

**SINTESIS HIDROKSI LAPIS GANDA M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe DAN
Ni/Fe) SEBAGAI ADSORBEN GAS HIDROGEN**

SKRIPSI

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



Oleh:

ADE NOPITASARI

08031181419006

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS HIDROKSI LAPIS GANDA M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe DAN Ni/Fe)
SEBAGAI ADSORBEN GAS HIDROGEN**

SKRIPSI

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

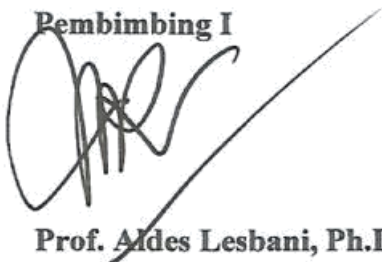
Oleh:

ADE NOPITASARI

08031181419006

Indralaya, 25 September 2018

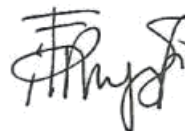
Pembimbing I



Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.

NIP. 197408121998021001

Pembimbing II



Fahma Riyanti, M.Si

NIP. 197204082000032001

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 “Sintesis Hidroksi Lapis Ganda M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe dan Ni/Fe) Sebagai Adsorben Gas Hidrogen” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 September 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 25 September 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi




Pembimbing :

1. Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
NIP. 197408121998021001
2. Fahma Riyanti, M.Si
NIP. 197204082000032001

()
()

Penguji :

1. Nurlisa Hidayati, M.Si
NIP. 197211092000032001
2. Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001
3. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

()
()
()

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Ade Nopitasari
NIM : 08031181419006
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, Oktober 2018

Penulis,



Ade Nopitasari

NIM. 08031181419006

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

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

Nama Mahasiswa : Ade Nopitasari
NIM : 08031181419006
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : 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: “Sintesis Hidroksi Lapis Ganda M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe dan Ni/Fe) Sebagai Adsorben Gas 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, Oktober 2018

Yang menyatakan,



Ade Nopita Sari

NIM. 08031181419006

LEMBAR PERSEMBAHAN

Jika kita “tidak mudah menyerah”, maka kita sudah dekat sekali dengan kesuksesan. Karena di dunia ini, ada dua orang yang susah sekali dikalahkan, yaitu orang yang sabar dan orang yang tidak mudah menyerah.

Tere Liye: 1979-1980

Kesabaran itu adalah perang, yakni perang yang hebat dalam rohani manusia. Jika ia menang, akan didapati orang yang tulus ikhlas, luas pikiran, sabar dan tenang hati. Jika ia kalah, akan didapati orang yang putus asa, sesat, lemah hati, kecil perasaan dan bahkan kadang-kadang hilang kepercayaan pada diri sendiri. Kesabaran adalah cara terbaik untuk mendapatkan sesuatu yang lebih baik.

Buya Hamka: 1908-1981

Masalah, adalah ujian pendewasaan. Tidak ada alasan menyalahkan orang lain, benahi diri sendiri dan jadilah pribadi yang lebih dewasa. Terus berusaha, berdoa dan selalu bersemangat dalam menggapai tujuan, karena Allah lebih menyukai orang-orang yang tidak mudah menyerah.

Ade Nopitasari

Skrripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

- ♦ Allah SWT
- ♦ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

1. Ayah dan ibuku tersayang yang senantiasa mendoakan, mendengarkan keluh kesahku, menyayangi dan memberiku semangat
2. Saudara-saudaraku yang selalu aku sayangi dan cintai
3. Pembimbingku Prof. Aldes Lesbani, Ph. D dan Fahma Riyanti, M. Si tersayang
4. Sahabaku dan keluarga tersayang
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Sintesis Hidroksi Lapis Ganda M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe dan Ni/Fe) Sebagai Adsorben Gas Hidrogen”. 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 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 **Fahma Riyanti, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dana PNPB Universitas Sriwijaya Tahun 2018 selaku pihak yang mendanai penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc, M.T., selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dra. Fatma, M.S, selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T, ibu Nurlisa Hidayati, M.Si dan Ibu Dr. Muharni, M.Si selaku penguji sidang sarjana.
7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.

8. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Kepada Ayah (Edi Sud) dan Ibu (Sudartini) tersayang yang selalu memberikan segala yang terbaik, selalu mendoakan dan memberi semangat untuk anak-anaknya, aku menyayangi kalian.
10. Kepada Adikku (Wanda dan Meli) tercinta, Ayukku (Denti) tersayang, saudara-saudaraku (Irvan, Irma, Ilham, Egi, Bik Boti dan Mang Bakri) yang selalu kucintai dan kusayangi yang selalu menjadi penyemangatku dan memberiku motivasi serta keceriaan di setiap harinya, aku menyayangi kalian.
11. Kepada NAX LAYO: yuk Ratih (ayukku di tanah rantau yang selalu setia mendengarkan curhatanku dan selalu memberiku semangat dalam menghadapi semua rintangan dalam tugas akhir ini), Wini (the pokkku yang selalu menyemangatiku dan memotivasiku untuk terus berdiri tegak walau badai selalu menghadang), Dewi (nurku yang terkadang lola dan membuatku kesel, dialah kembaranku yang selalu membuatku termotivasi), Yuriska (kecikku yang terkadang nyebelin tapi orangnya asik, dialah kawan seperjuanganku), Ikhsan (isunku yang selalu bantu dan kasih masukkan yang baik dikala aku mulai terpuruk) dan Faisal (kanceku yang selalu aku repoti ngeprint sampai kesidang dan yang terkadang ku buat marah dengan hal yang sepele) terimakasih telah bersama selama kuliah, keceriaan, kekonyolan dan semangat dari kalian adalah bagian dari hidupku. Tetaplah ceria meskipun banyak rintangan dan halangan yang dihadapi.
12. Terkhusus untuk “team lab ceria” aku sayang kalian!! Wini, Yuri, Friska (kawan curhat terbaikku walau terkadang lemot), Lavini (mamiku yang selalu ceria di lab dan temen begibah professional dengan kedipan matapun sudah paham), Riza (yang selalu dibully di lab dan selalu membawa keceriaan), Hani (kawan curhat terbaikku yang selalu memberi dukungan dan selalu menyemangatiku), kak Neza (tutorku yang selalu siap siaga saat aku bertanya tentang penelitianku), Tirta (kawan seperjuangan PP), Dwi (pendiem tapi baik dan asik kalua sudah cerita dengannya), Leni (yang dengan senang hati menerima aku di rumahnya), Afifah, Mia, Helda dan

Maulidya kalian selalu buat keceriaan di lab sampe pernah dimarahin kak deddy karena terlalu heboh, kak Deddy yang selalu kami repoti harus nunggu kami selesai ngelab baru nutup pintu, kak mijik yang selalu kami hormati yang mengajari soal origin dll (Next Bapak yaa hihi). I love you all.

13. Team rempong GGS (Griya Girl Squad) Lisana (makku yang selalu dengeri curhatanku dan selalu ada disaat aku sedih ataupun bahagia, yang selalu memberi saran yang bisa membangun semangat), Martira (adekku yang cuek, jail, ngeselin tapi asik, baik dan perhatian pula yah walaupun itu tidak diperlihatkan), Dilla (pinter, ngeselin karena terkadang kalau diajak ngomong dak dijawab hehe, tapi aslinya baik), Winda (orang yang selalu memberi motivasi yang bisa membangun semangat), Fitri (royal dan baik hati) dan Fitri Jun (sulit untuk mendeskripsikan karena jarang berkomunikasi hehe, tapi dia baik) terimakasih karena selama ini kalian telah kebersamai baik dalam suka maupun duka. I miss you gaes.
14. Terkhusus untuk para penunggu jadwal S.Si: Lisa (kawan pertama dari registrasi yang sekarang dipertemukan lagi hehe, dia yang baik hati, selalu membantu orang lain dan juga perhatian walaupun dia cuek dan satu lagi dia adalah orang yang senasib diakhir perjuangan kuliah), Sari (teteheku yang terkadang ngeselin tapi sebenarnya baik hati), Hengki (kawan se-PA yang awal pertama kali ketemu kesannya ngeselin yah walau sekarang juga masih ngeselin, tapi dia orangnya baik hati, selalu memotivasi orang lain), Robi (orang yang sulit ditebak dan yang selalu berusaha sendiri karena katanya gak mau ngerepoti orang lain tapi terkadang ngeselin hehe, hmm tapi dia baik), Rio (lojotku yang baik hati dan enak kalau diajak cerito) dan yang terakhir kak deni (ini bukan termasuk penunggu jadwal yah, tapi dia adalah tutor diantara kami yang selalu memberi semangat yah walau dengan hal yang beda) terimakasih atas kebersamaannya dipenghujung perjuangan kuliah ini. Tetap seperti ini ya gengs yang selalu semangat, ceria, konyol dan semoga kita menjadi orang-orang yang sukses, aamiin.
15. Kakak-kakak MIKI 2012 yang telah banyak membantu menasihati (kak Wili, kak Risky, kaka Amin, bang Nizar, bang Daniel, bang Martin, bang Roi, Kak Uin) dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan satupersatu, kalian

yang menjadi inspirasiku, membimbing dan membantuku selama ditanah rantau ini dan diperkuliahan ini. Terimakasih atas bimbingan kalian yang tak kenal lelah untuk bisa membuat pribadi kami menjadi lebih baik lagi.

