

**ADSORPSI ION LOGAM Cd(II) MENGGUNAKAN  
ADSORBEN HIDROKSI LAPIS GANDA Mg/Al  
TERINTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT  
 $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$**

**SKRIPSI**



**SANDRA VIANI ASERI  
08031381419034**

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

## HALAMAN PENGESAHAN

ADSORPSI ION LOGAM Cd(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN  
HIDROKSI LAPIS GANDA Mg/Al TERINTERKALASI SENYAWA  
POLIOKSOMETALAT  $H_4[a\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

## SKRIPSI

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

Oleh :

SANDRA VIANI ASERI

08031381419034

Indralaya, Januari 2018

### Pembimbing I

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

### Pembimbing II

Prof. Aldes Erebani, Ph.D.  
NIP. 197408121998021001

Mengetahui,

Dewan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M. Sc.

NIP. 197210041997021001

Universitas Sriwijaya

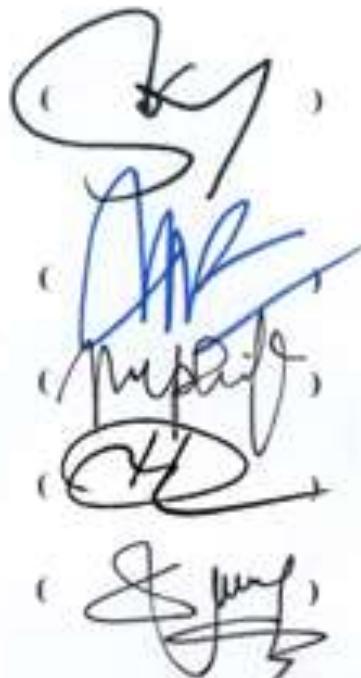
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis kimia berupa skripsi ini dengan judul "Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_12\text{O}_{40}]\cdot nH_2O$ " telah dipertahankan di hadapan Tim Pengaji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Falukta Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 Januari 2018.

Indralaya, Januari 2018

### Ketua :

1. Dr. ret. nat. Risdian Mohadi, M.Si.  
NIP. 197711272005011003



### Anggota :

2. Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.  
NIP. 197408121998021001
3. Nurlisa Hidayati, M.Si.  
NIP. 197211092000032001
4. Dr. Dedi Robendi, M.T.  
NIP. 196704191993031001
5. Dra. Julinar, M.Si.  
NIP. 196507251993032002



Mengetahui,



## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Sandra Viani Aseri

NIM : 08031381419034

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

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

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

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 18 Januari 2018

Penulis.



Sandra Viani Aseri

NIM. 08031381419034

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

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

Nama Mahasiswa : Sandra Viani Aseri

NIM : 08031381419034

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan,

Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ”. Dengan hak bebas royalti non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 18 Januari 2018

Penulis,



Sandra Viani Aseri

NIM. 08031381419034

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*“Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum dan harta terhukum” (Khalifah Ali bin Abi Talib)*

*“Kita bisa seperti sekarang ini, bukan semata-mata karena kita bekerja keras. bukan semata-mata kita ini bagus. Tapi lebih karena Allah SWT ridho kepada apa yang kita lakukan” (Saad Saefullah)*

*“Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat” (QS. Al-Mujadalah/58 : 11)*

Sebuah nasihat yang selalu kuingat, “Jika kita memudahkan urusan orang lain, kelak Allah akan memudahkan urusan kita. Jaga hati, jaga semangat, selalu berdoa, berusaha maksimal, jangan mudah menyerah, inshaAllah sukses diraih” (Prof. Aldes Lesbanis, Ph.D)

Skripsi ini sebagai tanda bersyukurku kepada :

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

dan kupersembahkan kepada :

- Papa dan Mama tersayang yang selalu mendoakan dan menasehati
- Saudara-saudaraku, nyai dan mande yang kusayangi
- Pak Risfi dan Pak Aldes selaku Pembimbing yang telah mendidikku dengan sabar
- Almamaterku, Universitas Sriwijaya

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alam. Sujud syukur tiada henti-hentinya kusembahkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : "Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ". 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 **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si** dan Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dana PNBP Universitas Sriwijaya 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 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 Prof. Dr. Elfita selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si., Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T., dan Ibu Dra. Julinar, M.Si. selaku penguji sidang sarjana.

