

**INSERSI SENYAWA POLIOKSOMETALAT $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ PADA
MATERIAL HIDROKSI BERLAPIS GANDA (Ca-Al) SEBAGAI
ADSORBEN ION LOGAM BESI (II)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Studi Kimia**



**MIKHA MEILINDA CHRISTINA
08031381419036**

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

2018

HALAMAN PENGESAHAN

INSERSI SENYAWA POLIOKSOMETALAT $H_4[\alpha\text{-SiW}_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ PADA MATERIAL HIDROKSI BERLAPIS GANDA (Ca-Al) SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM BESI (II)

SKRIPSI

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

Oleh:

MIKHA MEILINDA CHRISTINA

08031381419036

Inderalaya, Januari 2018

Pembimbing I



Dr. rer. mat. Risfidan 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 kimia berupa skripsi ini dengan judul “Inseri Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ pada Material Hidroksi Berlapis Ganda (Ca-Al) sebagai Adsorben Ion Logam Besi(II)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Januari 2018.

Indralaya, Januari 2018

Ketua:

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

Anggota :

1. **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D**
NIP. 197408121998021001
2. **Dr. Miksusanti, M.Si**
NIP. 196807231994032003
3. **Nurfisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001
4. **Dr. Suheryanto, M.Si**
NIP. 196006251989031006



Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

Dekan FMIPA



Prof. Dr. Bkhaq Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Mikha Meilinda Christina
NIM : 08031381419036
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, Januari 2018

Penulis



Mikha Meilinda Christina
NIM. 08031381419036

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

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

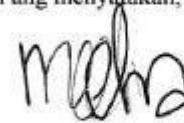
Nama Mahasiswa : Mikha Meilinda Christina
NIM : 08031381419036
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
JenisKarya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Inseri Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ pada Material Hidroksi Berlapis Ganda (Ca-Al) sebagai Adsorben Ion Logam Besi(II)”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, 22 Januari 2018

Yang menyatakan,



Mikha Meilinda Christina

NIM. 08031381419036

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Pencobaan-pencobaan yang kamu alami ialah pencobaan-pencobaan biasa, yang tidak melebihi kekuatan manusia. Sebab Allah setia dan karena itu Ia tidak akan membiarkan kamu dicobai melampaui kekuatanmu. Pada waktu kamu dicobai Ia akan memberikan kepadamu jalan ke luar, sehingga kamu dapat menanggungnya.”

1 Korintus 10 : 13

“Sebab itu janganlah kamu kuatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri. Kesusahan sehari cukuplah untuk sehari.”

Matius 6 : 34

Setiap orang memiliki jalannya masing-masing untuk menerima berkat dalam hidupnya. Bersyukur dan jalani apa yang telah menjadi takdir kita, yakinlah semua pasti akan berbuah manis bila kita terus berusaha.

Mikha Meilinda Christina

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

♦ Tuhan Yesus Kristus

Dan kupersembahkan kepada :

- 1. Bapak dan Ibukku tersayang yang selalu memegang tanganku ketika aku goyah.*
- 2. Adik-adikku tersayang Oja dan Ayen*
- 3. Keluarga besarku yang selalu mendukungku*
- 4. Pembimbingku dan Sahabaku Tersayang*
- 5. Orang-orang yang ku kasih dan mengasihiku*
- 6. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Salam sejahtera bagi kita semua,

Puji syukur penulis ucapkan untuk kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun skripsi ini yang berjudul “Inseri Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ pada Material Hidroksi Berlapis Ganda (Ca-Al) sebagai Adsorben Ion Logam Besi(II)” dengan baik. Dalam penelitian dan penulisan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Dedi Rohendi, MT selaku ketua jurusan Kimia FMIPA Unsri yang telah mendukung penulis selama menjadi mahasiswa.
3. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si, ibu Dr. Miksusanti, M.Si dan ibu Nurlisa Hidayati, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, saran dan wawasan mengenai penelitian maupun skripsi ini.
4. Bapak Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Prof. Aldes Lesbani, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya baik dalam penelitian, penulisan maupun moral yang tidak bisa saya balas jasanya. Terimakasih banyak pak atas segala bentuk dukungannya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Banyak pelajaran baik akademik maupun non akademik yang bisa saya peroleh dari bapak. Sukses selalu pak.
5. Bapak Zainal Fanani, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam perkuliahan.
6. Bapak dan Ibuk dosen pengajar yang telah memberikan ilmu selama saya menjalani perkuliahan di S1 jurusan kimia FMIPA Unsri.
7. Mbak novi, kak roni dan kaki in selaku admin jurusan kimia yang telah membantu penulis dalam setiap tahap menuju sarjana, seluruh analis dan staf jurusan kimia FMIPA Unsri.
8. Kedua orang tuaku tercinta, bapak dan ibuk yang tidak pernah lelah memberikan dukungan baik moral maupun materi. Terimakasih untuk

dukungannya dan selalu meyakinkan penulis untuk terus berusaha setiap menghadapi kegagalan selama penelitian berlangsung. Dan kepada kedua adikku tersayang, Oja dan Ayen yang telah memahami penulis dalam masa semester akhir ini. Serta kepada keluarga besarku untuk tiap doa yang telah kalian kirimkan.

