

**ADSORPSI KADMIUM(II) DALAM MEDIUM AIR
MENGGUNAKAN ADSORBEN HIDROKSI LAPIS GANDA
Mg/Fe TERINTERKALASI $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$**

SKRIPSI

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



Oleh :

DELLA RISNI MARETHA

08031281419053

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

HALAMAN PENGESAHAN

ADSORPSI KADMUUM(II) DALAM MEDIUM AIR
MENGGUNAKAN ADSORBEN HIDROKSI LAPIS GANDA
 Mg/Fe TERINTERKALASI $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$

SKRIPSI

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

Oleh:

Della Risni Maretha
08031281419053

Indralaya, Januari 2018

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

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 "Adsorpsi Kadmium(II) dalam Medium Air menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ " telah dipertahankan di hadapan Tim Pengujii Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 Januari 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Januari 2018
Tim Pengujii Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

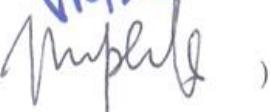
()

Anggota :

2. Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
NIP.197408121998021001
3. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si
NIP. 196808271994022001
4. Nurlisa Hidayati, M.Si
NIP. 197211092000032001
5. Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

()

()

()

()

Mengetahui,



Prof. Dr. Irhaq 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 : Della Risni Maretha

NIM : 08031281419053

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, 22 Januari 2018

Penulis



Della Risni Maretha

NIM. 08031281419053

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Della Risni Maretha

NIM : 08031281419053

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 Kadmium(II) dalam Medium Air menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}].n\text{H}_2\text{O}$ ”. 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, 22 Januari 2018

Yang menyatakan,



Della Risni Maretha
NIM. 08031281419053

MOTTO

- ❑ Doa adalah kekuatan terbesar , terus berdoa dalam situasi apapun (Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.)
- ❑ Jangan hiraukan orang yang meremehkanmu, menghinamu atau meragukan kemampuanmu, teruslah berusaha dan tunjukkan bahwa semua yang mereka katakan adalah “SALAH” (Della)
- ❑ Kekuatan bukan berasal dari kemenangan. Perjuangan adalah yang melahirkan kekuatan. Ketika Anda menghadapi kesulitan dan tak menyerah, itulah kekuatan (Arnold Schwrzenegger)

Skrípsi ini kupersembahkan kepada :

★ Allah S.W.T

★ Ibu dan Adik-adik yang selalu mendukung dan mau mendengarkan semua keluh kesahku

★ Pembimbing 1 Dr. rer. nat. Rísifidian Mohadí, M.Si dan 2 Prof. Aldes Lesbani, Ph. D. yang selalu memberikan ilmu, arahan dan motivasi

★ saudara-saudara semuanya

★ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat, nikmat dan pertolongan-NYA lah akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : “Adsorpsi Kadmium(II) dalam Medium Air menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam melaksanakan penelitian sampai terwujudnya skripsi ini penulis telah banyak mendapat bimbingan, pengarahan, dan bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril pada akhirnya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Bapak **Dr. rer. nat. Risifidian Mohadi, M.Si** selaku pembimbing. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dana PNBP Hibah 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 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 Widia Purwaningrum, M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Dr. Poedji Loekitowati, M.Si, Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si dan Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku pengudi sidang sarjana.
7. Ibu Ferlina Hayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.
8. Seluruh staff Dosen dan karyawan (mbak novi dan kak iin) FMIPA KIMIA yang telah mendidik, memberi banyak ilmu dan membimbing selama 7 semester ini.

9. Kepada Ibu (**Reni Sasrita**) dan adik-adik (**Mayang, Rizky dan Riska**) yang selalu mendengarkan semua keluh kesahku, memberi motivasi, semangat dan kasih sayang yang tak terhingga, doa yang tulus, sehingga aku bisa berada pada titik seperti sekarang ini.
10. Kepada Alm. Nenekku, keluarga ke-2 ku yakni om dedek, tante suryana dan nenek indralaya, kepada mama rina dan papa yang selalu menemaniku kemana-mana, kepada cak iyon dan istri, tante susi dan suami di indralaya.
11. Kepada sepupuku yuk ulan, nio, shifa, rida, rifky, nada, putri, dio dan aldi.
12. Kakak-kakak MIKI 2011-2013 terutama kak neza yang selalu mengajari kami, Bang Martin selaku kakak asuh, pengajar Kimia Organik.
13. Temans sekaligus sahabat-sahabatku di S.Si halal (riski aprini, mira, ninu, nisa, galuh, mia, aria, getari, uswatun dan yunita).
14. Teman sebimbanganku, yuk ratih yang selalu membantu, Galuh teman sintesis dan interkalasi, Hensen teman nebeng, ikhsan, kak danang yang pendiem tapi suka bekelakar, mbak mikha yang bilang aku cuek but it's true, Sandra S.H, S.Si, Getari si motivator dan cece Yunita.
15. Teman-teman seperjuangan MIKI 2014 (fika, ulfa nadia, najmatul, putri agustina, nafiul, putri andani, lavini, fifah, rijak, apeh, bella, claudia, lisa, resta, musda, lulu, ariyanti, robi, rona, ayu putri, lisana, retno, hani, wini, a mia tri, marini ade, yuri dan semuanya) serta Adik-adik MIKI 2015&2016.
16. Kak Dedi dan kak Tarmizi orang-orang ter-the best di Laboratorium Riset Terpadu Pascasarjana Unsri yang telah banyak membantu penelitian ini.
17. Teman terbaikku hingga saat ini ade w.k, dan sahabatku dari SMA Erinda.
18. Para malaikat tanpa sayap yang menolong secara tiba-tiba, ada saat butuh. 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, 22 Januari 2018

