

**ADSORPSI ION LOGAM Cr(VI) OLEH KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS  
GANDA Ni-Al/ASAM HUMAT**

**SKRIPSI**

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



**JULIANA PUTRI NDURU**

**08031181722062**

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

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **ADSORPSI ION LOGAM Cr(VI) OLEH KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni-Al/ASAM HUMAT**

#### **SKRIPSI**

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

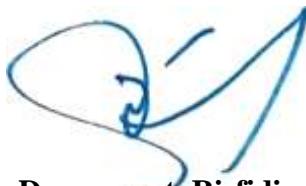
Oleh :

**JULIANA PUTRI NDURU**

**08031181722062**

Indralaya, 26 November 2021

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**  
**NIP. 197211092000032001**

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 “Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 November 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 26 November 2021

### Ketua :

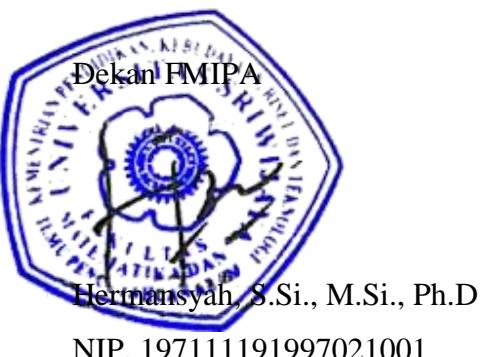
1. **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si**  
NIP. 197711272005011003

(  )

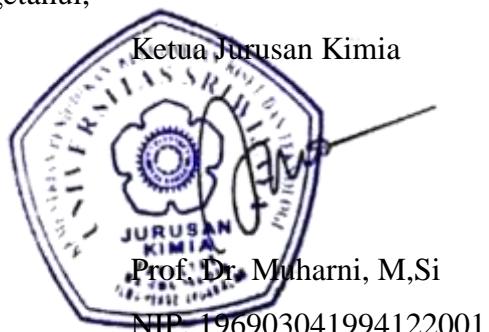
### Anggota :

2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**  
NIP. 197211092000032001
3. **Prof. Aldes Lesbani, S.Si, M.Si, Ph.D**  
NIP. 197408121998021001
4. **Dr. Nirwan Syarif, M.Si**  
NIP. 197010011999031003
5. **Nova Yuliasari, M.Si**  
NIP. 197307261999032001

(  )  
(  )  
(  )  
(  )



Mengetahui,



## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Juliana Putri Nduru

NIM : 08031181722062

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



Juliana Putri Nduru

NIM. 08031181722062

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

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

Nama Mahasiswa : Juliana Putri Nduru  
NIM : 08031181722062  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : 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: “Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat”. Dengan hak bebas royalty non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 26 November 2021

Yang menyatakan,



Juliana Putri Nduru

NIM. 08031181722062

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

- ❖ *Aku tahu, ya Allahku, bahwa Engkau adalah penguji hati dan berkenan kepada keikhlasan, maka akupun mempersesembahkan semuanya itu dengan sukarela dan tulus ikhlas (1 Tawarikh 29:17a)*
- ❖ *Aku hendak bersyukur kepada-Mu selama-lamanya, sebab Engkaulah yang bertindak; karena nama-Mu baik, aku hendak memasyhurkannya di depan orang-orang yang Kaukasih (Mazmur 52:11)*
- ❖ *Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (HR. at-Thabrani)*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✓ Tuhan Yang Maha Esa

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Ibu, Ayah, Kakak, Abang dan Adikku tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moral maupun materi
- ✓ Seluruh keluarga besarku
- ✓ Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- ✓ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan YME, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Adosrpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat”. 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 **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si** dan **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. Ibu Prof. Dr. Muhamni, 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 Drs. Hasanudin, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si dan Ibu Nova Yuliasari, 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. Kedua orang tua ku yang paling aku sayangi di dunia ini, yang selalu senantiasa memberikan support baik secara moril maupun materi yang tanpa diminta selalu mendoakan ku disegala kondisi, yang selalu mendahulukan keperluan ku daripada diri sendiri, *I luv u mom and dad.*

8. Kakak ku mama Tasha yang selalu mendengarkan aku hanya meminta kiriman uang namun tetap memberikan dukungan dan semangat. Adik ku Agus yang pikirannya sudah mulai dewasa yang juga selalu mengingatkan ku untuk tidak keluar batas, serta Abang ku Nirman yang selalu mendoakan kesuksesan ku.
9. Anak ku terkasih Tasha Tindaon yang selalu menjadi tempat melepaskan penat hanya dengan melihat tingkah lucunya, sehat terus yah boru. Dan Abang Ipar ku, Bapak Tasha yang juga menyemangati dan mendoakan ku.
10. Keluarga Besarku baik dari Ibu maupun Ayah yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
11. Teman terkasih ku Wulan, Rizkii, Claudia, August, Ncep dan Elfa. Terimakasih banyak untuk semua waktu yang udah kita habiskan selama ini. Untuk Ulan manusia yang tidak pernah mendahulukan dirinya sendiri dari orang lain, makasih banyak sudah selalu sedia saat aku susahkan, meski saat kamu butuh aku pura-pura meninggal hahaha, makasih banyak udah selalu ada saat-saat terakhir aku menyelesaikan skripsi ini. Yang selalu kena lampiasan amarah ku yang tak terkontrol. Buat ikii makasih udah mau nerima uluran tangan ku yang ga nyangka kita bisa bertahan temenan dari awal kuliah hingga sekarang, yang sudah melewati panas teriknya dunia pertemanan, yang selalu marahi aku kalau aku terlalu egois, makasih kii udah sabar mau temenan sama aku, dan makasih udah ada disaat masa terkelam ku awal pindah kosan, makasih untuk semuanya, dan terimakasih untuk terus sehat. Claudia teman tercoumel ku, makasih udah terlalu banyak mengerti aku yang terlalu egois ini, makasih udah mau banyak aku susahin, maap belum bisa jadi teman yang kamu harapkan, tapi ku harap kamu tahu kalau terkadang perkataan ku ga sesuai sama tindakan ku, saranghae. August a.k.a Echak, makasih banyak Chakk meski kamu ga banyak membantu wkwkwkk tapi kehadiran mu yang selalu menyusahkan membuat warna pada hidup ku ahhaha, yang selalu siap sedia ngangkat telvon ku meski aku ga tahu mau bahas apa, makasih banyak Gust udah bertahan dengan kerasnya Cinta Buta. Ncep bestie dari Tuhan, yang tidak berhenti bicara sampai disuruh berhenti, makasih sudah