9. Mama Amos, mami Anne dan the super cute Danella yang tetap memberikan dukungan dan perhatian kepada penulis dalam setiap proses skripsi ini. Semoga mama Amos juga dapat menyelesaikan PPDS bedahnya sesuai dengan yang telah di harapkan.
10. Duo partnerku tersayang, Vrysa dan Friska alias pika yang selalu memberikan semangat. Vrysa yang selalu sabar ketika aku keseringan mengeluh, jadi partner pulang waktu dulu masih naik angkot, telat masuk praktikum bareng, nganterin makanan tiap aku sakit (kalo yg ini makasi juga ke bang danil). Pika yang ga pernah sama sekali marah dan sabar dalam hal apapun, ga pernah maksa buat ngikutin kegiatan yang dia ikutin, selalu ada setiap dimintain tolong, ngajari masak soto. Makasi untuk tiap hal yang udah kita jalanin samasama di Indralaya tercinta ini.
11. Bang Joe Turman Tarigan selaku partner LDR-ku yang terkasih. Makasi untuk tiap hal yang dulu pernah di jalanin bareng di layo tercinta ini. Turanku, Hendro David Ginola Barus yang selalu jadi tempat pelampiasan kalo lagi stuck, ngasi masukan. Semoga penelitian ndu pun lancar. Amin. Partnerku erminggu, Andika Sitanggang yang selalu cuek tapi aslinya 'kadang' perhatian makasi buat kesabarannya ngadapin aku.
12. Grup "TA Layo"-ku untuk setiap perjuangan bersamanya menempuh jarak indralaya-bukit (kalo kak danang lanjut gelombang). Kak danang sebagai penyedia transportasi, printer, pen-traktir yang ga pernah marah sama sekali. Ikhsan yang selalu santai dengan ekspresi sok polosnya dan soal makanan sempat jadi rival aku haha. Ratih yang selalu bangunin tiap mau berangkat pagi, pengertian soal makanan, dulu sering bawain roti 'spesial'. Getari juga sering bangunin sih hehe, suka tiba tiba datang mijitin kalo aku lagi mumet. Wini, kawan heboh yang suaranya buat toa kalah saing dan selalu dukung soal pergumulan ldr. Ade yang dulu suka masakin sambel

- kentang teri. Yuriska yang selalu nyambung kalo bicara soal ‘sesuatu’. Faisal yang banyak bantuin ngurus laporan. Dewi, yang catatannya selalu rapi jadi sering dipinjem. Rona yang selalu ceria. Makasi buat semuanya.
13. Tim adsorbenku, Sandra yang udah banyak bantuin dalam inspirasi dan bantuan dadakan. Galuh yang selalu bantu jedai-in rambut dan ahli dalam urusan ngobatin masuk angin. Yunita yang selalu santai tapi diem diem gesit. Hensen yang bantuannya datang di waktu yang ga terduga. Della yang awalnya cuek tapi di akhir perhatiannya luar biasa.
 14. Kak mijik, kak neza dan kak dedi (teknisi lab pasca) yang telah membantu penulis selama penelitian berlangsung. Mbak Melly dan Mbak Dwi yang telah saling mendukung dalam pemakaian alat dalam lab.
 15. Teman-teman MIKI 2014 (Afifah, Rijak, Lavini, Resta, Putri, Muthia, Ayu Putri, Helda, Mia, Eka, Winda, Tirta, Lucia, Firda, Hengki, Robi, Marini, Mei, Nunik, Retno, Sari). Kakak-kakak MIKI 2012 dan 2013, serta adik-adik MIKI 2015, 2016 dan 2017.
 16. MAKASRI (Mahasiswa Karo Sriwijaya) yang telah menjadi wadah aku buat mengenal lebih dalam tentang budaya karo, terutama angkatan 2014, Serta Kak Santa, Kak Monica, Putri, Bang Berto, Melly dan Dewinta untuk kebersamaannya selama ini. Mela mulih adi la ruluh!
 17. Setiap pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis sangat senang jika menerima berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang membangun demi penyempurnaan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Januari 2018

Penulis



Mikha Meilinda Christina
NIM. 08031381419036

RINGKASAN

INSERSI SENYAWA POLIOKSOMETALAT $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ PADA MATERIAL HIDROKSI BERLAPIS GANDA (Ca-Al) SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM BESI (II)

Mikha Meilinda Christina : dibimbing oleh Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Prof. Aldes Lesbani, Ph.D