7. Ibu Dr. Ferlina Hayati, M.Si. selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal pengurusan jadwal.
8. Seluruh Dosen Kimia FMIPA UNSRI yang telah mendidik dan memberikan ilmunya selama kuliah.
9. Papa dan Mama tersayang, terima kasih telah menjadi orang tua terhebat, terima kasih atas semua doa dan restu, dukungan moril maupun materil, kasih sayang yang tiada batas, nasihat, pengorbanan dan semangat yang telah dicurahkan untukku selama ini.
10. Nyai tercinta yang tak henti mendoakan cucu-cucunya dan mengajarkan menjadi orang baik. (Alm) Yai yang sangat dan selalu kucintai yang telah memberikan pengalaman hidupnya dan mengajarkan untuk selalu ikhlas membantu orang lain.
11. Adik-adikku tercinta, Dyah, Dani dan Yudi sebagai penyemangatku.
12. Kepada Mande dan keluarga yang mengirimkan doa dari jauh.
13. Kepada Retno Wulandari yang menjadi temanku sejak maba. Fachrijal yang telah banyak membantu dengan sabar. Putri, Nafi'ul dan Maulid yang mengajarkanku gunanya teman. Aku sayang kalian.
14. Teman-teman LDH Cantiqq (Getari, Galuh, Mikha, Ratih, Ikhsan, Kak Danang, Della, Hensen, Yunita) terima kasih untuk kerjasamanya, lab pasca yang tau perjuangan kita. Terima kasih kepada Kak Neza sebagai mentor terbaik, Kak Tarmizi yang mengajarkan rumus-rumus, Kak Dedi yang telah membantu selama penelitian.
15. Teman-teman MIKI 2014, nunik, afifah, rama, tirta, pika, rio, hengki, resta, cia, lavini, riza, marini, apeh, bella, lisa, claudia K, dll yang tidak bisa kusebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala cerita semasa kuliah selama 3,5 tahun ini. Semoga kita semua dipertemukan lagi dengan menceritakan kesuksesan masing-masing. Aamiin.
16. Sodara KKN-ku, Putri, Nafi'ul, Maulid, Hengki, Kak Lita, Kak Yanto, Kak Yona, Kak Bagus, Kak Endut, Kak Lisa, Kak Edho, Kak Selow, Kak Makmun, Kak Niko, Aan Ustad, Aan Ternak, Claudia Nour, Kak Andre, Kak Feb, Kak Alex, Kak Sisva dan Kak Vena. Terima kasih telah menjadi teman sekaligus sodara saat KKN dan masih menjalin silaturahmi hingga

sekarang. Terima kasih kepada keluarga KKN-ku, Ibu, Pak Bujang, Nuha dan Aan yang telah menjadi keluarga keduaku.

17. Kepada Mbak Novi yang telah banyak membantu dan melancarkan jadwal seminar dan sidang.

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.

Indralaya, 18 Januari 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sandal", with a horizontal line underneath it.

Penulis

## SUMMARY

### ADSORPTION OF METAL IONS Cd(II) WITH Mg/Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE ADSORBENT INTERCALATED $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$ POLYOXOMETALATE

Scientific papers in the form of an essay, January 2018

xx + 127 pages, 6 tables, 46 figures, 28 attachments

Sandra Viani Aseri : Supervised by Dr. rer. nat Risfidian Mohadi, M.Si. and Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.

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

Intercalation of  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  polyoxometalate on layered double hydroxide by comparison weight ratio of layered double hydroxide: $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  polyoxometalate 1:1 has been done. The result of intercalated layered double hydroxide was characterized using FT-IR spectrophotometer and XRD analysis. Characterization using FT-IR were not showed the optimal intercalation process. The success of the intercalation process showed from the characterization using XRD, evident from the increased inter layer spacing of layered double hydroxide after the intercalation process, the spacing between the layered double hydroxide before intercalation is 7.59 Å to 7.67 Å after the intercalation process. Then, layered double hydroxide intercalated  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  polyoxometalate was applied as metal ion Cd(II) adsorbent. The process of adsorption of Cd(II) metal ion using layered double hydroxide intercalated  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  polyoxometalate showed the adsorption rate ( $k$ ) was 0,019 min<sup>-1</sup>, the largest adsorption capacity ( $b$ ) at 70° was 1.46 mol/g, the largest adsorption energy ( $E$ ) at 30°C was 8.19 kJ/mol. The effect adsorption of pH showed optimum pH was at pH 8 with amount of metal ion Cd(II) adsorbed were 7.87 ppm.

