

**PENGARUH AKTIVATOR CaO DAN KATALIS KOH PADA  
PRODUKSI HIDROGEN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE ALUMINIUM-WATER**

**SKRIPSI**

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



**Oleh :  
ZAKIATUN NADIA  
08031381823079**

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

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH AKTIVATOR CaO DAN KATALIS KOH PADA  
PRODUKSI HIDROGEN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE ALUMINIUM-WATER**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**Zakiatun Nadia**

**08031381823079**

Indralaya, 02 November 2022

**Pembimbing**



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

**NIP. 196704191993031001**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Hermasnyah, S.Si., M.Si., Ph.D**

**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Aktivator CaO dan Katalis KOH Pada Produksi Hidrogen dengan Menggunakan Metode *Aluminium-Water*”, telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Oktober 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Inderalaya, 02 November 2022

Ketua :

**1. Drs. Fatma, M.S**

NIP.196207131991022001

(  )

Sekretaris :

**1. Dr. Zainal Fanani, M.Si**

NIP.196708211995121001

(  )

Pembimbing:

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

NIP. 196704191993031001

(  )

Penguji:

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

NIP. 197409282000121001

(  )

**2. Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**

NIP. 197211092000032001

(  )

Mengetahui,

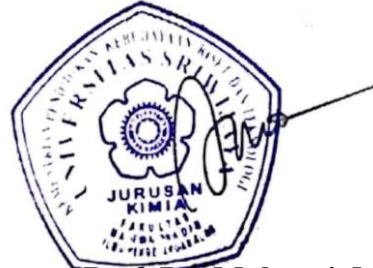
Dekan FMIPA



**Prof. Hermasnyah, S.Si., M.Si., Ph.D**

NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharni, M.Si**

NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Zakiatun Nadia  
NIM : 08031381823079  
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 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 02 November 2022

Yang menyatakan,



Zakiatun Nadia

NIM. 08031381823079

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

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

Nama Mahasiswa : Zakiatun Nadia

NIM : 08031381823079

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan saya menyetujui untuk memberika kepada Universitas Sriwijaya “Penngaruh Aktivator CaO dan Katalis KOH Pada Produksi Hidrogen dengan Menggunakan Metode *Aluminium Water*”. Dengan hasil bebas royalti non-ekslusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengolah dalam bentuk pangakalan 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, 02 November 2022

Yang menyatakan,



Zakiatun Nadia

NIM. 08031381823079

## SUMMARY

### EFFECT OF CaO ACTIVATOR AND KOH CATALYST ON HYDROGEN PRODUCTION USING ALUMINUM-WATER METHOD

Zakiatun Nadia : Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University

xvii +48 pages, 11 tables, 12 pictures, 6 attachments

Research on the effect of CaO activator and KOH catalyst on hydrogen production from aluminium waste using aluminum-water method has been successfully done. The aims this research were to determine the performance of calcium oxide activator in hydrogen production at several variables and to evaluate the effect of KOH catalyst and on the rate of hydrogen production. Aluminum waste measuring 60 and 100 mesh is used as a material for produce the aluminum water method with varying mass of activator, KOH concentrations, and temperatures. Optimum condition one gram aluminum with calcium oxide activator 2.5 mL KOH, 5% w/w activator mass, and 35°C temperature. Using KOH 10 M catalyst produced 830 mL of hydrogen rate 60 mL/second. The XRD analysis result of alumina before reaction diffraction pattern angle of  $2\theta = 38.4^\circ$ ;  $44.6^\circ$ ;  $65.12^\circ$  and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) diffraction pattern angle of  $2\theta = 25.51^\circ$ . After being reaction with an activator, the resulting is aluminium hydroxide ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) diffraction pattern angle of  $2\theta = 39.94^\circ$ ;  $46.08^\circ$

Keywords: Hydrogen, calcium oxide, KOH catalyst, aluminium waste, aluminium water

Citation : 43 (2008-2022)

## RINGKASAN

### PENGARUH AKTIVATOR CaO DAN KATALIS KOH PADA PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE *ALUMINIUM-WATER*

Zakiatun Nadia : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xvii +48 halaman, 11 tabel, 12 gambar, 6 lampiran