16. Kakak-kakak MIKI 2013 kak rando, kak ipul, kak dea, kak yosa, kak peggy dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan satupersatu terimakasih atas kesan-kesan terindah pelajaran yang telah diberikan selama kuliah.
17. Teman-teman seperjuangan MIKI 2014 Riska, Rriyanti, Ulfa, BeLla, Retno, Apeh (kawan rempongku yang selalu ceria yah walau terkadang dio lagi pening), Rona (anak jambi yang selalu memberi motivasi dan semangat dalam menjalankan segala hal), Resta (ibukku yang selalu memberi semangat dalam segala hal dan orang yang selalu menghiburku), Putri Andani, Eka, Mei (kawan seperjuangan menuju wisuda 138 dan yang memberi semangat), Getari, Mikha, Vrysa, Aan, Hensen dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan satupersatu terimakasih atas kebersamaan selama perkuliahan dan melakukan hal-hal konyol dari tidur bareng saat ngebundel sampai perjuangan akhir yang takkan pernah dilupakan.
18. Adik-adik 2015 terkhusus Mijik, Jeri, Fadhil, Bunga, Nurul, Febty, Theres (semangat terus dek dalam penelitiannya, lancar luncur sampai akhir), trio jail Novia, Gita, Virli (tiga anak yang selalu jail tapi yang paling bisa buat bahagia dan melupakan segala kesedihan jika sudah bersama mereka), trio bodat Villan, Vero, Linda (tiga anak ini juga yang selalu atau yang sering jail tapi kalian selalu membangkitkan semangat dan kalian juga yang tahu seberapa sulitnya perjuangan kakak) dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan satupersatu, terimakasih atas dukungannya dan terus semangat dalam penelitian kalian.
19. Adik-adik MIKI 2016 terkhusus Aldi (adek yang ngeselin, manja, selalu pintar cari alasan kalau kakaknya marah tapi baik hati), Esis (adek yang selalu cemburu dengan aldi hehe, susah ditebak, cerewet tapi baik hati), Revo, Vallen Faisal, Ali (adek yang selalu bully kakak tapi yang selalu bisa bikin mood jadi baik lagi hehe, terimakasih dan maaf ya dek selama ini kakak sering ngerepoti kalian), Chika, Intan, Normah, Widiya (makasih dek yang selalu mewarnai hari-hari kakak) dan lain-lain yang tidak bisa

disebutkan satupersatu, terimakasih untuk kesan baik yang kalian berikan selama ini dan terus semangat kuliah.

20. Adik-adik MIKI 2017 terkhusus Yana, Ory, Helny, Apresi, Ramdhan, Alfian, Aswan, Shahibul, Elsha, Vadia, Ipro, Ricky, Indah, Sisi, Uut, Resti, Aknes, Vio, Enggi, Renny, Putra dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan satupersatu, terimakasih banyak untuk waktu yang bisa dibbilang singkat ini kalian yang selalu memberi keceriaan dihari-hari kakak dan pokoknya selalu happy kalau lagi bareng kalian. Semangat terus kuliah dan jangan mudah menyerah atau putus asa untuk mengejar cita-cita kalian sampai keujung samudra. Jadilah seperti pohon yang selalu berdiri tegak walau telah diterpa angin sekuat apapun. Semangat terus kuliahnya dek !!!
21. Adik-adik MIKI 2018 terus semangat kuliah, perjuangan kalian masih panjang.
22. Mbak Novi yang tersayang dan kak Cosiin yang baik hati selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran proses tugas akhir ku, mengurus surat-surat dan Toefl.
23. Yuk Nur, yuk Yanti, yuk Niar selaku analis kimia yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ku.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Oktober 2018



Penulis

RINGKASAN

SINTESIS HIDROKSI LAPIS GANDA M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe dan Ni/Fe) SEBAGAI ADSORBEN GAS HIDROGEN

Ade Nopitasari: Dibimbing oleh Prof. Aldes Lesbani, Ph.D dan Fahma Riyanti, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xiii + 71 Halaman, 1 Tabel, 15 Gambar, 19 Lampiran