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

xviii + 99 halaman, 5 tabel, 16 gambar, 23 lampiran

Hidroksi lapis ganda merupakan material berlapis yang terdiri dari dua logam yaitu logam divalen dan logam trivalen. Senyawa hidroksi lapis ganda dimodifikasi untuk memperbesar jarak antar lapisannya. Telah dilakukan proses sintesis senyawa hidroksi lapis ganda dan senyawa polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$. Senyawa hasil insersi dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan spektrofotometer FT-IR. Hidroksi lapis ganda terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ digunakan sebagai adsorben ion logam besi(II). Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan keberhasilan pada hidroksi lapis ganda terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ yang menunjukkan adanya peningkatan basal spacing dari 4,25 Å menjadi 4,41 Å. Selanjutnya, hidroksi lapis ganda terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ diaplikasikan sebagai adsorben ion logam besi(II) dengan parameter kinetika dan parameter termodinamika. Data parameter kinetika berupa laju adsorpsi yang dihasilkan sebesar 10,34 (menit^{-1}), sedangkan data parameter termodinamika berupa kapasitas adsorpsi (b) terbesar pada temperatur 50°C sebesar 0,011927 mg/g dan energi adsorpsi terbesar pada temperatur 30°C yakni 8,116 kJ/mol.

Kata kunci : hidroksi lapis ganda, polioksometalat, insersi, ion besi(II), adsorpsi logam

Referensi : 59 (1983-2017)

SUMMARY

INSERTION $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ POLYOXOMETALATE ON LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (Ca-Al) AS ADSORBENT OF IRON (II) METAL ION

Mikha Meilinda Christina : 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

xviii + 99 pages, 5 tables, 16 figures, 23 attachments

Layered double hydroxide is the layered material that consists of two metal which is divalent metal and trivalent metal. The layered double hydroxide was modified to increase the basal spacing. The synthesis of layered double hydroxide and $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ polyoxometalate has been done. The result of insertion was characterized using FT-IR spectrophotometer and XRD analysis. The layered double hydroxide inserted by $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ polyoxometalate was applied as the adsorbent of iron (II) metal ion. The result of characterizing used XRD showed the success evident of insertion $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ polyoxometalate on layered double hydroxide according to increasing the basal spacing of layered double hydroxide from 4,25 Å to 4,41 Å. Then, the layered double hydroxide inserted by $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ polyoxometalate applied as adsorbent iron (II) metal ion with kinetics and termodinamics parameter. The results of adsorption rate is 10,34 minutes⁻¹, adsorption capacity (b) 0,01192 mg/g at 50°C, the largest adsorption energy was 8,116 kJ/mol at 30°C.

Keywords : layered double hydroxide, polyoxometalate, insertion, iron (II) metal ion, metal adsorption

References : 59 (1983-2017).

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
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	x
SUMARRY	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Hidroksi Lapis Ganda.....	5
2.1.1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
2.1.2. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda.....	7
2.2. Senyawa Polioksometalat.....	8
2.2.1. Klasifikasi Senyawa Polioksometalat	9
2.2.2. Struktur Senyawa Polioksometalat.....	10
2.2.2.1. Struktur Keggin Senyawa Polioksometalat	10
2.2.3. Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	12
2.3. Inseri	12