Penelitian mengenai pengaruh aktivator CaO dan katalis KOH pada produksi hidrogen dengan metode *aluminium water* dari limbah aluminium telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja aktivator kalsium oksida dan pengaruh katalis KOH pada laju produksi hidrogen. Limbah aluminium berukuran 60 dan 100 mesh digunakan sebagai bahan untuk menghasilkan hidrogen melalui metode *aluminium water* dengan massa aktivator, konsentrasi KOH, dan temperatur bervariasi. Hasil produksi gas hidrogen terbaik untuk 1 gram aluminium berada pada ukuran partikel 100 mesh, penambahan volume 2,5 mL larutan KOH 10M, 5% b/b massa aktivator, dan temperatur 35°C yang menghasilkan hidrogen sebesar 830 mL dengan laju reaksi sebesar 60 mL/detik. Hasil Analisa XRD aluminium sebelum reaksi menghasilkan sudut pola difraksi aluminium (Al) pada  $2\theta = 38,4^\circ; 44,6^\circ; 65,12^\circ$  dan alumina ( $Al_2O_3$ ) pada sudut  $2\theta = 26,7^\circ$ . Setelah reaksi dengan aktivator, dihasilkan senyawa aluminium hidroksida ( $Al(OH)_3$ ) yang menghasilkan pola difraksi yang terdapat pada sudut  $2\theta = 39,94^\circ; 46,08^\circ$ .

Kata Kunci : Hidrogen, aktivator CaO, katalis KOH, limbah aluminium,  
*aluminium water*

Sitasi : 43 (2008-2022)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Menuntut ilmu adalah wajib bagi seluruh kaum muslimin dan muslimat”

(HR. Muslim)

“Dan Dia memberikan rezeki dari arah yang tidak disangka-sangkanya. Dan barang siapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah mengadakan ketentuan bagi setiap sesuatu”

(QS. At-Talaq : 3)

“Masing- masing orang memperoleh derajat-derajat (seimbang) dengan apa yang dikerjakannya dan Tuhanmu tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan”

(QS. Al-An'am : 132)

Atas keridhoan Allah SWT Skripsi ini tanda syukurku kepada :

Allah SWT & Nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan Kepada :

- Orang Tuaku tercinta Herlambang, S.E. dan Rayeni yang selalu memberikan support, mendo'akan, serta memberikan semangat.
- Ayukku Cezi Intan Sari, A.Md. dan Adikku Annas Haq yang aku cintai selalu memberikan support, nasihat dan dukungan.
- Pembimbing, sahabat dan teman-temanku
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, serta memohon ampunan dan meminta pertolongan hanya kepada-Nya, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pengaruh Aktivator CaO dan Katalis KOH Pada Produksi Hidrogen dengan Menggunakan Metode *Aluminium Water*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai macam rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data, pengolahan data serta terhadap penulisan skripsi. Namun dengan kesabaran, ketekunan dan keyakinan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, alhamdulillah akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala rahmat dan ridho-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Hermasyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekertaris Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Dra. Fatma, M.S., Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si., Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si., dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku ketua, sekertaris, pembahsan dan penguji sidang sarjana.

7. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. Mama, Papa, Ayuk, dan Adikku tercinta yang selalu mendo'akan dan senantiasa memberika dukungan serta semangat.
9. Team PUR'18 Sesi 2 (Nikea, Ade Marisa, Iren Martha, Adinda, Anin, Devi, Eko, Suteja, Prima, Ghiffar) telah banyak suka dan suka yang kita rasakan. Alhamdulillah kita sudah berjuang dititik ini. Terima Kasih atas bantuannya selama penelitain dan ngelab di PUR, sukses dan lancar-luncur kepadanya.
10. Kak Reka, kak Icha dan kak Dwi, terima kasih kak atas kesabaran kakak dalam membimbing, memberika bantuan, serta dukungan yang sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
11. Kak Ory Adelia terima kasih kak telah bersedia membantu pada awal sebelum penelitian dan sesudah penelitian hingga bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
12. The Last Kloter (Iren Martha, Aninda dan Ghiffar) terima kasih atas segala support, dukungan, hiburan dan bantuannya selama penelitian. Sukses kedepannya team, walaupun kita the last tetap semangat ya!
13. Iren Martha Pejuang 34 km (Palembang-Layo), alhamdulillah akhirnya kita sudah sampai di titik ini. Terima kasih Iren atas bantuannya dan support dari awal penelitian sampai selesai.
14. Irma Listiany teman sepejuangan semasa kuliah. Terima kasih atas bantuan, dan support dari zaman perkuliahan, awal penelitian dan sampai saat ini. Alhamdulillah kita sudah sampai di titik ini, sukses selalu kepadanya.
15. Adinda Thalia Salsabilla teman seperjuangan KKN dan penelitianku. Terima kasih atas support dan bantuannya selama KKN dan penelitian. Semangat untuk kedepannya din, dikit lagi untuk sampai pada gelar sarjana. Semoga selalu diberika kemudahan dan kelacaran, aamiin.