Senyawa hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe yang telah berhasil disintesis dengan perbandingan (3:1) melalui metode kopresipitasi. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, BET dan XRF. Hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe digunakan sebagai adsorben gas hidrogen. Hasil karakterisasi hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe berhasil disintesis yang dibuktikan dari data analisis XRD yang dapat dilihat melalui pola difraksi 2θ pada sudut 10° dan 60° yang menghasilkan jarak antar layer sebesar $5,737 \text{ \AA}$ dan $1,499 \text{ \AA}$ untuk Zn/Fe dan untuk Ni/Fe menghasilkan jarak antar layer sebesar $7,749 \text{ \AA}$ dan $1,531 \text{ \AA}$. Analisis BET yang menghasilkan luas permukaan $2,8834 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk Zn/Fe dan $13,3448 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk Ni/Fe. Analisis XRF yang menghasilkan persentase komposisi logam Zn/Fe 94,81 % dan Ni/Fe 93,7 %. Penyerapan gas hidrogen yang dihasilkan oleh hidroksi lapis ganda Zn/Fe pada tekanan optimum 2 bar, waktu optimum 120 menit, berat adsorben optimum 1 g dan ukuran adsorben optimum 200 mesh sebesar 0,104 %. Penyerapan gas hidrogen hidroksi lapis ganda Ni/Fe pada tekanan optimum 3 bar, waktu optimum 120 menit, berat adsorben optimum 1 g dan ukuran adsorben optimum 200 mesh sebesar 0,15 %. Material hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe kurang efektif untuk penyimpanan hidrogen karena daya adsorpsi yang dihasilkan dibawah 1 %.

Kata kunci : Hidroksi lapis ganda, adsorpsi, hidrogen, kemampuan daya adsorpsi

Kutipan : 36 (1969-2018)

SUMMARY

Synthesis of Layer Double Hydroxide M^{2+}/M^{3+} (Zn/Fe dan Ni/Fe) As The Hydrogen Gas Adsorbents

Ade Nopitasari: Supervised Prof. Aldes Lesbani, Ph.D and Fahma Riyanti, M.Si
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University xiii + 71Pages, 1 Table, 15 Image, 19 Attachments

The synthesis of layered double hydroxide Zn/Fe and Ni/Fe has been done with ratio (3:1) by coprecipitation method. Layered double hydroxide were characterized using XRD analysis, BET and XRF. Layered double hydroxide Zn/Fe and Ni/Fe is used for adsorbent of hydrogen gas. The characterisation of Layered double hydroxide Zn/Fe and Ni/Fe using XRD analysis showed that at 2θ value at 10° and 60° layered double hydroxide is interlayer distance are 5.737 Å and 1.499 Å for Zn/Fe and 7.749 Å and 1.531 Å for Ni/Fe. The result of BET analysis, surface area for Zn/Fe was 2.8834 m²/g and 13.3448 m²/g for Ni/Fe. The result of XRF analysis showed the percentage of composition metal Zn/Fe 94.81 % and Ni/Fe 93.7 %. The value of hydrogen gas adsorption by layered double hydroxide Zn/Fe at optimum pressure 2 bar, at 120 minute reaction, optimum weight adsorben 1g and optimum size adsorben 200 mesh was 0.104 %. The value of hydrogen gas adsorption by layered double hydroxide Ni/Fe at optimum pressure 3 bar, at 120 minute reaction, optimum weight adsorben 1g and optimum size adsorben 200 mesh was 0.15 %. Layered double hydroxide Zn/Fe and Ni/Fe is less effective for hydrogen storage because the adsorption power produced is below 1 %.

Keywords : Layer double hydroxide, adsorption, hydrogen, adsorption power capability

Quote : 36 (1969-2018)

| | |
|---|----|
| Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... | |
| 2.6.3 Isoterm <i>Brunauer, Emmet dan Teller</i> (BET)..... | 15 |
| 2.6.4 <i>X-ray Fluoresence</i> (XRF)..... | 17 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| 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..... | 19 |
| 3.3.1 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe..... | 19 |
| 3.3.2 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... | 20 |
| 3.3.3 Studi Adsorpsi Hidrogen Menggunakan Variasi Tekanan dengan Sistem Batch..... | 20 |
| 3.3.4 Studi Adsorpsi Hidrogen Menggunakan Variasi Waktu dengan Sistem Batch..... | 20 |
| 3.3.5 Studi Adsorpsi Hidrogen Menggunakan Variasi Berat Adsorben dengan Sistem Batch..... | 21 |
| 3.3.6 Studi Adsorpsi Hidrogen Menggunakan Variasi Ukuran Adsorben dengan Sistem Batch..... | 21 |
| 3.3.7 Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe..... | 22 |
| 3.3.8 Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe yang Dijenuhkan dengan Air..... | 22 |
| 3.4 Analisis Data..... | 23 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Identifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe Menggunakan Analisis <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)..... | 24 |
| 4.2 Identifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe Menggunakan Isoterm <i>Brunauer, Emmet dan Teller</i> (BET)... | 25 |
| 4.3 Identifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe | 27 |