Penulis.

Della Risni Maretha

NIM. 08031281419053

SUMMARY

ADSORPTION OF CADMIUM(II) IN AQUEOUS WITH LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Mg/Fe AS ADSORBENT INTERCALATED $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$

Della Risni Maretha : Advised by Dr.rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si and Prof. Aldes Lesbani, Ph.D

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Sriwijaya University

x+112 Page, 5 Table, 17 Picture, 31 Attachment

The synthesis of layered double hydroxide Mg/Fe and polyoxometalate $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ has been done. The intercalation compounds were characterized using XRD and spectrophotometer FT-IR. The result of characterization using XRD shows the successful intercalation of layered double hydroxide with polyoxometalate $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ compound, there is an increase of the interlayer spacing of 4.39 to 4.75 Å. The characterization of the intercalated compound using FT-IR spectrophotometer shows a good intercalation process. Layered double hydroxide Mg/Fe intercalated polyoxometalate $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ can be applied as an effective adsorbent to adsorbed Cd(II) metal ion with optimum conditions at pH 7, reaction time 50 minutes and at temperature 60 °C. The intercalated layered double hydroxide Mg/Fe resulted in a 0.082 min^{-1} adsorption rate, the adsorption capacity at an optimum temperature of 60 °C with 0.746 mg/g and the largest adsorption energy was 9.73 kJ / mol.

Keywords: Layered double hydroxide Mg/Fe, polyoxometalate $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$, intercalation process, adsorption, Cd(II) metal ion

RINGKASAN

ADSORPSI KADMIUM(II) DALAM MEDIUM AIR MENGGUNAKAN ADSORBEN HIDROOKSI LAPIS GANDA Mg/Fe TERINTERKALASI $H_3[\alpha$ - $PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$

Della Risni Maretha : Dibimbing oleh Dr.rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Prof. Aldes Lesbani, Ph.D

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
x+112 Halaman, 5 Tabel, 17 Gambar, 31 Lampiran

Telah dilakukan interkalasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$. Senyawa hasil interkalasi dikarakterisasi menggunakan XRD dan spektrofotometer FT-IR. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan keberhasilan proses interkalasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$, terjadi kenaikan jarak antar lapisan yang semula 4.39 Å menjadi 4.75 Å pada sudut difraksi 18°. Karakterisasi senyawa hasil interkalasi menggunakan spektrofotometer FT-IR menunjukkan proses interkalasi yang baik. Hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ selanjutnya dapat diaplikasikan sebagai adsorben yang efektif guna mengadsorpsi ion logam Cd(II) dengan kondisi optimum yakni pada pH 7, waktu reaksi selama 50 menit dan temperatur 60 °C. Hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi menghasilkan laju adsorpsi sebesar 0.082 menit⁻¹, kapasitas adsorpsi pada temperatur optimum 60 °C sebesar 0.746 mg/g dan energi adsorpsi terbesar yakni 9.73 kJ/mol.