menjadi tempat aku ngeluarin semuanya yang bahkan ke orang tua ku sendiri tidak, makasih udah bertahan selama ini. Dan Elfa teman dari plasenta terlepas, makasih udah jadi tempat aku berkeluh kesah, meskipun dia sendiri bingung dengan cerita ku yang seputaran kuliah. Tempat pertama yang kalau aku cerita dengan air mata, makasih banyak sudah menguatkan aku dengan tetap membawa ku mendekat kepada Tuhan.

12. Basecamp 1 (kak Pie dan Normeh) yang menjadi tempat aku bertanya dan sentiasa membimbing menjadi tutor selama penelitian hingga aku mendapatkan gelar ku. Bascamp 2 (kak Imah dan mas Aldi) yang menjadi penguat selama menjalani kerasnya dunia beskem ahhaah, makasih kak imah udah mau jadi tempat aku tertawa dan menangisi hidup ini. Bascamp 3 (Redo dan Bang Bibul) terimakasih untuk masukannya yang menguatkan dan meyakini diri ini, masih ada orang yang lebih buruk dari diri ini. Juga August yang udah jadi teman terkasih yang membantu setiap aku bingung dengan penelitian, dan Alfan my tetangga, makasih banyak udah mau direpotin, selalu minjamin motor yang bahkan suka lupa kalau itu motor punya Alfan karena udah dianggap jadi hak milik, yang selalu buatin halaman makalah juju, tencuuw.
13. Teman sepenelitian ku Amri, makasih banyak udah mau banyak direpotin dan disusahin selama penelitian, makasih udah sering mengalah dengan keegoisan Juju, makasih banyak udah menjadi orang paling baik juga se bumi, semoga semua kebaikan mu dibalaskan oleh yang di atas.
14. Tim Iso Ora Iso Halsuisso (Kak Deak dan Umii) yang udah menjadi tempat aku mencerahkan keluhan dengan jurusan, yang menjadi tim beberapa bulan terakhir ini karena aku ga mau nyiapin berkas dengan anak cowo, makasih Kak Deak orang baik se bumi, makasih Umii yang udah peka mau nyetirin ke layo karena Juju ga ada SIM. Makasih kalian udah jadi penghibur saat ponsel ku ga ada yang ngehubungi wkwkwkk. Yang jadi tempat aku bertanya keberadaan Bestie aku hahhaha.
15. Anak-anak Sarjana Tua (Kak ramdan, Celli, Dika, Heri, Citra, Umi, Kak Deak, dan Amri) yang udah mau barengan menyelesaikan administrasi

TA ini. Yang menjadi tempat berkeluh kesah dengan kerasnya dunia administrasi kampus.

16. Keluarga BEM KM FMIPA kabinet Inspiratif dan akor yang menjadi tempat ku mengenal orang baru di luar jurusan, yang membantu Juju menjadi orang yang lebih berani tampil percaya diri, dan mengajarkan Juju untuk menjadi pengurus yang butuh rasa tanggung jawab besar.
17. Keluarga kecil ku Hidrogen Family yang menjadi tempat luar biasa mengeluarkan ekspresi tanpa batas.
18. Keluarga kecil ku COIN dan KSR PMI yang jadi tempat pengembangan bakat yang juga mengajarkan banyak hal baru.
19. Teman seperjuangan angkatan 17, makasih udah bersama perjuangan di dunia perkuliahan. Especially untuk orang-orang baik (Apresi, Bang Jeff, Nadia, yuk Depi, dan Kiki) yang udah menjadi teman, keluarga dan guru di dunia rantau makasih banyak udah mau menerima juju dengan segala bentuk dan rupa.
20. Kakak kimia 16 terutama Kakak Mey, Kak Rahma dan Mas Aldi juga Kakak Intan dan Chika makasih udah senantiasa menyangi juju dengan segala bentuk wkwkwkk dan mengarahkan juju hingga menyelesaikan urusan dengan dunia perkuliahan ini.
21. Keluarga lintas jurusan ku Mega Nirwana, Olivia Intan, Bang Oki dan masih banyak lagi. Makasih banyak sudah menjadi tempat berbagi pengalaman dan mengasah kemampuan. Dan tempat curhat manusia bening-bening.
22. Teman seper-kpop-an Juju (Dian DW, Cik IU, Ipro, Kak Deak, Claudia) terimakasih udah jadi teman yang sefrekuensi dengan bersama membrantas para haters yang iri dengki wkkwkwwk. Makasih kepada circle toxic yang mengajarkan Juju untuk jajan kertas ganteng dari dasar hingga tidak pintar-pintar hahaha. Makasih Gaes udah jadi tempat melepaskan penat. Makasih Cik IU EXO-L yang selalu memberikan dukungan dan menyemangati aku dengan berita CY.
23. Adik-adik Kimia 19 (Mayang, Nadatul, Febi, Agung, Iqbal dan Azriel) yang udah mau bantuin Incess saat mengulang MK, dan menjadi

penghibur disaat beban mahasiswa akhir itu berat, yang juga mau bertanya prihal perkuliahan meski ga bakal dapat solusi. Semangat yah kalian kuliahnya, jangan berenti jadi orang baik. Terutama untuk Mayang jangan berhenti bertanya ke Incess yahh.

