pengaruh massa aktivator natrium dalam produksi gas hidrogen.....	38
Lampiran 5. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada pengaruh temperatur dalam produksi gas hidrogen .....	39
Lampiran 6. Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan NaOH sebagai katalis .....	40

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tingginya pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi yang pesat di dunia menyebabkan dunia membutuhkan semakin banyak energi. Seiring meningkatnya kebutuhan energi, ketersediaan energi terutama energi dari bahan bakar fosil semakin berkurang dan terdapat emisi produk pembakaran yang tidak ramah lingkungan (Li *et al.*, 2019). Hal ini disebabkan karena kebutuhan energi di Indonesia sebagian besar masih didominasi penggunaan bahan bakar fosil (batubara dan minyak bumi). Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, memiliki tiga ancaman serius, yaitu: menipisnya cadangan minyak bumi, kenaikan harga akibat permintaan yang lebih besar dari produksi minyak dan polusi gas rumah kaca akibat pembakaran bahan bakar fosil (Alimah dan Dewita, 2008). Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini berusaha untuk menemukan alternatif bahan bakar yang memiliki konsep energi yang bersih (Li *et al.*, 2019).

Hidrogen termasuk salah satu *energy carrier* yang banyak dikembangkan sampai saat ini. Hidrogen juga dianggap sebagai pembawa energi bersih terbaik dikarenakan sifat hidrogen yang ringan, kepadatan energinya tinggi, dan prosesnya tidak menghasilkan polusi (Olivares-Ramirez *et al.*, 2012). Hidrogen dapat diproduksi dengan berbagai cara, diantaranya dekomposisi langsung atau oksidasi parsial senyawa hidrokarbon, kemudian reaksi logam dengan asam dan reaksi logam aluminium dengan air (reaksi *aluminum-water*). Selain metode tersebut, gas hidrogen juga dapat diproduksi dengan beberapa cara, diantaranya elektrolisis, *steam reforming* dan termokimia siklus sulfur-iodin (Alimah dan Dewita, 2008). Namun, semua metode produksi hidrogen memiliki berbagai kekurangan, misalnya dekomposisi langsung membutuhkan suhu tinggi dan menghasilkan jumlah yang cukup banyak CO dan produk samping lainnya (Wang *et al.*, 2011).

Produksi hidrogen yang dilakukan dengan metode *aluminum-water* (reaksi aluminium dengan air) menghasilkan oksida aluminium dan gas hidrogen. Reaksi *aluminum-water* dinilai lebih efisien dan ramah lingkungan. Metode *aluminum-water* telah digunakan untuk memproduksi gas hidrogen dengan memanfaatkan reaksi Al-

H<sub>2</sub>O. Reaksi Al-H<sub>2</sub>O sebagai sumber hidrogen menjadi menarik secara ekonomi karena aluminium yang digunakan berasal dari limbah aluminium (Nie *et al.*, 2013). Aluminium termasuk logam yang memiliki nilai jual yang relatif tinggi dan mayoritas limbahnya jarang untuk didaur ulang, namun dalam penelitian ini limbah aluminium digunakan kembali untuk produksi hidrogen melalui metode *aluminum-water* (Zhu *et al.*, 2019).

Reaksi antara aluminium dengan air relatif lambat karena terbentuknya lapisan oksida tipis yang menutupi permukaan logam aluminium. Oleh karena itu, reaksi *aluminum-water* dibantu dengan aditif atau katalis (Rosenband and Gany, 2010). Penelitian yang telah dilakukan oleh Ihsan (2017) mereaksikan aluminium dengan air dengan aktivator litium relatif sangat lambat sehingga diperlukan aktivator lain yang bertujuan untuk meningkatkan produksi hidrogen. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka pada penelitian ini menggunakan aktivator yang lain berupa aktivator natrium. Hal ini dikarenakan natrium termasuk logam alkali yang sangat reaktif dan memiliki energi ionisasi yang sangat rendah, sehingga sangat mudah membentuk ion positif dan bereaksi membentuk senyawa (Greenwood and Earnshaw, 1997). Katalis basa yang digunakan yaitu NaOH karena mampu menghancurkan lapisan oksida tipis yang menutupi permukaan logam aluminium sehingga meningkatkan produksi hidrogen sampai 20% (Elitzur *et al.*, 2014).

Reaksi aluminium dengan air relatif lambat sehingga dapat dipercepat dengan cara menaikkan suhunya. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dengan menggunakan air pada suhu yang sangat tinggi menggunakan serbuk aluminium tanpa aditif, dan hasil gas hidrogen yang di dapat sekitar 60-80% dengan menggunakan serbuk aluminium (ukuran partikel 6 µm) pada suhu 120-150°C dan mendekati hasil 100% pada suhu 200°C (Vlaskin *et al.*, 2011). Selain itu, diperoleh 70-90% hidrogen menggunakan 4-7 µm serbuk aluminium dengan suhu air 230-300°C. Kedua penelitian diperoleh hasil yang lebih baik untuk partikel yang lebih kecil dan suhu yang lebih tinggi (Elitzur *et al.*, 2014). Artinya, dengan kenaikan suhu dan ukuran partikel aluminium berpengaruh terhadap hasil produksi gas hidrogen.

