

**SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Mg-Al/ASAM HUMAT
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cr(VI)**

SKRIPSI

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



AMRI

08031281722024

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Mg-Al/ASAM HUMAT
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cr(VI)**

SKRIPSI

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

Oleh :

AMRI

08031281722024

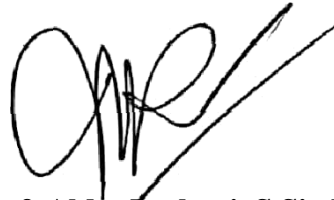
Indralaya, 26 November 2021

Pembimbing I



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

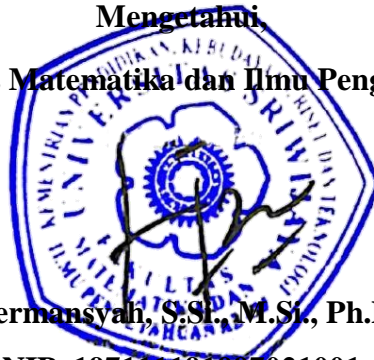
Pembimbing II



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

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat Sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI)” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 24 November 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 26 November 2021

Ketua :

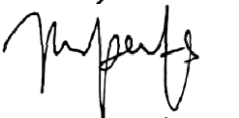
1. **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si**
NIP. 197711272005011003

()

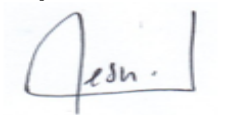
Anggota :

2. **Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D**
NIP. 197408121998021001
3. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001
4. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**
NIP. 196102071989031004
5. **Dr. Desnelli, M.Si**
NIP. 196912251997022001

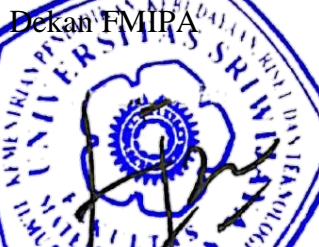
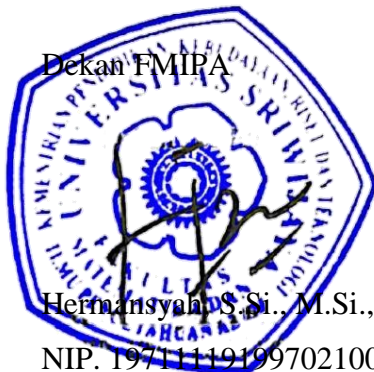
()

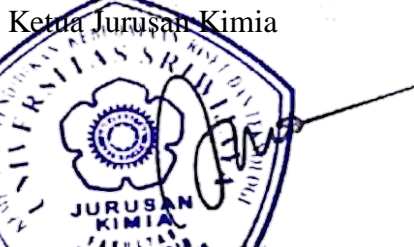
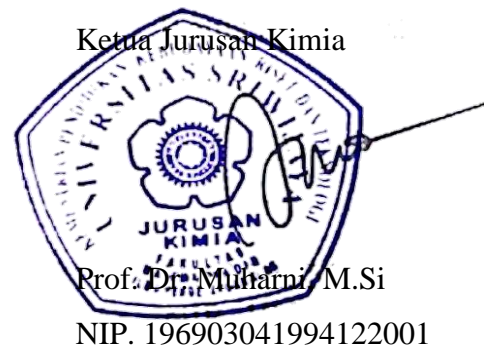
()

()

()

Mengetahui,


Dekan FMIPA

Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001


Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Mularni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Amri

NIM : 08031281722024

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, 26 November 2021

Penulis



Amri

NIM. 08031281722024

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Amri
NIM : 08031281722024
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat Sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI)”. 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.

Indralaya, 26 November 2021



Amri

NIM. 08031281722024

HALAMAN PERSEMBAHAN

- ❖ *Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu apapun, dan Dia memberimu penedengaran, penglihatan, dan hati agar kamu bersyukur (Q.S An-Nahl: 78)*
- ❖ *Dan kehidupan dunia ini tidak lain hanyalah kesenangan yang menipu (Q.S Al-Hadid: 20)*
- ❖ *Sesungguhnya dibalik kesulitan ada kemudahan (Q.S Al-Insyirah: 6)*
- ❖ *Teruslah berbuat baik walaupun melelahkan, karena lelahnya akan hilang sedangkan pahalanya terus bertambah. Janganlah berbuat maksiat walaupun menyenangkan, karena kesenangan akan hilang sedangkan dosa terus bertambah (Ust. Hanan Attaki)*
- ❖ *Hiduplah seakan kau mati besok, belajarlh seakan kamu hidup selamanya (Mahatma Gandhi)*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✓ Allah SWT
- ✓ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Mak, Bak dan abang-abang serta ayuk-ayukku yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan
- ✓ Seluruh keluarga besarku
- ✓ Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- ✓ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat Sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI)”. 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, penelitian, pengumpulan data dan 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, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si** dan Ibu **Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Bapak Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
4. Bapak Dr. Miksusanti, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si., Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc., dan Ibu Dr. Desnelli, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
6. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
7. Kepada Mak dan Bak yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan serta semangat dan Abang-abang serta Ayuk-ayukku yang tak bisa kusebutkan satu persatu yang selalu menjadi penyemangat dikala lelah.