2.4. Adsorpsi	13
2.5. Logam Berat Besi	13
2.6. Karakterisasi	14
2.6.1. Spektrofotometer UV-Vis	14
2.6.2. Spektrofotometer FT-IR	16
2.6.3. <i>X-Ray Diffraction</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	19
3.3. Prosedur Kerja	19
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ca-Al	19
3.3.2. Sintesis Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	20
3.3.3. Inseri Hidroksi Lapis Ganda Ca-Al dengan Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}]$	21
3.3.4. Uji Stabilitas Hidroksi Lapis Ganda Ca-Al Terinsersi Senyawa Polioksometalat dalam berbagai pH	21
3.3.5. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Senyawa Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}]$ sebagai Adsorben Ion Logam Besi (II)	21
3.3.5.1. Pembuatan Larutan Baku Ion Logam Besi(II) (1000 ppm)	21
3.3.5.2. Pembuatan Larutan Standar Besi (II)	22
3.3.5.3. Pengaruh Waktu Adsorpsi	22
3.3.5.4. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi	22
3.3.6. Studi Interaksi Adsorpsi Larutan Ion Logam Besi (II) pada Hidroksi Lapis Ganda Terinsersi Polioksometalat secara Spektroskopi	23
3.3.7. Analisis Data	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda, Senyawa Polioksometalat dan Hasil Inseri menggunakan Analisis XRD.....	26
4.2. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda, Senyawa Polioksometalat dan Hasil Inseri menggunakan Spektrofotometer FT-IR	29
4.3. Analisis Stabilitas Hidroksi Lapis Ganda terhadap pH.....	32
4.4. Proses Adsorpsi	33
4.4.1. Variasi Waktu Adsorpsi	33
4.4.2. Variasi Konsentrasi dan Temperatur.....	35
4.5. Identifikasi Proses Adsorpsi secara Spektroskopi FT-IR	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tipe-tipe senyawa polioksometalat.....	10
Tabel 2. Data ketinggian basal spasing hidroksi lapis ganda Ca-Al dan hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	29
Tabel 3. Nilai laju adsorpsi Fe(II) untuk hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinsersi	35
Tabel 4. Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi dari proses adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinsersi polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	38
Tabel 5. Nilai entalpi (ΔH) dan entropi (ΔS) adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinsersi polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema struktur hidroksi lapis ganda	6
Gambar 2. Tipe-tipe senyawa polioksometalat.....	10
Gambar 3. Struktur isomer.....	11
Gambar 4. Gambar alat spektrofotometer UV-Vis	14
Gambar 5. Cara kerja spektrofotometer <i>single beam</i>	15
Gambar 6. Cara kerja spektrofotometer <i>double beam</i>	15
Gambar 7. Skema alat spektrofotometer FT-IR.....	17
Gambar 8. Pola difraksi sinar-X	28
Gambar 9. Spektrum FT-IR	31
Gambar 10. Spektrum UV-Vis uji stabilitas hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	32
Gambar 11. Spektrum UV-Vis uji stabilitas hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	33
Gambar 12. Pengaruh waktu adsorpsi besi(II) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda dan hidroksi lapis ganda terinsersi.....	34
Gambar 13. Pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al (kontrol) terhadap jumlah ion logam Fe(II) teradsorpsi.....	36
Gambar 14. Pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ terhadap jumlah ion logam Fe(II) teradsorpsi.....	37
Gambar 15. Spektrum FT-IR adsorben hidroksi lapis ganda Ca-Al	40
Gambar 16. Spektrum FT-IR adsorben hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data digital XRD hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	49
Lampiran 2. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Ca-Al pemanasan 800°C	50
Lampiran 3. Data digital XRD senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	51
Lampiran 4. Data digital XRD material hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	52
Lampiran 5. Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Ca-Al	53
Lampiran 6. Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Ca-Al pemanasan 800°C.....	54
Lampiran 7. Data digital spektrum FT-IR senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	55
Lampiran 8. Data digital spektrum FT-IR material hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	56
Lampiran 9. Data digital spektrofotometer UV-Vis uji stabilitas pH material hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	57
Lampiran 10. Data digital spektrofotometer UV-Vis uji stabilitas pH material hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	58
Lampiran 11. Kurva Kalibrasi Fe(II)-Fenantrolin pada $\lambda_{max} = 510$ nm... ..	59
Lampiran 12. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh waktu adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	60
Lampiran 13. Data pengaruh waktu adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al	61
Lampiran 14. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh waktu adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	62

Lampiran 15. Data pengaruh waktu adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	63
Lampiran 16. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	64
Lampiran 17. Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	69
Lampiran 18. Data parameter termodinamika proses adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	74
Lampiran 19. Data konsentrasi teradsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	81
Lampiran 20. Data adsorpsi pengaruh temperatur dan konsentrasi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	86
Lampiran 21. Data parameter termodinamika proses adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	91
Lampiran 22. Data digital spektrum FT-IR adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al.....	98
Lampiran 23. Data digital spektrum FT-IR adsorpsi ion logam Fe(II) oleh hidroksi lapis ganda Ca-Al terinsersi senyawa polioksometalat $H_4[\alpha SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	99

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, material hidroksi lapis ganda (*layered double hydroxides*, LDH) mendapat banyak perhatian akibat kapasitas pertukaran anionnya yang tinggi. Struktur kristalnya terdiri dari muatan positif seperti *brucite* dan interkalasi anion yang terhidrasi di celah antar lapisan yang menyeimbangkan muatan positif tersebut. Hidroksi lapis ganda atau senyawa hidrotalsit memiliki rumus umum $[M_{1-x}^{2+} M_x^{3+} (OH)_2]^{x+} (A^{n-})_{x/n} \cdot mH_2O$ dimana M^{2+} dan M^{3+} adalah kation logam divalen (Ca, Mg, Co, Fe, Cu, Ni, Mn) dan kation logam trivalen (Al, Fe, Cr). Nilai x adalah sama dengan rasio molar dari $M^{3+}/(M^{2+}+M^{3+})$, dimana nilainya berada diantara 0,20 dan 0,33 ; dan A adalah anion yang berada diantara lapisan dari valensi n (Cl, NO₃, ClO₄, CO₃, SO₄ dan sebagainya) (Peng *et al*, 2014).

