

**KAPABILITAS HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al DAN Zn/Cr  
SEBAGAI MATERIAL PENYIMPAN HIDROGEN**

**SKRIPSI**

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



**WINI NAFISYAH  
08031281419020**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

KAPABILITAS HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al DAN Zn/Cr  
SEBAGAI MATERIAL PENYIMPAN HIDROGEN

SKRIPSI

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

Oleh:

WINI NAFISYAH

08031281419020

Indralaya, 23 Juli 2018

Pembimbing I



Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.

NIP. 197408121998021001

Pembimbing II



Nurlisa Hidayati, M.Si

NIP. 197211092000032001

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 "Kapabilitas Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr sebagai Material Penyimpan Hidrogen" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juli 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 23 Juli 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

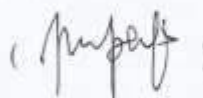
Ketua :

1. **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.**  
NIP. 197408121998021001



Anggota :

2. **Nurlisa Hidayati, M.Si.**  
NIP. 197211092000032001
3. **Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001
4. **Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si.**  
NIP. 197711272005011003
5. **Dra. Julinar, M.Si**  
NIP. 196507251993032002



  
Dekan, FMIPA  
Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc  
NIP. 197210041997021001

Mengetahui,

  
Ketua Jurusan  
Dedi Rohendi, M. T  
NIP. 196704191993031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Wini Nafisyah  
NIM : 08031281419020  
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.

Inderalaya, 23 Juli 2018

Penulis,



Wini Nafisyah

NIM. 08031281419020

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

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

Nama Mahasiswa : Wini Nafisyah  
NIM : 08031281419020  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
JenisKarya : Skripsi

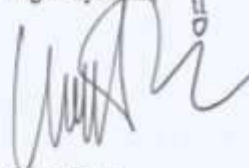
Demi pengembangan ilmu pengetahuan,

Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "Kapabilitas Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr sebagai Material Penyimpan Hidrogen". 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.

Inderalaya, 23 Juli 2018

Yang menyatakan,



Wini Nafisyah

NIM. 08031281419020

## LEMBAR PERSEMBAHAN

"Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung".(QS. Ali'Imran:173)

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui." (Al-Baqarah: 216)

"Sepotong intan terbaik dihasilkan dari dua hal yaitu suhu dan tekanan yang tinggi di perut bumi. Semakin tinggi suhu yang diterimanya semakin tinggi tekanan yang diperolehnya. Jika dia bisa bertahan dan tidak hancur maka dia justru berubah menjadi intan yang berkilau tiada tara. Keras. Kokoh. Mahal harganya." (Tere Liye)

"Bersyukur adalah kunci dari nikmatnya hidup. Jangan pernah mengeluh dan berputus asa karena setiap orang memiliki zona waktu masing-masing untuk meraih kesuksesannya. Teruslah berpikir positif, berusaha dan berdoa untuk meraih impian." (Wini Hafisyah)

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

- ◆ Allah SWT
- ◆ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada :

1. Ayah dan Bundaku tersayang yang senantiasa mendoakan, menyayangi dan memberiku semangat
2. Saudara-saudaraku yang selalu aku sayangi dan cintai
3. Pembimbingku dan Sahabaku Tersayang
4. Almamatrku (Universitas Sriwijaya)

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “Kapabilitas Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr sebagai Material Penyimpanan Hidrogen”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan ke zaman berilmu seperti sekarang ini.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril selesai sudah penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Ibu **Nurlisa Hidayati, M.Si.** yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, saran dan petunjuk kepada Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.** selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Miksusanti, M.Si, selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberi saran, semangat dan motivasi selama ini.
5. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T., Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Ibu Dra. Julinar, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan-masukan yang sangat membangun dalam skripsi ini
6. Ibu Dr. Ferlinahayati, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Seminar yang telah membantu dalam segala hal pengurusan jadwal.

7. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mentransfer ilmu dengan ikhlas, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
8. Kepada Ayah dan Bunda yang selama ini telah mendoakan, mendukung, membimbing, menasehati, memberikan kasih sayang dan selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk Penulis dari kecil hingga sekarang. I love you deeper than the ocean and higher than the sky. I love you so much!
9. Kepada Kak Wahyu dan Dek Nabil (Teman bermain dari kecil hingga sekarang) yang selalu peduli dan menyayangi Penulis. Serta kepada keluarga besar yang terus menyemangati dan mendoakan Penulis. Terkhusus kepada Mbak Khairunissa yang telah menjadi sahabat sekaligus sepupu terbaik selama ini. I love you all!
10. Kepada M.Dwiky Asy'ari yang selalu mewarnai hari-hari Penulis. Terimakasih untuk semangat, doa, dan nasehat yang tiada henti. Semangat untuk sang penyemangat, you can do it too!
11. Sahabat dan saudara rantau terbaik "nax layo". Yuriska Utagi S (Cikkuh) partner curhat dan berkelana, akan rindu dengan canda tawa dan cerita tingkat atasnya "tetew" haha. Dewi Jayanti (Nurkuh) yang terkadang lola namun baik hati, akan rindu untuk berbagi ide dan semangat melanjutkan sekolah ke negeri impian (kincir angin & sakura) semoga bisa terealisasi, Aamiin. Ade Nopitasari (Edaku) partner melarikan diri ke jambi ketika penat dengan keadaan, terimakasih telah bersedia menemani disaat sulit, akan rindu dengan sifat yang kadang badmood tak menentu haha. Faisal (Nakkuh) saudara laki-laki selain ikhsan yang selalu berusaha melindungi kami, suka hilang kabar karena mobile legend, akan rindu panggilan 'mak'e' pun lawakan recehnya. Ratih Pratiwi F (My Sis) ayuk terbaik yang kalau marah suka mendadak diam, terimakasih sudah menjadi yang paling telaten merawat penulis ketika sakit, akan rindu dengan sifat keibuannya, sukses karirnya. Ikhsan Putra (Ikhsun), teman SMP yang menjadi sahabat ketika kuliah, salam GenRe haha, akan rindu atraksi permainan pena di jari, cerita dan rekomendasi anime, tetap semangat sun. Terimakasih untuk pertemuan yang sangat berkesan ini. Terimakasih telah



menemani Penulis dari jaman maba hingga detik ini. Semoga kelak kita semua bisa menjadi orang yang sukses dan bermanfaat bagi sesama. Sampai jumpa di lain hari untuk kita bertemu lagi. Sarangheo!

12. My beloved the one and only squishy, Yuriska Utagi Saputri (Soon S.Si) Terimakasih untuk kisah 4 tahun ini. Sahabat dari awal jaman maba sampai detik ini. Sahabat yang selalu ada dan mengerti. Terimakasih untuk canda tawa selama ini. Semoga kita tetap bisa menjaga silaturahmi baik ini. Tidak ada maksud meninggalkan, tapi semua memang akan sukses pada zona waktu masing-masing, bukan? Sukses selalu cik, I love you!
13. Tim Lab Pascasarjana, Kak Dedi The Best Ever asisten Laboratorium Riset Terpadu Pascasarjana Unsri yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penelitian, Kak Tarmizi yang ikhlas dalam berbagi ilmu dan sabar menjelaskan, Kak Neza kakak terbaik yang selalu menyemangati dan menasehati, Kak Danang ketua Tim Hidrogen yang selalu memberi saran, nasehat, doa dan semangat. Thankyou so much.
14. Teman seperjuangan selama penelitian Tugas Akhir (Yuriska, Ade, Friska, Lavini, Riza, Dwi, Leni, Afifah, Mia, Helda, Tirta, Nyanyu) terimakasih untuk kisah bahagia, sedih, tangis, dan tawa selama ini di laboratorium riset terpadu pascasarjana. Sukses selalu untuk kita semua.
15. Kakak-kakak MIKI 2012 yang menjadi sumber inspirasi, menuntun jalan, yang telah banyak membantu, dan menjadi kakak asuh semenjak kami baru menginjakkan kaki di Universitas Sriwijaya.
16. Kakak-kakak MIKI 2011 & 2013 terimakasih untuk bimbingan selama ini. Adik-adik MIKI 2015, 2016 dan 2017 semangat kuliahnya semoga sukses.
17. TIM LDH 2015 (Fadhil, Jerry, Mijik, Fero, Bunga, Nurul) semangat dan sukses selalu dek. Semoga TA nya berjalan dengan lancar. Nikmatilah dan petiklah pelajaran sebanyak mungkin selama TA. Semangat!
18. Teman-teman seperjuangan MIKI 2014 UNSRI terimakasih untuk kisah klasik indah yang telah terajut selama 4 tahun ini. Semangat terus untuk kita semua, Sukses selalu.
19. Keluarga Kimia Universitas Hasanuddin terimakasih untuk pengalaman yang berkesan selama satu semester berkuliah dan menuntut ilmu di dalam

atmosfir almamater merah. Kenangan dan cerita indah tentang dosen, analis, teman-teman, laboratorium, praktikum, teori, kuliah online tak akan pernah terlupakan. Sampai jumpa di lain kesempatan.

20. PERMATA UNHAS 2016 (Sari Ulfariani, Kak Dwi Hawa, Nurhidayati Umar, Ashri Azhari B, Bang Imam Ardhy, Teh Riri, Teh Vira, Aa' Endang) senang bisa berjumpa dengan kalian, sukses selalu keluarga kecilku.
21. Mbak Novi tersayang, Kak Roni dan Kak Qosiin selaku admin jurusan di kimia yang telah banyak membantu kelancaran proses tugas akhir Penulis.
22. Teman terbaik dari masa putih abu-abu (Nia, Riza, Husnul, Endah, Idah) terimakasih untuk semuanya. Sukses selalu sayang-sayangku, I love you!
23. Inderalaya sebuah kota kecil penuh kenangan, banyak hal yang Penulis pelajari selama berada di kota ini. Tantangan untuk hidup mandiri, kuat, bertanggung jawab, bersosialisasi dengan sekitar. PROTON pun juga jadi bagian dari kisah di kota ini, bagaimana Penulis dan teman-teman berjuang mengukir senyum di wajah adik-adik timbangan sungguh tak akan terlupakan. Terimakasih Inderalaya.
24. Semua pihak yang telah membantu Penulis selama penelitian dan penulisan skripsi ini. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang mampu menjadikan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik untuk kedepannya, demikianlah Penulis harapkan agar karya ini mampu berguna bagi kita semua.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Penulis mengharapkan masukan berupa kritik maupun saran yang membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan skripsi di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Agustus 2018