| | |
|---|----|
| Menggunakan <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF)..... | |
| 4.4 Adsorpsi Gas Hidrogen Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe..... | 28 |
| 4.4.1 Pengaruh Tekanan Gas Hidrogen..... | 29 |
| 4.4.2 Pengaruh Waktu Adsorpsi..... | 30 |
| 4.4.3 Pengaruh Berat Adsorben Hidroksi Lapis Ganda..... | 31 |
| 4.4.4 Pengaruh Ukuran Adsorben Hidroksi Lapis Ganda.... | 32 |
| 4.5 Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe..... | 33 |
| 4.6 Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe yang Dijenuhkan dengan Air..... | 35 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 37 |
| 5.2 Saran..... | 37 |
| DAFTAR PUSTAKA | 38 |
| LAMPIRAN | 42 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1 Data Isoterm <i>Brunauer, Emmet dan Teller</i> (BET) Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe..... | 27 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|-----------|---|
| Gambar 1 | Skema Struktur Hidroksi Lapis Ganda..... 9 |
| Gambar 2 | Skema Kerja XRD..... 13 |
| Gambar 3 | Pola Difraksi Sinar-X pada Zn/Fe..... 14 |
| Gambar 4 | Pola Difraksi Sinar-X pada Ni/Fe..... 15 |
| Gambar 5 | Pola Difraksi Sinar-X untuk Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Pola Difraksi Sinar-X untuk Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 24 |
| Gambar 6 | Profil Adsorpsi Desorpsi Nitrogen pada Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Profil Adsorpsi Desorpsi Nitrogen pada Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 26 |
| Gambar 7 | Spektrum <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF) untuk Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Ni/Fe..... 28 |
| Gambar 8 | Pengaruh Tekanan Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 29 |
| Gambar 9 | Pengaruh Waktu Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 30 |
| Gambar 10 | Pengaruh Massa Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 31 |
| Gambar 11 | Pengaruh Ukuran Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe dan Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 32 |
| Gambar 12 | Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe..... 33 |
| Gambar 13 | Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 34 |
| Gambar 14 | Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas |

| | | |
|-----------|---|----|
| | Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe yang Dijenuhkan dengan Air..... | 35 |
| Gambar 15 | Kemampuan Daya Adsorpsi Gas Hidrogen Terhadap Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe yang Dijenuhkan dengan Air..... | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|-------------|---|
| Lampiran 1 | Data Digital XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe.... 43 |
| Lampiran 2 | Data Digital XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe.... 44 |
| Lampiran 3 | Data Digital BET Material Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe.... 45 |
| Lampiran 4 | Data Digital Spektrum XRF Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe.... 49 |
| Lampiran 5 | Data Digital Spektrum XRF Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe.... 53 |
| Lampiran 6 | Data Digital Spektrum XRF Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe.... 54 |
| Lampiran 7 | Data Variasi Tekanan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe..... 55 |
| Lampiran 8 | Data Variasi Tekanan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 56 |
| Lampiran 9 | Data Variasi Waktu Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe..... 57 |
| Lampiran 10 | Data Variasi Waktu Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 58 |
| Lampiran 11 | Data Variasi Berat Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe... 59 |
| Lampiran 12 | Data Variasi Berat Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe... 60 |
| Lampiran 13 | Data Variasi Ukuran Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe..... 61 |
| Lampiran 14 | Data Variasi Ukuran Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe..... 61 |
| Lampiran 15 | Adsorpsi Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe pada Kondisi Optimum Adsorpsi Gas Hidrogen..... 63 |
| Lampiran 16 | Adsorpsi Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe pada Kondisi Optimum Adsorpsi Gas Hidrogen..... 65 |
| Lampiran 17 | Adsorpsi Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Zn/Fe Hasil Penjenuhan dengan Air..... 67 |
| Lampiran 18 | Adsorpsi Gas Diatomik Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Fe Hasil Penjenuhan dengan Air..... 69 |
| Lampiran 19 | Alat Adsorpsi Hidrogen..... 71 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini energi pembangkit tenaga listrik, seperti bahan bakar banyak dibutuhkan untuk menggantikan energi masa depan. Bahan bakar terbarukan terus meningkat guna untuk menggantikan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil, dimana bahan bakar terbarukan dapat berasal dari sumber-sumber alam yang tidak akan habis seperti hidrogen. Hidrogen merupakan unsur-unsur yang terbanyak dalam tata surya dan merupakan unsur kesepuluh dalam atmosfer bumi. Disamping itu hidrogen dapat dengan mudah disintesis dari bahan alam melalui reaksi kimia sehingga tingkat ketersediaan hidrogen sangat tinggi sebagai energi terbarukan. Sifat-sifat hidrogen yang menguntungkan yang menjadikannya sebagai salah satu bahan bakar terbarukan saat ini yaitu hidrogen merupakan unsur yang ringan dan memiliki potensial standar reduksi nol sehingga hidrogen memiliki kemampuan penyimpanan yang dapat membedakannya dengan unsur-unsur gas lainnya yang terdapat di dalam tabel periodik (Jha *et al*, 2017).