**Keyword** : layered double hydroxide, polyoxometalate,  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$ , intercalation, metal adsorption

Reference : 51 (1983-2017)

## RINGKASAN

### ADSORPSI ION LOGAM Cd(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN HIDROKSI LAPIS GANDA Mg/Al TERINTERKALASI SENYAWA POLIOKSOMETALAT $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Januari 2018

xx + 127 halaman, 6 tabel, 50 gambar, 28 lampiran

Sandra Viani Aseri : Dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si. dan Prof. Aldes Lesbani, Ph.D

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Telah dilakukan interkalasi senyawa hidroksi lapis ganda menggunakan senyawa polioxsometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  dengan perbandingan berat hidroksi lapis ganda:senyawa polioxsometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  sebesar 1:1. Hasil interkalasi senyawa hidroksi lapis ganda menggunakan senyawa poliokometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan XRD. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR belum menunjukkan keberhasilan dari proses interkalasi. Keberhasilan dari proses interkalasi terlihat dari karakterisasi menggunakan XRD, terlihat dari meningkatnya jarak antar lapis senyawa hidroksi lapis ganda setelah proses terinterkalasi, jarak antar lapis senyawa hidroksi lapis ganda sebelum interkalasi sebesar 7,59 Å dan menjadi 7,67 Å setelah proses interkalasi. Selanjutnya hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioxsometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  diaplikasikan sebagai adsorben ion logam Cd(II). Proses adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan senyawa hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioxsometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  menunjukkan laju adsorpsi (k) sebesar 0,019 menit<sup>-1</sup>, kapasitas adsorpsi (b) terbesar pada temperatur 70° sebesar 1,46 mol/g, energi adsorpsi (E) terbesar pada temperatur 30°C sebesar 8,19 kJ/mol. Pengaruh pH terhadap adsorpsi menunjukkan pH optimum berada pada pH 8 dengan jumlah logam Cd(II) teradsorpsi sebanyak 7,87 ppm.

**Kata kunci :** hidroksi lapis ganda, polioxsometalat,  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\text{.nH}_2\text{O}$  , interkalasi, adsorpsi logam

Kutipan : 51 (1983-2017)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>x</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
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 .....	5
2.1.2 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda .....	6
2.2 Struktur Senyawa Polioksometalat .....	7
2.2.1 Struktur Keggin dari Senyawa Polioksometalat .....	7
2.2.2 Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	8
2.2.3 Stabilitas Termal Senyawa POlioksometalat .....	8
2.3 Interkalasi Material Berlapis .....	8
2.4 Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ .....	9
2.5 Adsorpsi .....	10

2.6 Spektrofotometer FT-IR .....	11
2.7 X-ray Diffraction (XRD) .....	12
2.8 Spektrofotometer UV-Vis .....	12
2.9 Kompleks Cd(II) dengan Fenantrolin .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.2.1 Alat .....	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Prosedur Kerja.....	18
3.3.1 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda dan Karakterisasinya .....	18
3.3.2 Sintesis Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2\text{O}$ dan Karakterisasinya.....	19
3.3.3 Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al dengan Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2\text{O}$ dan Karakterisasinya .....	20
3.3.4Uji Stabilitas Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2\text{O}$ pada Berbagai pH .....	20
3.3.5 Analisis PZC ( <i>Point of Zero Charge</i> ) .....	20
3.3.6 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2\text{O}$ sebagai Adsorben Ion Logam Berat Kadmium (II) .....	21
3.3.6.1 Pembuatan Larutan Baku Ion Kadmium(II) (1000 ppm) .....	21
3.3.6.2 Pembuatan Larutan Standar Kadmium(II) .....	21
3.3.6.3 Pembuatan Kompleks Cd(II) Fenantrolin .....	21
3.3.6.4 Pengaruh Waktu Adsorpsi .....	21
3.3.6.5 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi .....	22
3.3.6.6 Pengaruh pH.....	22

3.3.7 Studi Interkalasi Adsorpsi Larutan Ion Logam Berat Kadmium(II) pada Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Polioksometalat secara Spektrometri .....	22
3.3.8 Analisis Data .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Karakterisasi Senyawa Hidroksi Lapis Ganda, Senyawa Polioksometalat dan Hasil Interkalasi Menggunakan Analisis XRD .....	25
4.2 Karakterisasi Senyawa Hidroksi Lapis Ganda, Senyawa Polioksometalat dan Hasil Interkalasi Menggunakan Spektrofotometer FT-IR .....	28
4.3 Analisis Stabilitas Hidroksi Lapis Ganda Terhadap pH.....	30
4.4 Proses Adsorpsi .....	40
4.4.1 Pengaruh Waktu Adsorpsi Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	40
4.4.2 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	42
4.4.3 Pengaruh pH Terhadap Proses Adsorpsi Cd(II) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	47
4.5 Identifikasi Proses Adsorpsi Cd(II) Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ Secara Spektrofotometer FT-IR .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Aktivitas Polioksometalat Tipe Keggin .....	7
Tabel 2. Jarak antar layer hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	25
Tabel 3. Nilai laju adsorpsi untuk hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi .....	41
Tabel 4. Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi dari proses adsorpsi logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	45
Tabel 5. Nilai entalpi dan entropi dari proses adsorpsi logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	46
Tabel 6. Nilai koefisien korelasi Langmuir dan Freundlich.....	47

