

**MODIFIKASI HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-AI DENGAN SENYAWA
K₄[α -SiW₁₂O₄₀].nH₂O SEBAGAI ADSORBEN
ION Cr(VI) DAN Fe(II)**

SKRIPSI

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



NOVIE JULEANTI

08031181621008

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODIFIKASI HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-AI DENGAN SENYAWA
K₄[α-SiW₁₂O₄₀].nH₂O SEBAGAI ADSORBEN
ION Cr(VI) DAN Fe(II)**

SKRIPSI

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

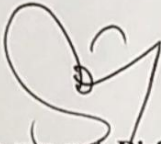
Oleh :

NOVIE JULEANTI

08031181621008

Indralaya, 14 Januari 2020

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Prof. Aldes Lesbani, M.Si., 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 "Modifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dengan Senyawa $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Sebagai Adsorben Ion Cr(VI) dan Fe(II)" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 9 Januari 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 14 Januari 2020

Ketua :

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

NIP. 197711272005011003

Anggota :

2. **Prof. Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D.**

NIP. 197408121998021001

3. **Nurlisa Hidayati, M.Si.**

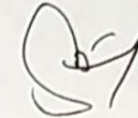
NIP. 197211092000032001

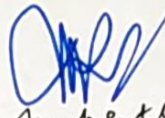
4. **Dr. Eliza, M.Si.**

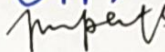
NIP. 196407291991022001

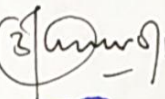
5. **Dr. Ady Mara, M.Si**

NIP. 196404301990031003

()

()


()

()

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Dr. Iskhak 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 : Novie Juleanti
NIM : 08031181621008
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, 14 Januari 2020



Novie Juleanti

NIM. 08031181621008

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

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

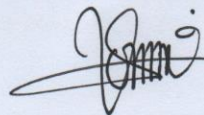
Nama Mahasiswa : Novie Juleanti
NIM : 08031181621008
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
JenisKarya : Skripsi

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: judul “Modifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dengan senyawa $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ Sebagai Adsorben Ion Cr(VI) dan Fe(II)”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive 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, 14 Januari 2020

Yang menyatakan,



Novie Juleanti

NIM. 08031181621008

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Modifikasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dengan Senyawa $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Sebagai Adsorben Ion Cr(VI) dan Fe(II)”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril selesai sudah penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Bapak **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dana PNBH Hibah Profesi 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.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si, Ibu Dr. Eliza, M.Si dan bapak Dr. Ady Mara, M.Si selaku penguji sidang sarjana.
7. Ibu Ferlina Hayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.

8. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Kepada Ibu dan Ayahku, my first support system, idolaku, kesayanganku yang selalu mendukungku dalam segala hal, memberikan semua yang terbaik untuk anak semata wayangnya. Terima kasih atas segala doa, dukungan, perjuangan, kerja keras, perhatian, pengertian, kepercayaan, cinta dan kasih sayang dan segala hal yang tidak bisa disebutkan lainnya.
10. Kepada Kak Neza dan Kak Tarmizi terimakasih telah mengajari, berbagi ilmu dan membantu selama penelitian.
11. Kepada Anak Metal. Mbak mel sang ibu suri, Fahmi, ayuyul, norm ah, terimakasih atas semua kerja sama terbaik, suka cita, canda tawa, sedih senang selama ini.
12. Kepada tim Basecamp 2, DOMN, American Women, Wisuda Dadakan, Atasi Masalah Tanpa Solusi. Terimakasih telah menjadi penghibur disaat titik jenuh, pendengar yang baik, tempat berbagi kisah dan cerita..
13. Kepada Asbi Pratama, support system, partner dalam segala hal. Terimakasih banyak untuk segala hal tentang mcd, sundae, dukungan, semangat, bantuan, motivasi, tempat cuhat, berkeluh kesah, pendengar yang baik dll.
14. Teman-teman seperjuangan Chemist Korsa Uhuy, Kebesol 2016 terima kasih atas kebersamaan selama menempuh perkuliahan dan memberikan kesan-kesan terindah selama kuliah. Semangat terus untuk kalian, Sukses selalu.
15. Mbak Novi yang tersayang dan kak Cosiin yang baik hati selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran proses perkuliahan hingga tugas akhir ku.

