

**INTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$   
PADA HIDROKSI LAPIS GANDA  $Zn-AI$  DAN APLIKASINYA SEBAGAI  
ADSORBEN KADMIUM (II) DALAM MEDIUM AIR**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia  
Pada Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Sriwijaya**



**Oleh:**

**HENSEN**

**08031381419029**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

543.07

502838

Hen  
i  
no 18

**INTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT  $H_2[a-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$   
PADA HIDROKSI LAPIS GANDA  $Zn-AI$  DAN APLIKASINYA SEBAGAI  
ADSORBEN KADMIUM (II) DALAM MEDIUM AIR**



**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia  
Pada Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Sriwijaya**



**Oleh:**

**HENSEN**

**08031381419029**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**INTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$   
PADA HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-AI DAN APLIKASINYA SEBAGAI  
ADSORBEN KADMIUM (II) DALAM MEDIUM AIR**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**HENSEN**

**08031381419029**

Indralaya, Januari 2018

**Pembimbing I**



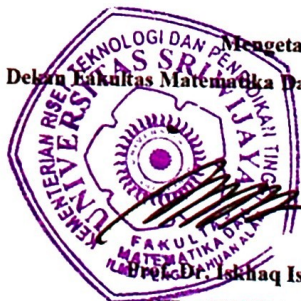
**Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si**  
**NIP. 197711272005011003**

**Pembimbing II**



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

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Interkalasi Senyawa Polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$  Pada Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Kadmium (II) Dalam Medium Air" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Januari 2017 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 12 Januari 2018

Pembimbing :

1. Dr.rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si  
NIP. 197711272005011003

(  )

2. Prof. Aldes Lesbani, Ph.D  
NIP. 197408121998021001

(  )

Penguji :

1. Dr. Ady Mara, M.Si  
NIP. 196404301990031003

(  )

2. Nova Yuliasari, S.Si, M.Si  
NIP. 197307261999032001

(  )

3. Nurlisa Hidayati, M.Si  
NIP. 197211092000032001

(  )

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc  
NIP. 199210051997021001

Dr. Redi Rohendi, M.T  
NIP. 196704191993031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Hensen

NIM : 08031381419029

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 kejarjanaan strata (SI) 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.

nderalaya, Januari 2018  
Penyul.  
  
67648AEF716962767  
000  
ENAM RIBURUPIAH  
Hensen  
Nim. 08031381419029

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Hensen  
NIM : 08031381419029  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Deni 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: "Interkalasi Senyawa Polioksomentalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  Pada Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Kadmium (II) Dalam Medium Air". 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/penciptaan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, Januari 2018

Yang menyatakan,



Hensen

NIM. 08031381419029

## MOTTO

- ① Hidup harus selalu berbahagia, karena waktu adalah kebahagiaan bukan waktu adalah uang dan juga dengan bahagia kita dapat merasakan nikmatnya hidup (Arya Wang Qien Ren)
- ② Dalam situasi apapun kita, baik susah dan senang kita harus selalu berdoa kepada tuhan karena tuhanlah yang menciptakan kita.
- ③ Cintailah sesama makhluk hidup jika pun itu hewan atau manusia karena mereka adalah saudara kita, dan makhluk hidup merupakan makhluk ciptaan tuhan (Luo Mu)
- ④ Teruslah berusaha dan berdoa sampai akhir dan selalu mengucapkan syukur dan berterimah kasih kepada tuhan, para buddha dan para dewa maupun dewi (Hensen)
- ⑤ Tekad dan kemauan yang dapat mewujudkan cita-citamu (Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.)

❖ Skripsi ini kupersembahkan kepada :

- ❖ Tuhan yang Maha Esa
- ❖ Para Buddha dan Dewa maupun Dewi
- ❖ Papa, mama, serta kakak dan adikku
- ❖ Teman teman dan sahabat sahabatku
- ❖ Seseorang yang selalu kuharapkan untuk menjadi milikku
- ❖ Pembimbing 1 Dr. Rer. Nat. Risfidian Mohadi, M.Si. Dan Pembimbing 2 Prof. Aldes Lesbani, Ph. D yang selalu memberikan ilmu dan motivasi
- ❖ 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 : "Interkalasi Senyawa Polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  Pada Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Kadmium (II) Dalam Medium Air". 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 kesetiaan 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. Aldi Lesbani, Ph.D dan Bapak Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, 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 PNBP Hiba Profesi Tahun 2017 selaku pihak yang mendanai penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan MIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Roherdi, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Muhamad Said, MT., selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si, Ibu Nova Yuliasari, M.Si dan pak Dr. Ady Mara, M.Si selaku penguji sidang sarjana.
7. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing saya selama masa kuliah.