8. Kepada Keluarga Besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan support dan semangat.
9. Kepada kawan seper-TA Basecamp 4 (mbak Juli), akhirnya kita bisa sampai di titik ini walaupun banyak rintangan yang kita lalui, suka duka banyak kita rasakan disini, banyak cerita terukir disini, banyak pelajaran hidup yang dapat diambil saat bersama kalian, terimakasih untuk semuanya mbak juli (Panggilan dari bapak), semangat dan sukses selalu untuk mbak juli. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kesempatan sehingga kita dapat bertemu kembali di lain waktu.
10. Kepada Alfan dan shahibul selaku kawan sekamar, Kak Patimah, Kak Vie, Kak Normah, Daeng Ahmad, dan Yusuf serta Basecamp 5 (Candra, Dila, Nata dan Tatak) yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, hiburan, bantuan selama penelitian. Semangat dan sukses selalu untuk kalian.
11. Kepada kk Neza terimakasih atas ilmunya dan telah membantu selama penelitian. Sehat terus kk dan sukses selalu
12. Kepada Kostan Kuning dan Kost Biru (Tobi, Bg Hary, Anggi, Bg Amdi, Bisi, Madon, Diki, Kiki dan Andre) yang selalu menjadi tempat berbagi cerita suka maupun duka, tempat berkeluh kesah dan tempat bercanda tawa, kalian orang-orang baik, terimakasih untuk semuanya. Sukses selalu untuk kalian, semoga kita bisa kumpul-kumpul lagi. Semangat dan ditunggu kabar baik pog-gek.
13. Kepada Kawan em-el (Zaim, Puji dan Topan) yang selalu menghibur, selalu memberikan semangat, dukungan, dan tempat berbagi cerita dan keluh kesah serta tempat bermainnya para calon pemain-pemain hebat wkwkwk. Sukses untuk kalian, semoga kita bisa kumpul-kumpul lagi dan menjadi orang yang sukses. Semangat dan sukses terus.
14. Kepada Majelis Nurul Musthofa (Kedondong) yang senantiasa memberikan hiburan dikala pulang kampung dan semoga menjadi majelis yang bermanfaat dan tetap istiqomah. Sukse Terus.

15. Kepada teman-teman Kimia Angkatan 2017 yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan, semangat dan sukses selalu untuk kalian.
16. Kepada kakak-kakak tingkat Angkatan 2016 dan 2015, serta adik-adik tingkat Angkatan 2018 dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
17. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
18. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, November 2021

Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS OF Mg-Al/HUMIC ACID LAYERED DOUBLE HYDROXIDE COMPOSITE AS ADSORBENT OF Cr(VI) METAL ION

Amri : Supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si
and Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D

Chemistry, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Sriwijaya University xi
+ 76 pages, 15 pictures, 6 tables, 12 appendices

The synthesis of Mg-Al layered double hydroxide and composite of Mg-Al/humic acid have been carried out. The material obtained is then used as an adsorbent in the adsorption process of Cr(VI) ions with various conditions, such as the influence of pH, time, temperature and adsorption concentration, desorption and regeneration of adsorbents were carried out on Cr(VI) metal ions. Prior being applied as an adsorbent in the Cr(VI) ion adsorption process, the prepared material was characterized using XRD, FT-IR and BET analysis. The results of XRD analysis of Mg-Al layered double hydroxide and Mg-Al/humic acid composites showed diffraction peaks at about 11° and 60° . The results of the FT-IR analysis show that the composite material has functional groups Mg-O, Al-O and the presence of nitrate anion which appears at a vibration peak at 1381.03 cm^{-1} which is the main group in the Mg-Al layered double hydroxide material and there is -OH group, C=C aromatic which is absorption from humic acid. The results of the BET analysis showed that there was an increase in the surface area of the composite with respect to humic acid and Mg-Al layered double hydroxide.

The optimum condition for the Cr(VI) ion adsorption process using humic acid adsorbent and Mg-Al/humic acid layer double hydroxide composite is at pH 2. In the Mg-Al layered double hydroxide adsorbent, the optimum condition for the adsorption process occurs at pH 5. Effect of time the adsorption of Cr(VI) ions on the three adsorbents followed the pseudo second order kinetic equation. The parameter of Cr(VI) ion adsorption isotherm on the three adsorbents leads to the Freundlich isotherm model. The adsorption process of Cr(VI) ion takes place spontaneously which is indicated by a negative Gibbs free energy and adsorption takes place endothermic which is indicated by a positive enthalpy value. Mg-Al/humic acid layer double hydroxide composite adsorbent has the largest adsorption capacity for Cr(VI) ion adsorption, which is 42,017 mg/g. Sodium hydroxide has a better ability in the desorption process of Cr(VI) ions on each adsorbent. The structure of the Mg-Al/humic acid layered double hydroxide composite adsorbent is more stable than the humic acid and Mg-Al layered double hydroxide adsorbent.