Tantangan utama untuk menggunakan hidrogen sebagai sumber energi adalah bahan penyimpanan hidrogen. Penyimpanan hidrogen dapat menggunakan material-material penyimpan gas yang mempunyai kemampuan menyimpan dan melepas hidrogen. Material penyimpan gas yang sering digunakan yaitu material berlapis atau yang sering disebut dengan material hidroksi lapis ganda (Abdel-Hameed *et al*, 2016). Material berlapis merupakan mineral-mineral anorganik yang banyak ditemukan di alam dan juga dapat disintesis di laboratorium karena memiliki sifat dan struktur yang unik yaitu membentuk lapisan rongga, sehingga sangat efisien digunakan sebagai katalis dan adsorpsi (Abderrazek *et al*, 2016).

Hidroksi lapis ganda atau material hidrotalsit adalah lempung anionik yang mengandung lapisan seperti *brucite*, material berlapis yang disintesis dimana ion metalnya berikatan dengan grup hidroksi. Hidroksi lapis ganda memiliki rumus umum $[M^{2+}_{(1-x)}M^{3+}_x(OH)_2]^{x+} \cdot A^{n-}_{-x/n} \cdot mH_2O$ dengan M^{2+} berupa kation divalen dan M^{3+} berupa kation trivalen yang dapat saling tersubstitusi dan dinetralkan oleh anion maupun molekul air di dalam interlayer (Duan *et al*, 2011).

Hidroksi lapis ganda juga mempunyai kelebihan diantaranya memiliki luas permukaan yang besar, komposisi fleksibel, daya tukar dengan anion yang besar dan mudah disintesis. Dari kelebihan tersebut hidroksi lapis ganda dapat digunakan dalam proses katalisis, adsorpsi, elektrokimia dan penyimpanan energi. Hidroksi lapis ganda memiliki kemampuan mengadsorpsi karena ukuran partikel koloidnya yang sangat kecil dan mempunyai kapasitas penukar ion yang tinggi (Cao *et al*, 2010).

Beberapa material yang telah digunakan sebagai penyimpanan gas hidrogen yakni material-material anorganik seperti oksida logam yang memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 1,2 % (Kaur and Pal, 2016), material hidrida yang memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 5,5 % (Sadhasivam *et al*, 2017), material keramik yang memiliki kapasitas penyimpanan hidrogen sebesar 2,5 % (Abdel-Hameed *et al*, 2017), adsorpsi hidrogen dengan menggunakan zeolit sebesar 143,2 c.c/g diperoleh pada suhu 77 K dan tekanan ambien (0,11 MPa) (Roy and Dash, 2017). Material lain yang juga diteliti dan dikembangkan sebagai penyimpanan hidrogen yaitu material gabungan anorganik organik yang dikenal *metal organic framework* (MOF) sebesar 1,38 % pada 77 K dan 1 bar (Ren *et al*, 2015; Oh *et al*, 2017). Material adsorben yang potensial untuk digunakan sebagai bahan penyimpan hidrogen adalah material yang memiliki luas permukaan tinggi dan interaksi yang kuat antara metal dengan hidrogen agar didapatkan kapasitas penyimpanan hidrogen yang relatif tinggi (Suci, 2016).

Banyak yang telah melakukan penelitian mengenai penyimpanan hidrogen dengan berbagai material diantaranya telah melakukan penelitian mengenai sintesis senyawa hidrida Mg/MgH₂ yang berstruktur nano untuk diaplikasikan sebagai material penyimpan hidrogen dengan kapasitas penyimpanan sebesar 5,5 % (Sadhasivam *et al*, 2017). Sintesis dan karakterisasi *metal-organic frameworks* MOF-5 dengan menggunakan tiga metode untuk diaplikasikan sebagai material penyimpan hidrogen yang memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 1,3 % (Lestari and Prapti, 2016). Sintesis material hidroksi lapis ganda Mg/Al dan Ca/Al terinterkalasi polioksometalat K₄[α -SiW₁₂O₄₀]•nH₂O menghasilkan penyerapan hidrogen paling tinggi pada Ca/Al penjejukan dengan air pada

tekanan optimum 2 bar dan waktu optimum 60 menit sebesar 6,1 % (Abriyanto, 2018).