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Skema struktur hidroksi lapis ganda .....	6
Gambar 2. Struktur Keggin .....	7
Gambar 3. Interkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	9
Gambar 4. Skema spektrofotometer FT-IR .....	11
Gambar 5. Difraksi sinar-X .....	12
Gambar 6. Panjang gelombang spektrofotometer UV-Vis .....	13
Gambar 7. Grafik panjang gelombang maksimum Cd(II) Fenantrolin .....	16
Gambar 8. Hibridisasi Kadmium(II) Fenantrolin .....	16
Gambar 9. Struktur tetrahedral Cd(II) Fenantrolin .....	17
Gambar 10. Grafik larutan standar Cd(II) Fenantrolin .....	17
Gambar 11. Pola difraksi sinar-X senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al, senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	27
Gambar 12. Pola spektrofotometer FT-IR senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al, senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	29
Gambar 13. Stabilitas LDH pH 1 .....	31
Gambar 14. Stabilitas LDH pH 2 .....	31
Gambar 15. Stabilitas LDH pH 3 .....	31
Gambar 16. Stabilitas LDH pH 4 .....	31
Gambar 17. Stabilitas LDH pH 5 .....	32
Gambar 18. Stabilitas LDH pH 6 .....	32
Gambar 19. Stabilitas LDH pH 7 .....	32
Gambar 20. Stabilitas LDH pH 8 .....	32
Gambar 21. Stabilitas LDH pH 9 .....	33
Gambar 22. Stabilitas LDH pH 10 .....	33

Gambar 23. Stabilitas LDH interkalasi pH 1 .....	33
Gambar 24. Stabilitas LDH interkalasi pH 2 .....	33
Gambar 25. Stabilitas LDH interkalasi pH 3 .....	34
Gambar 26. Stabilitas LDH interkalasi pH 4 .....	34
Gambar 27. Stabilitas LDH interkalasi pH 5 .....	34
Gambar 28. Stabilitas LDH interkalasi pH 6 .....	34
Gambar 29. Stabilitas LDH interkalasi pH 7 .....	35
Gambar 30. Stabilitas LDH interkalasi pH 8 .....	35
Gambar 31. Stabilitas LDH interkalasi pH 9 .....	35
Gambar 32. Stabilitas LDH interkalasi pH 10 .....	35
Gambar 33. Stabilitas metal pH 1 .....	36
Gambar 34. Stabilitas metal pH 2 .....	36
Gambar 35. Stabilitas metal pH 3 .....	36
Gambar 36. Stabilitas metal pH 4 .....	36
Gambar 37. Stabilitas metal pH 5 .....	37
Gambar 38. Stabilitas metal pH 6 .....	37
Gambar 39. Stabilitas metal pH 7 .....	37
Gambar 40. Stabilitas metal pH 8 .....	37
Gambar 41. Stabilitas metal pH 9 .....	38
Gambar 42. Stabilitas metal pH 10 .....	38
Gambar 43. Diagram distribusi spesies logam Kadmium .....	38
Gambar 44. Grafik <i>Point Zero of Charge</i> (PZC) .....	39
Gambar 45. Pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	41
Gambar 46. Pengaruh temperatur adsorpsi dan konsentrasi Cd(II) hidroksi lapis ganda terhadap jumlah Cd(II) teradsorpsi .....	43
Gambar 47. Pengaruh temperatur adsorpsi dan konsentrasi Cd(II) hidroksi lapis ganda terinterkalasi terhadap jumlah Cd(II) teradsorpsi .....	44

Gambar 48. Pengaruh pH adsorpsi material hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ terhadap jumlah Cd(II) yang teradsorpsi .....	48
Gambar 49. Spektrum FT-IR adsorben hidroksi lapis ganda .....	49
Gambar 50. Spektrum FT-IR adsorben hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Skema penelitian .....	57
Lampiran 2. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda .....	58
Lampiran 3. Data digital spektrum FT-IR senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	59
Lampiran 4. Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	60
Lampiran 5. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Mg/Al....	61
Lampiran 6. Data digital XRD senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	62
Lampiran 7. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	66
Lampiran 8. Stabilitas pH senyawa hidroksi lapis ganda .....	67
Lampiran 9. Stabilitas pH senyawa hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	69
Lampiran 10. Stabilitas pH ion logam Cd(II) .....	71
Lampiran 11. Analisis PZC ( <i>Point of Zero Charge</i> ).....	73
Lampiran 12. Absorbansi larutan standar parameter kinetik .....	74
Lampiran 13. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Al .....	75
Lampiran 14. Data pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Al .....	76
Lampiran 15. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ ....	77
Lampiran 16. Data pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ .....	78
Lampiran 17. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda .....	79