Keywords : Layered double hydroxide, humic acid, adsorption, ion Cr(VI)

Citation : 70 (2004-2021)

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Mg-Al/ASAM HUMAT SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cr(VI)

Amri : Dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si
dan Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xi + 76 halaman, 15 gambar, 6 tabel, 12 lampiran

Telah dilakukan sintesis hidroksi lapis ganda Mg-Al serta preparasi komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat. Material yang diperoleh kemudian digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi ion Cr(VI) dengan berbagai variasi yakni pengaruh pH, waktu, temperatur dan konsentrasi adsorpsi serta dilakukan proses desorpsi dan regenerasi adsorben terhadap ion logam Cr(VI). Sebelum diaplikasikan sebagai adsorben pada proses adsorpsi ion Cr(VI), material hasil preparasi dikarakterisasi dengan menggunakan analisis XRD, FT- IR dan BET. Hasil analisis XRD hidroksi lapis ganda Mg-Al dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat menunjukkan adanya puncak difraksi pada sekitar sudut 11° dan 60° . Hasil analisis FT- IR menunjukkan bahwa material komposit memiliki gugus fungsi Mg-O, Al-O serta adanya anion nitrat yang muncul puncak vibrasi pada bilangan gelombang $1381,03 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus utama pada material hidroksi lapis ganda Mg-Al serta terdapat gugus -OH, C=C aromatik yang merupakan serapan dari asam humat. Hasil Analisis BET menunjukkan terjadi kenaikan luas permukaan komposit terhadap asam humat dan hidroksi lapis ganda Mg-Al. Kondisi optimum pada proses adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan adsorben asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat yakni pada pH 2. Pada adsorben hidroksi lapis ganda Mg-Al, kondisi optimum proses adsorpsi terjadi pada pH 5. Pengaruh waktu adsorpsi ion Cr(VI) pada ketiga adsorben mengikuti persamaan kinetika *pseudo second order*. Parameter isoterm adsorpsi ion Cr(VI) pada ketiga adsorben mengarah pada model *isoterm Freundlich*. Proses adsorpsi ion Cr(VI) berlangsung secara spontan yang ditandai dengan energi bebas Gibbs yang bernilai negatif dan adsorpsi berlangsung secara endotermik yang ditandai nilai entalpi bernilai positif. Adsorben komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat memiliki kapasitas adsorpsi paling besar pada adsorpsi ion Cr(VI) yakni sebesar 42,017 mg/g. Natrium hidroksida memiliki kemampuan yang lebih baik dalam proses desorpsi ion Cr(VI) pada masing-masing adsorben. Struktur adsorben komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat lebih stabil dibandingkan adsorben hidroksi lapis ganda Mg-Al dan asam humat.

Kata Kunci : Hidroksi lapis ganda, asam humat, adsorpsi, ion Cr(VI)

Sitasi : 70 (2004-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Hidroksi Lapis Ganda	5
2.2. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
2.3. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda	7
2.4. Asam Humat.....	8
2.5. Komposit	9
2.6. Ion Logam Berat Cr(VI).....	9
2.7. Analisa Ion Logam Cr(VI)	10
2.8. Adsorpsi	11
2.9. Desorpsi.....	11
2.10. Regenerasi	12
2.11. Karakterisasi.....	12

2.11.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.11.2. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	13
2.11.3. <i>Brunauer Emmet Teller</i> (BET).....	15
2.11.4. Spektrofotometer UV-Vis	15

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.2.1. Alat.....	17
3.2.2. Bahan.....	17
3.3. Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al (Manoeuchehri <i>et al.</i> , 2020).....	17
3.3.2. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg- Al/Asam Humat (Shi <i>et al.</i> , 2020)	18
3.3.3. Pembuatan Larutan Stok Ion Logam Cr(VI) 1000 ppm.....	18
3.3.4. Pengompleksan Cr(VI)-difenilkarbazid	18
3.3.5. Penentuan Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum.....	19
3.3.6. Pembuatan Deret Larutan Standar Cr(VI).....	19
3.3.7. Adsorpsi Cr(VI) Dengan Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat	19
3.3.7.1. Pengaruh pH Adsorpsi	19
3.3.7.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi.....	20
3.3.7.3. Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Adsorpsi	20
3.3.7.4. Desorpsi Cr(VI) oleh Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg- Al/Asam Humat	21
3.3.7.5. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg- Al/Asam Humat Terhadap Cr(VI)	21
3.4. Analisis Data	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Material Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat	25
4.2.	Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) Material Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat	26
4.3.	Hasil Analisis Karakterisasi <i>Brunauer Emmet Teller</i> (BET)	28
4.4.	Penentuan Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum Kompleks Ion Cr(VI)-Difenilkarbazida.....	30
4.5.	Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Hmat.....	30
4.5.1.	Pengaruh pH Adsorpsi Ion Cr(VI)	30
4.5.2.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Cr(VI)	32
4.5.3.	Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Adsorpsi Ion Cr(VI).....	35
4.5.4.	Desorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat	40
4.5.5.	Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat Terhadap Cr(VI).....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	43
5.2.	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur umum hidroksi lapis ganda (Wijitwongwan <i>et al.</i> , 2019).....	7
Gambar 2. Pola difraktogram XRD dari material Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al (Lin <i>et al.</i> , 2017).....	13
Gambar 3. Pola spektra FT-IR material hidroksi lapis ganda Mg-Al (Deng <i>et al.</i> , 2015).....	14
Gambar 4. Pola difraktogram XRD a) hidroksi lapis ganda Mg-Al, b) asam humat, c) komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam Humat.....	25
Gambar 5. Spektrum FT-IR a) hidroksi lapis ganda Mg-Al, b) asam humat, c) komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat ...	27
Gambar 6. Grafik isoterm adsorpsi-desorpsi a) asam humat, b) hidroksi lapis ganda Mg-Al, c) komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat.....	29
Gambar 7. Spektrum UV-Vis penentuan panjang gelombang pada absorbansi maksimum kompleks ion Cr(VI)-Difenilkarbazida .	30
Gambar 8. Pengaruh pH adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan hidroksi lapis ganda Mg-Al, asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat.....	31
Gambar 9. Diagram distribusi spesies ion Cr(VI) (Anconi <i>et al.</i> , 2018)	31
Gambar 10. Pengaruh waktu adsorpsi ion Cr(VI) terhadap hidroksi lapis ganda Mg-Al, asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat	33
Gambar 11. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan hidroksi lapis ganda Mg-Al	35
Gambar 12. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan asam humat	35
Gambar 13. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat.....	36
Gambar 14. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Ion Cr(VI)	41
Gambar 15. Hasil regenerasi adsorben hidroksi lapis ganda Mg-Al, asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat terhadap ion Cr(VI)	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data hasil pengukuran BET pada masing-masing	29
Tabel 2. Model kinetika adsorpsi ion Cr(VI) terhadap adsorben hidroksi lapis ganda Mg-Al, asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat	34
Tabel 3. Data isoterm adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan hidroksi lapis ganda Mg-Al, asam humat dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat	36
Tabel 4. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al	38
Tabel 5. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Adsorben Asam Humat	38
Tabel 6. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg-Al/Asam Humat	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Digital XRD.....	52
Lampiran 2.	Data Digital FT-IR	53
Lampiran 3.	Data Digital BET.....	54
Lampiran 4.	Data Panjang Gelombang Ion Cr(VI)-Difenilkarbazida	57
Lampiran 5.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Ion Cr(VI)	57
Lampiran 6.	Data Variasi pH Ion Cr(VI)	57
Lampiran 7.	Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Cr(VI).....	59
Lampiran 8.	Data Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Ion Cr(VI).....	62
Lampiran 9.	Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Ion Cr(VI)...	65
Lampiran 10.	Data Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Cr(VI).....	69
Lampiran 11.	Data Perhitungan Desorpsi Ion Cr(VI)	73
Lampiran 12.	Data Regenerasi Adsorben terhadap Ion Cr(VI).....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hidroksi lapis ganda merupakan kelompok klasik dari lempung anionik yang memiliki struktur berlapis dua dimensi yang terdiri dari lapisan seperti *brucite* yang bermuatan positif dan anion interlayer yang dapat ditukar (Zhu *et al.*, 2020). Hidroksi lapis ganda telah banyak menarik perhatian karena kemampuan pertukaran ionnya yang luar biasa, luas permukaan yang besar dan metode preparasi yang sederhana, dan telah diterapkan dalam berbagai proses teknik kimia dan lingkungan termasuk adsorpsi untuk penghilangan logam berat (Ali *et al.*, 2017).