16. BPH Himaki Kabinet Hidrogen yang senantiasa memberika semangat, dukungan, pengalaman dan pengingat diri untuk menebar kebermanfaatan. Terima kasih atas kerja samanya selama ini.
17. Departemen Inti Kabinet Hidrogen (Kak Apresi, Agus Seprian, Kak Sisi, Kak Juju) yang selalu senantiasa membantu, mensupport dan memberika semangat untuk berjuang sampai akhir kepengurusan. Terima kasih atas kerjasamanya selama ini. Sukses kedepannya team.
18. BPH Himaki Kabinet Konstelasi Cita yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan mengingatkan pada kebaikan serta kebermanfaatan. Terima kasih atas kerjasamanya selama ini, semangat dan sukses.
19. Depatemen Adovakstrat Kabinet Konstelasi Cita (M. Agung Bimantara, David Fernando, Restu Syahnardi) yang senantiasa menemani perjuangan yang tak mudah dalam kepengurusan departemen ini. Terima kasih atas support, effort, keceriaan, kegilaan, kebermanfaatan dan kerjasamanya selama di departemen ini. Semangat untuk tugas akhir dan penelitiannya, semoga lancar dan sukses selalu.
20. Kakak-kakak BPH BEM KM FMIPA Kabinet Inspiratif dan teman-teman staff Inspiratif yang senantiasa memberikan semangat, dukungan dan motivasi untuk selalu mengingatkan untuk menebar kebermanfaatan. Terima kasih atas pengalaman, kerjasama, kebersamaan, *leadership* yang sangat luar biasa. Semangat dan sukses selalu.
21. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang telah banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
22. Semua pihak dan orang-orang baik yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dukungan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalani

kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan Ilmu Kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, 02 November 2022

Penulis

## 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 KARYA ILMIAH</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<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.....	4
<b>BAB II LATAR BELAKANG</b> .....	5
2.1 Hidrogen .....	5
2.2 Produksi Hidrogen .....	6
2.2.1 Elektrolisis .....	6
2.2.2 <i>Steam Reforming</i> .....	7
2.2.3 <i>Aluminium Water</i> .....	8
2.2.3.1 Aluminium.....	8
2.2.3.2 <i>Reaksi Aluminium Water</i> .....	9
2.3 Aktivator .....	10
2.4 Katalis .....	10
2.5 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	12
2.6 Kinetik Laju Reaksi .....	14

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.2.1 Alat .....	16
3.2.2 Bahan .....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1 Preparasi Bahan Baku Aluminium.....	16
3.3.2 Pengaruh Ukuran Partikel Pada Produksi Gas Hidrogen dengan Metode <i>Aluminium Water</i> .....	17
3.3.3 Variasi Massa Aktivator Pada Produksi Gas Hidrogen dengan Metode <i>Aluminium Water</i> .....	17
3.3.4 Variasi Katalis KOH Pada Produksi Gas Hidrogen dengan Metode <i>Aluminium Water</i> .....	17
3.3.5 Variasi Temperatur pada Produksi Gas Hidrogen dengan Metode <i>Aluminium Water</i> .....	18
3.4 Analisa Data .....	18
3.4.1 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	18
3.4.2 Perhitungan Laju Reaksi .....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Pengaruh Ukuran Partikel Aluminium terhadap Produksi Gas Hidrogen .....	21
4.1.1 Pengaruh Persentase Aktivator Kalsium Oksida.....	22
4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Katalis .....	23
4.1.3 Pengaruh Temperatur .....	25
4.2 Analisa Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	27
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
5.1 Kesimpulan .....	29
5.2 Saran.....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan activator kalsium oksida dengan berbagai variasi ukuran partikel. ....	18
Tabel 2 Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator kalsium oksida dengan variasi massa aktivator kalsium oksida. ....	19
Tabel 3 Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator kalsium oksida dan variasi temperatur. ....	19
Tabel 4 Analisa pengukuran volume gas hidrogen dan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan KOH sebagai katalis pada temperatur 25°C.....	19
Tabel 5 Data pengukuran volume hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada produksi gas hidrogen menggunakan aktivator kalsium oksida dengan variasi ukuran partikel aluminium.....	38
Tabel 6 Data volume gas hidrogen yang dihasilkan menggunakan aktivator kalsium oksida dengan berbagai variasi massa aktivator.....	39
Tabel 7 Data laju reaksi dari produksi hidrogen menggunakan aktivator kalsium oksida.....	39
Tabel 8 Data volume gas hidrogen yang dihasilkan menggunakan aktivator kalsium oksida dengan berbagai variasi katalis KOH .....	41
Tabel 9 Data laju reaksi dari produksi hidrogen menggunakan variasi katalis KOH .....	41
Tabel 10 Data volume gas hidrogen pada variasi temperatur terhadap produksi gas hidrogen.....	43
Tabel 11 Data laju gas hidrogen pada variasi temperatur terhadap produksi gas hidrogen.....	43