24. 9 Peterpan dengan satunya yang udah jadi suami orang serta 23 bujang ganteng yang baru juju kenal. Makasih sudah banyak menghibur juju disaat stress, menjadi tempat pelepasan emosi hanya dengan konten-kontennya. Especially untuk Chanyeol dan Renjun, terimakasih sudah hadir ke Bumi dengan keindahan yang luar biasa dan kebaikan hati yang membuat juju banyak berpikir saat bertindak.
25. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for, for never quitting.*

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan pahala yang setimpal dari Tuhan YME. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Tuhan YME. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi.

Indralaya, 26 November 2021



Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	vii
<b>SUMMARY .....</b>	xix
<b>RINGKASAN .....</b>	xx
<b>DAFTAR ISI .....</b>	xii
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xv
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	5
2.1. Hidroksi Lapis Ganda .....	5
2.1.1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda .....	6
2.1.2. Aplikasi Material Hidroksi Lapis Ganda .....	7
2.2. Asam Humat .....	8
2.3. Komposit .....	8
2.4. Adsorpsi dan Desorpsi .....	10
2.5. Regenerasi .....	11
2.6. Logam Berat .....	12
2.7. Karakterisasi .....	13
2.7.1. Analisis XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	13

2.7.2. Spektrofotometer FT-IR BET ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ) .....	15
2.7.3. Analisis BET ( <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> ) .....	16
2.7.4. Spektrofotometri UV-Vis .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
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 Penelitian.....	19
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al.....	19
3.3.2. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	20
3.3.3. Pembuatan Larutan Stok Cr(VI) .....	20
3.3.4. Pengopleksan Cr(VI) 1,5-difenikarbazida (SNI 6989.71:2009) .....	20
3.3.5. Penentuan Panjang Gelombang Absorbansi Maksimum dari Cr(VI).....	20
3.3.6. Pembuatan Larutan Standar Cr(VI) .....	21
3.3.7. Aplikasi hidroksi lapis ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI).....	21
3.3.7.1. Pengaruh Variasi pH Adsorpsi Ion Logam Cr(VI).....	21
3.3.7.2. Pengaruh Variasi pH Waktu Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	21
3.3.7.3. Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	22
3.3.8. Desorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	22

3.3.9. Regenerasi Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	23
3.4. Analisis Data .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1. Analisis XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Ni-Al/Asam Humat.....	26
4.2. Analisis FT-IR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ) Material Hidroksi LapisGanda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/ Asam Humat .....	27
4.3. Analisis Brunnaeur Emmet Teller (BET) Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/Asam Humat .....	29
4.4. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/Asam Humat sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI) .....	31
4.4.1. Pengaruh Variasi pH Adsorpsi Ion Logam Cr(VI).....	31
4.4.2. Pengaruh Variasi Waktu Adsorpsi Ion Logam Cr(VI)..	32
4.4.3. Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	34
4.5. Desorpsi Ion Logam Cr(VI) pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/Asam Humat .....	38
4.6. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/Asam Humat .....	39
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Umum Hidroksi Lapis Ganda.....	6
Gambar 2. Ilustrasi Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda dengan Biochar dan Grafit .....	10
Gambar 3. Pola Difaktrogram XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al..	14
Gambar 4. Pola Difaktogram XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Cu-Al, Biochar, Cu-Al/Biochar.....	15
Gambar 5. Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al (Abdolmohammad-Zadeh et al., 2011).....	16
Gambar 6. Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Cu-Al,Biochar, Cu-Al/Biochar.....	16
Gambar 7. Morfologi dan Komposisi dari Material Komposit Hidroksi Lapis Ganda Cu-Al/Biochar .....	17
Gambar 8. Pola Difraktogram a) Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al; b) Asam Humat; c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.	27
Gambar 9. Spektrum FT-IR a) Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al; b) Asam Humat; c) Komposit Hidroki Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat .	29
Gambar 10. Pola Adsorpsi-Desorpsi Nitrogen a) Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, (b) Asam Humat dan (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	29
Gambar 11. Pengaruh Variasi pH Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat .....	31
Gambar 12. Distribusi pH Ion Logam Cr(VI) (Balan dkk, 2013) .....	32
Gambar 13. Pengaruh Variasi Waktu Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Ni-Al/Asam Humat .....	32
Gambar 14. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur pada Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al .....	34

Gambar 15. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur pada Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) menggunakan adsorben asam humat .....	34
Gambar 16. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur pada Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	34
Gambar 17. Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Proses Desorpsi Ion Logam Cr(VI) pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	38
Gambar 18. Hubungan Siklus Regenerasi Adsorben dengan Jumlah Ion Logam Cr(VI) Teradsorpsi Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat .....	39

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Isoterm BET dari Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat).....	30
Tabel 2. Model Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	33
Tabel 3. Data Isoterm Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Isoterm Langmuir dan Freundlich dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al, Asam Humat dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat .....	35
Tabel 4. Data Entalpi ( $\Delta H$ ), Entropi ( $\Delta S$ ), Energi Bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) dan Kapasitas Adsorpsi ( $Q_e$ ) Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Hidroksi lapis ganda Ni-Al .....	36
Tabel 5. Data Entalpi ( $\Delta H$ ), Entropi ( $\Delta S$ ), Energi Bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) dan Kapasitas Adsorpsi ( $Q_e$ ) Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Asam Humat.....	37
Tabel 6. Data Entalpi ( $\Delta H$ ), Entropi ( $\Delta S$ ), Energi Bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) dan Kapasitas Adsorpsi ( $Q_e$ ) Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	37