Lampiran 18. Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi proses adsorpsi Cd(II) menggunakan hidroksi lapis ganda .....	84
Lampiran 19. Data parameter termodinamika proses adsorpsi Cd(II) menggunakan hidroksi lapis ganda .....	89
Lampiran 20. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi Cd(II) menngunakan adsorben hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ .....	96
Lampiran 21. Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi Cd(II) menggunakan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ .....	101
Lampiran 22. Data parameter termodinamika proses adsorpsi Cd(II) menggunakan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ .....	106
Lampiran 23. Data adsorpsi isotermis senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al...	113
Lampiran 24. Data adsorpsi isotermis senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ ...	118
Lampiran 25. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh pH proses adsorpsi Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda .....	123
Lampiran 26. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh pH proses adsorpsi Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ .....	124
Lampiran 27. Data digital spektrum FT-IR Cd(II) teradsorpsi hidroksi lapis ganda .....	125
Lampiran 28. Data digital spektrum FT-IR Cd(II) teradsorpsi hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ .....	126

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Senyawa hidroksi lapis ganda atau *Layered Double Hydroxides* (LDHs) adalah kelompok material anorganik, yang biasa dikenal sebagai material berlapis. Pada struktur ini kation trivalen menggantikan kation divalen. Substitusi ini menimbulkan lapisan yang bermuatan positif yang seimbang dengan anion interlayer. Molekul air juga ada di antara lapisan tersebut (Abdelkader *et al*, 2011). Kelebihan dari bahan ini antara lain dapat digunakan dengan aplikasi yang berbeda, sebagai penukar ion, sebagai katalis atau pendukung katalis, sebagai agen penyerap dan antasida.

Hidroksi lapis ganda adalah material jenis lempung yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi senyawa-senyawa organik maupun senyawa-senyawa anorganik dalam larutan (Cavani *et al*, 1991). LDH atau yang sering dikenal sebagai bahan hidrotalsit seperti tanah liat anionik, merupakan kelompok besar dari bahan-bahan alami atau bahan-bahan sintetis yang berlapis, yang berisi dua atau lebih jenis kation logam dan memiliki muatan positif, yang dinetralkan dengan penggabungan pertukaran anion (Ayawei *et al*, 2015). LDH bisa didapat secara alami (hidrotalsit, piroaurit dan hidrokumunit) maupun disintesis.

Namun dalam pemanfaatannya, senyawa hidroksi lapis ganda ini masih perlu dimodifikasi untuk memperluas jarak antar lapisannya. Jarak antar lapis membesar menyebabkan sisi aktif adsorben menjadi terbuka, sehingga akses untuk ion logam masuk menjadi besar. Membesarnya akses ion logam untuk masuk menyebabkan peningkatan kapasitas adsorpsi. Salah satu cara untuk memperluas jarak antar lapisannya yakni dengan cara interkalasi (Mohanambe and Vasudevan, 2005). Proses interkalasi ini menggunakan atom, molekul atau senyawa kompleks yang disisipkan ke dalam hidroksi lapis ganda menggunakan metode pertukaran ion.

Dalam beberapa tahun terakhir, telah banyak penelitian yang dilakukan mengenai material hidroksi lapis ganda ini dikarenakan potensi dari aplikasi

material ini. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan mengenai adsorpsi logam berat menggunakan LDH. Penelitian yang dilakukan oleh Ayawei *et al* (2017) menunjukkan bahwa LDH memiliki kelebihan sebagai adsorben logam berat dibanding dengan teknik-teknik yang lain karena memiliki kemampuan pertukaran ion yang unik, mudah untuk dikerjakan dan mudah untuk dibentuk. LDH sering digunakan sebagai adsorben untuk berbagai aplikasi karena kemampuan pertukaran ionnya yang unik. Selain itu, adsorben bekas dapat dengan mudah diregenerasi dan memiliki kapasitas adsorpsi yang sebanding dengan adsorben LDH yang baru. Penelitian yang dilakukan oleh Ji *et al* (2017) menyatakan bahwa Mg/Al memberikan kapasitas adsorpsi lebih tinggi dibandingkan adsorpsi menggunakan LDH yang lain. Berdasarkan penelitian Zhang *et al* (2012), senyawa hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat menghasilkan jarak antar lapis yang lebih besar dibandingkan senyawa hidroksi lapis ganda yang belum diinterkalasi dengan basal spasing sebesar 12 Å. Penelitian yang dilakukan Palapa and Said (2016) menyatakan bahwa senyawa hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  menunjukkan adanya peningkatan basal spasing dibandingkan sebelum diinterkalasi, dari 7,8 Å menjadi 9,81 Å.