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 <i>Nuclear steam reforming</i> dan aplikasinya.....	7
Gambar 2 Difraksi Sinar X pada Kristal .....	12
Gambar 3 XRD dari CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , dan CaCO <sub>3</sub> .....	13
Gambar 4 Kurva variasi ukuran partikel aluminium pada produksi hidrogen .....	21
Gambar 5 Kurva volume gas hidrogen fungsi dari waktu pada variasi ukuran partikel Aluminium .....	22
Gambar 6 Produksi gas hidrogen setiap waktu pada persen massa aktivator kalsium oksida bervariasi.....	23
Gambar 7 Laju reaksi produksi gas hidrogen pada variasi persen massa aktivator kalsium oksida.....	23
Gambar 8 Produksi gas hidrogen pada beberapa variasi konsentrasi katalis KOH.....	23
Gambar 9 Laju reaksi produksi gas hidrogen pada beberapa variasi konsentrasi katalis .....	25
Gambar 10 Produksi gas hidrogen pada beberapa variasi temperatur .....	26
Gambar 11 Laju produksi gas hidrogen pada beberapa variasi temperatur.....	26
Gambar 12 Difaktogram produksi hidrogen sebelum dan sesudah direaksikan .....	27



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema Kerja.....	36
Lampiran 2 Data pengukuran volume gas hidrogen dan perhitungan laju reaksi pada pengaruh ukuran partikel aluminium dalam produksi gas hidrogen .....	38
Lampiran 3 Data Hasil Gas Hidrogen pada Pengaruh Massa Aktivator terhadap Produksi Gas Hidrogen.....	39
Lampiran 4 Data Hasil Gas Hidrogen dengan Menggunakan Variasi Katalis KOH .....	40
Lampiran 5 Data Hasil Gas Hidrogen pada Pengaruh Temperatur terhadap Produksi Gas Hidrogen .....	43
Lampiran 6 Gambar Alat dan Bahan Penelitian .....	45

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemakaian dan permintaan bahan bakar fosil dalam skala global terus meningkat (Bolt *et al.*, 2020) sehingga ketersediaan bahan bakar fosil semakin berkurang. Beberapa peneliti melakukan pengembangan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan seperti hidrogen (Irakhah *et al.*, 2018). Hidrogen memiliki kelimpahan di alam tetapi tidak dalam keadaan bebas. Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar menggunakan teknologi *fuel cell* yang dapat mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air dan energi listrik (Fatmaliana dkk., 2020). Bahan bakar hidrogen hampir tidak menghasilkan emisi (Alviani *et al.*, 2021) karena produk samping berupa uap air (Sitohang dkk., 2017). Hidrogen sebagai pembawa energi bersih dikarenakan sifat hidrogen memiliki kepadatan energi tinggi. Adapun cara untuk memproduksi hidrogen berupa elektrolisis air, *steam reforming* dan *aluminium water* (Bolt *et al.*, 2020). Pada penelitian ini menggunakan metode *aluminium water*.