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Data Digital XRD Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al .....	49
Lampiran 2. Data Digital XRD Asam Humat.....	50
Lampiran 3. Data Digital XRD Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat .....	51
Lampiran 4. Data Digital FT-IR Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al.....	52
Lampiran 5. Data Digital FT-IR Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	53
Lampiran 6. Data Digital BET Hidroksi Lapis ganda Ni-Al .....	54
Lampiran 7. Data Digital BET Asam Humat.....	55
Lampiran 8. Data Digital BET Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al/Asam Humat.....	56
Lampiran 9. Data Panjang Gelombang Cr(VI) .....	57
Lampiran 10. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cr(VI).....	57
Lampiran 11. Data Variasi pH Ion Logam Cr(VI) .....	58
Lampiran 12. Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Logam Cr(VI).....	59
Lampiran 13. Data Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Ion Logam Cr(VI).....	62
Lampiran 14. Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	65
Lampiran 15. Data Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	72
Lampiran 16. Data Perhitungan Desorpsi Ion Logam Cr(VI) .....	78
Lampiran 17. Data Regenerasi Adsorben terhadap Ion Logam Cr(VI).....	80

## SUMMARRY

### ADSORPTION OF Cr(VI) METAL IONS BY LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Ni-Al/HUMIC ACID COMPOSITE

Juliana Putri Nduru : Supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si  
Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University  
Xvi + 116 pages, 18 images, 6 tables, 17 attachments

Layered double hydroxide is a material that is flexible and easy to modified. The development of layered double hydroxide in this case was prepared as a composite material using humic acid by coprecipitation method which was characterized using XRD, FT-IR and BET analysis. The prepared adsorbent used in the Cr(VI) metal ions adsorption process by observing variations in pH, time, concentration, temperature and accompanied by kinetic, isotherm and thermodynamic parameters, as well as desorption ability of adsorbent regeneration. The results of XRD analysis of Ni-Al/humic acid composite materials showed the appearance of typical peaks of layered double hydroxide crystals of Ni-Al and humic acid at angles of 11.57°; 61.6° and 23.9°. FT-IR analysis on Ni-Al produces vibrations at wave number 3448.72; 1604.77; 1381.03; 547.78 and 439.77 cm<sup>-1</sup> indicated the presence of O–H, N=O and Al–O and Ni–O groups. FT-IR analysis on humic acid produces vibrations at wave numbers 3350, 1700, 1000 and 1220 cm<sup>-1</sup> which respectively indicated the presence of OH, C=O, CO and –OH groups from the –COOH group, and in Ni-Al/humic acid composite materials contains all the functional groups found in the Ni-Al layered double hydroxide and humic acid. BET analysis has shown that the surface area of the layered double hydroxide of Ni-Al, humic acid and Ni-Al/humic acid composites is 5.845 m<sup>2</sup>/g, 2.750 m<sup>2</sup>/g and 32.760 m<sup>2</sup>/g, indicated the preparation of Ni-Al/humic acid composites respectively succeeded in increasing the surface area of the layered double hydroxide.

Data on pH variations on Ni-Al layered double hydroxide materials and Ni-Al/humic acid layered double hydroxide composites showed maximum adsorption occurred at pH 3 and humic acid adsorbents occurred at pH 2. Adsorption kinetics data on Ni-Al layered double hydroxide materials, humic acid and Ni-Al/humic acid composites showed that the pseudo second order kinetics model was more suitable for the adsorption of Cr(VI) metal ions. The effect of adsorption concentration and temperature shows that the higher the adsorbate concentration and temperature, the greater the adsorption capacity. The equation for the adsorption isotherm in the double layer hydroxyl material of Ni-Al and humic acid is more suitable using the Langmuir isotherm model, while the Ni-Al/humic acid composite material is more suitable using the Freundlich adsorption isotherm model. The most effective solvent for desorption of Cr(VI) metal ions on layered double hydroxide adsorbent was HCl, while for humic acid and Ni-Al/humic acid composites was NaOH. The adsorbent from the composite preparation with humic acid was more stable to be used of the adsorbent as the repeated absorption of Cr(VI) metal ions.

Keywords : Adsorption, humic acid, Ni-Al layered double hydroxide, composite, Cr(VI) metal ions.

Citation : 46 (2005-2020)

## **RINGKASAN**

### **ADSORPSI ION LOGAM Cr(VI) OLEH KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni-Al/ASAM HUMAT**

Juliana Putri Nduru : Dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si  
Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya  
Xvi + 116 halaman, 18 gambar, 6 tabel, 17 lampiran

Hidroksi lapis ganda merupakan material yang bersifat fleksibel dan mudah dimodifikasi. Pengembangan hidroksi lapis ganda dalam hal ini dipreparasi sebagai material komposit menggunakan asam humat dengan metode kopresipitasi yang dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, FT-IR dan BET. Adsorben hasil preparasi selanjutnya digunakan dalam proses adsorpsi ion logam Cr(VI) dengan mengamati variasi pH, waktu, konsentrasi dan temperatur dan disertai dengan parameter kinetika, isoterm dan termodinamika, serta kemampuan desorpsi regenerasi adsorben. Hasil analisis XRD material komposit Ni-Al/asam humat menunjukkan munculnya puncak khas dari kristal hidroksi lapis ganda Ni-Al dan asam humat pada sudut  $11,57^\circ$ ,  $61,6^\circ$  dan  $23,9^\circ$ . Analisis FT-IR pada Ni-Al menghasilkan vibrasi pada bilangan gelombang 3448,72; 1604,77; 1381,03; 547,78 dan  $439,77\text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus O–H, N=O, serta Al–O dan Ni–O. Analisis FT-IR pada asam humat menghasilkan vibrasi pada bilangan gelombang 3350, 1700, 1000 dan  $1220\text{ cm}^{-1}$  yang secara berturut-turut menandakan adanya gugus O–H, C=O, C–O dan –OH dari gugus –COOH, dan pada material komposit Ni-Al/asam humat terkandung semua gugus fungsi yang terdapat pada hidroksi lapis ganda Ni-Al dan asam humat. Analisis BET menunjukkan luas permukaan hidroksi lapis ganda Ni-Al, asam humat dan komposit Ni-Al/asam humat masing-masing  $5,845\text{ m}^2/\text{g}$ ,  $2,750\text{ m}^2/\text{g}$  dan  $32,760\text{ m}^2/\text{g}$ , menandakan preparasi komposit Ni-Al/asam humat berhasil meningkatkan luas permukaan hidroksi lapis ganda.