Penulis

## SUMMARY

### THE CAPABILITY OF LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Zn/Al AND Zn/Cr AS THE MATERIAL OF HYDROGEN STORAGE

Scientific Paper in the form of Skripsi, 07 June 2018

Wini Nafisyah : Supervised by Prof.Aldes Lesbani,Ph.D & Nurlisa Hidayati,M.Si.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

xxi + 85 pages + 1 table , 19 pictures, 26 attachments

The synthesis of layered double hydroxide Zn/Al and Zn/Cr has been done. The result by using XRD characterization was showed succesfully appear in  $2\theta$  at  $10^\circ$  and  $10^\circ$  with the basal spasing of layered double hydroxide Zn/Al is  $7.574 \text{ \AA}$  and layered double hydroxide Zn/Cr is  $7.32 \text{ \AA}$ . The characterization by using BET showed the surface area of Zn/Al  $9.4117 \text{ m}^2/\text{g}$  and Zn/Cr  $118.9524 \text{ m}^2/\text{g}$ . The characterization using XRF showed the composition of Zn/Al (3:1) that consists of zinc 91.48% & alumunium 2.9 % , Zn/Cr (2:1) that consists of zinc 81.13% and also chromium 16.7 %. Characterization by using FT-IR showed that the spesific area of layered double hydroxide appears at  $3300\text{-}3800 \text{ cm}^{-1}$  as the peak of OH, anion  $\text{NO}_3^-$  at  $1381 \text{ cm}^{-1}$ , and also the vibration appears below  $1000 \text{ cm}^{-1}$  from M-O bonding. Zn/Cr has the best result as the hydrogen storage in the pressure 2 bar, 90 minutes, and 200 mesh produced the hydrogen capacity  $69.3959 \text{ mg/g}$ . The optimum condition of layered double hydroxide Zn/Al as the hydrogen storage was formed at pressure 1 bar, 120 minutes, and 200 mesh produced the hydrogen capacity  $64.4743 \text{ mg/g}$ . Zn/Al and Zn/Cr has the hydrogen capacity higher than diatomic gas such as oxygen or nitrogen, so layered double hydroxide Zn/Al and Zn/Cr more selective to hydrogen than oxygen and nitrogen. This is due to the involvement of hydrogen bonds beside physical adsorption in the hydrogen storage process by Zn/Al and Zn/Cr.

**Keywords** : Layered double hydroxide , adsorption, hydrogen.

Citation : 43 (1969-2018)

## RINGKASAN

### KAPABILITAS HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al DAN Zn/Cr SEBAGAI MATERIAL PENYIMPAN HIDROGEN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 07 Juni 2018

Wini Nafisyah : Dibimbing Prof.Aldes Lesbani, Ph.D & Nurlisa Hidayati, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xxi + 85 Halaman, 1 Tabel, 19 Gambar, 26 Lampiran

Material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr telah berhasil disintesis yang dibuktikan dari data XRD yakni dengan munculnya puncak khas  $2\theta$  yaitu  $10^\circ$  dan  $60^\circ$  dengan jarak antar lapisan pada hidroksi lapis ganda Zn/Al sebesar  $7,574 \text{ \AA}$  dan Zn/Cr sebesar  $7,32 \text{ \AA}$ . Pada analisis BET dihasilkan data luas permukaan Zn/Al sebesar  $9,4117 \text{ m}^2/\text{g}$  dan Zn/Cr sebesar  $118,9524 \text{ m}^2/\text{g}$ . Melalui analisis XRF diketahui bahwa komposisi Zn/Al (3:1) terdiri dari Zn 91,48% dan Al 2,9 % serta Zn/Cr (2:1) terdiri dari logam Zn 81,13% dan Cr 16,7 %. Pada analisis spektrofotometer FT-IR muncul daerah khas puncak OH pada bilangan gelombang  $3300\text{-}3800 \text{ cm}^{-1}$ , anion  $\text{NO}_3^-$  pada  $1381 \text{ cm}^{-1}$ , dan vibrasi M-O di bawah daerah  $1000 \text{ cm}^{-1}$ . Penyerapan hidrogen paling tinggi dihasilkan oleh Zn/Cr pada kondisi tekanan 2 bar, waktu 90 menit, dan ukuran 200 mesh yakni sebesar  $69,3959 \text{ mg/g}$ . Pada Zn/Al penyerapan hidrogen berada pada kondisi optimum yakni pada tekanan 1 bar, waktu 120 menit, dan ukuran 200 mesh dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $64,4743 \text{ mg/g}$ . Dari data pengukuran Zn/Al dan Zn/Cr memiliki kapabilitas penyimpanan hidrogen yang lebih besar daripada gas diatomik oksigen dan nitrogen sehingga Zn/Al dan Zn/Cr lebih selektif terhadap hidrogen dibandingkan gas diatomik lain seperti nitrogen dan oksigen. Hal ini disebabkan oleh adanya keterlibatan ikatan hidrogen disamping adsorpsi secara fisik pada proses penyimpanan hidrogen oleh Zn/Al dan Zn/Cr.