Produksi hidrogen menggunakan metode *aluminium water* bersifat ramah lingkungan (Sitohang dkk., 2017), *reversibel*, materialnya memiliki kelimpahan di alam serta biaya yang murah (Rin *et al.*, 2021). Aluminium yang digunakan dapat berupa limbah aluminium dari limbah makanan atau minuman kaleng (Sitohang dkk., 2017). Limbah aluminium dapat didaur ulang dan dimanfaatkan sebagai energi yang ramah lingkungan dengan metode *aluminium water* (Zhu *et al.*, 2019). Secara teoritis, 1 g aluminium dapat bereaksi dengan air menghasilkan 1360 mL hidrogen pada kondisi 1 atm dan 25°C (Sheng *et al.*, 2021).

Aluminium mudah terhidrolisis dengan air menggunakan katalis atau aktivator untuk menghasilkan hidrogen. Produk samping dari reaksi *aluminium water* berbentuk hidroksida yaitu  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan  $\text{AlOOH}$ . Hidroksida tersebut ramah lingkungan dan dapat dengan mudah direduksi menjadi aluminium untuk didaur ulang lebih lanjut dengan proses Hall-Heroult atau digunakan kembali untuk produksi semen refraktori dan kalsium aluminat (Gai *et al.*, 2020). Reaksi antara limbah aluminium dan air berjalan lambat pada suhu rendah dikarenakan a

danya lapisan aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Saceleanu *et al.*, 2019). Lapisan oksida yang terdapat dipermukaan aluminium dapat menghambat reaksi antara aluminium dengan air mengakibatkan reaksi berjalan lambat, sehingga diperlukan penambahan katalis atau zat aktivator.

Penambahan katalis bertujuan untuk meningkatkan efektifitas laju reaksi karena dapat memecah lapisan oksida sehingga reaksi aluminium water berlangsung spontan (Irakhah *et al.*, 2018). Katalis yang biasa digunakan untuk reaksi aluminium bersifat basa kuat seperti NaOH dan KOH (Newell & Thampi, 2017). Sedangkan aktivator yang digunakan pada metode aluminium water berupa logam alkali, seperti Li, Mg, Pt dapat digunakan sebagai aktivator dalam reaksi *aluminium water* (Shmelev *et al.*, 2016). CaO juga banyak digunakan sebagai aktivator karena harganya murah, memiliki kapasitas yang tinggi dan bersifat tidak reaktif sehingga lebih stabil dalam penyimpanan. CaO dapat meningkatkan hasil produksi hidrogen yang signifikan dengan menghasilkan emisi CO yang sangat rendah. Energi ionisasi dari CaO yang rendah dapat mudah membentuk ion positif sehingga dapat merobek lapisan oksida (Wang *et al.*, 2022). CaO merupakan oksida basa yang memiliki afinitas yang kuat terhadap air, sehingga ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aluminium oksida dapat larut (Zhang *et al.*, 2020). CaO juga memiliki kelebihan lainnya yaitu mampu beroperasi pada temperatur tinggi, mengandung sedikit pengotor, tidak perlu di preparasi sebelum pemakaian, tidak beracun, sudah diproduksi secara komersil sehingga mudah didapatkan, densitas lebih rendah sehingga larut pada fasa cair (Jung *et al.*, 2008), dan memiliki luas permukaan besar sehingga bidang sentuh saat bereaksi lebih besar, maka hasil produksi gas hidrogen dihasilkan tinggi (Urbonavicius *et al.*, 2017).

Adelia (2021) melaporkan produksi hidrogen menggunakan aktivator kalium dengan massa optimum (7% b/b) dan katalis NaOH 7 M serta volume air 1,5 mL menghasilkan hidrogen sebesar 891 mL dengan laju 161,6 mL/menit. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memproduksi hidrogen yang ramah lingkungan dengan menggunakan metode aluminium water dengan bantuan katalis KOH dan aktivator CaO. Penelitian ini juga melakukan pengujian terhadap laju produksi hidrogen yang dihasilkan dengan menggunakan variasi ukuran

partikel aluminium, variasi massa aktivator CaO, variasi temperatur, dan variasi konsentrasi KOH sebagai katalis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Produksi hidrogen metode *aluminium water* memanfaatkan bahan dari limbah aluminium. Limbah aluminium memiliki satu lapisan oksida yang dapat menghambat proses produksi gas hidrogen, sehingga memerlukan katalis dalam penggunaannya. KOH digunakan sebagai katalis karena mempunyai kebasaaan yang tinggi sehingga dapat merobek lapisan oksida pada permukaan aluminium sehingga reaksi aluminium water berlangsung cepat dan spontan dan dapat meningkatkan produksi hidrogen.