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

Indralaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
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 Material Hidroksi Lapis Ganda	6
2.2. Senyawa Polioksometalat	7
2.2.1. Struktur Senyawa Polioksometalat (POM)	7
2.2.2. Struktur Senyawa Polioksometalat Tipe Keggin	8
2.3. Interkalasi Material Hidroksi Lapis Ganda	9
2.4. Logam Berat	9
2.4.1. Cr(VI)	10

2.4.2. Fe(II)	10
2.5. Adsorpsi.....	11
2.6. Karakterisasi.....	12
2.6.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	12
2.6.2. Analisa BET (<i>Brunauer, Emmet, Teller</i>)	13
2.6.3. Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR)	16
2.6.4. <i>pH Point Zero Charge</i> (pH pzc).....	17
2.6.5. Spektrofotometri UV-Visible (UV-Vis)	17

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat	21
3.2.2. Bahan	21
3.3. Prosedur Penelitian	21
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	21
3.3.2. Sintesis Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	22
3.3.3. Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dengan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	22
3.3.4. Pengukuran <i>pH Point Zero Charge</i> Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	23
3.3.5. Pembuatan Larutan Stok	23
3.3.5.1. Pembuatan Larutan Stok Fe(II)	23
3.3.5.2. Pembuatan Larutan Stok Cr(VI)	23
3.3.6. Prosedur Pengompleksan Fe(II) o-fenantrolin dan Cr(VI) difenilkarbazida	
3.3.6.1. Pengompleksan Fe(II) o-fenantrolin.....	23
3.3.6.2. Pengompleksan Cr(VI) difenilkarbazida	23
3.3.7. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Fe(II) dan Cr(VI).....	
3.3.8. Pembuatan Larutan Standar	24

3.3.8.1. Pembuatan Larutan Standar Fe(II)	24
3.3.8.2. Pembuatan Larutan Standar Cr(VI)	24
3.3.9. Adsorpsi.....	24
3.3.9.1. Variasi Waktu Adsorpsi.....	24
3.3.9.2. Variasi Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi ...	25
3.4 Analisis Data	25

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis X-Ray Diffraction (XRD) Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ dan Hasil Interkalasi Hidroksi Lapis Ganda dengan Senyawa $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	27
4.2. Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ serta Hasil Interkalasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Menggunakan Analisis BET.....	29
4.3. Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ dan Interkalasinya Menggunakan Spektrofotometer FT-IR.....	31
4.4. Pengukuran pH Point Zero Charge (pH pzc) hidroksi lapis ganda Zn- Al dan hasil interkalasi hidroksi lapis ganda Zn- Al dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$...	33
4.5. Penentuan Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum Kompleks Cr-difenilkarbazida dan Fe-fenantrolin.....	34
4.6. Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) dan Fe(II) pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	35
4.6.1. Pengaruh waktu adsorpsi ion Cr(VI)	35
4.6.2. Pengaruh waktu adsorpsi ion Fe(II)	37
4.7. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Ion Cr(VI) dan Fe(II) pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan	

Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	38
4.7.1. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Ion Cr(VI)	38
4.7.2. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Ion Fe(II).....	43
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Data penambahan jarak interlayer dari hidroksi lapis ganda dan hasil interkalasinya	29
Tabel 2.	Data hasil pengukuran BET dari hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya dengan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	30
Tabel 3.	Model kinetik adsorpsi Cr(VI) pada adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya	36
Tabel 4.	Model kinetik adsorpsi Fe(II) pada adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya	38
Tabel 5.	Data isotherm adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich dengan hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya	40
Tabel 6.	Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG) dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al.....	41
Tabel 7.	Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG) dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi dengan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	42
Tabel 8.	Data isotherm adsorpsi ion Fe(II) menggunakan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich dengan hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya	44
Tabel 9.	Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG) dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi ion Fe(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al.....	45
Tabel 10.	Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG) dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi ion Fe(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi dengan Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}].nH_2O$	46

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	Struktur umum hidroksi lapis ganda	5
Gambar 2.	Beberapa struktur gabungan polioksometalat, (a) tipe Keggin, (b) tipe Dawson, (c) tipe Crown, (d) tipe Preyssler, (e) tipe Pisang, (f) tipe Trimmer	8
Gambar 3.	Pola XRD Zn-Al-NO ₃ (a), Zn-Al-EDTA (b)	13
Gambar 4.	Tipe isotherm fisorpsi.....	14
Gambar 5.	Spektrum FT-IR Zn-Al-NO ₃ (a), Zn-Al-EDTA (b)	16
Gambar 6.	Struktur kompleks Fe-fenantrolin.....	19
Gambar 7.	Struktur kompleks Cr(VI)-difenilkarbazida	20
Gambar 8.	Pola difraktogram a) Hidroksi lapis ganda Zn-Al, b) hidroksi lapis ganda Zn-Al- K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] \cdot nH ₂ O, c) senyawa polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] \cdot nH ₂ O.	27
Gambar 9.	Ilustrasi penambahan jarak <i>interlayer</i> hidroksi lapis ganda Zn-Al setelah diinterkalasi	29
Gambar 10.	Profil adsorpsi-desorpsi nitrogen pada hidroksi lapis ganda dan hasil interkalasinya	30
Gambar 11.	Spektrum FT-IR a) hidroksi lapis ganda Zn-Al, b) hidroksi lapis ganda Zn-Al- K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] \cdot nH ₂ O, c) senyawa polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] \cdot nH ₂ O.	32
Gambar 12.	pH pzc hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya....	33
Gambar 13.	Spektrum penentuan panjang gelombang kompleks Fe(II)-Fenantrolin .dan Cr(VI)- Difenilkarbazida.....	34
Gambar 14.	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap ion Cr(VI)	35
Gambar 15.	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap ion Fe(II).....	37
Gambar 16.	Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al	39
Gambar 17.	Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat K ₄ [α -SiW ₁₂ O ₄₀] \cdot nH ₂ O.....	39