Data variasi pH pada material hidroksi lapis ganda Ni-Al dan komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat menunjukkan adsorpsi maksimum terjadi pada pH 3 dan adsorben asam humat terjadi pada pH 2. Data kinetika adsorpsi pada material hidroksi lapis ganda Ni-Al, asam humat dan komposit Ni-Al/asam humat menunjukkan bahwa model kinetika *pseudo second order* lebih sesuai untuk adsorpsi ion logam Cr(VI). Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi adsorbat dan temperatur maka semakin besar kapasitas adsorpsinya. Persamaan isoterm adsorpsi pada material hidroksi lapis ganda Ni-Al dan asam humat lebih cocok menggunakan model isoterm Langmuir sedangkan pada material komposit Ni-Al/asam humat lebih cocok menggunakan model isoterm adsorpsi Freundlich. Pelarut yang paling efektif untuk mendesorpsi ion logam Cr(VI) pada adsorben hidroksi lapis ganda adalah HCl, sedangkan pada asam humat dan komposit Ni-Al/asam humat adalah NaOH. Adsorben hasil preparasi komposit dengan asam humat lebih stabil digunakan dalam penggunaan adsorben sebagai penyerapan ion logam Cr(VI) secara berulang.

Kata kunci : Adsorpsi, asam humat, hidroksi lapis ganda Ni-Al, komposit, ion logam Cr(VI).

Situs : 46 (2005-2020)

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Hidroksi lapis ganda (LDH) merupakan material berstruktur nano dua dimensi (dos Santos *et al.*, 2021) atau campuran logam dan hidroksida dengan lapisan yang bermuatan positif yang diinterkalasi oleh anion penyeimbang muatan dengan molekul air (Buates *and* Imai, 2020). Hidroksi lapis ganda juga dikenal sebagai material hidrotalsit atau lempung anionik, dan material brucite karena strukturnya yang mirip dengan mineral *hydrotalcite* (HT) atau berlapis (Belviso *et al.*, 2020). Material hidroksi lapis ganda mempunyai keunikan sifat seperti kemampuan pertukaran ion yang tinggi, dengan luas permukaan yang besar, (Manouchehri *et al.*, 2020) fleksibel, serta kemampuan efek memori, membuat hidroksi lapis ganda menarik untuk dipelajari (Daniel *and* Thomas, 2020).

Pencemaran yang mengandung logam berat (Saputro *et al.*, 2016) dapat menjadi sumber keracunan (Sujatha *and* Sivarethnamohan, 2020) bagi kesehatan manusia bahkan dapat menyebabkan kematian (Yuliyati *and* Natanael, 2016). Salah satu logam berat yang sangat berbahaya adalah kromium (Cr). Kromium (Cr), memiliki dua keadaan ionik utama berupa Cr(III) dan Cr(VI). Cr(VI) menunjukkan tingkat oksidasi yang kuat yang dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti tukak lambung kronis, radang hati dan kanker paru karena sifatnya yang karsinogenik dan mutagenik, sehingga dibutuhkan metode guna penghilangan Cr(VI). Metode adsorpsi menjadi pilihan yang efektif untuk menghilangkan Cr(VI) (Ou *et al.*, 2020) yang dapat ditentukan dengan metode spektrofotometri dengan mereaksikan Cr(VI) dengan difenilkarbazida, Cr(VI) tersebut dapat diperoleh dari larutan  $K_2Cr_2O_7$  (Yuan *et al.*, 2008).

Studi terbaru telah membuktikan bahwa hidroksi lapis ganda banyak digunakan sebagai adsorben yang efektif pada proses adsorpsi (Zhang *et al.*, 2021). Namun, Palapa *et al.* (2020) menjelaskan bahwa struktur lapisan dari hidroksi lapis ganda dapat mengalami kerusakan selama proses adsorpsi, membuat materialnya sehingga tidak dapat digunakan secara berulang, hal ini yang mendorong modifikasi hidroksi lapis ganda terus dilakukan guna meningkatkan kapasitas

adsorpsi serta kestabilan struktur dari hidroksi lapis ganda sehingga dapat digunakan berulang dalam proses adsorpsi.

Salah satu cara modifikasi hidroksi lapis ganda yang dapat dilakukan adalah mengkompositkannya dengan material berbasis karbon (dos Santos *et al.*, 2021). Material komposit diketahui sebagai material hasil penggabungan dua atau lebih material penyusun dengan bentuk fisik dan kimia yang berbeda, dan memiliki sifat yang sama dengan material penyusunnya (Fayomi *et al.*, 2020). Salah satu material berbasis karbon yang dapat digunakan untuk menunjang efektivitas hidroksi lapis ganda sebagai adsorben adalah asam humat. Asam humat adalah unsur utama penyusun tanah berupa bahan organik dengan sejumlah gugus fungsi seperti gugus karboksilat, fenolik, keton dan karbonil. Gugus fungsi yang dimiliki asam humat tersebut menjadikannya berpotensi untuk mengikat oksida logam dan ion logam (Santos *et al.*, 2018). Oleh karena itu, polimer alami modifikasi asam humat sebagai adsorben ion logam memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan material lainnya (Su *et al.*, 2021) yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi (Zubair *et al.*, 2021).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Palapa *et al.* (2020) mengenai hidroksi lapis ganda Cu-Al/biochar sekam padi menunjukkan hidroksi lapis ganda sangat efektif digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan polutan malasit hijau dengan kapasitas adsorpsi komposit sebesar 470,49 mg/g dimana biochar diketahui sebagai bahan padat yang kaya akan karbon. Lesbani *et al.*, (2020) melaporkan penggunaan komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-biochar sebagai adsorben metilen biru dengan kapasitas adsorpsi sebesar 32,535 mg/g. Penelitian lain yang dilakukan oleh Normah *et al.*, (2021) mensintesis komposit hidroksi lapis ganda dengan hidrochar kulit rambutan sebagai adsorben penghilang zat warna metilen biru. Siregar *et al.*, (2021) juga melakukan sintesis hidroksi lapis ganda dengan grafit yang diaplikasikan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi kongo merah. Shi *et al.*, (2020) melakukan sintesis komposit Mg-Al/asam humat yang diaplikasikan sebagai penghilang ion logam Cd dengan kapasitas adsorpsi sebesar 155,28 mg/g.