Terdapat keuntungan menggunakan hidroksi lapis ganda yang memiliki struktur berlapis sebagai adsorben untuk penghilangan berbagai polutan di lingkungan, diantaranya polutan anorganik maupun polutan organik. Contoh polutan anorganik yang dapat dihilangkan yakni fosfat, arsenit, kromium dan lain-lain, sedangkan contoh polutan organik yang dapat dihilangkan yakni metil biru, metil merah dan *methyl orange* (Yu *et al.*, 2017). Selain terdapat keuntungan, hidroksi lapis ganda juga memiliki kekurangan diantaranya memiliki struktur yang kurang stabil dan mudahnya terkelupas pada lapisan saat pengaplikasiannya sehingga tidak dapat digunakan kembali pada proses adsorpsi. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi terhadap material tersebut dengan cara menambahkan material pendukung yakni bahan berbasis karbon agar dapat memperkuat struktur dan meningkatkan luas permukaan pada material hidroksi lapis ganda tersebut, sehingga material komposit dapat digunakan secara berulang atau regenerasi pada proses adsorpsi (Palapa *et al.*, 2020).

Terdapat beberapa contoh penelitian yang telah melakukan modifikasi material hidroksi lapis ganda, diantaranya Badri *et al.* (2020) memodifikasi material hidroksi lapis ganda Mg-Al dengan biochar untuk menghilangkan pewarna kationik dalam larutan air. Modifikasi struktur material hidroksi lapis ganda Mn-Al dengan biochar untuk menghilangkan logam Cu(II) dari larutan air (Wang *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Palapa *et al.* (2020) memodifikasi struktur hidroksi lapis ganda dengan melakukan komposit terhadap

material biochar sekam padi untuk adsorpsi zat warna kationik dari larutan berair. Penelitian oleh Laipan *et al.* (2020) tentang pembuatan material hidroksi lapis ganda/karbon nanomaterial untuk menghilangkan logam berat.

Asam humat merupakan bagian dari fraksi organik tanah gambut yang diketahui dapat mengadsorpsi polutan organik maupun polutan anorganik. Hal ini dikarenakan senyawa asam humat memiliki gugus-gugus fungsi aktif yang dapat berinteraksi dengan spesies logam diantaranya gugus COOH, -OH fenolik, enolat, -OH alkoholat dan gugus -C=O (Rahmawati dan Santoso, 2012). Oleh karena itu, gugus-gugus fungsional yang terdapat pada asam humat dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam-logam terlarut, termasuk logam berat yang memiliki sifat toksik (Suyanta dkk., 2004).