Interkalasi adalah penyisipan molekul ion atau senyawa berukuran besar dan rigid ke dalam lapisan senyawa berlapis seperti lempung sehingga terbentuk suatu bahan berstruktur pori dengan sifat-sifat fisika kimiawi yang baik. Pilarisasi dapat terjadi antara kombinasi yang tepat antara lempung dan spesies pemilar (Wijaya, 2002). Pertukaran ion pada LDH ini dapat menggunakan anion-anion yang berukuran kecil seperti klorida ( $\text{Cl}^-$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan lain lain, namun anion berukuran kecil ini kurang efektif karena tidak menghasilkan jarak antar yang besar sehingga diperlukan anion yang berukuran besar, seperti senyawa polioksometalat.

Penelitian ini dilakukan dengan menginterkalasi senyawa hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Produk dari interkalasi dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer FT-IR dan analisis X-Ray difraktometer. LDH hasil interkalasi kemudian diaplikasikan sebagai adsorben ion logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  dimana ion logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  merupakan logam

yang sering terdapat dalam air limbah. Air limbah dari pertambangan masih mengandung ion logam berat ini yang dapat menyebabkan terganggunya ekosistem dalam air. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain parameter termodinamika, parameter kinetik dan pengaruh pH.

### 1.2. Rumusan Masalah

Senyawa hidroksi lapis ganda atau *layered double hydroxides* (LDH) adalah senyawa yang memiliki struktur berlapis. LDH dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan termasuk untuk mengadsorpsi logam-logam berat serta zat warna. Namun dalam pemanfaatannya, hidroksi lapis ganda kurang efektif karena memiliki jarak antar lapisan yang sempit sehingga perlu dimodifikasi. Salah satu cara untuk memodifikasi LDH yaitu melalui proses interkalasi atau penyisipan menggunakan anion-anion yang berukuran besar seperti senyawa polioksometalat (POM).

Pada penelitian ini digunakan senyawa polioksometalat  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  sebagai interkalan pada material hidroksi lapis ganda Mg/Al. Hasil interkalasi hidroksi lapis ganda Mg/Al dengan  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD. Penyisipan senyawa polioksometalat di antara lapisan senyawa hidroksi lapis ganda diharapkan dapat meningkatkan efektivitas senyawa ini sebagai adsorben akibat terbukanya sisi aktif adsorben. Adsorbat yang digunakan dalam penelitian ini yakni kadmium(II) dan parameter yang mempengaruhi proses adsorpsi meliputi pengaruh waktu, konsentrasi, temperatur dan pH.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Interkalasi senyawa  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  pada material hidroksi lapis ganda Mg/Al dan karakterisasinya menggunakan spektrofotometer FT-IR dan Difraksi Sinar-X.
2. Studi adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$

berdasarkan pengaruh waktu, konsentrasi, temperatur dan pH. terhadap adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup>.

3. Studi adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Al dan hidroksi lapis ganda Mg/Al terinterkalasi H<sub>4</sub>[ $\alpha$ -SiW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>]·nH<sub>2</sub>O berdasarkan pengaruh pH.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang proses interkalasi senyawa hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat H<sub>4</sub>[ $\alpha$ -SiW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>]·nH<sub>2</sub>O dan aplikasinya sebagai adsorben ion logam berat Cd<sup>2+</sup> dalam rangka pencemaran ion logam berat di lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkader, N, B, H., Bentouami, A., Derriche, Z., Bettahar, N., and Ménorval, L. 2011. Synthesis and Characterization of Mg–Fe Layer Double Hydroxides and Its Application on Adsorption of Orange G from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal.* 169: 231-238.
- Abdillah, A, I., Darjito., and Khunur, M, M. 2015. Pengaruh pH dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Ion Logam Cd<sup>2+</sup> Menggunakan Adsorben Kitin Terikat Silang Glutaraldehid. *Kimia Student Jurnal.* 1(1): 826-832.
- Adamson, A,W., and Gast, A, P. 1997. *Physical Chemistry of Surfaces.* New York: Wiley-Interscience.
- Ayawei, N., Angaye, S, S., and Wankasi, D. 2015. Synthesis, Characterization and Application of Mg/Al Layered Double Hydroxide for the Degradation of Congo Red in Aqueous Solution. *Open Journal of Physical Chemistry.* 5: 56-70.
- Ayawei, N., Augustus, N, E., and Wankasi, D. 2017. Comparative Sorption Studies of Dyes and Metal Ions by Ni/Al-Layered Double Hydroxide. *International Journal of Materials and Chemistry.* 2(7): 25-35.
- Brown, M, E. 2001. *Introduction to Thermal Analysis Techniques and Applications.* United States of America: Kluwer Academic Publishers.
- Cavani, F., Trifirò, F., and Vaccari, A. 1991. Hydrotalcite-Type Anionic Clays: Preparation, Properties and Applications. *Catalysis Today.* 11: 173-301.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup.* Jakarta: UI-Press.
- Dolidovich, I., 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
- García, R and Báez, A, P. 2012. *Atomic Absorption Spectrometry (AAS).* China: Intech.
- Gunandjar. 1985. *Diktat Kuliah Spektrofotometri Serapan Atom.* Yogyakarta: PPNY-Batan.
- Handayani, S., Kusuma,C, W., dan Budiasih, K, S., 2014. Pengaruh Variasi Rasio Mg/Al pada Sintesis Hidrotalsit dengan Metode Korespitasi Hidrotermal. *Jurnal Pelenitian Saintek.*19(1) : 75-87.
- Hasranti. 2012. Adsorpsi Ion Cd<sup>2+</sup> dan Cr<sup>6+</sup> pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. *Skripsi.* Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Herdianita, N, R., Ong, L, H., Subroto, E, A., dan Priadi, B. 1999. Pengukuran Kritalinitas Silika Berdasarkan Metode Diftaktometer Sinar-X. *PROC.ITB.* 31(1): 41-47.