Pada penelitian Das *et al* (2007) dilakukan pengujian material hidroksi lapis ganda Mg-Fe untuk mengadsorpsi suatu selenite yang dikarakterisasi dengan analisis XRD. Pada penelitian Peng *et al* (2014) melakukan pengujian suatu material lapis ganda Mg-Fe untuk mengadsorpsi arsen dari perairan yang dikarakterisasi dengan analisis *High Resolution Transmission Electron Microscopy* (HRTEM) dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Theiss *et al* (2016) melakukan penelitian untuk menghilangkan iodida dengan teknologi LDH Mg-Al. Pourfaraj *et al* (2017) melakukan sintesis adsorben Mg-Al LDH *nanoplatelets* untuk adsorpsi efektif dari *Briliant Yellow*. Dari beberapa penelitian tersebut dapat diamati bahwa material hidroksi lapis ganda memiliki potensi yang besar sebagai adsorben.

Adsorpsi dianggap sebagai metode yang paling baik dalam mengatasi limbah karena sifatnya yang umum, tidak mahal dan mudah untuk dilakukan. Adsorpsi dapat menghilangkan polutan yang larut maupun tidak larut dalam air. Kapasitas penghilangannya bisa mencapai 99,9%. Metode adsorpsi ini telah banyak digunakan untuk menghilangkan polutan dari berbagai sumber air yang terkontaminasi (Ali *et al*, 2012). He *et al* (2017) telah melakukan penelitian terhadap hidroksi lapis ganda Fe(II)-Al yang diaplikasikan untuk mengadsorpsi

atau mereduksi kromiun. Pada penelitian Yanming *et al* (2013) telah dilakukan penghilangan logam timbal (Pb) dari larutan oleh hidroksi lapis ganda Mg-Al terinterkalasi glutamat. Shen *et al* (2017) melakukan penelitian terhadap hidroksi lapis ganda Zn₂-Al-Cl terinterkalasi asam amino untuk mengadsorpsi As(III) dan As(V). Jaiswal *et al* (2013) telah melakukan sintesis dan karakterisasi terhadap hidroksi lapis ganda Co-Bi untuk mengadsorpsi logam Pb dari larutan. Cao *et al* (2017) melakukan penghilangan logam Sb(V) oleh hidroksi lapis ganda Fe-Mn. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hidroksi lapis ganda dapat diaplikasikan untuk mengadsorpsi ion logam.

Untuk meningkatkan efektifitas dan kapasitas adsorben maka perlu dilakukan modifikasi. Salah satu modifikasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan senyawa hidrotalsit atau hidroksi lapis ganda sebagai adsorben adalah dengan menginsersi senyawa polioksometalat pada celah antar lapisan hidroksi lapis ganda. Senyawa polioksometalat merupakan suatu makroanion yang dapat mengisi celah antar lapisan dan berinteraksi dengan muatan positif dari hidroksi lapis ganda. Alsalmeh *et al* (2015) melakukan penelitian terhadap katalis hidrodesulfurisasi Ni-Mo dengan polioksometalat tipe Keggin [P₂Mo₅O₂₃]⁶⁻. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulizah (2017) material hidroksi lapis ganda Mg-Al diinsersi dengan suatu senyawa polioksometalat H₃[α-PW₁₂O₄₀] yang diaplikasikan untuk mengadsorpsi suatu zat warna. Neza (2017) telah melakukan penelitian terhadap hidroksi lapis ganda Mg-Al yang diinsersi oleh senyawa polioksometalat H₄[α-SiW₁₂O₄₀] yang diaplikasikan sebagai adsorben zat warna. Zat warna merupakan molekul yang ukurannya lebih besar daripada ion logam. Ukuran ion logam yang lebih kecil diharapkan dapat lebih mudah masuk ke dalam celah hidroksi lapis ganda yang telah dimodifikasi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan di buat material Ca-Al yang diinsersi dengan polioksometalat sebagai adsorben ion logam.

Aktivitas dalam laboratorium menimbulkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan sekitarnya. Polutan dalam limbah mengandung banyak logam berat yang berbahaya bagi lingkungan, salah satunya adalah logam besi (Fe). Limbah yang mengandung logam berat Fe tidak hanya bersifat racun pada tumbuhan, tetapi juga terhadap hewan dan manusia apabila kadarnya lebih dari 5 ppm di

lingkungan (Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001). Hal ini disebabkan karena sifat logam berat yang sulit terdegradasi di alam, sehingga akan terakumulasi dalam lingkungan dan keberadaannya akan sulit dihilangkan (Supriyantini, 2015). Dalam laboratorium besi tersedia dalam tingkat oksidasi Fe^{2+} dan Fe^{3+} , namun penggunaan Fe^{2+} lebih dominan akibat ketersediannya dalam bentuk garam lebih banyak daripada Fe^{3+} . Oleh karena itu diperlukan senyawa-senyawa untuk mengurangi dampak dari limbah tersebut. Dalam penelitian ini akan disintesis suatu material yang terbuat dari hidroksi lapis ganda (Ca-Al) yang diinsersi dengan suatu polioksometalat $\text{H}_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ untuk mengadsorpsi suatu ion logam Fe(II).