Logam kromium merupakan salah satu logam berat yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi dan tidak mudahnya terdegradasi secara biologis sehingga merupakan masalah utama pencemaran lingkungan. Logam kromium banyak digunakan oleh industri untuk pelapisan logam, membuat pigmen anorganik, penyamakan kulit, dan lain-lain. Logam kromium banyak ditemukan dalam dua bilangan oksidasi utama yakni Cr(III) dan Cr(VI), dimana ion logam Cr(VI) memiliki sifat toksisitas yang lebih tinggi dibandingkan ion logam Cr(III). (Yahyazadeh and shemirani, 2019). Salah satu dampak yang didapatkan dari terkontaminasi ion logam Cr(VI) yakni dapat menyebabkan nyeri epigastrik, iritasi pada kulit, mual, muntah, batuk, sesak napas, karsinoma paru, diare parah, dan menyebabkan perdarahan (Rouhaninezhad *et al.*, 2020), bahkan dapat menyebabkan kematian dalam konsentrasi yang tinggi (Sujatha and Sivarethinamohan, 2020) sehingga perlu tindakan remediasi ion logam Cr(VI) untuk menghilangkan atau menstabilkannya di lingkungan (Rouhaninezhad *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian Shi *et al.* (2020) tentang komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat sebagai adsorben untuk menghilangkan kadmium dalam larutan air melaporkan bahwa material komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan material hidroksi lapis ganda Mg-Al dalam proses adsorpsi kadmium tersebut. Hal ini dikarenakan pada material komposit menyajikan struktur berlapis yang bertumpuk

dan memiliki permukaan yang lebih kasar dibandingkan material hidroksi lapis ganda Mg-Al saja, sehingga hal ini dapat meningkatkan adsorpsi pada Cd.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis material hidroksi lapis ganda Mg-Al dengan metode kopresipitasi dan preparasi komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al dengan asam humat guna mendapatkan material komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al dengan asam humat, yang selanjutnya digunakan sebagai adsorben untuk ion logam Cr(VI). Modifikasi material yang diperoleh tersebut diharapkan dapat memperbesar luas permukaan pada adsorben dan dapat digunakan secara berulang pada proses adsorpsi ion logam Cr(VI) sehingga proses adsorpsi ion Cr(VI) lebih efektif dan memiliki kapasitas adsorpsi yang besar.

1.2. Rumusan Masalah

Hidroksi lapis ganda merupakan struktur berlapis dua dimensi yang terdiri dari lapisan seperti *brucite* yang bermuatan positif dan anion interlayer yang dapat menghilangkan polutan organik maupun anorganik. Akan tetapi, material hidroksi lapis ganda memiliki kekurangan yakni struktur material tersebut kurang stabil dan mudahnya terkelupas pada lapisan saat pengaplikasian berlangsung sehingga tidak dapat digunakan secara berulang pada proses adsorpsi. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi struktur hidroksi lapis ganda dengan cara mengkompositkan terhadap bahan berbasis karbon yakni asam humat, sehingga diharapkan material komposit dapat digunakan secara berulang dan memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Asam humat merupakan bagian dari fraksi organik tanah gambut memiliki gugus-gugus fungsi aktif diantaranya gugus COOH, -OH fenolik, enolat, -OH alkoholat dan gugus -C=O yang dapat mengadsorpsi logam berat. Logam kromium merupakan salah satu logam berat yang banyak ditemukan dalam dua bilangan oksidasi utama yakni Cr(III) dan Cr(VI), dimana ion logam Cr(VI) memiliki sifat toksisitas yang lebih tinggi dibandingkan ion logam Cr(III). Pada konsentrasi yang tinggi, ion Cr(VI) dapat menyebabkan kematian, sehingga sangat diperlukan metode untuk menghilangkan kandungan ion logam Cr(VI).

Pada penelitian ini dilakukan proses preparasi komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat yang dikarakterisasi dengan menggunakan analisis XRD, FT-IR dan BET. Material komposit hidroksi lapis ganda/asam humat tersebut

digunakan sebagai adsorben pada ion logam Cr(VI). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dipelajari seperti variasi pH, waktu kontak, konsentrasi, serta temperatur adsorpsi dan dilakukan juga proses desorpsi dan regenerasi guna mengetahui apakah adsorben tersebut dapat digunakan secara berulang dalam proses adsorpsi.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mensintesis material hidroksi lapis ganda Mg-Al dan komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat yang dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, serta analisis BET
2. Mempelajari adsorpsi ion Cr(VI) pada hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat melalui pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi serta pengaruh temperatur adsorpsi.
3. Menentukan persen desorpsi adsorben dari ion Cr(VI) dan regenerasi adsorben dari material komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat.