- Ji, H., Wu, W., Li, F., Yu, X., Fu, J., Jia, Luyao. 2017. Enhanced Adsorption of Bromate from Aqueous Solutions on Orderes Mesoprous Mg-Al Layered Double Hydroxides (LDHs). *Journal of Hazardous Materials*. 244(14): 58-73.
- Kim, H., J., Chu, H., J., Moon, J., Han, S., H., and Shul, G, Y. 2009. Preparation of Heteropoly Acid Entraped in Nano Silica Matrix. *Molecular Crystal and Liquid Crystals Journal*. 371: 131-134.
- Kovanda, F., Jindová, E., Doušová, B., Koloušek, D., Pleštil, J., and Sedláková, Z. 2009. Layered Double Hydroxides Intercalated With Organic Anions and Their Application in Preparation of LDH/Plymer Nanocomposites. *Acta Geodyn Geomater*. 6(1): 111-119.
- Kozhevnikov, I.V. 2002. *Catalysis for Fine Chemical Synthesis Catalysis by Polyoxometalates*.UK: Chicheste.
- Kroschwitz, J. 1990. *Polymer Characterization and Analysis*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Kustiawan, U, R., dan Pratiwi, R. 2016. Dithizon:Agen Pengopleks Untuk Analisis Logam Mengguna Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Farmaka*. 4(4): 387-398.
- Lesbani. A. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Polyoxometalate H<sub>4</sub>[ $\alpha$ -SiW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>]. *Jurnal Penelitian Sains*. 11(1): 429-434.
- Lesbani, A. 2012. Karakterisasi Senyawa Poliksometalat Tipe Keggin Tersubstitusi Vanadium Menggunakan FT-IR dan <sup>51</sup>V NMR. *Molekul*. 7(1): 1-8.
- Li, R., Wang, J., Zhou, B., Awasthi, M., Ali, A., Zhang, Z., Gaston, L., Lahori, A., and Mahar, A. 2016. Enhancing Phosphate Adsorption by Mg/Al Layered Double Hydroxide Functionalized Biochar with Different Mg/Al Rations. *Science of the Total Environment*. 559: 121-129.
- Mahmoud, M.E., Nabil, G., El-Mallah, N., El-Mallah, N., Bassiouny, 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.
- Martell, M, A., and Hancock, R, D. 1996. *Metal Complexes in Aqueous Solution*. New York: Plenum Press.
- Mohanambe, L., and Vasudevan, S. 2005. Inclusion of Ferrocene in a Cyclodextrin-Functionalized Layered Metal Hydroxide : A New Organometallic-Orcanis-LDH Nanohybrid. *Inorganic Chemistry*. 44(7): 2128-2130.
- Okuhara, T., and Nakato, T. 1998. Catalysis By Porous Heteropoly Compounds. *Catalysis Surveys From Japan*. 2(1):31-44.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. England: Ellis Horwood Limited.