8. Kepada Papa dan Mama tersayang yang telah menjadi penyemangat, sumber motivasi ku, panutan, penasehat dalam hidupku dan senantiasa selalu memberi doa, cinta, kasih sayang yang tak pernah putus selama ini. Walaupun kadang aku suka mengeluh papa dan mamalah yang selalu memberikanku semangat dan di saat aku down papa dan mamalah yang membuat aku bangkit.
9. Kepada Koko Andre dan adiknya Renaldo, aku berterimah kasih karena kalian selalu mendukungku, dan walaupun kadang kita suka bertengkar, tetapi aku tetap sayang pada kalian berdua.
10. Buat adek yang selama satu tahun telah bersamaku kini sebenarnya koko masih sayang sama adek tetapi koko sangat berterimah kasih kepadamu karena engkaulah yang membuat koko berubah menjadi lebih baik lagi dan skripsi ini kupersembahkan kepadamu juga.
11. Buat engkau yang aku sukai, sebenarnya aku berterimah kasih kepada dirimu karena engkaulah yang menguatkan aku untuk terus berjuang, walaupun engkau tidak bersamaku tetapi ku berharap suatu saat nanti engkau bisa bersamaku.
12. Buat sahabatku Lavini, dan Meiliza tetap semangat menjalani tugas akhirnya semoga kita sama-sama bisa sukses kedepannya.
13. Kepada Fadhil Riski Martha. koko berterimah kasih karena engkau selalu membantu dan berdiskusi dengan koko selama di kampus maupun di rumah.
14. Kepada Vilantina, tetap semangat semoga engkau bisa terus berjuang untuk mendapatkan dosen pembimbing yang engkau sukai, dan maaf koko hanya bisa bantu semampu yang koko bisa.
15. Buat MIKI 14 tetap semangat kalian menghadapi tugas akhir dan semoga kita sukses kedepannya
16. Kakak-kakak kimia 2012, adik-adik kimia 2014, 2015 dan 2016 semangat kuliahnya semoga sukses.
17. Buat Kak Neza Rahayu Palapa, S.Si terimah kasih kak sudah mengajarkan dan memberikan ilmunya kepada Hensen. Maaf jika hensen ada salah sama kakak.

18. Kak Tarmizi T, S.Si yang selalu membantu saat kesulitan dalam penelitian
19. Bapak Dedi asisten Lab. Riset Terpadu Pascasarjana Universitas Sriwijaya
20. Terimah kasih kepada Putri Andani dan Resti telah membantu aku dan juga saling mensupport, semoga kalian berdua cepat dapat jodoh, Amiin.
21. Teman Teman SMP ku yaitu Hartono Junaidi, Jufri Hasim, Dafik, Edi Susanto, Husin, Edi Jaya dan Hendra yang sampai sekarang masih mengenalku dan tiap tahun selalu sanjo bareng ke rumah dan semoga tahun ini kita bisa berkumpul kembali dan di lebaran tahun ini juga kita bisa sanjo bareng lagi.
22. Buat Ninu maaf ya nu kalo selama ini aku ganggu kamu, ya aku cuman ingin mencari hiburan dalam diriku, semoga kak ipul peka ya nu, Amiin dan juga sukses kedepannya.
23. Terimah kasih kepada mbak Novi yang selalu membantu aku mengurus pendaftaran dan lainnya, semoga mbak Novi selalu mengingat hensin.
24. Terimah kasih kepada rekan seperjuangan tugas akhir yang selalu memberikan hensin support dikala hensin sedang down, semoga kita selalu sukses terus kedepannya, Amiin.
25. Serta terimah kasih kepada Ariyanti Saputri yang selalu duduk di sebelahku saat kuliah dan kadang suka ngeselin tetapi kau teman yang polos dan lucu. Semoga kita sukses kedepannya dan semoga kakak yang ada disana peka, Amiin.

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

Indralaya, 22 Januari 2018

Penulis,



Hensin

NIM. 08031381419029

## SUMMARY

INTERCALATION POLYOXOMETALATE  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
COMPOUND WITH Zn-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE AND APPLIED  
AS ADSORBENT OF CADMIUM (II) IN AQUEOUS

Hensen : Supervised by Dr.rar.net Risfidian Mohadi, M.Si dan Prof. Alies  
Lesbani<sup>1</sup>, Ph.D