Kata kunci : Hidroksi lapis ganda Mg/Fe, polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$, proses interkalasi, adsorpsi, ion logam Cd(II)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY.....	ix
RINGKASAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Hidroksi Lapis Ganda	4
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	8
2.2.2. Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	9
2.3. Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda dengan Senyawa Polioksometalat.....	10
2.4. Logam Berat Kadmium.....	12

2.5. Adsorpsi.....	12
2.6. Karakterisasi	13
2.6.1.Spektrofotometer FT-IR.....	13
2.6.2. X-Ray Difraktometer (XRD)	14
2.6.3. Spektrofotometer UV-Visibel.....	14
2.6.4. Senyawa Kompleks Kadmium(II) Fenantrolin.....	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.2.1. Alat.....	16
3.2.2. Bahan	16
3.3. Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda	16
3.3.2. Sintesis Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	17
3.3.3. Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe dengan Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	17
3.3.4.Uji <i>Point Zero Of Charge</i> (PZC) Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ pada berbagai pH.....	18
3.3.5. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda terinterkalasi Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ sebagai Adsorben ion logam berat Cd(II).....	18
3.3.6. Studi Interaksi Adsorpsi Larutan Ion Logam Berat Kadmium(II) pada Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Polioksometalat secara Spektroskopi.....	21
3.3.7. Analisis Data	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe, Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan Hasil Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe dengan Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ menggunakan Analisis XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	24
---	----

4.2. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe, Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan Hasil Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe dengan Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ menggunakan Analisis Spektrofotometer FT-IR.....	28
4.3. Analisis <i>Point Zero Of Charge</i> (PZC) Hidroksi Lapis Ganda dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Terhadap pH.....	33
4.4. Proses Adsorpsi.....	34
4.4.1.Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Cd(II) menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	34
4.4.2.Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Logam Cd(II) menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe dan Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	36
4.4.3.Pengaruh Waktu Adsorpsi Logam berat Cd(II) menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	38
4.5. Identifikasi Proses Adsorpsi secara Spektroskopi FT-IR.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Data Perbandingan Jarak Antar Lapisan Hidroksi Lapis Ganda Sebelum dan Sesudah di Intertkalasi.....	28
Tabel 2. Data Bilangan Gelombang Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	31
Tabel 3. Nilai laju adsorpsi untuk hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi.....	37
Tabel 4. Nilai entalpi (ΔH) dan entropi (ΔS) dari proses adsorpsi adsorpsi ion logam berat Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	40
Tabel 5. Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi dari proses adsorpsi ion logam berat Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema struktur hidroksi lapis ganda.....	5
Gambar 2. Struktur POM klasik dalam representasi polihedral.....	7
Gambar 3. Struktur α -Keggin dengan pusat XO_4	8
Gambar 4. Struktur isomer polioksometalat.....	9
Gambar 5. Struktur asam 12-tungstoposfat.....	10
Gambar 6. Hidroksi lapis ganda terinterkalasi.....	11
Gambar 7. Struktur tetrahedral Cd(II) fenantrolin.....	15
Gambar 8. Pola XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	24
Gambar 9. Pola XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) hidroksi lapis ganda Mg/Fe, polioksometalat $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot\text{nH}_2\text{O}$ dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi polioksometalat $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot\text{nH}_2\text{O}$	26
Gambar 10. Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	28
Gambar 11. Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Mg hidroksi lapis ganda Mg/Fe, polioksometalat dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot\text{nH}_2\text{O}$	30
Gambar 12. pH Point Zero Of Charge (pH _{PZC}) Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe dan Hidroksi Lapis Ganda Mg/Fe Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot\text{nH}_2\text{O}$	33
Gambar 13. Pengaruh pH adsorpsi Cd(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $\text{H}_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot\text{nH}_2\text{O}$..	34
Gambar 14. Diagram distribusi spesies kation Cd terhadap pH dalam larutan.....	35
Gambar 15. Pengaruh waktu adsorpsi Cd(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi.....	36

Gambar 16. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion logam berat Cd(II) hidroksi lapis ganda Mg/Fe terhadap jumlah Cd(II) teradsorpsi.....	38
Gambar 17. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion logam berat Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ terhadap jumlah Cd(II) teradsorpsi.....	39
Gambar 18. Spektrum FT-IR (a) hidroksi lapis ganda Mg/Fe sebelum dan sesudah mengadsorpsi ion logam Cd(II)	42
Gambar 19. Spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ sebelum dan sesudah mengadsorpsi ion logam Cd(II)	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data digital XRD hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	52
Lampiran 2. Data digital XRD hidroksi lapis ganda Mg/Fe pada 800 °C.....	52
Lampiran 3. Data digital XRD hidroksi lapis ganda Mg/Fe penjenuhan dengan air.....	53
Lampiran 4. Data digital XRD interkalasi hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$	53
Lampiran 5. Data digital XRD senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$	54
Lampiran 6. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Mg/Fe..	56
Lampiran 7. Data digital spektrum FT-IR hidroksi lapis ganda Mg/Fe pada 800 °C.....	57
Lampiran 8. Data digital spektrum FT-IR interkalasi hidroksi lapis ganda dengan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$	58
Lampiran 9. Data digital spektrum FT-IR senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$	59
Lampiran 10. Data <i>Point Zero Of Charge</i> (PZC) hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa poliokso metalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}]\cdot nH_2O$	60
Lampiran 11. Panjang gelombang maksimum ion logam Cd(II) pada $\lambda_{maks}= 326 \text{ nm}$	61
Lampiran 12. Data digital spektrum UV ion logam berat Cd pada panjang gelombang 300-450 nm.....	62
Lampiran 13. Kurva kalibrasi larutan standar ion logam Cd(II) terhadap parameter kinetik.....	64