Penelitian ini berfokus terhadap proses sintesis material hidroksi lapis ganda Ni-Al, dimana Ni bertindak sebagai kation logam divalen ( $M^{2+}$ ) dan Al bertindak sebagai kation logam trivalen ( $M^{3+}$ ). Material hidroksi lapis ganda Ni/Al hasil

sintesis selanjutnya dipreparasi dengan asam humat menghasilkan material komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat. Material hasil sintesis tersebut kemudian dikarakterisasi menggunakan analisis XRD (*X-Ray Diffraction*), analisis spektrofotometer FT-IR (*Fourier Transform Infrared*), dan analisis BET (*Brunauer, Emmet, Teller*). Material komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat tersebut akan digunakan sebagai adsorben untuk ion logam Cr(VI). Cr(VI) menunjukkan tingkat oksidasi yang kuat yang dapat menimbulkan berbagai penyakit karena sifatnya yang karsinogenik dan mutagenik seperti tukak lambung kronis, radang hati dan kanker paru.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Salah satu adsorben yang paling efektif untuk metode adsorpsi adalah material hidroksi lapis ganda. Penggunaan material hidroksi lapis ganda sebagai adsorben ion logam Cr(VI) mempunyai struktur yang tidak stabil apabila digunakan secara berulang pada proses adsorpsi. Hal ini yang membuat dibutuhkannya modifikasi material hidroksi lapis ganda untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini telah dilakukan modifikasi terhadap hidroksi lapis ganda Ni-Al dengan mengkompositkannya terhadap asam humat untuk menghasilkan adsorben yang lebih stabil, dengan kapasitas adsorpsinya yang tinggi serta dapat digunakan berulang kali. Adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat akan dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, FT-IR dan BET yang dapat diamati melalui beberapa variasi variabel berupa pengaruh pH, waktu, konsentrasi dan temperatur adsorpsi dan mengamati proses desorpsi dan regenerasi pada adsorben sehingga dapat diketahui adsorben tersebut dapat digunakan secara berulang pada proses adsorpsi.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Sintesis material hidroksi lapis ganda Ni-Al dan preparasi komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat dan dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, spektrofotometer FT-IR dan BET.
2. Menentukan pengaruh variasi pH, waktu, konsentrasi dan temperatur adsorpsi terhadap kemampuan adsorpsi ion logam Cr(VI) pada adsorben.
3. Menentukan kemampuan desorpsi ion logam Cr(VI) serta regenerasi masing-masing adsorben.

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

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai preparasi dari komposit hidroksi lapis ganda Ni-Al/asam humat beserta aplikasinya sebagai adsorben untuk ion logam Cr(VI) guna mengatasi pencemaran logam berat pada lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdolmohammad-Zadeh, H., Kohansal, S., and Sadeghi, G. H. (2011). Nickel-Aluminum Layered Double Hydroxide as A Nanosorbent for Selective Solid-Phase Extraction and Spectrofluorometric Determination of Salicylic Acid in Pharmaceutical And Biological Samples. *Talanta*, 84(2): 368–373.
- Alves, E. M., Rodrigues, R. J., dos Santos Corrêa, C., Fidemann, T., Rocha, J. C., Buzzo, J. L. L., de Oliva Neto, P., and Núñez, E. G. F. (2018). Use of Ultraviolet–Visible Spectrophotometry Associated with Artificial Neural Networks as An Alternative for Determining The Water Quality Index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6): 1–15.
- Anam, C., Sirojudin, dan Firdausi, K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1): 79–85.
- Arrabito, G., Bonasera, A., Prestopino, G., Orsini, A., Mattoccia, A., Martinelli, E., Pignataro, B., and Medaglia, P. G. (2019). Layered Double Hydroxides: A Toolbox for Chemistry and Biology. *Crystals*, 9(7): 1–53.
- Ashekuzzaman, S. M., and Jiang, J. Q. (2014). Study on The Sorption-Desorption-Regeneration Performance of Ca-, Mg- and CaMg-Based Layered Double Hydroxides for Removing Phosphate from Water. *Chemical Engineering Journal*, 246: 97–105.
- Balan, C., Volf, I., and Bilba, D. (2013). Uklanjanje Hroma (VI) iz Vodenih Rastvora Pomoću Purolita-Bazne Anjonske Smole Sa Gel Strukturom. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 19(4): 615–628.
- Belviso, C., Piancastelli, A., Sturini, M., and Belviso, S. (2020). Synthesis of Composite Zeolite-Layered Double Hydroxides using Ultrasonic Neutralized Red Mud. *Microporous and Mesoporous Materials*, 29(9): 1–41.
- Boccalon, E., Gorrasi, G., and Nocchetti, M. (2020). Layered Double Hydroxides are Still Out in The Bloom: Syntheses, Applications and Advantages of Three-Dimensional Flower-Like Structures. *Advances in Colloid and Interface Science*, 28(5):1–48.
- Brame, J. A., and Griggs, C. (2016). Surface Area Analysis using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) Method: Scientific Operation Procedure Series : SOP-C. *Environmental: U.S Army Engineer Research and Development Center*.
- Buates, J., and Imai, T. (2020). Biochar Functionalization With Layered Double Hydroxides Composites: Preparation, Characterization, And Application For Effective Phosphate Removal. *Journal of Water Process Engineering*, 37(1): 1–12.