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

Intercalation of polyoxometalate  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  on Zn-Al layered  
double hydroxide. The results intercalated Zn-Al layered double hydroxide with  
polyoxometalate  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  was characterized using FT-IR  
spectrophotometer and XRD. The research results using FT-IR spectrophotometer  
characterization show the wave number  $1080,14\text{ cm}^{-1}$ ,  $987,5\text{ cm}^{-1}$  and  $887,2\text{ cm}^{-1}$   
which shows the vibration of P-O, W-O and W-O<sub>c</sub>-W. The result using XRD  
characterization was showed a typical diffraction peak: at  $2\theta$   $11,837^\circ$  with basal  
spacing  $7,47\text{ \AA}$  and also a new diffraction peak appears at  $2\theta$   $18,50^\circ$  with basal  
spacing  $4,793\text{ \AA}$ . Zn-Al layered double hydroxide intercalated by polyoxometalate  
 $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  was applied as the adsorbent of cadmium (II) in aqueous and  
produce  $0,0479$  ( $\text{menit}^{-1}$ ) of the adsorption rate, for the largest of the adsorption  
capacity (b)  $0,46\text{ mg/g}$  at  $70^\circ\text{C}$ , the largest adsorption energy  $7,47\text{ kJ/mol}$  at  $30^\circ\text{C}$ .  
The largest of the enthalpy ( $\Delta H$ ) and entropy ( $\Delta S$ )  $46,93\text{ kJ/mol}$  and  $0,134\text{ kJ/mol}$   
intercalated by polyoxometalate  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  compound located at pH 5  
and not much different from the point zero charge pH the result at pH 6.

**Keyword:** Zn-Al layered double hydroxide, polyoxometalate  $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  
intercalation, cadmium (II) and adsorption.

Citations : 47 (1996-2017)

## RINGKASAN

### INTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ PADA HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-Al DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN KADMIIUM (II) DALAM MEDIUM AIR

Hensen Dibimbing oleh Dr. Far.net Risfidian Mohadi, M.Si dan Prof, Aldes  
Lesbani<sup>1</sup>, Ph.D

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Telah dilakukan interkalasi senyawa polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  pada hidroksi lapis ganda Zn-Al. Hasil hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan XRD. Selanjutnya hasil interkalasi optimal digunakan sebagai adsorben kadmium (II) dalam medium air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR menunjukkan bilangan gelombang 1080,14  $cm^{-1}$ , 987,5  $cm^{-1}$  dan 887,2  $cm^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi P-O, vibrasi W-O dan vibrasi W-O-W. Karakterisasi menggunakan sinar X menunjukkan puncak difraksi yang khas pada  $2\theta$  11,837° dengan jarak antar lapisan sebesar 7,47Å dan juga adanya sudut difraksi yang baru muncul pada sudut  $2\theta$  18,50° dengan jarak antar lapisan yaitu 4,793Å. Selanjutnya, hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  diaplikasikan sebagai adsorben kadmium (II) dalam medium air, dan menghasilkan laju adsorpsi sebesar 0,0479 ( $menit^{-1}$ ), kapasitas adsorpsi (b) terbesar pada temperatur 70 °C sebesar 0,46 mg/g, energi adsorpsi terbesar pada temperatur 30 °C yakni 7,47 kJ/mol. Nilai entalpi ( $\Delta H$ ) dan entropi ( $\Delta S$ ) terbesar terdapat pada konsentrasi 1 mg/L dengan nilai entalpi sebesar 46,93 kJ/mol dan nilai entropi sebesar 0,134 kJ/mol. Pada pH optimum untuk senyawa hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  berada pada pH 5 dan tidak jauh berbeda dengan pH pada pengukuran *point zero charge* yang dihasilkan pada pH 6.

**Kata Kunci:** Hidroksi lapis ganda Zn-Al, senyawa polioksometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ , proses interkalasi, kadmium (II) dan proses adsorpsi.

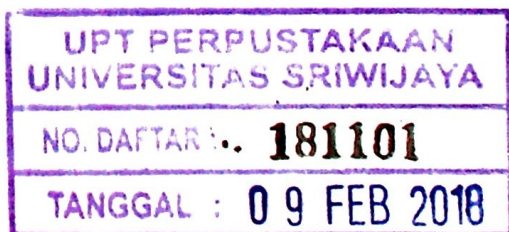
**Kutipan:** 47 (1996-2017)

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSetujuan .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
SUMMARY .....	x
RINGKASAN .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Hidroksi Lapis Ganda.....	5
2.1.1 Struktur Hidroksi Lapis Ganda .....	6
2.1.2 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda.....	6
2.2 Struktur Senyawa Polioksometalat .....	8
2.2.1 Struktur Keggin dari Senyawa Polioksometalat .....	9
2.2.2 Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	11
2.2.3 Stabilitas Termal Senyawa Polioksometalat .....	12
2.3 Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda .....	12
2.4 Adsorpsi .....	13
2.5 Kadmium (II) .....	14