Lampiran 14. Pengaruh waktu adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2O$ untuk menghitung laju adsorpsi.....	65
Lampiran 15. Perhitungan parameter kinetik pengaruh waktu adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe dan hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot nH_2O$	67
Lampiran 16. Kurva kalibrasi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	69
Lampiran 17. Pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	70
Lampiran 18. Kurva kalibrasi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}].nH_2O$	75
Lampiran 19. Pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}].nH_2O$	76
Lampiran 20. Absorbansi larutan standar parameter termodinamika terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	82
Lampiran 21. Perhitungan parameter termodinamika terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	83
Lampiran 22. Data parameter termodinamika proses adsorpsi ion logam Cd(II) adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	88

Lampiran 23. Absorbansi larutan standar parameter termodinamika terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	95
Lampiran 24. Perhitungan parameter termodinamika terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	96
Lampiran 25. Data parameter termodinamika proses adsorpsi ion logam Cd(II) hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	101
Lampiran 26. Absorbansi larutan standar pengaruh pH proses adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	108
Lampiran 27. Data pengaruh pH adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda.....	109
Lampiran 28. Absorbansi larutan standar pengaruh pH proses adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda terinsersi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	110
Lampiran 29. Data pengaruh pH adsorpsi ion logam Cd(II) oleh hidroksi lapis ganda terinsersi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	111
Lampiran 30. Data digital spektrum FT-IR ion logam Cd(II) teradsorpsi adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe.....	112
Lampiran 31. Data digital spektrum FT-IR ion logam Cd(II) teradsorpsi adsorben hidroksi lapis ganda Mg/Fe terinterkalasi senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hidroksi lapis ganda adalah lempung anionik yang mengandung lapisan seperti brucite, dimana sebagian kecil dari gugus hidroksil pada kation divalen digantikan oleh gugus isomorf pada kation trivalen, sehingga membuat lapisan bermuatan positif dan memiliki harga anion yang seimbang (Li and Duan, 2006). Hidroksi lapis ganda memiliki rumus umum berupa Mg^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} dan M^{3+} (kation trivalen) berupa Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , Co^{3+} , sedangkan A^{n-} sebagai anion antar lapisan berupa NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , OH^- , SO_4^{2-} (Ladewig *et al*, 2009). Dalam aplikasinya, hidroksi lapis ganda digunakan sebagai adsorben dan katalis (Li and Duan, 2006). Pemanfaatan hidroksi lapis ganda sebagai adsorben yakni dapat mengadsorpsi berbagai anion anorganik, anion organik serta ion logam berat (Hu *et al*, 2017), akan tetapi dalam pemanfaatannya tersebut, hidroksi lapis ganda tidak begitu efektif digunakan sebagai adsorben karena hidroksi lapis ganda memiliki jarak antar lapisan yang kecil dan densitas yang rendah pada sisi aktif daerah luas permukaannya, sehingga perlu dimodifikasi agar jarak antar lapisannya meningkat (Bu *et al*, 2016).

Hidroksi lapis ganda dapat dimodifikasi dengan menggunakan metode interkalasi. Interkalasi dilakukan dengan menggunakan senyawa polioksometalat tipe Keggin karena memiliki sifat paling stabil diantara polioksometalat tipe lainnya (tipe Dawson, Anderson, Waugh dan lain-lain) (Bogdanovic *et al*, 2017). Polioksometalat tipe Keggin dapat bereaksi dengan logam-logam transisi seperti Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} atau dengan elemen-elemen seperti W^{4+} , Mo^{5+} , V^{5+} (Ammam, 2000). Hidroksi lapis ganda terinterkalasi dibentuk oleh anion-anion pilar dari polioksometalat, dimana anion dari polioksometalat (sebagai interkalan) akan menyelingi lapisan hidroksi lapis ganda (sebagai interkalat) (Yun *et al* 1995). Hidroksi lapis ganda yang telah dimodifikasi dengan cara interkalasi ini memiliki kemampuan sebagai penukar anion yang baik dan mempunyai densitas pengisian lapisan yang tinggi, sehingga hidroksi lapis ganda dapat dijadikan sebagai adsorben yang efektif (Chubar *et al*, 2016), serta metode interkalasi juga