Gambar 18.	Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Fe(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al	43
Gambar 19.	Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al terinterkalasi senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Digital XRD Material Hidroksi Lapis Ganda	56
Lampiran 2. Data Digital XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	57
Lampiran 3. Data Digital XRD Senyawa Polioksomtelat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	58
Lampiran 4. Data Digital BET Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	59
Lampiran 5. Data Digital BET Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	61
Lampiran 6. Data Digital FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	63
Lampiran 7. Data Digital FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	64
Lampiran 8. Data Digital FT-IR Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	65
Lampiran 9. Data pH pzc Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al dan Hidroksi Lapis Ganda Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	66
Lampiran 10. Data Panjang Gelombang.....	67
Lampiran 11. Kurva Kalibrasi Larutan Standar.....	68
Lampiran 12. Variasi Waktu Adsorpsi IonCr(VI) dan Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	69
Lampiran 13. Variasi Waktu Adsorpsi IonCr(VI) dan Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$	70
Lampiran 14. Perhitungan Parameter Kinetik Adsorpsi Ion Cr(VI) dan ion Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	71

Lampiran 15. Perhitungan Parameter Kinetik Adsorpsi Ion Cr(VI) dan ion Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	72
Lampiran 16. Data Pengaruh Konsentrasi Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	73
Lampiran 17. Data Pengaruh Konsentrasi Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	74
Lampiran 18. Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Ion Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	75
Lampiran 19. Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Ion Fe(II) dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	77
Lampiran 20. Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Fe(II) dengan Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	79
Lampiran 21. Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI) dan Fe(II) dengan Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$	80

ABSTRAK

MODIFIKASI HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-Al DENGAN $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ SEBAGAI ADSORBEN ION Cr(VI) DAN Fe(II)

Novie Juleanti : Dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, S.Si., M.Si dan Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xii+ 107 halaman, 18 gambar, 10 tabel, 21 lampiran

Material hasil sintesis hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hidroksi lapis ganda Zn-Al yang diinterkalasi dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ dikarakterisasi dengan XRD, BET, FT-IR serta pH *pzc*. Hasil sintesis material tersebut digunakan sebagai adsorben dari ion Fe(II) dan Cr(VI). Faktor yang dipelajari yakni variasi waktu, variasi konsentrasi dan variasi temperatur untuk memperoleh parameter kinetik dan termodinamika. Hasil karakterisasi material hidroksi lapis ganda Zn-Al menunjukkan nilai jarak interlayer sebesar 8,589 Å dan setelah proses interkalasi terjadi penambahan jarak menjadi 10,363 Å. Hasil analisis BET menunjukkan nilai luas permukaan dari hidroksi lapis ganda Zn-Al sebesar 1,968 (m^2/g) dan terjadi peningkatan setelah proses interkalasi menjadi 14,042 (m^2/g). Hasil analisis FT-IR dari hidroksi lapis ganda Zn-Al muncul puncak vibrasi pada bilangan gelombang 1381 cm^{-1} yang menunjukkan adanya anion nitrat dalam interlayer. Hasil interkalasi dari hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ muncul puncak vibrasi khas dari senyawa polioksometalat pada bilangan gelombang 779-979 cm^{-1} . Pengukuran pH *pzc* dari kedua material menunjukkan hasil yang berbeda yakni pH 6,2 untuk hidroksi lapis ganda Zn-Al sedangkan hasil interkalasinya pada pH 7,2. Kinetika adsorpsi *pseudo second order* lebih sesuai untuk menjelaskan proses adsorpsi ion Fe(II) dan Cr(VI) menggunakan masing-masing adsorben dengan nilai koefisien regresi linier mendekati 1. Proses adsorpsi ion Fe(II) dan Cr(VI) menggunakan adsorben hasil interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar. Adsorpsi ion Fe(II) dan Cr(VI) dengan masing-masing adsorben berlangsung dengan proses yang spontan.