1.4. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi sintesis material komposit hidroksi lapis ganda Mg-Al/asam humat serta aplikasinya sebagai adsorben ion Cr(VI) dalam menanggulangi pencemaran air terkontaminasi logam berat pada lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyahlika, S.Z., Firdaus, M.L., dan Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Aarang Aktif Cangkang Bintaro (Cerbera odollam) Terhadap Zat Warna Sintesis Reactive Red-120 dan Reactive Blue-198. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148–155.
- Ali, J., Wang, H., Ifthikar, J., Khan, A., Wang, T., Zhan, K., Shahzad, A., Chen, Z., & Chen, Z. (2018). Efficient, Stable and Selective Adsorption of Heavy Metals by Thio-Functionalized Layered Double Hydroxide in Diverse Types of Water. *Chemical Engineering Journal*, 332, 387–397.
- Anconi, S. A. A. C., Martins Monteiro, M., & Paulo Andrada, C. (2018). Separation and Qualitative Analysis of Carbonate, Phosphate and Chromate Anions in Qualitative Inorganic Courses. *Educación Química*, 29(4), 49.
- Annisah, A., & Subhan, M. (2020). Efektifitas Regenerasi Bentonit dan Zeolit Bekas untuk Menyerap Logam Mangan dan Besi Dalam Limbah Cair Laboratorium. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 12–21.
- Ayawei, N., Ekubo, A. T. Wankasi, D. and Dikio, E. D. (2015). Synthesis and Application of Layered Double Hydroxide for the removal of Copper in Wastewater. *International Journal of Chemistry*, 7(1), 122.
- Badri, A. F., Palapa, N. R., Mohadi, R., & Lesbani, A. (2020). Cationic Dye Removal by Magnesium Aluminum - Biochar Composite from Aqueous Solution. *International Journal of Scientific & Technology Research* 9(07), 186–190.
- Basuki, R., Rusdiarso, B., & Santosa, S. J. (2017). Ekstraksi Adsorben Ramah Lingkungan dari Matriks Biologi : Asam Humat. *Chempublish Journal*, 2(1), 13–25.
- Castro-Castro, J. D., Macías-Quiroga, I. F., Giraldo-Gómez, G. I., & Sanabria-González, N. R. (2020). Adsorption of Cr(VI) in Aqueous Solution Using a Surfactant-Modified Bentonite. *Scientific World Journal*, 2020(17).
- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Daniel, S., & Thomas, S. (2020). Layered Double Hydroxides: Fundamentals to Applications. In *Layered Double Hydroxide Polymer Nanocomposites*.
- Darminto dan Suryaning, G. K. (2008). Pengaruh Waktu Kontak Tanah Diatomeae Terhadap Peningkatan Hasil Reduksi Cr(VI) oleh Fotokatalisis TiO₂. *Jurnal Chemical*. 9(2): 6.
- Deng, L., Zhou, S. and Xiaoxu, P. (2014). Adsorption of Cr(VI) Onto Magnetic CoFe₂O₄/MgAl-LDH Composite and Mechanism Study. *RSC Advances*, 4, 322–1328.

- Ekawati, R., Taslimah, T., & Pardoyo, P. (2010). Pengaruh Aktivasi Zeolit Dengan KMnO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ Dan H_2SO_4 Terhadap Adsorpsifitas Ion Na^+ dan Mg^{2+} Diujikan Pada Air Tanah Karimunjawa Blok I. In *Jurnal Sains Dan Matematika* (Vol. 18, Issue 4, pp. 150-157–157).
- Elavarasan, A. (2018). Edx and Xrd, Ft-Ir Spectra, Analysis Containing Hexavalent Chromium Metal Ion Adsorption Present in Aqueous Solution on to Phosphoric Acid (H_3PO_4) Activated Mimosops Elengi Leaves Carbon. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 8(5-s), 132–138.
- Fiol, N., & Villaescusa, I. (2009). Determination of Sorbent Point Zero Charge: Usefulness In Sorption Studies. *Environmental Chemistry Letters*, 7(1), 79–84.
- Firda, F., Mulyani, O., & Yuniarti, A. (2017). Pembentukan, Karakterisasi Serta Manfaat Asam Humat Terhadap Adsorpsi Logam Berat. *SoilREns*, 14(2), 9–13.
- Fisli, A., Ariyani, A., Wardiyati, S., & Yusuf, S. (2012). Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif untuk Meyerap Thorium. *Indonesian Journal of Material Science*, 13(3), 192–197.
- Fuadah, S. R. dan Rahmayanti, M. (2019). Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna Naftol Blue Black Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(02), 59–67.
- Gandhimathi, R., Vijayaraj, S., & Jyothirmaie, M. P. (2012). Analytical Process of Drugs by Ultraviolet (UV) Spectroscopy - A Review. *International Journal of Pharmaceutical Research & Analysis*, 2(2), 72–78.
- Han, J., Wei, M., Evans, D. G., & Duan, X. (2014). Hierarchical Layered Double Hydroxide Materials. *Advanced Hierarchical Nanostructured Materials*, 9783527333462, 231–266.
- Handayani, R. I., Dewi, N. K. dan Priyono, B. (2014). Akumulasi Kromium (Cr) Pada Daging Ikan Nila Merah (*Oreochromis ssp.*) dalam Karamba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta. *Jurnal MIPA*. 37(2): 124.
- Helal, A. A., Murad, G. A., & Helal, A. A. (2011). Characterization of different humic materials by various analytical techniques. *Arabian Journal of Chemistry*, 4(1), 51–54.
- Indah, S. dan Rohaniah, (2014). Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Dalam Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. 11(1), 48-49.
- Javadi, N., Raygan, S., & Seyyed Ebrahimi, S. A. (2012). Production of Nanocrystalline Magnetite for Adsorption of Cr (VI) Ions . *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 05, 771–783.