1.2. Rumusan Masalah

Senyawa hidrotalsit atau hidroksi lapis ganda memiliki jarak antar lapisan yang sempit akibatnya aplikasi dari material tersebut sebagai adsorben menjadi terbatas. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dilakukan modifikasi berupa insersi dengan suatu anion. Dengan insersi anion maka jarak antar lapisan bertambah sehingga membuka sisi aktif hidroksi lapis ganda sebagai adsorben. Anion-anion yang digunakan akan efektif bila berukuran besar yang merupakan makroanion. Makroanion yang berukuran besar contohnya adalah senyawa polioksometalat. Pada penelitian ini dilakukan insersi material hidroksi lapis ganda Ca-Al dengan senyawa polioksometalat $\text{H}_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Setelah diinsersi dilakukan karakterisasi material dengan spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD. Data dari pengukuran tersebut akan menunjukkan perubahan jarak antar lapisan material hidroksi lapis ganda yang telah diinsersi dengan polioksometalat. Material yang telah mengalami modifikasi tersebut kemudian diaplikasikan sebagai adsorben ion logam besi. Efektivitas adsorpsi ion logam besi (II) pada hidroksi lapis ganda dipelajari melalui pengamatan pengaruh pH, waktu adsorpsi dan konsentrasi ion logam Fe(II).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Inseri hidroksi lapis ganda Ca-Al dengan polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ dan karakterisasinya menggunakan spektrofotometer FT-IR dan analisis XRD.
2. Aplikasi material hidroksi lapis ganda terinsersi $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ sebagai adsorben ion logam Fe(II) dengan mempelajari faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti pengaruh pH untuk memperoleh pH optimum, waktu adsorpsi sebagai parameter kinetika, konsentrasi dan temperatur ion logam Fe(II) sebagai parameter termodinamika.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang inseri senyawa polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$ pada material hidroksi lapis ganda Ca-Al dan aplikasinya sebagai adsorben ion logam Fe(II) dalam rangka penanganan cemaran ion logam di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeyasinghe, S. 2012. Keggin-Type Aluminum Nano Clusters: Synthesis, Structural Characterization and Environmental Implications. *Thesis and Desertation*. United States : University of Iowa.
- Ali, I., Asim, M., Khan, T. A. 2012. Low Cost Adsorbents for The Removal of Organic Pollutants from Wastewater. *Journal of Environmental Management*. 113 (1) : 170-183.
- Alsalmeh, A., Alzaqri, N., Alsaleh, A., Siddiqui, M. R. H., Alotaibi, A., Kozhevnikova, E. F., Kozhevnikov, I. V. 2016. Efficient Ni-Mo Hydrodesulfurization Catalyst Prepared through Keggin Polyoxometalate. *Journal of Applied Catalyst B: Environmental*. 182 (1) : 102-108.
- Anam, C., Sirojudin. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. 10 (1) : 79 – 85.
- Arco, M. D., Gutierrez, S., Martin, C., Rives, V. 2003. Intercalation of $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ Complex in Mg,Al Layered Double Hydroxides. *Inorganic Chemistry Article*. 42 (1) : 4232-4240.
- Bi, X., Zhang, H., Dou, L. 2014. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Journal of Pharmaceutics*. 6 (1) : 298-332.
- Bontchev, R.P., Liu, S., Krumhansl, J.L., Voigt, J., Nenoff, T.M. 2003. Synthesis, characterization and ion exchange properties of hydrotalcite $\text{Mg}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{16}(\text{A})_x(\text{A}')_{2-x}4\text{H}_2\text{O}$ ($\text{A}, \text{A}' = \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-$ and NO_3^- , $2 \geq x \geq 0$) derivatives. *Chem. Mater.* 15 (19), 3669–3675.
- Cao, D., Zeng, H., Yang, B., Zhao, X. 2017. Mn Assisted Electrochemical Generation of Two-Dimensional Fe-Mn Layered Double Hydroxides for Efficient Sb(V) Removal. *Journal of Hazardous Materials*. 1 (1) : 1-37.
- Cavani, F., Trifirò, F., Vaccari, A. 1991. *Hydrotalcite-Type Anionic Clays : Preparation, Properties and Applications*. Amsterdam : Elsevier Science Publishers.
- Chen, Y., Shui, Z., Chen, W., Chen, G. 2015. Chloride Binding of Synthetic Ca-Al- NO_3 LDHs in Hardened Cement. *Construction and Building Materials*. 93 (1) : 1051-1058.
- Das, J., Patra, B. S., Baliarsingh, N., Parida, K. M. 2007. Calcined Mg-Fe- CO_3 LDH as an Adsorbent for the Removal of Selenite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 316 (1) : 216-223.