Kata Kunci : Hidroksi Lapis Ganda, Zn-Al, Polioksometalat, Fe(II), Cr(VI)

Sitasi : 63 (1990-2019)

Indralaya, Januari 2020

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T.
NIP. 196704191993031001

ABSTRACT

MODIFICATION OF Zn-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE WITH $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ AS ADSORBENT OF Cr(VI) AND Fe(II) ION

Novie Juleanti : Supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, S.Si., M.Si and Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Sriwijaya
xii+ 107 pages, 18 picture, 10 tables, 21 attachments

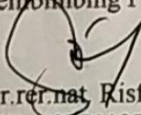
The synthesized material Zn-Al layered double hydroxide and Zn-Al layered double hydroxide intercalated with polyoxometalate compound $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ was characterized by XRD, BET, FT-IR and pH pzc. Zn-Al layered double hydroxide and the intercalated are used as adsorbent of Fe(II) and Cr(VI) ions. The factors that influence the adsorption process was studied including time variations, variations in concentration and temperature of adsorption to obtain kinetic and thermodynamic parameters. The results of XRD characterization of Zn-Al layered double hydroxide and the result of the intercalated showed an interlayer distance of 8.589 Å and after the intercalation process the distance increased to 10.363 Å. The characterization result using BET analysis showed the surface area of Zn-Al layered double hydroxide was 1.968 (m^2/g) and there was an increase after the intercalation process to 14.042 (m^2/g). The results of the FT-IR analysis of Zn-Al layered double hydroxide showed the presence of nitrate anions in the interlayer which can be seen from the vibrational peaks at wave number 1381 cm^{-1} . The results of FT-IR analysis of the intercalated showed a characteristic vibrational peak of polyoxometalate compounds at wave number $779\text{-}979\text{ cm}^{-1}$. The pH measurement of pzc from both materials showed different results, pH 6.2 for Zn-Al layered double hydroxide while the results of the intercalations at pH 7.2. The pseudo second order of adsorption kinetics are more appropriate to explain the adsorption processes of Fe(II) and Cr(VI) ions using each adsorbent with linear regression coefficient values close to 1. The adsorption process of Fe (II) and Cr (VI) ions using adsorbents resulting from the intercalation of Zn-Al layered double hydroxide with polyoxometalate compound $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ results in greater adsorption capacity. Adsorption of Fe (II) and Cr (VI) ions with each adsorbent with a spontaneous process.

Keyword : Layered Double Hydroxide, Zn-Al, Polyoxometalate, Fe(II), Cr(VI)

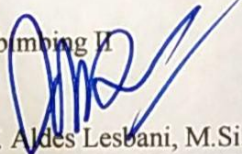
Citation : 63 (1990-2019)

Indralaya, Januari 2020

Pembimbing I


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


Pembimbing II


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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia




Dr. Dedi Rohendi, M.T.
NIP. 196704191993031001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Logam berat jika masuk ke dalam lingkungan perairan dan tanah menjadi masalah besar bagi lingkungan karena tingkat toksisitasnya yang cukup tinggi terhadap makhluk hidup termasuk manusia. Air yang mengandung logam berat biasanya berasal dari proses industri elektroplating, pembuatan baterai, ekstraksi logam, pertambangan bahkan kegiatan rumah tangga (Taher *et al.*, 2019). Beberapa logam berat yang paling sering ditemukan dari limbah industri tersebut ialah Fe(II) dan Cr(VI).

Said (2010) mengatakan bahwa berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat terbagi menjadi dua jenis berupa esensial dan non esensial. Fe termasuk bagian dari logam esensial. Logam tersebut dalam jumlah tertentu keberadaannya dibutuhkan oleh organisme hidup, namun akan menimbulkan efek racun apabila kadarnya berlebih. Cr merupakan logam berat non esensial atau beracun yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit dan pencernaan, sehingga mampu menimbulkan efek negatif bagi kesehatan manusia. Logam berat dapat menghalangi kerja enzim, sehingga akan menghambat proses metabolisme serta dapat bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen serta karsinogen bagi manusia. Menurut Taher *et al.* (2019) akumulasi logam berat dalam tubuh yang melebihi ambang batas akan menyebabkan banyak masalah untuk lingkungan, akibatnya sangat diperlukan penanganan khusus untuk mengatasi limbah logam berat agar penyediaan sumber air terbebas logam.

Penanganan logam berat dapat menggunakan beberapa proses seperti pertukaran ion, kopresipitasi, netralisasi, biosorpsi dan adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan proses yang paling disarankan karena lebih efisien, sederhana, biaya relatif murah, bisa digunakan dalam konsentrasi rendah, sehingga mudah untuk dilakukan (Elysabeth dkk, 2015). Adsorben yang paling sering digunakan untuk proses adsorpsi adalah arang aktif, adsorben dari bahan organik (biosorben) serta adsorben dari bahan anorganik seperti, zeolit, silika dan hidroksi lapis ganda.