- Kandiban, M. P. V. and I. V. P. (2015). Synthesis and Characterization of Mgo Nanoparticles for Photocatalytic. *Conference, December*, 1–5.
- Karan, B. Z. and Ay, A. N. (2012). Layered Double Hydroxides - Multifunctional Nanomaterials. *Chemical Papers*, 66(1), 1–10.
- Kardiman, K., Marno, M., & Sumarjo, J. (2018). Analisis Sifat Mekanik Terhadap Bentuk Morfologi Papan Komposit Sekam Padi Sebagai Material Alternatif Pengganti Serat Kaca. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 2(1), 21.
- Khanifah, N., Sulistyarti, H., & Atikah. (2015). Pembuatan Tes Kit Kromium Berdasarkan Pembentukan Kompleks Cr(VI)-Difenilkarbazida Nurul Khanifah, Hermin Sulistyarti*, Akhmad Sabarudin. *Kimia Student Journal*, 1(1), 730–736.
- Kusumastuti, A. (2011). Pengenalan Pola Gelombang Khas Dengan Interpolasi. *Cauchy*, 2(1), 7.
- Laipan, M., Zhu, J., Xu, Y., Sun, L., & Zhu, R. (2020). Fabrication of Layered Double Hydroxide/Carbon Nanomaterial for Heavy Metals Removal. *Applied Clay Science*, 199(May), 105867.
- Langenati, R., Mordiono, R., Mustika, D., Wasito, B., & Ridwan. (2012). Pengaruh jenis adsorben dan konsentrasi uranium terhadap pemungutan uranium dari larutan uranil nitrat. *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Serpong*, 8(2), 67–122.
- Lestari, A. S., dan Dewi, S. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 11(1): 7-8.
- Lin, C. H., Chu, H. L., Hwang, W. S., Wang, M. C., & Ko, H. H. (2017). Synthesis and Optical Properties of Mg-Al Layered Double Hydroxides Precursor Powders. *AIP Advances*, 7(12).
- Lu, M., Zhang, Y., Su, Z., & Jiang, T. (2020). The NMR and Spectral Study on The Structure of Molecular Size-Fractionated Lignite Humic Acid. *Resources, Environment and Sustainability*, 2(August), 100004.
- Luo, X., Huang, Z., Lin, J., Li, X., Qiu, J., Liu, J., & Mao, X. (2020). Hydrothermal Carbonization of Sewage Sludge and In-situ Preparation of Hydrochar/MgAl-Layered Double Hydroxides Composites for Adsorption of Pb(II). *Journal of Cleaner Production*, 258, 120991.
- Manouchehri, M., Seidi, S., Rouhollahi, A., Noormohammadi, H., & Shanehsaz, M. (2020). Micro Solid Phase Extraction of Parabens from Breast Milk Samples Using Mg-Al Layered Double Hydroxide Functionalized Partially Reduced Graphene Oxide Nanocomposite. *Food Chemistry*, 314(January), 126223.

- Mindari, W., Aini, N., & Kusuma, Z. (2014). Effects of Humic Acid-Based Buffer + Cation on Chemical Characteristics of Saline Soils and Maize Growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 259–268.
- Mohiuddin, I., Grover, A., Aulakh, J. S., Malik, A. K., Lee, S. S., Brown, R. J. C., & Kim, K. H. (2021). Starch-Mg/Al Layered Double Hydroxide Composites as an Efficient Solid Phase Extraction Sorbent for Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs as environmental Pollutants. *Journal of Hazardous Materials*, 401(May 2020), 123782.
- Munasir, Triwakantoro, Zainuri, M. dan Darminto. (2012). Uji XRD dan XRF Pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 2(1): 23-24.
- Musella, E., Gualandi, I., Giorgetti, M., Scavetta, E., Basile, F., Rivalta, A., Venuti, E., Corticelli, F., Christian, M., Morandi, V., & Tonelli, D. (2020). Electrosynthesis and characterization of Layered Double Hydroxides on Different Supports. *Applied Clay Science*, July, 105949.
- Naimah, S., & Ermawati, R. (2011). Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) Dari Limbah Industri Pelapisan Logam Menggunakan Biomassa *Saccharomyces Cerevisiae* dari Hasil Samping Fermentasi Bir. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 33(1), 113.
- Nurlina, N., Syahbanu, I., Tamnasi, M. T., Nabela, C., & Furnata, M. D. (2018). Ekstraksi Dan Penentuan Gugus Fungsi Asam Humat Dari Pupuk Kotoran Sapi. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(1), 30.
- Palapa, N. R., Taher, T., Badri, A. F., Suheryanto, Mohadi, R., Rachmat, A., & Lesbani, A. (2021). Preparation of copper aluminum-biochar composite as adsorbent of malachite green in aqueous solution. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(1), 259–274.
- Palapa, N. R., Taher, T., Rahayu, B. R., Mohadi, R., Rachmat, A., & Lesbani, A. (2020). CuAl LDH/Rice Husk Biochar Composite for Enhanced Adsorptive Removal of Cationic Dye from Aqueous Solution. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 15(2), 525–537.
- Palapa, N. R., Taher, T., Said, M., Mohadi, R., & Lesbani, A. (2018). Adsorption of Cobalt (II) on Layered Double Hydroxides (Mg/Al and Ca/Al) In Aqueous Medium : Kinetic and Thermodynamic Aspect. *Science and Technology Indonesia*, 3(4), 189.
- Rahmawati, A., & Santoso, S. J. (2013). Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Dan Cd(II) Pada Asam Humat Dalam Medium Air. *Alchemy*, 2(1).
- Reesh, A. E. G. Y., Farghali, A. A., Taha, M., & Mahmoud, R. K. (2020). Novel synthesis of Ni/Fe layered double hydroxides using urea and glycerol and their enhanced adsorption behavior for Cr(VI) removal. *Scientific Reports*, 10(1), 1–20.