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan laju produksi gas hidrogen yang dihasilkan menggunakan reaktor dan pengujian pengaruh beberapa parameter seperti pengaruh suhu, ukuran partikel aluminium, volume air, kandungan aktivator

natrium dan katalis NaOH terhadap volume produksi hidrogen yang dihasilkan., serta karakterisasi *by-product* yang dihasilkan dari reaksi produksi hidrogen.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Reaksi antara aluminium dengan air relatif lambat karena terbentuknya lapisan oksida tipis yang menutupi permukaan logam aluminium, maka reaksi *aluminum-water* ditambahkan katalis atau aktivator. Penelitian yang telah dilakukan oleh Ihsan (2017) mereaksikan aluminium dengan air dengan aktivator litium tetapi reaksinya sangat lambat. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka pada penelitian ini digunakan aktivator natrium. Dalam satu golongan, natrium lebih reaktif dibandingkan dengan litium sehingga dapat lebih cepat dalam menghancurkan lapisan oksida tipis aluminium sehingga dapat bereaksi cepat dengan air untuk menghasilkan gas hidrogen. Selain menggunakan natrium, penelitian ini juga menggunakan NaOH sebagai katalis.

Untuk mempelajari proses produksi hidrogen dari limbah aluminium diperlukan pengamatan jumlah produksi hidrogen pada volume air, suhu, ukuran partikel aluminium, dan kandungan aktivator bervariasi. Dari hasil pengamatan percobaan, ditentukan laju reaksi pembentukan hidrogen dan perubahan difraktogram sampel limbah aluminium sebelum dan sesudah reaksi *aluminum-water*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh suhu, ukuran partikel aluminium, volume air, kandungan aktivator natrium dan katalis NaOH terhadap volume hidrogen yang dihasilkan, menentukan laju reaksi, serta menganalisa perubahan difraktogram sampel aluminium sebelum dan sesudah reaksi dengan air melalui analisa *x-ray diffraction*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi dalam upaya untuk mengembangkan teknologi *fuel cell* dalam hal penyediaan bahan bakar hidrogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, S dan Dewita, E. (2008). Pemilihan Teknologi Produksi Hidrogen dengan Memanfaatkan Energi Nuklir. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 10(2), 124-128.
- Alimah, S dan Salimy, D. H. (2015). Analisis Pasokan Panas pada Produksi Hidrogen Proses Steam Reforming Konvensional dan Nuklir. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(1), 11-13.
- Bolt, A., Dincel, I. and Angelin-Chaab, M. (2020). Energy and Exergy Analyses of Hydrogen Production Process with Aluminum and Water Chemical Reaction. *Journal Energy*, 205(12), 117978.
- Cornish-Bowden, A. (1979). *Basic Principles of Chemical Kinetics*. Fundamentals of Enzyme Kinetics. pp. 1–15.
- Dagdougui, H., Sacile, R., Bersani, C. and Ouammi, A. (2018). Hydrogen Production and Current Technologies. *Hydrogen Infrastructure for Energy Applications*, 7-21.
- Dzulfikar, M. (2015). Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Cr/Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Thesis*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Sriwijaya.
- Elitzur, S., Valery, R. and Alon G. (2014). *Study of Hydrogen Production and Storage Based on Aluminium Water Reaction*. Faculty of Aerospace Engineering, Technion e Israel Institute of Technology: Israel.
- Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. (1997). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, Caesium and Francium. *Chemistry of the Elements*, xxi-xxii, 68-106.
- Guban, D., Muritala, I.K., Roeb, M. and Sattler, C. (2019). Assessment of Sustainable High Temperature Hydrogen Production Technologies, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2-6.
- Hakim, L. and Marsalin, I. (2017). Pemanfaatan Limbah Aluminium Foil Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 68-81.
- Harahap, H. (2015). *Optimasi Transesterifikasi Refinery Blanched Deodorized Palm Oil Menjadi Metil Ester Menggunakan Katalis Lithium Hidroksida*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Huda, N. (2013). Penentuan Kapasitas Produksi Hidrogen dari Perengkahan Air Berdasarkan Distribusi Kalor RGTT-Kogenerasi. *Jurnal Sigma Epsilon*, 17(2), 54-61.