Hidroksi lapis ganda dikenal sebagai lempung anionik, terdiri dari $M(II)(OH)_6$ dan $MIII(OH)_6$ yang saling berikatan membentuk lembaran (Roto *et al.*, 2007). Hidroksi lapis ganda mempunyai karakteristik yang menguntungkan untuk adsorpsi polutan karena mempunyai luas permukaan yang besar, stabilitas termal yang baik dan efisiensi penyerapan serta memiliki kemampuan regenerasi (Mahjoubi *et al.*, 2017). Hidroksi lapis ganda dapat dimodifikasi dengan cara interkalasi. Interkalasi merupakan salah satu proses yang cukup efisien untuk memodifikasi hidroksi lapis ganda dengan memasukkan suatu anion ke dalam *interlayer* agar jarak antar lapisan dari hidroksi lapis ganda meningkat (Sadjadi, 2017). Penelitian Taher *et al.* (2019) melakukan proses adsorpsi Fe(II) dengan hidroksi lapis ganda Ca-Al dan hasil interkalasinya menggunakan ion $[\alpha-SiW_{12}O_{40}]^{4-}$. Hasil yang didapat dari penelitian ini, kapasitas adsorpsi Fe(II) menggunakan hidroksi lapis ganda Ca-Al yang diinterkalasi dengan ion $[\alpha-SiW_{12}O_{40}]^{4-}$ lebih besar dibandingkan dengan menggunakan hidroksi lapis ganda Ca-Al tanpa proses interkalasi. Kapasitas adsorpsi dari hidroksi lapis ganda Ca-Al yang diinterkalasi dengan ion $[\alpha-SiW_{12}O_{40}]^{4-}$ sebesar 0,01193 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi dari hidroksi lapis ganda Ca-Al hanya 0,01116 mg/g.

Polioksometalat merupakan suatu senyawa yang dapat disintesis dari logam seperti W, Mo, V dan heteroatom seperti P, Si, B, Co. Polioksometalat mempunyai berbagai macam ukuran, bentuk serta kelarutan yang unik, asam-basa dan sifat redoks. Anion polioksometalat banyak digunakan sebagai anion besar untuk dimasukkan ke *interlayer* hidroksi lapis ganda sehingga terbentuk material yang unik sebagai aplikasi untuk adsorpsi. Polioksometalat tipe keggin, dawson dan anderson sering digunakan untuk menginterkalasi hidroksi lapis ganda agar jarak *interlayer* dan luas permukaannya meningkat (Taher *et al.*, 2019).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis hidroksi lapis ganda, dimana Zn sebagai kation logam divalen (M^{2+}) dan Al sebagai kation logam trivalen (M^{3+}). Setelah disintesis, material hidroksi lapis ganda diinterkalasi dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$. Material hidroksi lapis ganda Zn-Al yang telah disintesis dan yang telah diinterkalasi dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha-SiW_{12}O_{40}] \cdot nH_2O$ dikarakterisasi secara spektroskopi dan *pH point zero charge*. Hasil sintesis dan hasil interkalasi dengan senyawa polioksometalat $K_4[\alpha-$

$\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dari material hidroksi lapis ganda Zn-Al diaplikasikan sebagai adsorben Cr(VI) dan Fe(II). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yang dipelajari pada penelitian ini berupa waktu adsorpsi, konsentrasi ion logam berat serta pengaruh temperatur saat adsorpsi.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mensintesis hidroksi lapis ganda Zn-Al serta interkalasinya dengan senyawa polioksometalat $\text{K}_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$?
2. Bagaimana kemampuan hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasinya dengan senyawa polioksometalat $\text{K}_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dalam mengadsorpsi Cr(VI) dan Fe(II) terhadap parameter kinetika dan termodinamika dalam proses adsorpsi, seperti waktu adsorpsi, konsentrasi adsorbat dan pengaruh temperatur ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mensintesis material hidroksi lapis ganda Zn-Al dan interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $\text{K}_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ serta karakterisasi menggunakan XRD, BET, FT-IR, serta pH pzc.
2. Mempelajari kinetika dan termodinamika adsorpsi ion Cr(VI) dan Fe(II) dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al dan hasil interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $\text{K}_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi tentang sintesis hidroksi lapis ganda Zn-Al dan interkalasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dengan senyawa polioksometalat $\text{K}_4[\alpha\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ serta aplikasinya sebagai adsorben ion Cr(VI) dan Fe(II) untuk mengatasi pencemaran logam berat di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeeyinwo, C.E., Okorie, N. N., and Idowu, G. O. 2013. Basic Calibration of UV/Visible Spectrophotometer. *International Journal of Science and Technology*. 2(3): 247-251.
- Agustina, T. E., Aprianti, T., and Miskah, S. 2017. Treatment of Wastewater Containing Hexavalent Chromium Using Zeolite Ceramics Adsorbent in Adsorption Column. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 7(2). 566-572.
- Amadu, M., and Miadonye, A. 2017. Determination of the Point of Zero Charge pH of Borosilicate Glass Surface Using Capillary Imbibition Method. *International Journal of Chemistry*. 9(3): 67-84.
- Ammam, M. 2013. Polyoxometalates : Formation, Structures, Principal Properties, Main Deposition Methods and Application in Sensing. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(21): 1–57.
- Andayani, R., Rahma, S. Y., dan Martinus. 2018. Analisis Logam Kromium (Cr) pada Sediaan Perona Pipi (*Blush On*) Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*. 5(3): 185-190.
- Anjarsari, N., dan Sugiarto, D. R. 2015. Analisis Gangguan Ion Merkuri(II) Terhadap Kompleks Besi(II)-Fenantrolin Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2). 139-142.
- Apriyanti, H., Candra, N. I., dan Elvinawati. 2018. Karakterisasi Isoterm Adsorpsi dari Ion Logam Besi (Fe) pada Tanah di Kota Bengkulu. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2(1): 14-19.
- Asip, F., Mardhiah, R., and Husna. 2008. Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(15): 22-26.
- Babakhani, S., Talib, Z. A., Zobir, M., Ahmed, A. A.A. 2014. Synthesis and Characterization of Zn-Al Layered Double Hydroxide (LDH) Nanocomposite Intercalated with Sodium Dodecyl Sulfate (SDS). *Advanced Materials Research*. 1024: 52-55.
- Bahera. S., Ghanty. S., Ahmad, F., Santra, S., and Banerjee, S. 2012. UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assay of Paracetamol Tablet Formulation. *Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques*. 3(6): 1-6.
- Chakraborty, D. S. 2016. Instrumentation FT-IR and Its Herbal Applications. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5(3): 498-505.