- Chang, Q., Zhu, L., Luo, Z., Lei, M., Zhang, S., and Tang, H. (2011). Sono-Assisted Preparation of Magnetic Magnesium-Aluminum Layered Double Hydroxides and Their Application for Removing Fluoride. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(2): 553–561.
- Chauhan, A. (2014). Powder XRD Technique and its Applications in Science and Technology. *Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques*, 5(6):1–6.
- Daniel, S., and Thomas, S. (2020). Layered Double Hydroxides: Fundamentals to Applications. In *Layered Double Hydroxide Polymer Nanocomposites*.
- Dole, M. N., Patel, P. A., Sawant, S. D., and Shedpure, P. S. (2011). Advance Applications of Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 7(2): 159–166.
- dos 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., and Meili, L. (2021). Layered Double Hydroxides/Biochar Composites as Adsorbents for Water Remediation Applications: Recent Trends and Perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 284, 1–50 .
- Egbo, M. K. (2020). A Fundamental Review on Composite Materials and Some of Their Applications in Biomedical Engineering. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 7(7): 1–16.
- El-Zahhar, A. A., Idris, A. M., Fawy, K. F., and Arshad, M. (2019). SEM, SEM-EDX,  $\mu$ -ATR-FTIR And XRD for Urban Street Dust Characterisation. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 10(1): 1–19.
- Fayomi, O. S. I., Babaremu, K. O., Akande, I. G., and Popoola, A. P. I. (2020). Composite Materials on The Manufacturing of Metallic Surface Alloys. *Materials Today: Proceedings*, 38(4): 2337–2341.
- Gandhimathi, R., Vijayaraj, S., and Jyothirmaie, M. P. (2012). Analytical Process of Drugs By Ultraviolet (UV) Spectroscopy-A Review. *International Journal of Pharmaceutical Research& Analysis*, 2(2): 72–78.
- Gholami, P., Khataee, A., Soltani, R. D. C., Dinpazhoh, L., & Bhatnagar, A. (2020). Photocatalytic degradation of gemifloxacin antibiotic using Zn-Co-LDH@biochar nanocomposite. *Journal of Hazardous Materials*, 1(382): 121070.
- Guo, B., Wang, Y., Qiao, X., Shen, X., Guo, J., Xiang, J., and Jin, Y. (2021). Experiment and Regeneration Kinetic Model Study on CO<sub>2</sub> Adsorbent Prepared from Fly Ash. *Chemical Engineering Journal*, 421(9): 127865.

- Indah, S. (2014). Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) dalam Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah. *Jurnal Dampak*, 11(1):1–48.
- Katsumi, N., Yonebayashi, K., and Okazaki, M. (2015). Evaluation of Stacking Nanostructure in Soil Humic Acids By Analysis Of The 002 Band of Their X-Ray Diffraction Profiles. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(4): 603–612.
- Kong, J., and Yu, S. (2007). Fourier Transform Infrared Spectroscopic Analysis of Protein Secondary Structures. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 39(8): 549–559.
- Kubo, D., Tadanaga, K., Hayashi, A., and Tatsumisago, M. (2012). Hydroxide Ion Conduction in Ni-Al Layered Double Hydroxide. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 671(3): 102–105.
- Kustomo. (2020). Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetik Nanopartikel Berlapis Asam Humat. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(3):1–13.
- Lesbani, A., Asri, F., Palapa, N. R., Taher, T., and Rachmat, A. (2020). Efficient Removal of Methylene Blue By Adsorption Using Composite Based Ca/Al Layered Double Hydroxide-Biochar. *Global Nest Journal*, 22(2): 250–257.
- Manouchehri, M., Seidi, S., Rouhollahi, A., Noormohammadi, H., and 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(1): 1–35.
- Maryam, M., Suriani, A. B., Shamsudin, M. S., and Rusop, M. (2013). BET Analysis on Carbon Nanotubes: Comparison between Single and Double Stage Thermal CVD Method. *Advanced Materials Research*, 626: 289–293.
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A., and Widiaratih, R. (2020). Desorpsi pada Ekstraksi Padat-Cair, *Indonesian Journal of Environmental*, 12(2): 385–396.
- Maziarz, P., Matusik, J., Strączek, T., Kapusta, C., Woch, W. M., Tokarz, W., Radziszewska, A., and Leiviskä, T. (2019). Highly Effective Magnet-Responsive LDH-Fe Oxide Composite Adsorbents for As(V) Removal. *Chemical Engineering Journal*, 362(10): 207–216.
- Mohadi, R., Hidayati, N., Santosa, S. J., and Narsito. (2008). Karakterisasi Asam Humat dari Gambut. *Indonesian Journal Environmental*, 1(1):1–11.
- Moller, M., and Pich, A. (2017). Development of Modified Layered Silicates with Superior Adsorption Properties for Uptake of Pollutants from Air and Water.