**Kata Kunci** : Hidroksi Lapis Ganda , Adsorpsi, Hidrogen

Kepustakaan : 43 (1969-2018)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>RINGKASAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Hidrogen.....	4
2.2. Penyimpanan Hidrogen.....	4
2.3. Proses Penyimpanan Hidrogen.....	5
2.4. Material Penyimpan Hidrogen.....	6
2.4.1. Metal Organic Framework (MOF).....	6
2.4.2. Magnesium.....	6
2.4.3. Hidroksi Lapis Ganda.....	7
2.5 Adsorpsi.....	9
2.6 Karakterisasi.....	9

2.6.1. X-Ray Diffraktometer (XRD).....	9
2.6.1.1. Analisis XRD Pada Material Hidroksi Lapis Ganda (Zn/Al dan Zn/Cr).....	11
2.6.2. X-Ray Fluoresence (XRF).....	13
2.6.3. Spektrofotometer FT-IR.....	14
2.6.3.1 Analisis Spektrofotometer FT-IR Pada Material Hidroksi Lapis Ganda (Zn/Al dan Zn/Cr).....	15
2.6.4 Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET).....	16
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu dan Tempat.....	19
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.2.1. Alat.....	19
3.2.2. Bahan.....	19
3.3. Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	20
3.3.2. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	20
3.3.3. Studi Adsorpsi Hidrogen Menggunakan Variasi Waktu, Tekanan, Berat, dan Ukuran dengan Sistem Batch.....	20
3.3.3.1. Variasi Tekanan Gas Hidrogen.....	20
3.3.3.2. Variasi Waktu Adsorpsi Hidrogen.....	21
3.3.3.3. Variasi Massa Adsorben pada Adsorpsi Hidrogen.....	21
3.3.3.4. Variasi Ukuran Adsorben pada Adsorpsi Hidrogen.....	21
3.4. Uji Selektivitas Gas Hidrogen oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr terhadap Gas Diatomik.....	22
3.5. Uji Selektivitas Gas Hidrogen oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr terhadap Gas Diatomik Penjenuhan H <sub>2</sub> O....	22
3.6. Analisis Data.....	23
3.6.1. Spektrofotometri FT-IR.....	23

3.6.2. X-Ray Diffraktometer (XRD).....	23
3.6.3. X-Ray Fluoresence (XRF).....	23
3.6.4. Metode Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET)...	23
3.6.5. Kapasitas Adsorpsi Hidrogen.....	23
3.6.6. Selektivitas Gas Hidrogen oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr terhadap Gas Diatomik .....	24
3.6.7 Selektivitas Gas Hidrogen oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr terhadap Gas Diatomik Penjenuhan H <sub>2</sub> O.....	24

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr Menggunakan Analisis <i>X-ray diffractometer</i> (XRD).....	25
4.2 Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr menggunakan Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET)...	27
4.3 Identifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr menggunakan Fluorescence Sinar-X (XRF).....	29
4.4 Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr menggunakan Spektrofotometer FT-IR.....	30
4.5 Adsorpsi Gas Hidrogen menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr.....	32
4.5.1 Pengaruh Variasi Tekanan Gas Hidrogen.....	32
4.5.2 Pengaruh Variasi Waktu Adsorpsi Hidrogen.....	33
4.5.3 Pengaruh Variasi Massa Adsorben.....	35
4.5.4 Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben.....	35
4.6 Sektivitas Gas Hidrogen pada Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr terhadap Gas Diatomik.....	36
4.7 Selektivitas Gas Hidrogen oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr Hasil Penjenuhan H <sub>2</sub> O terhadap Gas Diatomik.....	38
4.8 Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr Setelah Adsorpsi Gas H <sub>2</sub> menggunakan Spektrofotometer FT- IR.....	40