sangat penting untuk memperoleh struktur khusus dengan sifat tertentu (Kaitao *et al*, 2013), sehingga banyak penelitian yang terfokuskan pada pengembangan sifat-sifat dan aplikasi dari hidroksi lapis ganda hasil modifikasi ini. Salah satunya yakni penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al* (2016), bahwa hidroksi lapis ganda terinterkalasi mempunyai basal spasing sebesar 7.8 Å dari basal spasing awalnya yang hanya sebesar 4.8 Å.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Asiabi *et al* (2017) bahwa hidroksi lapis ganda Ni/Cr terinterkalasi dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat kadmium di lingkungan. Logam kadmium dapat digunakan sebagai logam pelapis maupun bahan dasar logam di berbagai industri, sebagian besar logam berat yang telah digunakan akan dibuang ke lingkungan dan ditemukan dalam bentuk limbah industri. Kadmium adalah logam berat yang bersifat sangat beracun bagi organisme di lingkungan terutama bagi ekosistem perairan dan merupakan logam non-esensial yang dapat menyebabkan mual, diare, infusiensi paru-paru dan kanker pada manusia (Hadavifar *et al*, 2016).

Pada penelitian ini dilakukan interkalasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe dengan senyawa polioksometatalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$. Hidroksi lapis ganda Mg/Fe adalah hidroksi lapis ganda yang dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu *et al* (2014) bahwa hidroksi lapis ganda Mg/Fe digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan sulfat di dalam air mineral. Selain itu, Mg dan Fe juga memiliki daya tarik menarik yang kuat terhadap elemen-elemen asing dalam minyak dan sedimen (Das *et al*, 2002). Selanjutnya, material hasil interkalasi ini dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui adanya vibrasi gugus-gugus fungsional yang khas pada bilangan gelombang tertentu, sedangkan analisis XRD digunakan dalam analisa struktur. Selanjutnya material hasil interkalasi digunakan sebagai adsorben ion logam berat kadmium(II). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi diteliti pada penelitian ini yakni pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi dan temperatur.

1.2. Rumusan Masalah

Hidroksi lapis ganda Mg/Fe adalah lempung anionik dan merupakan material yang digunakan sebagai adsorben. Hidroksi lapis ganda memiliki jarak antar lapisan yang kecil, sehingga tidak efektif digunakan sebagai adsorben. Untuk meningkatkan kemampuannya sebagai adsorben maka dilakukan modifikasi terhadap hidroksi lapis ganda agar jarak antar lapisan dan luas permukaan lapisan meningkat. Metode yang digunakan pada modifikasi ini yakni metode interkalasi. Metode interkalasi dilakukan dengan anion-anion terutama yang berukuran besar seperti senyawa polioksometalat. Senyawa polioksometalat yang digunakan untuk interkalasi hidroksi lapis ganda pada penelitian ini adalah polioksometalat tipe Keggin $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Hidroksi lapis ganda terinterkalasi polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ digunakan sebagai adsorben ion logam berat kadmium(II).

1.3. Tujuan Penelitian

1. Interkalasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe menggunakan senyawa polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan karakterisasinya dengan analisis XRD dan spektrofotometer FT-IR.
2. Mempelajari proses adsorpsi kadmium(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinterkalasi $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ melalui variabel pH, waktu adsorpsi, serta konsentrasi dan temperatur, selanjutnya dianalisa dengan parameter kinetik, dan parameter termodinamikanya.