2.6 Spektrofotometer FT-IR .....	15
2.7 X-ray diffraction ( XRD).....	17
2.8 Spektrofotometer UV-VIS .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat .. .....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Prosedur Penelitian .. .....	21
3.3.1 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al .....	21
3.3.2 Sintesis Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ....	22
3.3.3 Interkalasi Senyawa Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dengan Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .. .....	22
3.3.4 Pengukuran <i>Point Zero Charge</i> Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Dan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	23
3.3.5 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ sebagai Adsorben Kadmium (II) Dalam Medium Air .....	23
3.3.5.1 Pembuatan Larutan Stok Kadmium (II) .....	23
3.3.5.2 Pembuatan Larutan Standar Kadmium (II) .....	23
3.3.5.3 Pembuatan Kompleks Kadmium (II) Fenantrolin ...	23
3.3.5.4 Pengaruh Waktu Adsorpsi .....	23
3.3.5.5 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi....	24
3.3.5.6 Pengaruh pH.....	24
3.3.5.7 Studi Interaksi Adsorpsi Kadmium (II) dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Secara Spektroskopi .....	25
3.3.6 Analisis Data.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Serta Hasil Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda	

Dengan Senyawa Polioksomatala: $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Menggunakan Difraksi Sinar X .....	27
4.2 Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Serta Hasil Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Dengan Senyawa Polioksomatala: $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Menggunakan Spektrofotometer FT-IR .....	29
4.3 Pengukuran <i>Point Zero Charge</i> Pada Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	31
4.4 Adsorpsi Ion Kadmium (II) Menggunakan Hidroksi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Dan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkulaski Senyawa Polioksomatalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	33
4.4.1 Pengaruh Waktu Adsorpsi .....	33
4.4.2 Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Adsorpsi .....	35
4.4.3 Pengaruh pH Adsorpsi .....	40
4.5 Studi Interaksi Kadmium (II) Dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Dan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Menggunakan Spektrometer FT-IR .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	46
<b>LAMPIRAN</b> .....	50



## DAFTAR GAMBAR

### Halaman

Gambar 1. Skema struktur hidroksi lapis ganda .....	6
Gambar 2. Perbedaan tipe dari senyawa polioksometalat (a) Keggin (b) Dawson (c) Anderson (d) Waugh (e) Silverton .....	9
Gambar 3. Skema interkalasi dari: a) <i>clay</i> dan b) <i>organo modified clay</i> , dimana R dapat digantikan dengan komponen kimia lain .....	12
Gambar 4. Pola difraksi sinar X (A) Hidroksi lapis ganda Zn-A. (B) Senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ (C) Hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometakst $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	27
Gambar 5. Spektrum FT-IR (A) Hidroksi lapis ganda Zn-Al (B) Senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ (C) Hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometakst $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	29
Gambar 6. Grafik penentuan <i>point zero charge</i> hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ terhadap larutan NaCl .....	32
Gambar 7. Grafik pengaruh waktu adsorpsi kadmium (II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	33
Gambar 8. Grafik pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi hidroksi lapis ganda Zn-Al (kontrol) terhadap jumlah kadmium (I) teradsorpsi .....	36
Gambar 9. Grafik pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ terhadap jumlah kadmium (II) teradsorpsi .....	36
Gambar 10. Grafik pengaruh pH adsorpsi kadmium (II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	41
Gambar 11. Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn-A: sebelum (A) dan sesudah mengadsorpsi kadmium (II) (B) .....	43
Gambar 12. Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ sebelum (A) dan sesudah mengadsorpsi kadmium (II) (B) .....	43



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Jenis-jenis senyawa polioksometalat .....	9
Tabel 2. Bilangan gelombang senyawa polioksometalat menggunakan FT-IR .....	16
Tabel 3. Perbedaan bilangan gelombang dari Hidroksi lapis ganda Zn-Al, senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-FW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	31
Tabel 4. Nilai laju adsorpsi untuk hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	35
Tabel 5. Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi dari proses adsorpsi kadmium (II) oleh hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	38
Tabel 6. Nilai entalpi ( $\Delta H$ ) dan entropi ( $\Delta S$ ) dari proses adsorpsi kadmium (II) oleh hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran. 1	Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Zn-Al ..... 51
Lampiran. 2	Data digital XRD senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 52
Lampiran. 3	Data digital XRD interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 54
Lampiran. 4	Data digital Spekttrum FT-IR Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al ..... 55
Lampiran. 5	Data digital Spekttrum FT-IR senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 56
Lampiran. 6	Data digital Spekttrum FT-IR interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 57
Lampiran. 7	Data dan grafik <i>point zero charge</i> ..... 58
Lampiran. 8	Absorbansi larutan standart parameter kinetik ..... 59
Lampiran. 9	Pengaruh waktu adsorpsi kadmium (II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al ..... 60
Lampiran. 10	Perhitungan parameter kinetik adsorpsi kadmium (II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 62
Lampiran. 11	Absorbansi larutan standart pengaruh termodinamika ..... 64
Lampiran. 12	Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi kadmium (II) oleh hidroksi lapis ganda Zn-Al ..... 65
Lampiran. 13	Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi kadmium (II) oleh hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ..... 70
Lampiran. 14	Data parameter termodinamika proses adsorpsi hidroksi lapis ganda Zn-Al ..... 75