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>49</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema struktur hidroksi lapis ganda.....	8
Gambar 2. Skema kerja difraksi sinar-X (XRD).....	9
Gambar 3. XRD Zn-Al-CO <sub>3</sub> (a), Zn-Al-NO <sub>3</sub> (b), Zn-Al-Cl (c), dan Zn-Al-SO <sub>4</sub> (d).....	11
Gambar 4. Pola XRD dari Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	12
Gambar 5. Pola FT-IR dari Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	15
Gambar 6. Pola Difraksi Sinar-X untuk Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al (a). Pola Difraksi Sinar-X Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr (b).....	25
Gambar 7. Pola Isoterm Adsorpsi Desorpsi N <sub>2</sub> terhadap (a) Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr , b) Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	27
Gambar 8. Komposisi Logam pada Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Zn/Cr menggunakan Instrumen XRF.....	30
Gambar 9. Spektrum FT-IR Hidroksi lapis ganda Zn/Cr (a). Spektrum FT-IR Hidroksi lapis Ganda Zn/Al (b).....	31
Gambar 10. Pengaruh tekanan adsorpsi gas hidrogen terhadap hidroksi lapis ganda Zn/Al dan hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	33
Gambar 11. Pengaruh waktu adsorpsi gas hidrogen terhadap hidroksi lapis ganda Zn/Al dan hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	34
Gambar 12. Grafik daya serap hidrogen (mg) terhadap variasi berat adsorben Zn/Al dan Zn/Cr (gram).....	35
Gambar 13. Grafik daya serap hidrogen (mg/g) terhadap variasi ukuran adsorben Zn/Al dan Zn/Cr (mesh).....	36

Gambar 14.	Grafik daya serap gas hidrogen, oksigen, dan nitrogen (mg/g) terhadap variasi tekanan hidroksi lapis ganda Zn/Al tanpa penjenuhan H <sub>2</sub> O.....	37
Gambar 15.	Grafik daya serap gas hidrogen, oksigen, dan nitrogen (mg/g) terhadap variasi tekanan hidroksi lapis ganda Zn/Cr tanpa penjenuhan H <sub>2</sub> O.....	38
Gambar 16.	Grafik daya serap gas hidrogen, oksigen, dan nitrogen (mg/g) terhadap variasi tekanan hidroksi lapis ganda Zn/Al penjenuhan H <sub>2</sub> O.....	39
Gambar 17.	Grafik daya serap gas hidrogen, oksigen, dan nitrogen (mg/g) terhadap variasi tekanan hidorksi lapis ganda Zn/Cr penjenuhan H <sub>2</sub> O.....	40
Gambar 18.	Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Al sebelum adsorpsi gas H <sub>2</sub> (a), Hidroksi lapis ganda Zn/Al setelah adsorpsi gas H <sub>2</sub> (b), Hidroksi lapis ganda Zn/Al penjenuhan H <sub>2</sub> O setelah adsorpsi gas H <sub>2</sub> .....	41
Gambar 19.	Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Cr sebelum adsorpsi gas H <sub>2</sub> (a), Hidroksi lapis ganda Zn/Cr setelah adsorpsi gas H <sub>2</sub> (b), Hidroksi lapis ganda Zn/Cr penjenuhan H <sub>2</sub> O setelah adsorpsi gas H <sub>2</sub> .....	42

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1	
Data BET Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	50
Lampiran 2. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	51
Lampiran 3. Spektrum XRF Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	52
Lampiran 4. Spektrum XRF Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	53
Lampiran 5. Data Digital BET Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	54
Lampiran 6. Data Digital BET Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	58
Lampiran 7. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	62
Lampiran 8. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	63
Lampiran 9. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Al Setelah Adsorpsi H <sub>2</sub> .....	64
Lampiran 10. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Al Setelah Adsorpsi H <sub>2</sub> .....	65
Lampiran 11. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Al Penjenuhan H <sub>2</sub> O Setelah Adsorpsi H <sub>2</sub> .....	66
Lampiran 12. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn/Cr Penjenuhan H <sub>2</sub> O Setelah Adsorpsi H <sub>2</sub> .....	67
Lampiran 13. Data Karakterisasi Spektrofotometer FT-IR Senyawa Anorganik.....	68
Lampiran 14. Data variasi tekanan hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	69

Lampiran 15.	Data variasi waktu material hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	70
Lampiran 16.	Data variasi massa material hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	71
Lampiran 17.	Data variasi ukuran hidroksi lapis ganda Zn/Al.....	72
Lampiran 18.	Data variasi tekanan hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	73
Lampiran 19.	Data variasi waktu material hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	74
Lampiran 20.	Data variasi massa material hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	75
Lampiran 21.	Data variasi ukuran hidroksi lapis ganda Zn/Cr.....	76
Lampiran 22.	Data Variasi Tekanan Gas Diatomik (Hidrogen, Oksigen, Nitrogen) dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr setelah Penjenuhan dengan H <sub>2</sub> O.....	77
Lampiran 23.	Data Variasi Tekanan Gas Diatomik (Hidrogen, Oksigen, Nitrogen) dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al setelah Penjenuhan dengan H <sub>2</sub> O.....	79
Lampiran 24.	Data Variasi Tekanan Gas Diatomik (Hidrogen, Oksigen, Nitrogen) dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al.....	81
Lampiran 25.	Data Variasi Tekanan Gas Diatomik (Hidrogen, Oksigen, Nitrogen) dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Cr.....	83
Lampiran 26.	Alat Adsorpsi Gas Hidrogen.....	85

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk. Menurut Badan Energi Internasional (IEA), 60% dari total kebutuhan energi global terkonsentrasi di Asia saat ini. Pertumbuhan permintaan energi primer dunia akan terus meningkat dan diproyeksikan akan menjadi 37% lebih tinggi pada tahun 2040 dimana pada saat bersamaan pasokan batubara dan minyak bumi akan menurun (Robio and Jaruek, 2015). Oleh sebab itu, proses pencarian bahan bakar baru terus mengalami peningkatan guna menggantikan bahan bakar tak terbarukan.