- Darjito, D., Purwonugroho, D., dan Ningsih, R. 2014. The Adsorption of Cr(VI) Ions Using Chitosan-Alumina Adsorbent. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*. 3(2): 53-61
- Elysabeth, T., Jufrodi., dan Hudaeni. 2015. Adsorpsi Logam Berat Besi dan Timbal Menggunakan Zeolit Alam Bayah Teraktivasi. *Jurnal Chemtech*. 1(1): 26-29.
- Ewais, H. A., and Obaid, A. Y. 2018. Adsorption Characteristic of Toxic Chromium(VI) from Aqueous Media Onto Nanosized Silver Nanoparticles-Treated Activated Carbon. *Separation Science and Technology*. 54(4): 1-13.
- Ginsberg, A. P. 1990. Inorganic Synthesis. A Wiley-Interscience Publication: Canada.
- Gursoy, M., and Karaman, M. 2017. Surface Treatments for Biological, Chemical, and Physical Applications. Germany; Weinheim.
- Hanifah, Y., Palapa, N. R. 2016. Mg/Al Double Layered Hydroxides: Intercalation with $[H_3[\alpha\text{-PW}_{12}O_{40}].nH_2O]$. *Science & Technology Indonesia*. 1(1): 16-19.
- Haswono, L. A., Santoso, S. J., dan Rusdiarso, B. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Material Hibrida Mg/Al LDH Termobilisasi Asam Para Hidroksibenzoat. *Jurnal Forum Nuklir*. 11(2): 81-88.
- Hobbs, C., Jaskaniec, S., McCarthy, E. K., Downing, C., Opelt, K., Guth, K., Shmeliov, A., Mourad, M. C. D., Mandel, K., and Nicolosi, V. 2018. Structural Transformation of Layered Double Hydroxides: an in Situ TEM Analysis. *Nature Partner Journals*. 2(4): 1-10
- Holle, R. B., Wuntu, A. D., dan Sangi, M. S. 2013. Kinetika Adsorpsi Gas Benzene Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal MIPA USNRAT*. 2(2): 100-104.
- Iftekhhar, S., Kucuk, M. E., Srivastava, V., Repo, E., and Sillanpaa, M. 2018. Application of Zinc-alUMINIUM layered Double Hydroxide for Adsorptive Removal of Phosphate and Sulfate: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic. *Chemosphere*. 209(1): 470-479.
- Januarita, R. 2003. Adsorpsi Cr(VI) pada Air Hitam. *Indonesian Journal of Chemistry*. 3(3): 169-175.
- Jasmal, Sulfikar, Ramlawati. 2015. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) terhadap Pb^{2+} . *Jurnal Sainsmat*. 4(1): 57-66.