1.4. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang sintesis hidroksi lapis ganda dan proses interkalasinya menggunakan polioksometalat $H_3[\alpha\text{-PW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ sehingga diharapkan hidroksi lapis ganda terinterkalasi senyawa polioksometalat ini memiliki jarak antar lapisan yang besar dan efektif digunakan sebagai adsorben logam kadmium(II) guna mengatasi cemaran ion logam berat di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkader, N.B.H., Bentouami, A., Derriche,Z., Bettahar, N and Menorval, D.L.C. 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.
- Adeeywinwo, C., Okorie, N., and Idowu. 2013. Basic Calibration of UV-Visible Spectrofotometer. *Journal of Science and Technology*. 2(3): 247-251.
- Ahmed, I.M and Gasser, M.S. 2012. Adsorption Study of Anionic Reactive Dye from Aqueous Solution To Mg-Fe-CO₃ Layered Double Hydroxide (LDH). *Applied Surface Science*. 259: 650—656.
- Ammam, M. 2000. Polyoxometalates: Formation, Structures, Principal Properties, Main Deposition Methods and Application in Sensing. *Journal of Materials Chemistry A*. 1-57.
- Arichi, J., Pereira, M.M., Esteves, P.M., and Louis, B. 2010. Synthesis of Keggin-Type Polyoxometalate Crystals. *Solid State Sciences*. 12: 1866-1869.
- Asiabi, H., Yamini, Y., Shamsayei, M., and Tahmasebi, M. 2017. Highly selective and efficient removal and extraction of heavy metals by layered double hydroxides intercalated with the diphenylamine-4-sulfonate: A comparative study. *Chemical Engineering Journal*. 1-43.
- Balkanski, M. 1991. Layered Intercalation Compounds. *Physica Scripta*. 39: 9-20.
- Belanger, R., and Moffat, J.B. 1998. The Sorption and Reduction of Nitrogen Oxides by 12-Tungstophosphoric Acid and Its Ammonium Salt. *Catalysis Today* 40: 297-306.
- Blazevic, A., and Rompel, A. 2015. The Anderson-Evans polyoxometalate: from Inorganic Building Blocks Via Hybrid Organic-Inorganic Structures to Tomorrows “Bio-POM”. *Coordination Chemistry Reviews*. Austria.
- Bogdanovic, D.B., Markovic, S.U., Hercigonja, R., Popa, A., and Antunovic, I.H. 2016. Study of the Decomposition Pathway of 12-Molybdophosphoric Acid in Aqueous Solutions by Micro Raman Spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 153: 152–159.
- Bogdanovic, D.B., Popa, A., Markovic, S.U., and Antunovi, I.H. 2017. *Vibrational Study Of Interaction Between 12-Tungstophosphoric Acid and Microporous/Mesoporous Supports*. Serbia: University of Belgrade.

- Bu, R., Chen, F., Li, J., Li, W., and Yang, F. 2016. Adsorption Capability for Anionic Dyes on 2-Hydroxyethylammoniumacetate-Intercalated Layered Double Hydroxide. *Colloids And Surfaces A: Physicochem Eng. Aspects.* 511: 312-319.
- Cao, T., Feng, T., Chen, G., and Guo, C.Y. 2014. Effect of Photofunctional Organo Anion-Intercalated Layered Double Hydroxide Nanoparticles on Poly(Ethylene Terephthalate) Nonisothermal Crystallization Kinetics. *Reactive & Functional Polymers.* 83: 1-6.
- Casarez, C.A.R., Rea, S.P.A., Soberon, J.M.G., Sanchez, J.L.A., Higuera, R.C., Chinchillas, M.J.C and Aguero, O.H.A. 2014. Experimental Study of XRD, FTIR and TGA Techniques in Geopolymeric Materials. *International Journal of Advances in Computer Science & Its Application-IJCSIA.* 4: 221-226.
- Centi, G., and Perathoner, S. 2008. Catalysis by Layered Materials: A Review. *Microporous and Mesoporous Materials.* 107: 3-15.
- Chubar, N., Gilmour, R., Gerda, V., Micusik, M., Omastova, M., Heister, K., Man, P., Fraissard, J., and Zaitsev, V. 2016. Layered Double Hydroxides as the Next Generation Inorganic Anion Exchangers: Synthetic Methods Versus Applicability. *Advances in Colloid and Interface Science.* United Kingdom: Glasgow Caledonian University.
- Das, J., Das, D., Dash, G. P. and Parida, K. M. 2002. Studies on Mg/Fe Hydrotalcite-Like-Compound (HTlc): Removal of Inorganic Selenite (SeO_3^{2-}) from Aqueous Medium. *Journal of Colloid and Interface Science.* 251: 26-32.
- Dias, J.A., Dias, S.C.L., and Caliman, E. 2014. Keggin Structure Polyoxometalates. *Inorganic Syntheses.* 36: 217-222.
- Dresselhaus, M.S. 1986. Intercalation in Layered Materials. *Proceedings of the 10th Course of the Erice Summer School on Intercalation in Layered Materials.* New York: Science+Business Media New York.
- Duan, S., Ma, W., Cheng, Z., Zong, P., Sha, X., and Meng, F. 2016. Preparation of Modified Mg/Al Layered Double Hydroxide in Saccharidesystem and Its Application to Remove As(V) from Glucose Solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng. Aspects.* 490: 250–257.
- Hadavifar, M., Bahramifar, B., Younesi, H., Rastakhiz, M., Li, Q., Yu, J., and Eftekhari, E. 2016. Removal of Mercury(II) and Cadmium(II) Ions from Synthetic Wastewater by A Newly Synthesized Amino and Thiolated Multi-Walled Carbon Nanotubes. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.* 1-9.