- Ozcan, S., A., and Ozcan, A. 2004. Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solutions onto Acid-Activated Bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science.* 276: 39-46.
- Palapa, N., R., and Said, M. 2016. Keggin Type Polyoxometalate  $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$  As Intercalant For Hydrotalcite. *Science and Technology Indonesia.* 1(1): 25-28.
- Perkin and Elmer. 1996. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy.* USA: The Perkin-Elmer Corporation.
- Pope, F., M. 1983. Genetic Engineering and Gene Analysis. *British Journal of Dermatology.* 109: 465-472.
- Pourfaraj, R., Fatemi, S., J., Kazemi, S., Y., Biparva, P. 2017. Synthesis of Hexagonal Mesoporous Mg/Al LDH Nanoplatelets Adsorbent for The Effective Adsorption of Brilliant Yellow. *Journal of Colloid and Interface Science.* 101(07): 1010-1016.
- Purwakusumah, E., D., Rafi, M., Syafitri, U., Nurcholis, W., dan Adzkiya, M. 2014. Identifikasi dan Autentifikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech.* 34(1): 82-87.
- Putyera, K., Jagiello, J., Bandosz, T., J., and Schwarz, J. A. 1996. Surface Chemical Heterogeneity of Pillared Hydrotalcites. *Journal of The Chemical Society.* 7(1): 1243-1247.
- Rachmasari, N., A., Sugiarso, A., D. 2017. Analisis Pengaruh Ion Cd(II) Pada Penentuan Ion Fe(II) dengan Peng kompleks 1,10-Fenantrolin Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS.* 1(6): 2337-3520.
- Rafiee, E., and Shahbazi, F. 2006. One-pot Synthesis of Dihydropyrimodones Using Silica-Supported Heteropoly Acid as An Efficient and Reuseable Catalyst: Improved Protocol Conditions For The Biginelli Reaction; *J. Mol. Catal. A: Chemical.* 57-61.
- Rahman, M. Tamzid et al. 2017. Effectiveness of Mg-Al-Layered Double Hydroxide for Heavy Metal Removal from Mine Wastewater and sludge Volume Reduction. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*
- Rahmayanti, Dita. 2016. Karakteristik Sifat Termal (DTA-TGA) dan Konduktivitas Termal Kermaik Cordierite Berbasis Silika Sekam Padi dengan Penambahan Alumina (0, 20, 25, dan 30 WT%). *Skripsi.* FMIPA: Universitas Lampung.
- Rashed, M., S., and Gaid, A. 2012. Kinetics and Thermodinamic Studies on the Adsorption Behavior of Rhodamine B-Dye on Duolite C-20 Resin. *Jurnal of Saudi Chemical Society.* 16: 209-215.
- Reza, S. 2014. Preparasi dan Karakterisasi Bentonit Tapanuli Terinterkalasi Surfaktan Kationik ODTMABr dan Aplikasinya sebagai Adsorben Para-klorofenol. *Skripsi.* FMIPA: Universitas Indonesia.

- Samandari, S, S., Gulcan, H, O., Samandari, S, S., Gazi, M. 2014. Efficient Removal of Anionic and Cationic Dyes from an Aqueous Solution Using Pollulan-*graft*-Plyacrylamide Porous Hydrogel. *Water Air Solid Pollut.* 225:2177
- Setiono, H, M., dan Dewi, A, A. 2013. Penentuan Jenis Solven dan pH Optimum pada Analisis Senyawa Delphinidin dengan spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.* 2(2): 91-96
- Suryanarayana, C., and Norton, M, G. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach.* New York: Plenum Press.
- Tümer, F., Kose, M., and Tumer, M. 2017. Synthesis, Crystal Structure and Spectroscopic Properties of Ethanol Solvated  $\alpha$ -Keggin Heteropolytungstate. *Journal of Molecular Structure.* 1147(1): 662-628.
- Underwood, A, L., dan Day, R, A. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif.* Jakarta. Erlangga.
- Wijaya, K. 2002. The Synthesis Of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pillared Montmorillonite (CrPM) And Its Usage For Host Material of p-Nitroaniline. *Indonesian Journal of Chemistry.* 2(1): 22-81.
- Wijaya, V, C., dan Ulfin, I. 2015. Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd<sup>2+</sup> dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*). *Jurnal Sains dan Seni ITS.* 4(2): 86-89.
- Yanagida, T., Nagashima, K., Tanaka, H., and Kawai., T. 2007. Mechanism of Catalyst Diffusion on Magnesium Axide Nanowire Growth. *Applied Physics Letters.* 91(6): 61-502.
- Yang, S., Huang, Y., and Yu, L. 2011. Catalytic Application of H<sub>4</sub>SiW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub> in Synthesis of Acetals and Ketals. *Advanced Materials Research,* 284-286: 2374-2379.
- Zhang, Y., Su, J., Pang, Q., and Qu, W. 2012. Polyoxometalate Intercalated MgAl Layered Double Hydroxide And Its Photocatalytic Performance. *Journal of Material Science and Engineering.* 2(1): 59-63.