- Kamarati, K. F. A., Marlon, I. A., dan Sumaryono, M. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) Pada Air Sungai Santan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. 4(1): 49-56
- Khan, A. I., and O'Hare, D. 2002. Intercalation Chemistry of Layered Double Hydroxides: Recent Developments and Applications. *Journal of Material Chemistry*. 12(11)
- Darjito, D., Purwonugroho, D., and Ningsih, R. 2014. The Adsorption of Cr(VI) Using Chitosan-Alumina Adsorbent. *Journal of Pure and Applied Chemistry Research*. 3(2): 53-61.
- Khanifa, N., Sulistyarti, H., dan Sabarudin A. 2015. Pembuatan Tes Kit Kromium Berdasarkan Pembentukan Kompleks Cr(VI)-difenilkarbazida. *Kimia Student Journal*. 1(1): 730-736.
- Kubo, D., Tadanaga, K., Hayashi, A., and Tatsumisago, M. 2012. Hydroxides Ion Conduction in Ni-Al Layered Double Hydroxides. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 671: 102-105.
- Lema, A. T., Sulistyarti, H., Atikah. 2014. Pengembangan Metode Spektrofotometri untuk Penentuan Iodida Menggunakan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) sebagai Oksidator. *Jurnal Natural B*. 2(4): 309-316.
- Lesbani, A., Hensen., Taher, T., Hidayati, N., Mohadi, R., and Andreas, R. 2018. Intercalation of Zn/Al Layered Double Hydroxides with Keggin Ions as Adsorbent of Cadmium(II). *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering (IC3PE)*. 2026(1): 1-8.
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., and Barka Nouredine. 2017. Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Carbonate, Nitrate, Chloride and Sulphate Ions: Synthesis, Characterisation and Dye Removal Properties. *Journal of Taibah University for Science*. 11(1): 90-100.
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., and Barka, N. 2015. Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Carbonate, Nitrate, Chloride and Sulphate Ions: Synthesis, Characterisation and Dye Removal Properties. *Journal of Taibah University for Science*. 11(2017): 90-100.
- Mahmudah, R.A., dan Cahyaningrum, S. A. 2013. Penentuan Konstanta Laju Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Pada KITOSAN *Bead* dan KITOSAN-Silika *Bead*. *UNESA Journal of Chemistry*. 2(1): 94-99.
- Mardiah., dan Fathoni, R. 2016. Adsorpsi Logam Cu(II) dan Fe(II) Menggunakan Kertas Koran Bekas. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(2): 89-94.

- Marsyahyo, E. 2009. Analisis Brunnaeur Emmet Teller (BET) Topografi Permukaan Serat Rami (*Boehmeria nivea*) Untuk Media Penguatan Pada Bahan Komposit. *Jurnal Flywheel*. 2(2): 33-41.
- Me, W., Mohadi, R., and Lesbani, A. 2016. Thermal Stability and Acidity of Silica Suported Keggin Type Polyoxometalate $K_4[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 1(1): 24-28.
- Mohiuddin, K. M., Ogawa, Y., Zakir, H. M., Otomo, K., and Shikazono, N. 2011. Heavy Metals Contamination in Water and Sediments of an Urban River in a Developing Country. *International Journal Science Technology*. 8(4): 723-736.
- Moller, M and Adrij, P. 2017. Development of Modified Layered Silicates with Superior Adsorption Properties for Uptake of Pollutant from Air and Water. *Dissertation*. University zur Erlangun: Germany.
- Munasir., Triwikantoro., Zainuri, M., dan Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO_3 dan SiO_2). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 2(1): 20-29.
- Muslim, A., Ellysa., and Said, S. D. 2017. Cu(II) Ion Adsorption Using Activated Carbon Prepared from Pithecellobium Jiringa (Jengkol) Shells with Ultrasonic Assistance: Isotherm, Kinetic and Thermodynamic Studies. *Journal Engineering Technology and Science*. 49(4). 472-490.
- Nurhaini, R., dan Affandi, A. 2016. Analisa Logam Besi (Fe) di Sungai Pasar daerah Belangwetan Klaten Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 2(1): 39-43.
- Oktasari, A. 2018. Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogea L.*) sebagai Adsorben Ion Pb(II). *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 2(1): 17-27.
- Perdana, M., Widodo, D. S., dan Prasetya, N. B. A. 2013. Fotoelektrokatalisis Kromium(VI) Menjadi Kromium (III) dengan Menggunakan Elektroda Timbal Dioksid (PbO_2). *Jurnal Chem Info*. 1(1): 11-17
- Pshinko, G. N. 2013. Layered Double Hydroxides as Effective Adsorbents for U(VI) and Toxic Heavy Metals Removal from Aqueous Media. *Journal of Chemistry*. 2013: 1-9.
- Rahmawati, N., dan Sugito. 2015. Reduksi Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Tanah Menggunakan Media Filtrasi Manganese Greensand dan Zeolit Terpadukan Resin. *Jurnal Teknik Waktu*. 13(2): 63-71