Lampiran 15	Data parameter termodinamika proses adsorpsi hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	82
Lampiran 16	Data Variasi pH hidroksi lapis ganda Zr-Al .....	89
Lampiran 17	Data Variasi pH hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	90
Lampiran 18	Data digital spectrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn-Al setelah mengadsorpsi kadmium (II) .....	91
Lampiran 19	Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ setelah mengadsorpsi kadmium (II) .....	92

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material lapis ganda seperti hidroksi lapis ganda merupakan material hasil sintesis yang memiliki rumus kimia:  $[M^{2-(1-x)}M^{3+x}(OH)_2](A^m)_{x/n} \cdot mH_2O$  dengan sebagian kation divalen ( $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) dengan jari-jari ion yang sama dapat digantikan dengan trivalen ( $Al^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ), sehingga membuat lapisan bermuatan positif yang diimbangi dengan lapisan anion seperti  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $OH^-$ , dan  $CO_3^{2-}$ . Hidroksi lapis ganda ini memiliki kemampuan sebagai sifat penukar ion yang besar dan bisa ditukarkan dengan anion yang lain (Kang *et al*, 2013).

Material hidroksi lapis ganda memiliki manfaat untuk meningkatkan aplikasinya sebagai katalis dan adsorben. Akan tetapi manfaat material hidroksi lapis ganda tersebut masih perlu ditingkatkan dengan cara modifikasi terutama untuk memperbesar jarak antar lapisan dari hidroksi lapis ganda tersebut (Guo *et al*, 2013)

Modifikasi dapat dilakukan melalui proses interkalasi pada hidroksi lapis ganda dengan menggunakan metode penukar ion yang berupa molekul, senyawa dan senyawa kompleks yang disisipkan pada hidroksi lapis ganda. Hidroksi lapis ganda yang berfungsi sebagai penukar kation (interkalat) sedangkan molekul atau senyawa berfungsi sebagai penukar ion (interkalan), dimana tujuan proses interkalasi ini diharapkan dapat menghasilkan hidroksi lapis ganda yang terinterkalasi dengan atom, molekul, atau senyawa yang berukuran besar sehingga luas permukaan dan jarak antar lapisannya besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Oleh karena itu dibutuhkan spesi interkalan (molekul, atau senyawa) yang berukuran besar atau makroanion (Omwome *et al*, 2014).

Beberapa peneliti telah melakukan modifikasi interkalasi terhadap hidroksi lapis ganda, dimana penelitian yang dilakukan oleh Ahmed and Gasser (2012) menunjukkan bahwa interkalasi hidroksi lapis ganda antara logam magnesium (Mg) dengan besi (Fe) menghasilkan hidroksi lapis ganda terinterkalasi yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna reaktif dengan baik seperti mengadsorpsi zat warna *congo red*. Penelitian yang dilakukan oleh Ayawei *et al* (2015) menghasilkan interkalasi hidroksi lapis ganda dengan senyawa anion karbonat