- Husin, H. (2012). Katalis Bimetal Cu-Cr/Diatomea untuk Hidrogenasi Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian dan Industri Indonesia*, 4(2), 1-6.
- Ihsan, H. (2017). Produksi Gas Hidrogen dari Limbah Aluminium dengan Pereaksi HCl dan Metode “Aluminium Water”. *Thesis*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Ilyin, A.P., Mostovshchikov, A.V., Nazarenko, O.B. and Zmanovskiy, S.V. (2019). Heat Release in Chemical Reaction Between Micron Aluminum Powders and Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(52), 28097-28099.
- Kumar, D and Muthukumar, K. (2020). An Overview on Activation of Aluminum-Water Reaction for Enhanced Hydrogen Production. *Journal of Alloys and Compounds*. 155189.
- Lee, T., Fu, J., Basile, V., Corsi, J.S, Wang, Z. and Detsi, E. (2020). Activated Alumina as Value-Added Byproduct from The Hydrolysis of Hierarchical Nanoporous Aluminum with Pure Water to Generate Hydrogen Fuel. *Journal of Renewable Energy*, 155(C), 189-196.
- Lie, F., Yang, J., Gao, J., Liu, Y. and Gong, Y. (2019). Enhanced Photocatalytic Hydrogen Production of Cds Embedded in Cationic Hydrogel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2-10.
- Mahmoodi, K. and Alinejad, B. (2010). Enhancement of Hydrogen Generation Rate in Reaction of Aluminum With Water, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(11), 5227-5232.
- Matori, K. A., Loy C. W., Mansor H., Ismayadi I., Mohd, H. M. Z. (2012). Phase Transformations of  $\alpha$ -Alumina Made from Waste Aluminum via a Precipitation Technique. *International Journal of Molecular Science*, 13(12), 16812-16821.
- Nie, H., Zhang, S., Schoenitz, M. and Dreizin, E.L. (2013). Reaction Interface Between Aluminum and Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(26), 11222-11232.
- Olivares-Ramirez, J. M., Jesus, A.M., Jimenez-Sandoval, O. and Pless, L.C. (2012). *Hydrogen Generation by Treatment of Aluminium Metal with Aqueous Solutions: Procedures and Uses*. Hydrogen Energy - Challenges and Perspectives.
- Petrovic, J and Thomas, G. (2008). *Reaction of Aluminium with Water to Produce Hydrogen*. Journal US Department of Energy, United States of America.
- Purnami, P., Wardana, I. dan K, V. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 51–59.

- Porciuncula, C.B., Marcilio, N.R. and Gerchmann, M. (2012). Production of Hydrogen In The Reaction Between Aluminum and Water In The Presence of NaOH and KOH. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29(2), 338-346.
- Rosenband, V. and Gany, A. (2010). Application of activated aluminum powder for generation of hydrogen from water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(20), 10898-10904.
- Salimy, D. H. (2010). Steam Reforming Gas Alam dengan Reaktor Membran Menggunakan Reaktor Nuklir Temperatur Medium. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 12(2), 118–126.
- Setiani, P., Watanabe, N., Sondari, R.R. and Tsuchiya, N. (2018). Mechanisms and Kinetic Model of Hydrogen Production in The Hydrothermal Treatment of Waste Aluminum. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 7(10), 1-13.
- Sheikhabaehi, V., Baniasadi, E. and Naterer, G. F. (2018). Experimental Investigation of Solar Assisted Hydrogen Production from Water and Aluminum. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(19), 9181–9191.
- Shmelev, V. M., Nikolaev, V., Lee, J. and Yim, J. (2016). Hydrogen Production By Reaction of Aluminum With Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(38), 16664–16673.
- Siregar, Y. D. I. (2010). Produksi Gas Hidrogen dari Limbah Aluminium. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 362–367.
- Slocum, A.H. (2017). Optical Properties of High Temperature Molten Salt Mixtures for Volumetrically Absorbing Solar Thermal Receiver Applications. *International Journal of Solar Energy*, 153, 238–248.
- Sørensen, B. and Spazzafumo, G. (2018). *Hydrogen*. Hydrogen and Fuel Cells. 5-105.
- Urbonavicius, M., Varnagiris, S., Girdzevicius, D. and Milcius, D. (2017). Hydrogen Generation Based on Aluminum-Water Reaction for Fuel Cell Applications. *Energy Procedia*, 128(32), 114-120.
- Vlaskin, M.S., Shkolnikov, E.L. and Bersh A.V. (2011). Oxidation Kinetics of Micronized Aluminum Powder in High Temperature Boiling Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(35), 6484-6495.
- Wang, H.W., Chung, H.W., Teng, H.T. and Cao, G. (2011). Generation of Hydrogen from Aluminum and Water Effect of Metal Oxide Nanocrystals and Water Quality. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(23), 15136-15144.



- Zhang, B., Zhang, L., Yang, Z., Yan, Y., Pu, G. and Guo, M. (2015). Hydrogen-Rich Gas Production from Wet Biomass Steam Gasification with CaO/MgO. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(29), 8816-8823.
- Zhu, B., Li, F., Sun, Y., Wu, Y., Shi, W., Han, W., Wang, Q. and Wang, Q. (2019). Enhancing Ignition and Combustion Characteristics of Micron-Sized Aluminum Powder in Steam by Adding Sodium Fluoride. *Combustion and Flame*, 205, 68–79