Aluminium dan penggunaan katalis dapat menghasilkan gas hidrogen, namun memerlukan waktu yang lebih panjang dan menghasilkan gas hidrogen yang lebih sedikit. Oleh karena itu diperlukannya aktivator untuk efisiensi waktu dalam proses produksi gas hidrogen serta dapat membantu meningkatkan volume gas hidrogen yang dihasilkan. Stabilitas penyimpanan aktivator yang tinggi diperlukan untuk mempermudah melakukan preparasi alloy. Penambahan CaO sebagai aktivator dapat membantu meningkatkan produksi hidrogen dengan stabilitas penyimpanan yang tinggi dan harga yang terjangkau.

Penggunaan CaO akan lebih efisien apabila pada suhu yang tinggi, namun pada suhu yang tinggi katalis KOH dapat lebih mudah menguap, sehingga diperlukan suhu yang tepat dalam proses produksi gas hidrogen menggunakan katalis KOH dan aktivator CaO. Produksi hidrogen dengan metode *aluminium water* ini menggunakan ukuran partikel aluminium bervariasi yaitu 60 dan 100 mesh, variasi massa aktivator CaO, variasi temperatur, dan variasi konsentrasi katalis KOH.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh ukuran partikel Aluminium, persentase massa aktivator CaO, temperatur, dan konsentrasi katalis KOH terhadap produksi hidrogen dengan metode *aluminium water*.

2. Membandingkan perubahan difraktogram dari sampel Al-CaO terbaik yang didapatkan dengan metode *aluminium water* melalui analisa *x-ray diffraction*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi fuel cell pada bidang produksi hidrogen serta membuat suatu produk yang memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan dari limbah aluminium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, O. (2021). Uji Kinerja Aktivator Kalium Pada Produksi Hidrogen dari Limbah Aluminium Dengan Katalis NaOH Menggunakan Metode *Aluminium-Water*. Skripsi. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Alviani, V. N., Hirano, N., Watanabe, N., Oba, M., Uno, M., & Tsuchiya, N. (2021). Local Initiative Hydrogen Production By Utilization Of Aluminum Waste Materials and Natural Acidic Hot-Spring Water. *Applied Energy*, 293(April). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116909>
- Ambaryan, G. N., Vlaskin, M. S., Dudoladov, A. O., Meshkov, E. A., Zhuk, A. Z., & Shkolnikov, E. I. (2016). Hydrogen Generation By Oxidation Of Coarse Aluminum in Low Content Alkali Aqueous Solution Under Intensive Mixing. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(39), 17216–17224. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.08.005>
- Anhar, M., & Putra, F. A. (2022). Penggunaan Katalis Kalsium Karbonat Pada Karburasi Padat Baja ST 37. *Journal Of Applied Mechanical Engineering and Renewable Eenergy (JAMERE)*, 2(1), 1–8.
- Bayuseno, A. P., & Chamdani, N. A. (2011). Adc 12 Sebagai Material Sepatu Rem Menggunakan Pengecoran High Pressure Die Casting Dengan Variasi Temperatur Penuangan. *Jurnal Teknik Mesin*, 13, 17–23. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi%0AADC>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.160>
- Chau, K., Djire, A., & Khan, F. (2022). Review and analysis of the hydrogen production technologies from a safety perspective. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(29), 13990–14007. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.02.127>
- Dewita, E., Prassanti, R., Widana, K. S., & Susilo, Y. S. B. (2021). Cost Analysis of Nuclear Hydrogen Production Using IAEA-HEEP 4 Software. *Journal of Physics: Conference Series*, 2048(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2048/1/012005>
- Fatmaliana, A., Maulinda, M., & Sari, N. (2020). Pengaruh Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Tabung Penyimpanan Hidrogen Berbasis MgH<sub>2</sub> Melalui Teknik Mechanical Alloying. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 967–973. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1924>
- Gabriel, K. S., El-Emam, R. S., & Zamfirescu, C. (2021). Technoeconomics of Large-Scale Clean Hydrogen Production – A review. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.081>
- Gai, W. Z., Zhang, X., Sun, K., Yang, Y., & Deng, Z. Y. (2020). Hydrogen