*Dissertation, Zur Erlanggun University: Germanny.*

- Nasruddin, M., Rosnelly, C. M., and Mulana, F. (2017). Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccana*). *Jurnal Ilmu Kebencanaan*, 4(4): 117–125.
- Normah, Palapa, N. R., Taher, T., Mohadi, R., Utami, H. P., and Lesbani, A. (2021). The Ability of Composite Ni/Al-Carbon Based Material Toward Readsorption of Iron(II) in Aqueous Solution. *Science and Technology Indonesia*, 6(3): 156–165.
- Otoukesh, M., Es'haghi, Z., Feizy, J., and Nerin, C. (2020). Graphene Oxide/ Layered Double Hydroxides Sulfonated Polyaniline: A Sorbent for Ultrasonic Assisted Dispersive Solid Phase Extraction of Phthalates in Distilled Herbal Beverages. *Journal of Chromatography A*, 16(25): 1–47.
- Ou, B., Wang, J., Wu, Y., Zhao, S., and Wang, Z. (2020). Efficient Removal of Cr(VI) By Magnetic and Recyclable Calcined Cofe-LDH/G-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Via The Synergy of Adsorption and Photocatalysis Under Visible Light. *Chemical Engineering Journal*, 380(1): 1–12.
- Palapa, N. R., Mohadi, R., Rachmat, A., and Lesbani, A. (2020). Adsorption Study of Malachite Green Removal from Aqueous Solution Using Cu/M3+ (M<sup>3+</sup>=Al, Cr) Layered Double Hydroxide. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(1): 33–45.
- Palapa, N. R., Taher, T., Said, M., Mohadi, R., and 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.
- Pohan, M. S. A., Sutarno, dan Suyanta. (2016). Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat pada Bentonit Termodifikasi CTAB. *Indo. J. Chem. Res.*, 18(3): 135–136.
- Pšenička, M., Škoda, J., and Pospíšil, M. (2020). Structural Arrangement and Properties of Layered Double Hydroxide Drug Nanocarrier Intercalated By Sulindac and Mefenamic Acid Solved By Molecular Simulation Methods. *Applied Clay Science*, 189(1): 1–19.
- Riqotul Fuadah, S. , and 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(2): 59–67.
- Sahoo, D. P., Patnaik, S., and Parida, K. (2021). An Amine Functionalized ZnCr LDH/MCM-41 Nanocomposite As Efficient Visible Light Induced Photocatalyst for Cr(VI) Reduction. *Materials Today: Proceedings*, 35(4000): 252–257.

- Samuei, S., Rezvani, Z., Habibi, B., and Oskoui, M. S. (2019). Synthesis and Characterization of Oxidized Commal-Layered Double Hydroxide and Graphene Oxide Nanocomposite As A More Efficient Electrocatalyst for Oxygen Evolution Reaction. *Applied Clay Science*, 169(1): 31–39.
- Saputro, S., Masykuri, M., Mahardiani, L., Mulyani, B., and Wahyuni, N. T. (2016). Kajian Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Adsorben Kombinasi Arang Aktif Sekam Padi dan Zeolit Menggunakan Metode Solid-Phase Spectrophotometry (Sps). *Jurnal Sains Dasar*, 5(2): 116.
- Septiani, U., Tasari, F. J., dan Zilfa, Z. (2020). Adsorpsi Asam Humat pada Zeolit Alam yang Dimodifikasi dengan TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Riset Kimia*, 11(1): 43–51.
- Shi, M., Zhao, Z., Song, Y., Xu, M., Li, J., and 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(1): 1–9.
- Sinaga, R. S., Purwonugroho, D., and Darjito. (2015). Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa *Azolla Microphylla* Diesterifikasi dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl. *Kimia Studentjournal*, 1(1): 629–635.
- Siregar, P. M. S. B. N., Palapa, N. R., Wijaya, A., Fitri, E. S., and Lesbani, A. (2021). Structural Stability of Ni/Al Layered Double Hydroxide Supported on Graphite and Biochar Toward Adsorption of Congo Red. *Science and Technology Indonesia*, 6(2): 85–95.
- Su, X., Hu, J., Zhang, J., Liu, H., Yan, C., Xu, J., Ma, Y., and Song, J. (2021). Investigating The Adsorption Behavior and Mechanisms of Insoluble Humic Acid/Starch Composite Microspheres for Metal Ions from Water. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 610(1):1–32.
- Sujatha, S., and Sivarethnamohan, R. (2020). A Critical Review of Cr(VI) Ion Effect on Mankind and its Amputation Through Adsorption By Activated Carbon. *Materials Today: Proceedings*, 37(2): 1158–1162.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi Logam Timbal(Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1): 500–506.
- Vakili, M., Deng, S., Cagnetta, G., Wang, W., Meng, P., Liu, D., and Yu, G. (2019). Regeneration of Chitosan-Based Adsorbents used in Heavy Metal Adsorption: A Review. *Separation and Purification Technology*, 224(1): 373–387.
- Wani, A. A., Khan, A. M., Manea, Y. K., Shahadat, M., Ahammad, S. Z., and Ali, S. W. (2020). Graphene-Supported Organic-Inorganic Layered Double Hydroxides

and Their Environmental Applications: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 27(3): 1–81.

Waseda, Y., Matsubara, E., and Shinoda, K. (2011). Collective Model of Chiral and Wobbling Modes in Nuclei. In *Scientia Sinica: Physica, Mechanica et Astronomica* 46(1): 1–11.

Yuan, D., Fu, D., Wang, R., and Yuan, J. (2008). Rapid Determination of Cr(VI) in Electroplating Waste Water By Use of A Spectrophotometric Flow Injection System. *Spectrochimica Acta-Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 71(1): 276–279.

Yuliyati, Y. B., and Natanael, C. L. (2016). Isolasi Karakterisasi Asam Humat dan Penentuan Daya Serapnya terhadap Ion Logam Pb(II) Cu(II) dan Fe(II). *Al-Kimia*, 4(1): 43–53.

Zhang, J., Wang, X., Zhan, S., Li, H., Ma, C., and Qiu, Z. (2021). Synthesis of Mg/Al-LDH Nanoflakes Decorated Magnetic Mesoporous MCM-41 and its Application in Humic Acid Adsorption. *Microchemical Journal* 162(1): 1–48.

Zheng, Y., Cheng, B., You, W., Yu, J., and Ho, W. (2019). 3D Hierarchical Graphene Oxide-NiFe LDH Composite with Enhanced Adsorption Affinity to Congo Red, Methyl Orange and Cr(VI) Ions. *Journal of Hazardous Materials*, 369(1): 214–225.

Zubair, M., Ihsanullah, I., Abdul Aziz, H., Azmier Ahmad, M., and Al-Harthi, M. A. (2021). Sustainable Wastewater Treatment By Biochar/Layered Double Hydroxide Composites: Progress, Challenges, and Outlook. *Bioresource Technology*, 319(1): 1–13.