- Rouhaninezhad, A. A., Hojati, S., & Masir, M. N. (2020). Adsorption of Cr (VI) Onto Micro- and Nanoparticles of Palygorskite In Aqueous Solutions: Effects of pH and Humic Acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206(May), 111247.
- Santos, G. E. de S., Lins, P. V. dos S., Oliveira, L. M. T. de M., Silva, E. O. da, Anastopoulos, I., Erto, A., Giannakoudakis, D. A., Almeida, A. R. F. de, Duarte, J. L. da S., & Meili, L. (2020). Layered Double Hydroxides/Biochar Composites as Adsorbents for Water Remediation Applications: Recent Trends and Perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124755.
- Shi, M., Zhao, Z., Song, Y., Xu, M., Li, J., & Yao, L. (2020). A Novel Heat-Treated Humic Acid/MgAl-Layered Double Hydroxide Composite for Efficient Removal of Cadmium: Fabrication, Performance and Mechanisms. *Applied Clay Science*, 187(January), 105482.
- Sohrabnezhad, S., Poursafar, Z., & Asadollahi, A. (2020). Synthesis of Novel Core Shell of MgAl Layered Double Hydroxide @ Porous Magnetic Shell (MgAl-LDH PMN) As Carrier for Ciprofloxacin Drug. *Applied Clay Science*, 190(July 2019), 105586.
- Sujatha, S., & Sivarethinamohan, R. (2020). A Critical Review of Cr(VI) Ion Effect on Mankind and its Amputation Through Adsorption by Activated Carbon. *Materials Today: Proceedings*, 40.
- Suyanta, S., Sudiono, S., & Santosa, S. J. (2010). Determination of Rate Constant and Stability of Adsorption in Competitive Adsorption Of Cr(III) and Cd(II) On Humic Acid By Using The New Model of Kinetic Formulation. *Indonesian Journal of Chemistry*, 4(3), 161–167.
- Tayone, J. C. (n.d.). Spectrophotometric Determination of Chromium (VI) in Canned Fruit Juices. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 4531, 426–432.
- Tyas, A. H., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2018). Penentuan Kemampuan Penggunaan Ulang Komposit Kitosan-Karbon Pada Proses Adsorpsi Ce(IV). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(2), 61–68.
- Utama, S., Kristianto, H., & Andreas, A. (2016). Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,” Yogyakarta*(17 Maret 2016), 1–6.
- Vinodhini, V., & Das, N. (2010). Relevant Approach to Assess the Performance of Sawdust As Adsorbent of Chromium (VI) Ions from Aqueous Solutions. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(1), 85–92.
- Walewangko, J., Tani, D., & Caroles, J. D. S. (2020). Optimasi Spesiasi Kromium Ke Bentuk Cr (III) - Tanat. *Fullerence Journal of Chemistry*. 5(1), 1–4.

- Wang, T., Li, C., Wang, C., & Wang, H. (2018). Biochar/MnAl-LDH Composites for Cu (II) Removal from Aqueous Solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 538, 443–450.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Wijitwongwan, R., Intasa-Ard, S., & Ogawa, M. (2019). Preparation of Layered Double Hydroxides Toward Precisely Designed Hierarchical Organization. *ChemEngineering*, 3(3), 1–22.
- Wuryanti, D., & Suharyadi, E. (2018). Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) Dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ dan ZnFe₂O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 28.
- Yahyazadeh, E., & Shemirani, F. (2020). Arginine-Derived Carbon Nanoparticles for Determination Of Cr(VI) in Water Samples. *Luminescence*, 35(5), 694–701.
- Xu, J., Song, Y., Zhao, Y., Jiang, L., Mei, Y., & Chen, P. (2018). Chloride removal and corrosion inhibitions of nitrate, nitrite-intercalated Mg–Al layered double hydroxides on steel in saturated calcium hydroxide solution. *Applied Clay Science*, 163(June), 129–136.
- Yu, S., Wang, X., Chen, Z., Wang, J., Wang, S., Hayat, T., & 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.
- Zein, Rahmiana; Ramadhani, Putri; Aziz, Hermansyah; Suhaili, R. (2019). Pensi Shell (*Corbicula Moltkiana*) As A Biosorbent For Metanil Yellow Dyes Removal: pH and Equilibrium Model Evaluation. *Jurnal Litbang Industri*, 15–22.
- Zhang, A., Chen, W., Gu, Z., Li, Q., & Shi, G. (2018). Mechanism of adsorption of humic acid by modified aged refuse. *RSC Advances*, 8(59), 33642–33651.
- Zhang, B., Luan, L., Gao, R., Li, F., Li, Y., & Wu, T. (2017). Rapid and effective removal of Cr(VI) from aqueous solution using exfoliated LDH nanosheets. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 520(VI), 399–408.
- Zhu, Z., Ouyang, S., Li, P., Shan, L., Ma, R., & Zhang, P. (2020). Persistent Organic Pollutants Removal Via Hierarchical Flower-Like Layered Double Hydroxide: Adsorption Behaviors and Mechanism Investigation. *Applied Clay Science*, 188(February), 105500.

Zustriani, A. K. (2019). Desorpsi Ion Logam Besi (Fe) dan Tembaga(Cu) dari Adsorben Biji Pepaya dengan Larutan Pendesorpsi Asam dan Basa. *Integrated Lab Journal*. 7(2): 106-107.