- Generation from Al-Water Reaction Catalyzed by Fe/AlOOH Composite. *Energy Science and Engineering*, 8(7), 2402–2411. <https://doi.org/10.1002/ese3.675>
- Godart, P., Fischman, J., Seto, K., & Hart, D. (2019). Hydrogen Production from Aluminum-Water Reactions Subject to Varied Pressures and Temperatures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(23), 11448–11458. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.140>
- Haryono, Natanael, C. L., Rukiah, & Yulianti, Y. B. (2018). Kalsium Oksida Mikropartikel dari Cangkang Telur Sebagai Katalis Pada Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 8(1), 8–15.
- Huang, X., Gao, T., Pan, X., Wei, D., Lv, C., Qin, L., & Huang, Y. (2013). A Review: Feasibility of Hydrogen Generation From The Reaction Between Aluminum and Water for Fuel Cell Applications. *Journal of Power Sources*, 229, 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.12.016>
- Irakhah, A., Seyed Fattahi, S. M., & Salem, M. (2018). Hydrogen Generation Using Activated Aluminum/Water Reaction. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(33), 15739–15748. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.07.014>
- Irianto, I. D., Tenaga, B., & Nasional, N. (2009). Studi Awal Proses Produksi Hidrogen Menggunakan Konsep Kogenerasi Reaktor VHTR. *Jurnal Batan*, 1(1), 384–393.
- Jung, C. R., Kundu, A., Ku, B., Gil, J. H., Lee, H. R., & Jang, J. H. (2008). Hydrogen from Aluminium in a Flow Reactor For Fuel Cell Applications. *Journal of Power Sources*, 175(1), 490–494. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.09.064>
- Kaur, P., Khanna, A., Kaur, N., Nayar, P., & Chen, B. (2020). Synthesis and Structural Characterization Of Alumina Nanoparticles. *Phase Transitions*, 93(6), 596–605. <https://doi.org/10.1080/01411594.2020.1765245>
- Kosasih, D. P. (2018). Analisis Material Isolator Busi Panas Dengan Busi Dingin Menggunakan Perangkat Lunak Match Powder Diffraction. (*MESA*) *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Subag*, 2(2), 18–32. <http://ejournal.unsub.ac.id/index.php/FTK/article/view/365>
- Kumar, D., & Muthukumar, K. (2020). An Overview On Activation Of Aluminium-Water Reaction For Enhanced Hydrogen Production. *Journal of Alloys and Compounds*, 835, 155189. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155189>
- Liu, E., Zhu, G., Dai, P., Liu, L., Yu, S., & Wang, B. (2022). Preparation Of Self-Healing Ni-Al Layered Double Hydroxide Superhydrophobic Coating With Nanowall Arrays On Aluminum Alloy. *Colloids and Surfaces A*:

- Physicochemical and Engineering Aspects*, 652(07), 129916.  
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.129916>
- Liu, H., Yang, F., Yang, B., Zhang, Q., Chai, Y., & Wang, N. (2018). Rapid Hydrogen Generation Through Aluminum-Water Reaction in Alkali Solution. *Catalysis Today*, 318(10), 52–58.  
<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.03.030>
- Maiyeni, S., & Elvaswer, E. (2017). Karakterisasi I-V Semikonduktor CuO Didoping TiO<sub>2</sub> sebagai Sensor Gas Hidrogen. *Jurnal Fisika Unand*, 6(3), 263–269. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.3.263-269.2017>
- Mohamad, S. M., Roslan, N. A., & Zainal Abidin, S. (2022). Comparison On The Physicochemical Properties Of Alumina Extracted From Various Aluminum Wastes. *Materials Today: Proceedings*, 57, 1179–1183.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.561>
- Munawarti, N. D., Permatasari, D., Wulandari, R., Wari, W. S., & Aini, Z. (2015). Sintesis Aluminium Hidroksida (Al(OH)<sub>3</sub>) dari Limbah Anodisasi Pelapisan Logam Aluminium Kajian pH. *Jurnal Kimia Fmipa Universitas Negeri Surabaya*, 6, 3–4.
- Nassef, A. M., Fathy, A., Abdelkareem, M. A., & Olabi, A. G. (2022). Increasing bio-hydrogen production-based steam reforming ANFIS based model and metaheuristics. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 138(03), 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2022.02.015>
- Newell, A., & Thampi, K. R. (2017). Novel Amorphous Aluminum Hydroxide Catalysts For Aluminum–Water Reactions to Produce H<sub>2</sub> on Demand. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(37), 23446–23454.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.279>
- Rahmah, M. (2020). Produksi Hidrogen dari Limbah Aluminium dengan Aktivator Natrium Menggunakan Metode Aluminum-Water. *Artikel Ilmiah Sidang Sarjana*, 1(1), 1–10.
- Razavi-Tousi, S. S., & Szpunar, J. A. (2013). Effect Of Structural Evolution Of Aluminum Powder During Ball Milling On Hydrogen Generation in Aluminum-Water Reaction. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(2), 795–806. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.10.106>
- Rin, T., Sangwichien, C., Yamsaengsung, R., & Reungpeerakul, T. (2021). Hydrogen Generation From The Hydrolysis Of Aluminum Promoted by Ni–Li–B Catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(56), 28450–28461. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.06.101>
- Saceleanu, F., Vuong, T. V., Master, E. R., & Wen, J. Z. (2019). Tunable Kinetics Of Nanoaluminum and Microaluminum Powders Reacting with Water to Produce Hydrogen. *International Journal of Energy Research*, 43(13), 7384–7396. <https://doi.org/10.1002/er.4769>