Penelitian kali ini melakukan sintesis material hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe dengan perbedaan tingkat oksidasi +2 dan +3 yang akan diaplikasikan sebagai penyimpanan hidrogen. Material hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe dikarakterisasi dengan analisis XRD, analisis BET dan analisis XRF. Sintesis hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe dilakukan untuk melihat perbandingan kapasitas penyimpanan hidrogen yang dihasilkan. Adsorpsi gas hidrogen dilakukan dengan variasi tekanan, variasi waktu, variasi berat adsorben dan variasi ukuran adsorben untuk menghasilkan kapasitas penyimpanan hidrogen yang besar pada material hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe.

1.2 Rumusan Masalah

Hidrogen merupakan unsur yang banyak terdapat di alam yang bisa digunakan sebagai bahan bakar terbarukan. Penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar terbarukan memiliki tantangan utama yaitu bahan penyimpanan hidrogen yang harus disimpan dengan material yang memiliki kemampuan menyimpan dan melepas hidrogen dan memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Material yang memiliki kemampuan sebagai penyimpan hidrogen yaitu material hidroksi lapis ganda. Hidroksi lapis ganda memiliki kapasitas sebagai penyimpanan hidrogen yang dapat dibuktikan dengan menggunakan analisis XRD, analisis BET dan analisis XRF. Pada penelitian ini digunakan material berupa hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe dengan melakukan variasi tekanan, variasi waktu, variasi berat adsorben dan variasi ukuran adsorben yang dapat diaplikasikan sebagai material penyimpanan hidrogen.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Sintesis material hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe serta karakterisasinya menggunakan analisis XRD, analisis BET dan analisis XRF.
2. Studi penyimpanan hidrogen dengan proses adsorpsi hidrogen pada material hidroksi lapis ganda hasil sintesis dengan sistem batch melalui pengaruh variasi tekanan, variasi waktu, variasi berat adsorben dan variasi ukuran adsorben.

3. Studi kemampuan daya adsorpsi gas hidrogen terhadap gas diatomik pada hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang aplikasi hidroksi lapis ganda Zn/Fe dan Ni/Fe sebagai material penyimpan hidrogen.

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), 1-11.
- Abderrazek, K., Najouna, F.S., and Srasra, E. 2016. Synthesis and Characterization of [Zn-Al] LDH: Study of The Effect of Calcination on the Photocatalytic Activity. *Applied Clay Science*. 119: 229-235.
- Abriyanto, D. 2018. Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al dan Ca/Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Sebagai Material Penyimpanan Hidrogen. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Ayawei, N., Inengite A, K., Ekubo A, T., Wankasi, D and Dikio, E, D. 2015. Mg/Fe Layered Double Hydroxide For Removal Of Lead (II) Thermodynamic, Equilibrium and Kinetic Studies. *European Journal of Science and Engineering*. 3(1): 1-15.
- Ayawei, N., Godwin, J and Wankasi, D. 2015. Synthesis and Sorption Studies of The Degradation of Congo Red By Ni-Fe Layered Double Hydroxide. *International Journal Chemistry. Science*. 13(3): 1197-1217.
- Ayawei, N., Inengite A, K., Ekubo A, T., Wankasi, D and Dikio, E, D. 2015. Synthesis and Sorption of Lead (II) ON Zn/Fe Layered Double Hydroxide. *American Journal of Applied Chemistry*. 3(3): 124-133.
- Bi, X., Zhang, H., Dou, L. 2014. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*. 6(2): 298-332.
- 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.
- Choong, T. S.Y., Wong, T.N., Chuah, T.G. 2006. Film Poreconcentration-Dependent Surface Diffusion Model For The Adsorption Of Dye onto Palm Kernel Shell Activated Carbon. *Journal Colloid and Interface Sci*. 301(1). 436-440.
- Dolidovich, I., and Palkovits, R., 2015. Structure Performance Correlation of Mg/Al Hydrotalcite Catalysis for the Isomerization of Glucose Into Fructose. *Journal of Chemistry*. 92(7): 1234-1239.
- Duan, X., Lu, Jun., Evans, D.G., 2011. Assembly Chemistry of Anion-intercalated Layered Materials. *Journal Modern Inorganic Synthetic Chemistry*. 5(2): 375-402.
- Elmoubarki, R; Fatima, Z, M; Alaaeddine, E; Hanane, T; Mohamed, A; M'hamed, S, Samir, Q, Abdeljalil, Z; Noureddine, B. 2017. Ni/Fe and Mg/Fe layered double hydroxides and their calcined derivatives: preparation,