- Dinararum, R. R., Sugiarto, K. S. R. D. 2013. Studi Gangguan Krom (III) pada Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Tampak. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 1 (1) : 1-6.
- Duan, X., Lu, J., Evans, D. G. 2011. *Assembly Chemistry of Anion-intercalated Layered Materials*. Beijing : Elsevier.
- Ginting, A. B. 2005. *Analisis Kestabilan Panas Polimer Menggunakan Metode Thermal Gravimetri*. Jakarta : Puslitbang Teknologi Maju.
- Grinerval, E., Rozanska, X., Baudouin, A., Berrier, E., Delbecq, F., Sautet, P., Basset, J. M. Lefebvre, F. Controlled Interactions between Anhydrous Keggin-Type Heteropolyacids and Silica Support: Preparation and Characterization of Well-Defined Silica-Supported Polyoxometalate Species. *Journal Physics Chemistry*. 114 (1) : 19024-19034.
- Gunandjar, 1985, *Diktat Kuliah Spektrofotometri Serapan Atom*. Yogyakarta : PPNY- Batan
- Guo, Y., Zhu, Z., Qiu, Y., Zhao, J. 2013. Synthesis of Mesoporous Cu/Mg/Fe Layered Double Hydroxide and Its Adsorption Performance for Arsenate in Aqueous Solutions. *Journal of Environmental Sciences*. 25 (5) : 944-953.
- Gupta, V. K., Suhas. 2009. Application of Low-cost Adsorbents for Dye Removal. *Journal of Environmental Management*. 90 (1) : 2313-2342.
- Hanifah, Y. 2017. Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Dengan Senyawa Polioksomatalat $H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}].nH_2O$ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Congo Red. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. United States : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- He, X., Qiu, X., Chen, J. 2017. Preparation of Fe(II)-Al Layered Double Hydroxides: Application to the Adsorption/Reduction of Chromium. *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 516 (1) : 362-374.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam, Struktur, Sintesis dan Sifat-sifatnya*. Bandung: Penerbit ITB.
- Jaiswal, A. Chattopadhyaya, M. C. Synthesis and Characterization of Novel Co/Bi-Layered Double Hydroxides and Their Adsorption Performance for Lead in Aqueous Solution. *Arabian Journal of Chemistry*. 1 (1) : 1-7.
- Kang, D., Yu, X., Tong, S., Ge, M., Zuo, J., Cso, C., Song, W. 2013. Performance and Mechanism of Mg/Fe Layered Double Hydroxides for Fluoride and

- Arsenate Removal from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*. 228 (1) : 731-740.
- Kenkel, J. 2003. *Analytical Chemistry for Technicians*. New York : Lewis publishers, A CRC Press Company,.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kim, T. H., Lee, J. A., Choi, S. J., Oh, J. M. 2014. Polymer Coated CaAl-Layered Double Hydroxide Nanomaterials for Potential Calcium Supplement. *International Journal of Molecular Science*. 15 (1) : 22563-22579.
- Koestiari, T. 2014. Karakter Bentonit Terpilir Logam Aluminium pada Variasi Suhu Kalsinasi. *Jurnal Molekul*. 9 (2) : 144-154.
- Kovanda, F., Jindova, E., Dousova, B., Kolousek, D., Plestil, J., and Sedlakova, Z., 2009. Layered Double Hydroxide Intercalated with Organik Anions and Their Application in Preparation of LDH/Polymers Nanocomposites. *Acta Geodyn. Geomater*. 6 (1) : 111-119.
- Kozhevnirov, I.V., 2002. *Catalysis for Fine Chemical Synthesis Catalysis by Polyoxometalate*. United Kingdom : University of Liverpool.
- Kuang, Y., Zhao, L., Zhang, S., Zhang, F., Dong, M., Xu, S. 2010. Morphologies, Preparations and Applications of Layered Double Hydroxide Micro-/Nanostructures. *Journal of Materials*. 3 (1) : 5220-5235.
- Lesbani, A. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Polyoxometalate $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}]$. *Jurnal Penelitian Sains*. 11 (1): 429-434.
- Lesbani, A. 2009. Sintesis Nano struktur Kristal Ion $[Fe_3O(OOCC_6H_5)_6(H_2O)_3]_4(\alpha-SiW_{12}O_{40}) \cdot 13H_2O$. *Jurnal Sigma*. 12 (1) :71-77.
- Lesbani, A., Sinaga, L. 2017. Thermal Stability Effect of $H_4[PVMO_{11}O_{40}]/SiO_2$. *Science and Technology Indonesia Journal*. 2 (1) : 25-28.
- Lu, Y., Jiang, B., Fang, L., Ling, F., Gao, J., Wu, F., Zhang, X. 2016. High Performance NiFe Layered Double Hydroxide for Methyl Orange Dye and Cr(VI) Adsorption. *Chemosphere*. 152 (1) : 415-422.
- 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 (1) : 321-330.
- Mandal, S., Tripathy, S., Padhi, T., Sahu, M. K., Patel, R. K. 2013. Removal Efficiency of Flouride by Novel Mg-Cr-Cl Layered Double Hydroxide by