Hidrogen merupakan salah satu energi baru yang paling menjanjikan karena bersih, ramah lingkungan, dan memiliki energi yang 2,75 kali lipat lebih tinggi dari pada bahan bakar hidrokarbon. Efisiensi konversi energi setinggi 85%, dibandingkan bensin 35% dan sel bahan bakar 60% (Schlapbach, 2001). Selain itu, hidrogen merupakan salah satu gas paling banyak di alam semesta dan dapat dengan mudah disintesis dari bahan alam melalui reaksi kimia sehingga memiliki tingkat ketersediaan yang melimpah sebagai energi terbarukan.

Sifat-sifat hidrogen yang menguntungkan telah menjadikan hidrogen sebagai salah satu energi terbarukan yang diminati oleh dunia. Oleh sebab itu, para ilmuwan terus berupaya untuk mengembangkan metode penyimpanan hidrogen. Penyimpanan hidrogen dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan penyimpanan di dalam struktur atau pada permukaan bahan mikroporous. Beberapa material yang digunakan sebagai bahan penyimpan gas hidrogen yakni material-material seperti hidrida yang memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 5.5 wt% (Sadhasivam *et.al*, 2017). Oksida logam memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 1.2 wt% (Kaur and Pal, 2016). Keramik memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 2,5 wt% (Abdel-Hameed *et.al*, 2017). Zeolit memiliki kapasitas adsorpsi hidrogen sebesar 143,2 c.c/g diperoleh pada suhu 77 K dan tekanan ambien (0,11 MPa) (Roy and Das, 2017). Material *metal organic framework* memiliki kapasitas

penyimpanan gas hidrogen sebesar 1,38 wt% pada 1 bar (Ren *et.al*, 2015; Oh *et.al*, 2017).

Hidroksi lapis ganda merupakan jenis lempung yang terdapat di alam dan dapat juga disintesis (Jeon *et al*, 2008). Hidroksi lapis ganda merupakan lempung anionik yang secara struktur dapat dijelaskan sebagai tumpukan lapisan muatan positif dengan anion pada ruang antar lapisan (Cavani *et al*, 1991). Hidroksi lapis ganda memiliki kelebihan yaitu luas permukaan yang besar, daya tukar dengan anion, komposisi yang fleksibel, mudah disintesis dan murah. Karena kelebihannya tersebut hidroksi lapis ganda bisa digunakan dalam proses adsorpsi, katalis, elektrokimia, penyimpanan energi, dll (Cao *et al*, 2010). Material ini merupakan kandidat material unggul dalam proses penyimpanan hidrogen. Pada penelitian Abriyanto, 2018 telah berhasil disintesi material hidroksi lapis ganda Mg/Al dan Ca/Al terinterkalasi polioksometalat  $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  sebagai material penyimpanan hidrogen. Berdasarkan hasil penyerapan hidrogen paling tinggi dihasilkan oleh hidroksi lapis ganda Ca/Al penjuanan dengan air pada tekanan optimum 2 bar dan waktu optimum 60 menit sebesar 60,963 mg/g.

Pada penelitian ini dilakukan proses sintesis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr dengan perbedaan tingkat oksidasi +2 dan +3. Material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FT-IR, *X-ray Diffraction* (XRD), *X-ray fluorescence* (XRF), dan isoterm *Brunauer, Emmet dan Teller* (BET). Hidroksi lapis ganda diaplikasikan sebagai material penyimpan hidrogen. Proses penyimpanan hidrogen dilakukan menggunakan sistem batch pada berbagai variasi tekanan, waktu adsorpsi, berat adsorben, dan ukuran adsorben. Diharapkan material hidroksi lapis ganda Zn/Al serta Zn/Cr memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen yang besar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Hidrogen merupakan gas penting yang berperan sebagai energi baru untuk masa depan, sehingga pengembangan penelitian hidrogen terus dilakukan. Tantangan utama dalam pengembangan hidrogen sebagai energi masa depan adalah mengembangkan metode penyimpanan hidrogen. Salah satu material yang bisa digunakan sebagai material penyimpan hidrogen adalah hidroksi lapis ganda.

Pada penelitian ini hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr disintesis dan digunakan sebagai penyimpan hidrogen. Proses penyimpanan hidrogen dilakukan dengan menerapkan sistem batch yang dipelajari melalui variasi tekanan, waktu adsorpsi, berat adsorben, dan ukuran adsorben.