- characterization and application on textile dyesremoval. *Journal of Materials Research and Technology*. 1(1): 1-13.
- Ginting, A, B. 2005. *Analisis Kestabilan Panas Polimer Menggunakan Metode Thermal Gravimetri*. Puslitbang Teknologi Maju: Batan.
- 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.
- Hangtao, L., Zhiliang, Z., Hua, Z., Jianyao, Z., Yanling, Q. 2015. Simultaneous Removal of Arsenate and Antimonate in Simulated and Practical Water Samples By Adsorption Onto Zn/Fe Layered Double Hydroxide. *Chemical Engineering Journal*. 276: 365–375.
- Hasannia, S., and Yadollahi, B. 2015. Zn/Al LDH Nanostructures Pillared by Fe Substituted Keggin type Polyoxometalate: Synthesis, Characterization, and Catalytic Effect in Green Oxidation of Alcohols. *Polyhedron*. 99: 260-265.
- Jamalludin, K. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Biokompatibilitas $\text{Si:Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. *Skripsi* Kendari: FMIPA Universitas Haluoleo.
- Jha, S.K., Bilalovic, J., Jha, A., Patel, N., Zhang, H. 2017. Renewable Energy: Present Research and Future Scope Artificial Intelligence, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 77: 297-317.
- Kang, D., Yu, X., Tong, S., Ge, M., Zuo, J and Cao, C. 2013. Performance and Mechanism of Mg/Fe Layerd Double Hydroxide for Fluoride and Arsenate Removal from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*. 288: 731-740.
- 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.
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padavon, M., Petrini, G., Bordiga, S., and Zeechina, A. 1997. Catalyst characterization: characterization techniques. *Catalysis Today*. 34: 329-352.
- 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.
- Lestari, W, W., and Prapti, R. 2016. Kajian Sintesis dan Karakterisasi *Metal-Organic Frameworks* MOF-5 Sebagai Material Penyimpan Hidrogen. *Jurnal Penelitian Kimia*. 11(2): 14-26.
- Oh, H., Maurer, S., Balderas-Xicohtencai, R., Arnold, L., Magdysyuk, O.V, Schutz, G., Muller, U., and Hirscher, M., 2017. Efficient Synthesis For Large-Scale Production and Characterization For Hydrogen Storage of

Ligand Exchanged MOF-74/174/184-M (M= Mg²⁺, Ni²⁺). *International Journal of Hydrogen Energy*. 42(2): 1027-1035.

Pancawati, L. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Keong Mas (*Pomacea Canaliculata Lamarck*) Dari Daerah Pringsewu Sebagai Bahan Dasar Biokeramik. *Skripsi*. Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Parida, K, M and Lagnamayee, M. 2012. Carbonate intercalated Zn/Fe layered double hydroxide: A novel photocatalyst for the enhanced photo degradation of azo dyes. *Chemical Engineering Journal*. 179(2012): 131–139.

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.

Rumidatul, A. 2006. Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. .

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/MgH₂ For Hydrogen Storage Applications: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 72: 523-534.

Sartono, A. 2006. Difraksi Sinar XRD. *Tugas Akhir Matakuliah Proyek Laboratorium Departement Fisika FMIPA*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Suci, F, C. 2016. Ztc: Sintesis, Karakterisasi, Mekanisme Penyimpanan, dan Studi Adsorpsi H₂. *Jurnal Ilmu dan Aplikasi Teknik*. 1(1): 1-13.

Umardani, Y. 2016. *X-Ray Fluorescence (XRF)*. <http://lppt.uqm.ac.id/Posts/read/16>.

Diakses pada tanggal 23 Desember 2016.

Utomo, S. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. *Seminar Nasional Sain dan Teknologi*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.

Vincente, M, A., Gil, A., Bergaya, F. 2013. Chapter 10.5-Pillared Clays and Clays Minerals. *Development in Clay Science*. 5:523-537.

- Vivi, S. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Kecepatan Putar Terhadap Adsorpsi Zirkonium Sulfat dalam Resin Penukar Anion menggunakan *Continuous Annular Chromatography (CAC)*. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA Kimia Universitas Negeri Yogyakarta
- Warren, E. 1969. *X-ray Diffraction*. Addition-wesley. Public: Messachssusset. Wibowo dan Santosa, 2013.
- Wiyantoko, Baru., Kuniawati, Puji., Purbaningtyas, E., and Fathimah., 2015. Synthesis and Characterization of Hydrotalcite at Differential Mg/Al Molar Ratio. *Procedia Chemistry*. 17 : 21-26.
- Woo, M.A., Kim, T.W., Paek, M-J., Ha, H-W., Choy, J-H. and Hwang, S-J. 2011. Phosphate intercalated Ca-Fe-layered double hydroxides: Crystal structure, bonding character, and release kinetics of phosphate. *Journal Solid State Chemistry*. 184: 171-176.
- 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*. Kendari: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kendari.
- Zulkarnain. 2011. Material Penyimpan Hidrogen Sistem MgH₂-SiC yang Dipreparasi Melalui Rute *Reactive Mechanical Alloying*. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.