- Hassania, S., and Yadollahi, B. 2015. Zn-Al LDH Nanostructure Pillared by Fe Substituted Keggin Type Polyoxometalate: Synthetic and Characterization. *Polyhedron*. 99: 260-265.
- Hanifah, Y. 2017. Intercalasi Hidroksi Lapis Ganda dengan Senyawa Polioksometalat $H_3[\alpha\text{-Pw}_{12}O_{40}].nH_2O$ dan Aplikasinya sebagai Adsorben. *Congo Red. Skripsi*. Indralaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
- Hu, C., And Li, D. 2004. Polyoxometalate Complexes of Layered Double Hydroxides. *Clay Surfaces: Fundamentals and Applications*. 374-402.
- Hu, B., Lu, K., Zhang, Q., Ji, X., and Lu, W. 2017. Data Mining Assisted Materials Design of Layered Double Hydroxide with Desired Specific Surface Area. *Computational Materials Science*. 136: 29–35.
- Kaitao, L., Guirong, W., Dianqing, L., Yanjun, L., and Xue, D. 2013. Intercalation Assembly Method and Intercalation Process Control of Layered Intercalated Functional Materials. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 21(4): 453-462.
- Kang, D., Yu, X., Tong, S., Ge, M., Zuo, J., Cao, C., and Song, W. 2013. Performance and Mechanism Of Mg/Fe Layered Double Hydroxides for Fluoride and Arsenate Removal from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*. 228: 731-740.
- Krismastuti, F.S.H., Budiman, H., and Setiawan, A.H. 2008. *Adsorpsi Ion Logam Kadmium dengan Silika Modifikasi*. Tanggerang: Pusat Penelitian Kimia-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kwon, T., and Pinnavaia, T.J. 1992. Synthesis and Properties of Anionic Clays Pillared by $[XM_{12}O_{40}]^{n-}$ Keggin Ions. *Journal of Molecular Catalysis*. 74: 23-33.
- Ladewig, K., Xu, Z.P., and Lu, G.Q.M. 2009. *Layered Double Hydroxides Nanoparticles in Gene and Drug Delivery: A Review*. Australia: Univeristy of Queensland.
- Lesbani, A. 2008. Synthesis of Ionic Crystals of Polyoxometalate-Organometallic Complex and Sorption Properties. *Ph.D Dissertation*. Japan: University of Tokyo.
- Li, F., and Duan, X. 2006. *Applications of Layered Double Hydroxides*. China : Verlag Berlin Heidelberg.
- Liu, J., Yue, X., Yu, Y., and Guo, Y. 2014. Adsorption of Sulfate from Natural Water on Calcined Mg–Fe Layered Double Hydroxides. *Desalination and Water Treatment*. 1-10.

- Lopez, X., Nadal, L.V., Angles, X.A and Poblet, J.M. 2010. Theoretical View on the Origin and Implications of Structural Distortions in Polyoxometalates. *Physics Procedia*. 8: 94-103.
- 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.
- Muna, A.N.S. 2011. Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang sebagai Adsorben untuk Penyerapan ion Logam Cr(VI) pada Air Limbah Industri. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Ogawa, Y., Kurashina, M., Kanezaki, E., and Takashi Yamamoto. 2015. Effect of Aging Method on Adsorption and Elution of Phosphate in Mg/Fe Layered Double Hydroxide. *Advanced Materials Research*. 1110: 287-290.
- Ohlin, C, A., James, R., and William H, C. 2014. The Energetics of Isomerisation in Keggin-Series Aluminate Cations. *Royal Society of Chemistry*. 43: 14533-14536.
- Olsen, R.E. 2013. Synthesis, Characterization, and Application of High Surface Area, Mesoporous, Stabilized Anatase TiO₂ Catalyst Supports. *Theses and Dissertation*. Provo: Department of Chemistry and Biochemistry Brigham Young University.
- Omwoma, S., Chen, W., Tsunashima, R., and Song, Y.F. 2013. Recent Advances on Polyoxometalates Intercalated Layered Double Hydroxides: From Synthetic Approaches to Functional Material Applications. *Coordination Chemistry Reviews*. Japan: Yamaguchi University.
- Omwoma, S., Gore, C.T., Ji, Y., Hu, C., and Song, Y.F. 2014. Environmentally-Benign Polyoxometalate Materials. *Coordination Chemistry Reviews*. 1-28.
- Ozcan, A., Omeroglu, C., Erdogan, Y., and Ozcan, A. 2007. Modification of Bentonite with A Cationic Surfactant: An Adsorption Study of Textile Dye Reactive Blue 19. *Journal of Hazardous*. 140: 173-179.
- Pohan, M.S.A., Sutarno., dan Suyanta. 2016. Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat pada Zeolit Termodifikasi CTAB. *Jurnal Penelitian Sains*. 18(3): 123-135.
- Rachmasari, N.A dan Sugiarso, D.K.S. 2017. Analisis Pengaruh Ion Cd(II) Pada Penentuan Ion Fe(II) dengan Pengompleks 1,10- Fenantrolin

- Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6(1): 2337-3520.
- Samandari, S.S., Gulcan, H.O., Gazi, M. 2014. Efficient Removal of Anionic and Cationic Dyes from an Aqueous Solution Using Pullutan-graft-Polyacrylamide Porous Hydrogel. *Water Air Soil Pollut.* 225: 2177.
- Samuei, S., Fakkar, J., Rezvani, Z., Shomali, A., and Habibi, B. 2017. Synthesis and Characterization of Graphene Quantum Dots/Conical-Layered Double-Hydroxide Nanocomposite: Application as A Glucose Sensor. *Analytical Biochemistry*. 1-35.
- Shahrnoy, A.A., Mahjoub, A.R., Morsali, A., Dusek, M., and Eigner, V. 2017. Sonochemical Synthesis of Polyoxometalate Based of Ionic Crystal Nanostructure: A Photocatalyst for degradation of 2,4-dichlorophenol. *Ultrasonics Sonochemistry*. 1-28.
- Sharma, N. 2014. Synthesis, Characterization and Applications of Heteropolyacid Salts as Potentiometric Sensors and Catalyst. *Theses and Dissertation*. India: Maharishi Markandeshwar University.
- Sipos, P., and Palinko, I. 2016. As-prepared and Intercalated Layered Double Hydroxides of the Hydrocalumite Type as Efficient Catalysts in Various Reactions. *Catalysis Today*. 30: 1-10.
- Soleimanil, F., Aghaiel, H and Ghari, F. 2008. Hydrolysis of cadmium cation in different ionic strength. *Journal of Physical and Theoretical Chemistry of Islamic Azad University of Iran*. 5(2): 73-78.
- Tyagi, S.B., Kharkwal, A., Nitu, and Kharkwal, M. 2016. Synthesis and Characterization of Layered Double Hydroxides Containing Optically Active Transition Metal Ion. *Solid State Sciences*. 1-29.
- Uchida, S., and Mizuno, N. 2007. Design and Syntheses of Nano-Structured Ionic Crystals with Selective Sorption Properties. *Coordination Chemistry Reviews*. 251: 2537-2546.
- Wu, M., Zhang, J., Peng, Y., Zhou, J., Ruan, X., Liu, J., Liu, Q., Xi, Y., Frost, R., and Qian, G. 2017. An Investigation Into Mechanism of Cation Adsorption by Reconstruction of Calcined Layered Double Hydroxide. *Microporous And Mesoporous Materials*. 242: 182-189.
- Wu, S., Zhang, K., Wang, X., Jia, Y., Sun, B., Luo, T., Meng, F., Jin, Z., Lin, D., Shen, W., Kong, L., and Liu, J. 2014. Enhanced adsorption of cadmium ions by 3D sulfonated reduced graphene oxide. *Chemical Engineering Journal*. 1-41.

- Xia, M.X., and Yuan, L. 2002. Studies on the Hydrogen Bonding of Aniline's Derivatives by FT-IR. *Spectrochimica Acta Part A*. 58: 2817-2826.
- Yaacoubi, H., Zidani, O, Mouflih, M., Gourai, M., and Sebti,S. 2014. Removal of Cadmium from Water using Natural Phosphate as Adsorbent. *Procedia Engineering*. 83: 386 -393.
- Yu, S., Wang, X., Chen, Z., Wang, J., Wang, S., Hayat, T., and Wang, X. 2017. Layered Double Hydroxide Intercalated with Aromatic Acid Anions for the Efficient Capture of Aniline from Aqueous Solution. *Journal of Hazardous Materials*. 321: 111-120.
- Yun, S.K., Constantino, V.R.L., and Pinnavaia, T.J. 1995. New Polyol Route to Keggin Ion-Pillared Layered Double Hydroxides. *Microporous Materials*. 4: 21- 29.
- Zhang, B., Dong, Z., Sun, D., Wu, T., and Li, Y. 2016. Enhanced Adsorption Capacity of Dyes by Surfactant-Modified Layered Double Hydroxides from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 1-11.