menghasilkan ketinggian sebesar 8Å berfungsi untuk proses perisahan logam timbal (II). Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Qin *et al* (2014) tentang interkalasi hidroksi lapis ganda dengan asam folat memiliki ketinggian 7Å berfungsi sebagai antioksidan, akan tetapi untuk aplikasi sebagai adsorben dibutuhkan senyawa dengan jarak antar lapisan yang besar. Berdasarkan penelitian Yun and Thomas (1996) interkalasi hidroksi lapis ganda dengan menggunakan polioksometalat tipe Keggin  $[\alpha\text{-H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$  memiliki ketinggian > 10Å, sama seperti interkalasi hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat tipe Dawson  $[\alpha\text{-P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$  yang memiliki ketinggian pilar 12,8Å dan 14,5Å, serta interkalasi hidroksi lapis ganda dengan polioksometalat tipe Finke  $[\text{Co}_4(\text{H}_2\text{C})_2(\text{PW}_9\text{O}_{34})_2]^{10-}$  yang memiliki ketinggian pilar 12,6Å dan 13,3Å, serta penelitian yang dilakukan oleh Hanifah (2017) interkalasi hidroksi lapis ganda Mg-Al dengan senyawa polioksometalat tipe Keggin  $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  memiliki ketinggian pilar 7,94Å yang berfungsi sebagai adsorben limbah zat warna congo merah, akan tetapi pada hidroksi lapis ganda yang terinterkalasi senyawa polioksometalat ini, jika digunakan sebagai adsorben zat warna tidak dapat mengadsorpsi zat warna secara maksimal sehingga menurunkan proses adsorpsinya karena senyawa dari zat warna memiliki struktur molekul yang besar sehingga jika di adsorpsi dengan senyawa yang memiliki struktur molekul yang besar seperti hidroksi lapis ganda yang terinterkalasi senyawa polioksometalat maka struktur dari hidroksi lapis gandanya tersumbat dengan molekul dari zat warna congo merah sehingga akan menurunkan laju adsorpsinya

Hidroksi lapis ganda yang disintesis dan dimodifikasi melalui proses interkalasi memiliki jarak antar lapisan yang besar dan dapat digunakan sebagai adsorben terutama untuk mengadsorpsi logam berat seperti logam kadmium karena logam kadmium merupakan jenis logam berat yang berbahaya dan jika dibuang ke lingkungan dapat beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, hati dan ginjal.

Pada penelitian ini dilakukan proses interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al menggunakan senyawa polioksometalat tipe Keggin  $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  sebagai interkalan. Hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat tipe Keggin  $\text{F}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan XRD. Selanjutnya hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa

polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  ini akan diaplikasikan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat: kadmium (II) dalam medium air. Dengan adanya senyawa hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  diharapkan dapat mengadsorpsi logam berat kadmium (II) dalam medium air secara efektif. Variabel - variabel yang diteliti pada proses adsorpsi ion kadmium (II) meliputi: waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi, pengaruh temperatur dan pengaruh pH.

## 1.2 Rumusan Masalah

Hidroksi lapis ganda Zn-Al merupakan material hasil sintesis akan tetapi pemanfaatannya secara optimal sebagai adsorben masih harus ditingkatkan. Hal ini disebabkan karena hidroksi lapis ganda Zn-Al memiliki jarak antar lapisan yang kecil, terutama bila digunakan sebagai adsorben. Modifikasi terhadap hidroksi lapis ganda Zn-Al dapat dilakukan untuk meningkatkan jarak antar lapisan. Metode yang digunakan yakni melalui proses interkalasi yaitu interkalasi dengan senyawa polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  karena senyawa senyawa polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  merupakan senyawa makroanion yang dapat memperbesar jarak antar lapisan dengan hidroksi lapis ganda Zn-Al. Hidroksi lapis ganda Zn-Al terlebih dahulu disintesis, selanjutnya diinterkalasi dengan senyawa polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  yang merupakan anion yang berukuran besar. Karakterisasi terhadap material hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda baik modifikasi dilakukan menggunakan spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD. Pada hidroksi lapis ganda Zn-Al yang terinterkalasi selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben ion kadmium (II) dalam medium air. Parameter yang dipelajari pada proses adsorpsi meliputi, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi, pengaruh temperatur dan pengaruh pH adsorpsi.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksoometalat  $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$  serta karakterisasinya dengan spektrofotometer FT-IR dan XRD.

2. Mempelajari proses adsorpsi ion kadmium (II) dalam medium air pada hidroksi lapis ganda Zn-Al yang terinterkalasi senyawa polioksometalat  $H_2[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  melalui parameter waktu, pengaruh konsentrasi, pengaruh temperatur dan pengaruh pH adsorpsi

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat  $H_2[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  dan aplikasinya sebagai adsorben kadmium (II) dalam upaya mengatasi pencemaran logam berat di lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA



- Ahmed, M, I and Gasser, M, S. 2012. Adsorption Study of Anionic Reactive Dye From Aqueous Solution to Mg-Fe- $\text{CO}_3$  Layered Double Hydroxide (LDH). *Applied Surface Science*. 259: 650-656.
- 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 Kinetics Studies. *European Journal of Science and Engineering*. 3(1):1-15.
- Bi, X., Zhang, H., Dcu, L. 2014. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*. 6(2): 298-332.
- Canlica, M and Islirayeli, S. 2005. The Atomic Absorption Spectrophotometric Method for Indirect Determination of Nimodipine in Tablets. *Turk Journals Chemistry*. 29: 141-146.
- Centi, G., and Perathoner, S. 2008. Catalysis by Layered Materials : A Review. *Microporous and Mesoporous Materials*. 107: 3-15.
- Corra, A. 1997. From Microporous to Mesoporous Molecular Sieve Materials and Their Use in Catalysis. *Chem.Rev.* 1: 2373-2419.
- Devinta, W., Rahmadiani, D., Anunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros Calcitrans* Pada Konsentrasi Sublethal. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 2(2): E202-E206.
- Gunawan, B., dan Azhari, D. 2011. Karakterisasi Spektrometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas Dari Bahan Polimer Polyethelene Glycol (PEG). *Jurnal Teknik Universitas Maria Kudus*. 2(2): 1-17.
- Guo, Y., Li, D., Hu, C., Wang, Y., and Wang, E. 2000. Layered Double Hydroxide Pillared by Tungsten Polyoxometalates Synthetic and Photocatalytic Activity. *International Journal of Inorganic Materials*. 3: 347-3555.
- Guo, Y., Zhu, Z., Yan, Q and Zhao, J. 2013. Enhanced Adsorption of Acid Brown 14 Dye on Calcined Layered Double Hydroxide with Memory Effect. *Chemical Engineering Journal*. 13: 1-44.
- Hanifah, Yulizah. 2017. Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Dengan Senyawa Polioksometalat  $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Congo Red. *Skripsi: Universitas Sriwijaya*.
- Jamalludin, K. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Biokompatibilitas  $\text{Si:Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . *Skripsi: FMIPA Universitas Haluoleo*.
- Jia, Y., Fang, Y., Zhang, Y., Song, Y, F. 2015. Classical Keggin Incorporated in to Layered Double Hydroxides: Facile Preparation and Catalytic Efficiency in Knoevenagel Condensation Reactions. *Chemistry European Journals*. 21: 14862-14870.



- Kang, D., Yu, X., Tong, S., Ge, M., Zuo, J and Cao, C. 2013. Performance and Mechanism of Mg/Fe Layered Double Hydroxide for Fluoric and Arser ate Removal from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*. 288: 731-740.
- Kim, H. J., Chu, H., Moon, J., Han, S. H., and Shul, G. Y. 2009. Preparation of Heteropoly Acid Entrapped in Nano Silica Matrix. *Molecular Crystals and Liquid Crystals Journal*. 371: 131-134.
- Kozhevnikov, I.V. 2002. *Catalysis for Fine Chemical Synthesis: Catalysis by Polyoxometalate*. UK: University of Liverpool.
- Leofanti, G., Tozzoli, G., Padavon, M., Petrini, G., Bordiga, S., and Zecchina, A. 1997. Catalyst characterization: characterization techniques. *Catalysis Today*. 34: 329-352.
- Lesbani, A. 2009. Sintesis Nano struktur Kristal Ion  $[\text{Fe}_2\text{O}(\text{OOC}_6\text{H}_5)_6(\text{H}_2\text{O})_3] \cdot (\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ . *Jurnal Sigma*. 12(1):71-77.
- Lesbani, A., Marpaung, A., Fithri, N. A., Mohadi, R. 2016. 12-Tungstophosphoric Acid/Silica Catalyst for Oxidation of Benzothiophene. *Asian Journal of Chemistry*. 28(3): 617-621.
- Lestari, F. 2007. Pengaruh Tembaga terhadap Kandungan Klorofil-a dan Pertumbuhan Sel Mikroalga *Isochrysis sp.*. *Skripsi: Fakultas Biologi Universitas Nasional Jakarta*.
- Llewelyn, P. 2011. Supported Heteropoly Acids for Acid Catalysed Reactions. *Theses and Dissertation*. United State. ProQuest I.CC.
- Mahjoub, Z. M., Khalidi, A., Abdennouri, M., Barka, M. 2017. Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated With Carbonate, Nitrate, Chloride and Sulphate Ions: Synthesis, Characterisation and Dye Removal Properties. *Journal Of Tuibah University For Science*. 11: 90-100.
- Mahmoud, M.E., Nabil, G., El-Mallah, N., El-Mallah, N., Bassiomy, H., Kumar, S., Abdel-Fattah, T. 2016. Kinetics, isotherm, and thermodynamic studies of the adsorption of reactive red 195 A dye from water by modified Switchgrass Biochar adsorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 34, 321-330.
- Misono, M. 2013. Catalytic of Heteropoly Compounds. *Studies in Surface Science and Catalytic*. 176:97-155.
- Nurhayati, H. 2010. Pemanfaatan Bentonit Teraktifasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ohlin, C, A., James, R., William, H, C. 2014. The Energetics of Isomerisation in Keggin-Series Aluminate Cations. *Royal Society of Chemistry*. 43: 14533-14536.