### 1.3 Tujuan

1. Sintesis material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr serta karakterisasinya menggunakan spektrofotometer FT-IR, *X-ray Diffraction* (XRD), *X-ray Fluoresence* (XRF), serta penentuan luas permukaan dengan metode isoterm *Brunauer, Emmet dan Teller* (BET).
2. Studi penyimpanan hidrogen melalui proses adsorpsi hidrogen pada material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr hasil sintesis melalui variasi tekanan, waktu, berat adsorben, dan ukuran adsorben.
3. Menentukan selektivitas penyimpanan hidrogen pada material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr hasil sintesis terhadap gas diatomik (hidrogen, nitrogen, dan oksigen).

### 1.4 Manfaat

Memberikan informasi mengenai sintesis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr serta karakterisasinya. Material hidroksi lapis ganda diaplikasikan sebagai adsorben hidrogen. Material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Zn/Cr diharapkan memiliki kapabilitas adsorpsi hidrogen yang besar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Hameed, S. A. M., Ismail, N., Youssef, H. F., Sadek, H. E. H., Marzouk, M. A., 2017. Preparation and Characterization of Mica Glass-Ceramics as Hydrogen Storage Materials, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(10): 6829-6839.
- Abriyanto, D., 2018. Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al dan Ca/Al Terinterkalasi Polioksometalat  $K_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  sebagai Material Penyimpanan Hidrogen. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya : Inderalaya.
- Afrozi, A. S., 2010. Sintesis dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania untuk Produksi Hidrogen dari Gliserol dan Air. *Tesis*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Ahmad, P., Khandaker, M. U., Muhammad, N., Rehman, F., Khan, G., Rehman, M. A., Ahmed, S. M., Gulzarm M., Numan, A., Khan, A. S., 2017. Synthesis of Multilayered Hexagonal Boron Nitride Microcrystals as a Potential Hydrogen Storage Element, *Ceramics International*, 43(9): 7358-7361.
- Aviles, G. A., Aranda, P., and Hitsky, R. E., 2015. Layered Double Hydroxide Heterostructure Materials, *Applied Clay Science*. 130 : 83-92.
- Bi, X., Zhang, H., and Dou, L., 2014. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*. 6 (2) : 298-332.
- Brisdon, A. K. 1998. *Inorganic Spectroscopic Methods*. New York: Oxford University Press.
- Cao, Y., Zhao, Y., and Jiao, Q., 2010. Fe-Based Catalyst from Mg/Fe Layered Double Hydroxides for Preparation of N-Doped Carbon Nanotubes. *Materials Chemistry and Physics*. 122(2): 612-616.
- Cavani, F., Trifid, F., and Vacani, A., 1991. Hydrotalcite Type Anionic Clays: Preparation and Properties. *Catalysis Today*. 11 : 173-301.
- Chaine, R., and Bose, T. K., 1994. Low-Pressure Adsorption Storage of Hydrogen. *International Journal Hydrogen Energy*. 19(2): 161-164.

- Centi, G., and Perathoner, S., 2008. Catalysis by Layered Materials : A Review. *Microporous and Mesoporous Materials*. 107 : 3-15.
- Cotton, F. A., and Wilkinson, G., 1988. *Advance Inorganic Chemistry*, 5th edition. New York: John Wiley and Sons.
- Derrick, M. R., Dustan, S., Landry., and James, M., 1999. *Infrared Spectroscopy in Conversation Science*. The Getty Conservation Institue. Los Angeles.
- Dolidovich, I., and Palkovits, R., 2015. Structure Performance Corelation of Mg/Al Hydrotalcite Catalysis for the Isomeration of Glucose Into Fructose. *Journal of Chemistry*. 92(7) : 1234-1239.
- Elder, R., and Allen, R., 2009. Nuclear Heat for Hydrogen Production: Coupling a Very High / High Temperature Reactor to a Hydrogen Production Plant, *Progress in Nuclear Energy*, 51: 500-525.
- Ensafi, A. A., Jafari-Asl, M., Nabiyan, A., Rezaei, B., and Dinari, M., 2016. Hydrogen Storage in Hybrid of layered Double Hydroxides/Reduced Graphene Oxide Using Spillover Mechanism. *Energy*. 99: 103-114.
- Gil, A., Trujillano, R., Vicente, M. A., Korili, S. A., 2009, Hydrogen Adsorption by Microporous Materials Based on Alumina-Pillared Clays, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(20): 8611-8615.
- Ginting, A. B., 2005. Analisis Kestabilan Panas Polimer menggunakan Metode Thermal Gravimetri. Puslitbang Teknologi Maju: Batan.
- Gunawan dan Azhari., 2011. *Karakterisasi Spektrometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Polyethelyn Glycol (PEG)*. Medan: UMK.
- Guo, Y., Li, D., Hu, C., Wang, Y., and Wang, E., 2000. Layered Double Hydroxide Pillared by Tungsten Polyoxometaltes Synthetic and Photocatalytic Activity. *International Journal of Inorganik Materials*. 3 : 347-3555.
- Gupta, B. K, Srivastava O. N., 2000. Synthesis and hydrogenation behaviour of graphitic nanofibres. *Int J Hydrogen Energy*;25:825–30.