- Saleh, C., Setiawan, R., & Parada D.P, B. R. (2020). Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Sumber Energi Alternatif pada Proses Produksi Hidrogen Pada Hidrofill. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, 2(2), 99–104. <https://doi.org/10.30812/bite.v2i2.913>
- Sheng, P., Zhang, S., Guan, C., Qian, W., Gao, X., & Wang, Y. (2021). Preparation and characterization of the Al-Ga-In-Sn-KCl Composites For Hydrogen Generation. *Energy Storage*, 3(4), 1–8. <https://doi.org/10.1002/est2.241>
- Shmelev, V., Nikolaev, V., Lee, J. H., & Yim, C. (2016). Hydrogen Production By Reaction Of Aluminum With Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(38), 16664–16673. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.159>
- Sitohang, L., Hakim L., & Hasfita, F. (2017). Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium Untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Kalium Hidroksida (KOH). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 55–67.
- Tekade, S. P., Jadhav, G. R., Kalekar, S. E., Pednekar, A. S., Shende, D. Z., Wasewar, K. L., & Sawarkar, A. N. (2021). Utilization Of Human Urine and Waste Aluminum For Generation Of Hydrogen. *Bioresource Technology Reports*, 15(07), 100821. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100821>
- Trowell, K. A., Goroshin, S., Frost, D. L., & Bergthorson, J. M. (2020). Aluminum and its Role as a Recyclable, Sustainable Carrier Of Renewable Energy. *Applied Energy*, 275(01), 115112. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115112>
- Urbonavicius, M., Varnagiris, S., Girdzevicius, D., & Milcius, D. (2017). Hydrogen generation based on aluminum-water reaction for fuel cell applications. *Energy Procedia*, 128, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.024>
- Wang, B., Xu, K., Wang, Y., Parker, T., & Wang, Q. (2020). Using Soybean Isoflavone to Prevent Hydrogen Production Reaction Of Aluminium Dust and Water in Wet Dust Removal Systems. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104233>
- Wang, P., Xie, H., Zhang, J., Jia, L., Yu, Z., & Li, R. (2022). Optimization Of Two Bio-Oil Steam Reforming Processes For Hydrogen Production Based On Thermodynamic Analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(17), 9853–9863. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.01.055>
- Yang, H., Zhang, H., Peng, R., Zhang, S., Huang, X., & Zhao, Z. (2019). Highly Efficient Hydrolysis Of Magnetic Milled Powder From Waste Aluminum (Al) Cans With Low-concentrated Alkaline Solution For Hydrogen Generation. *International Journal of Energy Research*, 43(9), 4797–4806. <https://doi.org/10.1002/er.4621>

- Yuda, R.C., Iridiansyah., dan P. (2017). Studi Kinetika Pengaruh Suhu Terhadap Ekstraksi Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk Nipis dengan Pelarut Etanol. *Jurnal Chemurgy*, 01(1), 22–26.
- Zhang, H., Dou, B., Zhang, H., Li, J., Ruan, C., & Wu, C. (2020). Study On Non-Isothermal Kinetics and The Influence Of Calcium Oxide On Hydrogen Production During Bituminous Coal Pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 150(05), 104888. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2020.104888>
- Zhu, X., Liu, X., Lian, H. Y., Liu, J. L., & Li, X. S. (2019). Plasma Catalytic Steam Methane Reforming For Distributed Hydrogen Production. *Catalysis Today*, 337(04), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.05.015>