- Batch Process from Water. *Journal of Environmental Sciences*. 25 (5) : 993-1000.
- Miras, H. N., Long, D. L., Cronin, L. 2017. *Advances in Inorganic Chemistry Volume 69*. United Kingdom: Elsevier.
- Misono, M. 2013. Catalytic of Heteropoly Compounds. *Studies in Surface Science and Catalytic*. 176 (1) : 97-155.
- Nurhaini, R., Affandi, A. 2016. Analisa Logam Besi (Fe) di Sungai Pasar Daerah Balangwetan Klaten dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 2 (1) : 39-43.
- Ohlin, C, A., James, R., William H, C. 2014. The Energetics of Isomerisation in Keggin-Series Aluminate Cations. *Royal Society of Chemistry*. 43 (1) : 14533-14536.
- Okuhara, T., Noritaka, M., and Misono, M., 2001. Catalytic Chemistry of Heteropoly Compounds. *Advance in Catalysis*, 41 : 129-131.
- Olgun, A., Colak, A. T., Gubbuk, I. H., Sahin, O., Kanar, E. 2017. A New Keggin-type Polyoxometalate Catalyst for Degradation of Aqueous Organic Contaminants. *Journal of Molecular Structure*. 1134 (1) : 78-84.
- Palapa, N. R. 2017. Inseri Polioksometalat $H_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ pada Material Hidroksi Lapis Ganda (Mg/Al) untuk Aplikasi sebagai Adsorben Congo Red. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Peng, F., Luo, T., Yuan, Y. 2014. Controllable Synthesis of Mg-Fe Layered Double Hydroxide Nanoplates with Specific Mg/Fe Ratios and Their Effect on Adsorption of As(V) from Water. *New Journal Chemistry*. 38 : 4427-4433.
- Pope, M, T. 1983. *Heteropoly and Isopoly Oxometalates*. United States : John Wiley & Sons, LTD.
- Pourfaraj, R., Fatemi, S. J., Kazemi, S. Y., Biparva, P. 2017. Synthesis of Hexagonal Mesoporous MgAl LDH Nanoplatelets Adsorbent for the Effective Adsorption of Brilliant Yellow. *Journal of Colloid and Interface Science*. 1 (1) : 1-29.
- 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 (1) : 57-61.

- Rahman, R. 2008. Pengaruh Proses Pengeringan, Anil dan Hidrotermal terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.
- Ran, B., Chen, F., Lie, J., Li, W., Yang, F. 2014. Adsorption Capability for Anionic Dyes on 2-Hydroxyethylammoniumacetate-Intercalated Layered Double Hydroxide. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 511: 312-319.
- Rashed, M, Salwa., and Gaid, Amani., Kinetics and Thermodynamic Studies on the Adsorption Behavior of Rhodamine B-Dye on Duolite C-20 Resin. *Journal of Saudi Chemical Society*. 16 : 209-215.
- Reyes, J.G., Salagre, P., dan Cesteros, Y. 2017. Effect of The Preparation Conditions on The Catalytic Activity of calcined Ca/Al-Layered Double Hydroxides for The Synthesis of Glycerol carbonate. *Applied Catalysis A: General*. 536 (1) : 9-17.
- Sharma, N. 2014. Synthesis, Characterization and Applications of Heteropolyacid Salts as Potentiometric Sensors and Catalyst. *Thesis and Dissertation*. India : Maharishi Markandeshwer University.
- Shen, L., Jiang, X., Chen Z., Fu, D., Li, Q., Ouyang T., Wang, Y. 2017. Chemical Reactive Features of Novel Amino Acids Intercalated Layered Double Hydroxides in As(III) and As(V) Adsorption. *Chemosphere*. 1 (1) : 1-47.
- Supriyantini, E., Endrawati, H. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1) : 38-45.
- Theiss, F. L., Ayoko, G. A. Frost, R. L. 2016. Iodide Removal using LDH Technology. *Chemical Engineering Journal*. 296 (1) : 300-309.
- Yanming, S., Dongbin, L., Shifeng, L., Lihui, F., Shuai, C., Haque, M. A. 2013. Removal of Lead from Aqueous Solution on Glutamated Intercalated Layered Double Hydroxide. *Arabian Journal of Chemistry*. 1 (1) : 1-7.
- Zhang, T., Li, Q., Xiao, H., Lu, H., Zhou, Y. 2012. Synthesis of Li-Al Layered Double Hydroxides (LDHs) for Efficient Fluoride Removal. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 51 (1) : 11490-11498.
- Zhong, L., He, X., Qu, J., Li, X., Lei, Z., Zhang, Q., Liu, X. 2017. Precursor Preparation for Ca-Al Layered Double Hydroxide to Remove Hexavalent Chromium Coexisting with Calcium and Magnesium Chlorides. 245 (1) : 200-206.