- Okuhara, T., Noritaka, M., and Misono, M. 2001. Catalytic Chemistry of Heteropoly Compounds. *Advance in Catalysis*. 41: 129-131.
- Omwome, S., Chen, W., Thusunashima, R., Song, Y, F. 2014. Recent Advances on Polyoxometalates Intercalated Layered Double Hydroxides From Synthetic Approaches to Functional Material Applications. *Coordination Chemistry Reviews*. 258-259: 58-71.
- Ozcan, S, A., and Ozcan, A. 2004. Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solutions onto Acid-Activated Bentonite. *Journal of Colloid and Interface Scier.ce*. 276: 39-46.
- Qin, L., Wang, W., You, S., Dong, J., Zhou, Y., and Wang, J. 2014. In Vitro Antioxidant Activity and In Vivo Antifolate Effect of Layered Double Hydroxyde Nanoparticle as Delivery Vehicles for Folic Acid. *International Journal of Nanomedicine*. 9: 5701-5710.
- Rafiee, E and Shahbazi, F. 2006. One-pot Synthesis of Dihydropyrimidones Using Silica-Supported Heteropoly Acid as An Efficient and Reusable Catalyst: Improved Protocol Condition For The Biginelli Reaction. *Journal of Molecular Catalysis .A: Chemical*. 250: 57-61.
- Rumahlatu, D., Corebima, A, D., Amin, M., Rohman, F. 2012. Efek Perlakuan Logam Berat Kadmium Terhadap Apoptosis Melalui Aktivasi Caspase-3 Bulu Babi *Leadema Setosum*: Aplikasi Biomonitoring Pencemaran Di Perairan Laut Jurnal Manusia Dan Lingkungan. 21(1): 41-49.
- Samandari, S, S., Gulcan, H, O., Samandari, S, S., gazi, M. 2014. Efficient Removal of Anionic and Cationic Dyes from an Aqueous Solution Using Pullulan-graft-Polyacrylamide Porous Hydrogel. *Water Air Soil Pollut.*: 225-2177.
- Santos, C., Frage, M, E., Kozakiewicz, Z., Lima, N. 2010. Fourier Transform Infrared As a Powerful Technique For The Identification and Characterization of Filamentous Fungi and Yeast. *Research In Microbiology*. 161: 168-175.
- Sartono, A. A. 2006. Difraksi sinar-X (X-RD). *Tugas Akhir Mata Kuliah Proyek Laboratorium*. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.
- Schubert, P., Stumpp, E., and Ehrhart. 1990. Preparation of Metal Halide Graphite Intercalation Compound by Intercalate Exchange. *Journal of Molecular Catalysis*. 34(1): 73-78.
- Scoonheydt, R, A., Pinnavaia, T., Lagaly, G., and Ganga, N. 2009. Pillared Clays and Pillared layered Sol ds. *Pure and Applied Chemistry*. 71(12): 2357-2371.
- Sharma, N. 2014. Synthesis, Characterization and Applications of Heteropolyacid Salts as Potentiometric Sensors and Catalyst. *Theses and Disertation*. Maharishi Merkanadeshwar University.

- Vincente, M. A., Gil, A., Bergaya, F. 2013. Chapter 10.5-Pillared Clays and Clays Minerals. *Development in Clay Science*. 5:523-537.
- Vogel. 2000. *Text Book of Quantitative Chemical Analysis*, Edisi 6, Pearson Education London.
- 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.
- Yun, S, K. and Phinnavia, T, J. 1996. Layered Double Hydroxides Intercalated by Poloxometalate Anions with Keggin  $[\alpha\text{-H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ , Dawson  $[\alpha\text{-P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$  and Finke  $[\text{Co}_4(\text{H}_2\text{O})_2(\text{PW}_9\text{O}_{34})_2]^{10-}$  Structures. *Inorganic Chemistry*. 35(23): 6853-6860.
- Zhang, Y., Su, J., Pan, Q., and Qu, W., 2012. Polyoxometalate Intercalated MgAl Layered Double Hydroxide and its Photocatalytic Performance. *Journal of Materials Science and Engineering*. 2(1) : 59-63.
- Zakaria. 2003. Analisis Kandungan Mineral Magnetik pada Batuan Beku dengan Metode XRay Diffraction. *Skripsi*, Kendari: FKIP Universitas Haluoleo.
- Zhao, Y and Chen, Z. 2010. Application of Fourier Transform Infrared Spectroscopy in The Study Atmospheric Heterogeneous Processes. *Applied Spectroscopy Reviews*. 45: 63-91.