- Reni, C. P., Mahatmanti, F. W., dan Widiarti, N. 2018. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III) dan Cr(VI). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1): 65-70.
- Richetta, M., Medaglia, P. G., Mattoccia, A., Varone, A., and Pizzoferrato, R. 2017. Layered Double Hydroxides: Tailoring Interlamellar Nanospace for a Vast Field of Applications. *Journal of Material Sciences & Engineering*. 6(4): 1-9.
- Roto., Tahir, I., and Mustofa. 2007. Zn-Al layered Double Hydroxide as Host Material for Sunscreen Compound of *p*-Aminobenzoic Acid. *Indonesian Journal Chemistry*. 7(1): 1-4.
- Sadjadi, S. 2017. *Catalysts Intercalated in Layered Double Hydroxides. Encapsulated Catalysts*:aElsevier.
- Said, N. I. 2010. Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, dan Zn) di dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*. 6(2): 136-148.
- Sari, F. I. P. 2017. Sintesis, Karakterisasi Nanopartikel Magnetit, Mg/Al NO₃-Hidrotalsit dan Komposit Magnetit-Hidrotalsit. 3(1): 44-49.
- Seftel, E. M., Popovici, E., Mertens, M., Witte, K. D., Tendeloo, G. V., Cool, P., and Vansant, E. F. 2008. Zn-Al Layered Double Hydroxide: Synthesis, Characterization and Photocatalytic Application. *Microporous and Mesoporous Materials*. 113(2008): 296-304.
- Sembodo, B. S.T. 2005. Isoterm Kesetimbangan Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi. *Ekilibrium*. 4(2): 100-105.
- Sepehr, M. N., Al-Musawi, T. J., Ghahramani, E., Kazemian, H., dan Zarrabi, M. 2017. Adsorption Performance of Magnesium/Aluminum Layered Double Hydroxide Nanoparticles for Metronidazole from Aqueous Solution. *Arabian Journal of Chemistry*. 10(5): 611-623.
- Situmorang, C. 2016. Analisis Perbedaan Saringan Pasir Aktif dan Arang Aktif Untuk Menurunkan Kadar Fe dalam Air. *Jurnal Universitas Satya Negara Indonesia*. 9(1): 1-9
- Situmorang, C. 2016. Analisis Perbedaan Saringan Pasir Aktif dan Arang Aktif untuk Menurunkan Kadar Fe dalam Air. *Jurnal Universitas Satya Negara Indonesia*. 9(1): 1-9.
- Suminta, S. 2003. Simulasi Pola Difraksi Sinar-X Berbagai Jenis Mineral Zeolit Alam dengan Program Rietan. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 2(1): 45-54.

- Suprihatin., dan Indrasti, N. S. 2010. Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi. *Makara Sains* . 14(1): 44-50.
- Taher, T., Christina, M. M., Said, M., Hidayati, N., Ferlinahayati, F., and Lesbani, A. 2019. Removal of Iron(II) Using Intercalated Ca/Al Layered Double Hydroxide with $[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 14(2). 260-267
- Taher, T., Irianty, Y., Mohadi, R., Said, M., Andreas, R and Lesbani, A. 2019. Adsorption of Cadmium(II) Using Ca/Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Keggin Ion. *Indonesian Journal Chemistry*. 19(4): 873-881.
- Tang, P., Feng, Y., and Li, D. 2012. Synthesis and Application of Layered Double Hydroxides Based Pigments. *Recent Patents on Nanotechnology*. 6(3): 193-199.
- Wardiyati, S., Fisli, A., dan Ridwan. 2011. Penyerapan Logam Ni dalam Larutan oleh Nanokoposit Fe_3O_4 - Karbon Aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(3): 224-228
- Widayatno, T., Yuliawati, T., dan Susilo, A. A. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*. 1(1): 17-23.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., and Sukarjo. 2018. Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(3): 242-248.
- Wulandari, T., dan Wahyuni, S. 2018. Analisis Kandungan Fe (II) Air Selokan di Sekitar TPA II Kelurahan Karya Jaya Musi 2 Palembang dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 2(2). 15-21.
- Xu, Z. P., and Lu, G. Q. 2005. Hydrothermal Synthesis of Layered Double Hydroxides (LDHs) from Mixed MgO and Al_2O_3 : LDH Formation Mechanism. *Chemistry Material*. 12(5): 1055-1062.
- Yanlinastuti., dan Fatimah, S. 2016. Pengaruh Konsentrasi Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. ISSN: 1979-2409.
- Yun, S. K., and Pinnavaia, T. J. 1996. Layered Double Hydroxides by Polyoxometalate Anions with Keggin ($\alpha\text{-H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}^{6-}$), Dawson ($\alpha\text{-P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}^{6-}$), And Finke ($\text{Co}_4(\text{H}_2\text{O})_2(\text{PW}_9\text{O}_{34})_2^{10-}$) Structures. *Inorganic Chemistry* 35(23): 6853- 6860.

Zhang, S., Kano, N., and Imaizumi, H. 2016. Adsorption of Cd(II) on Zn-Al LDHs (Layered Double Hydroxides) Intercalated with Chelating Agents EDTA. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 10(2): 60-