- Hirata, N., Kiyoharu, T., Masahiro, T. 2015. Photocatalytic O<sub>2</sub> Evolution From Water Over Zn-Cr Layered Double Hydroxide Intercalated With Inorganic Anions. *Hokaido University Papers*.
- Hassania, S., and Yadollahi, B., 2015. Zn-Al LDH Nanostructure Pillared by Fe Substituted Keggin Type Polyoxometalate: synthesis and Characterization. *Polyhedron*. 99 : 260-265.
- Kaur, M., and Pal, K., 2016. An Investigation For Hydrogen Storage Capability of Zirconia-Reduced Graphene Oxide Nanocomposites, *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(47): 21861-21869.
- Kuang, Y., Zhao, L., Zhang, S., Zhang, F., Dong, M., Xu, S., 2010. Morphology, Preparation, and Application of LDH Micro/Nanostructure. *Materials*. 3 : 5220-5235.
- Kroschwitz, J., 1990. *Polymer Characterization and Analysis*. Canada : University of Alberta.
- Lequin, S., Chassagne, D., Karbowski, T., Gougeon, R., Brachais, L., and Bellat, J., 2010. Adsorption Equilibria of Water Vapor on Cork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3438– 3445.
- Llewellyn, P., 2011. Supported Heteropoly Acids for Acid Catalysed Reactions. *Theses and Dissertation*. United State. ProQuest LCC.
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., Barka, N. 2017. Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated With Carbonate, Nitrate, Chloride, and Sulfate Ions: Synthesis, Characterisation, and Dye Removal Properties, *Journal of Taibah University of Science*, 11, 90-100.
- Oh, H., Maurer, S., Balderas-Xicohtencati, R., Arnold, L., Magdysyuk, O.V., Schutz, G., Muller, U., Hirscher, M. 2017. Efficient Synthesis For Large-Scale Production and Characterization For Hydrogen Storage of Ligand Exchanged MOF-74/174/184-M (M= Mg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>), *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(2), 1027-1035.
- Ren, J., Musyoka, N. M., Langmi, H. W., North, B. C., Mathe, M., Kang, X., Liao, S., 2015. Hydrogen Storage in Zr-Fumarate MOF, *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(33): 10542-10546.

- Roy, P., and Das, N., 2017. Ultrasonic Assisted Synthesis of Bikitaite Zeolite: A Potential Material For Hydrogen Storage Application, *Ultrasonics Sonochemistry*, 36: 466-473.
- Rubio and Jaojaruek., 2015. Hydrogen – The Future Fuel. *Adv Automob.* 4: 116.
- Ruthven, D. M., 1984. *Principles of Adsorption and Adsorption Process*. Amerika Serikat: A Wiley-Interscience Publication.
- Sadhasivam, T., Kim, H. T., Jung, S., Roh, S. H., Park J. H., and Jung, H. Y., 2017. Dimensional Effect of Nanostructured Mg/MgH<sub>2</sub> For Hydrogen Storage Applications: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 72: 523-534.
- Schechter, I., Barzilai, I., and Bulatov, V., 1997. Online Remote Prediction of Gasoline Properties by Combined Optical Method. *Ana.Chim.Acta*. 339:193-199.
- Schlapbach L., Züttel A., 2001. Hydrogen-storage materials for mobile applications. *Nature*. 414(6861):353.
- Umardani, Y. 2016. *X-Ray Fluorescence (XRF)*. <http://lppt.ugm.ac.id/Posts/read/16>. Diakses pada tanggal 23 Desember 2016.
- Vincente, M, A., Gil, A., and Bergaya, F., 2013. *Pillared Clays and Clays Minerals*. Spain. Development in Clay Science.
- Warren, E., 1969. *X-ray Diffraction*. Addition-wesley. Public :.Messachssusset.
- Wiyantoko, B., Kuniawati, P., Purbaningtyas, E., and Fathimah., 2015. Synthesis and Characterization of Hydrotalcite at Differential Mg/Al Molar Ratio. *Procedia Chemistry*. 17 : 21-26.
- Xu, J., Gu, X., Guo, Y., Tong, F., and Chen, L., 2016. Adsorption Behavior and Mechanism of Glufosinate onto Goethite. *Science of The Total Environment*. 560: 123–130.
- Zakaria., 2003. Analisis Kandungan Mineal Magnetik pada Batuan Beku dengan Metode X-Ray Difrraction. *Skripsi*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kendari. Kendari.

Zhao, S., Xu, J., Wei, M., and Song, F, Y., 2011. Synergistic Catalysis by Polyoxometalate-Intercalated Layered Double Hydroxide: Oximation of Aromatic Aldehyd. *Green Chem.* 13 : 384-388.

Zuettel, A., 2003. Materials for Hydrogen Storage. *Materials Today*, Vol. 6(9) : 24-33.

Zulkarnain., 2011. Material Penyimpan Hidrogen Sistem  $MgH_2$ -SiC yang Dipreparasi Melalui Rute *Reactive Mechanical Alloying*. *Disertasi*. FMIPA: Universitas Indonesia.