

**PREPARASI KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni/Al-SELULOSA
DAN APLIKASI SERTA REGENERASI PADA ADSORPSI MALASIT
HIJAU**

SKRIPSI

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



OLEH:

ZAQIYA ARTHA ZAHARA

08031181823007

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PREPARASI KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni/Al-SELULOSA
DAN APLIKASI SERTA REGENERASI PADA ADSORPSI MALASIT
HIJAU**

SKRIPSI

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

Oleh:

Zaqiya Artha Zahara

08031181823007

Indralaya, 25 Maret 2022

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D

NIP. 197111191997021001

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end.

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

NIP. 197711272005011003

HALAMAN PERSETUJUAN

Makalah tugas akhir Zaqiya Artha Zahara / 08031181823007 dengan judul “Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa dan Aplikasi serta Regenerasi pada Adsorpsi Malasit Hijau” yang telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Maret 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Inderalaya, 25 Maret 2022

Pembimbing:

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

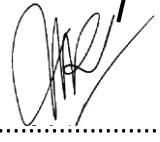
NIP. 197711272005011003

()

Penguji:

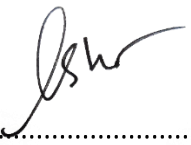
1. Prof. Aldes Lesbani, Ph. D

NIP. 197408121998021001

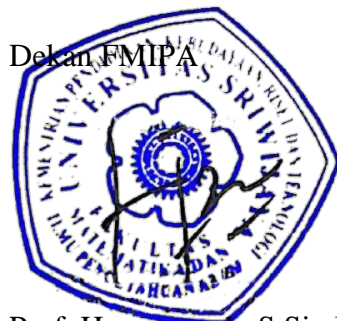
()

2. Dr. Addy Rachmat, M.Si

NIP. 197409282000121001

()

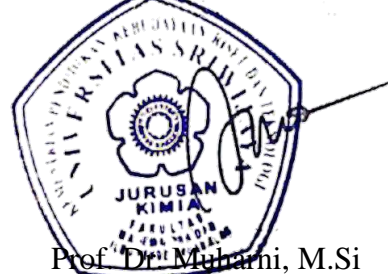
Mengetahui,



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 19711191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M.Si

NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Zaqiya Artha Zahara

NIM : 08031181823007

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, 24 Maret 2022

Penulis



Zaqiya Artha Zahara

NIM. 08031181823007

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

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

Nama Mahasiswa : Zaqiya Artha Zahara

NIM : 08031181823007

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: “Preparasi Komposit Hidorksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa dan Aplikasi serta Regenerasi pada Adsorpsi Malasit Hijau”. 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, 25 Maret 2022

Yang menyatakan



Zaqiya Artha Zahara

NIM. 08031181823007

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahimm...

“Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: “Berlapang-lapanglah dalam majelis”, maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: “Berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”. (Q.S. Al-Maidah: 11).

“Dan sesungguhnya Dialah yang menjadikan orang tertawa dan menangis”. (Q.S. An-Najm: 43).

“Dan janganlah kamu merasa lemah, dan jangan pula bersedih hati, sebab kamu paling tinggi derajatnya, jika kamu orang yang beriman”. (Q.S. Ali ‘Imran: 139).

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ❖ Allah SWT.
- ❖ Nabi Muhammad SAW.

Dan kupersembahkan kepada:

- ❖ Ibu, bapak, dan kakakku tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan.
- ❖ Keluarga besar.
- ❖ Pembimbing tugas akhir penelitian dan skripsi Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D yang telah menyediakan laboratorium untuk melakukan penelitian tugas akhir.
- ❖ Dosen pembimbing akademik Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.
- ❖ Seluruh dosen akademik FMIPA Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan hidayah, iman, islam, kesehatan, dan pertolongan kepada hambanya dalam setiap kegiatan yang dilakukan. Sholawat beserta salam selalu kita panjatkan dan kirimkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membuat kita mengenal nikmat islam dan ilmu pengetahuan seperti saat ini. Atas dasar inilah akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa dan Aplikasi serta Regenerasi pada Adsorpsi Malasit Hijau”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains bidang Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari studi literatur, penelitian, pengumpulan dan pengolahan data serta pada proses penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material dan motivasi, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D dan Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si yang telah banyak meluangkan waktu, tempat, dan energi, serta memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat, hidayah, dan kemudahan, serta puji syukur saya panjatkan kepada-nya, dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan petunjuk dalam jalan kebenaran.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Muharni, M.Si selaku ketua jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si selaku pembimbing tugas akhir, terimakasih telah banyak membantu penulis dalam penelitian dan penulisan

skripsi, dan terimakasih atas segala waktu, nasihat, motivasi yang telah bapak berikan. Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D yang membolehkan dalam melakukan penelitian di basecamp dan bimbingan.

6. Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D, Bapak Dr, Addy Rachmat, M.Si selaku Dosen Penguji Seminar Hasil dan Sidang Sarjan yang telah memberikan masukan, kritik, saran untuk skripsi saya sehingga menjadi lebih baik lagi, serta Ibu Prof. Poedji Loektawati, M.Si dan Ibu Dra. Julinar, M.Si selaku ketua dan sekretaris siding sehingga dalam pelaksanaan Sidang Sarjana berlangsung lancar.
7. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan nasihat, saran, motivasi dalam menjalani kehidupan perkuliahan di Kimia.
8. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing selama perkuliahan.
9. Ibu (Lesi Nurjana) dan Bapak (Bambang Kusnanto P) yang selalu memberikan dukungan, nasihat, motivasi dan mendoakan kelancaran dan kemudahan dalam setiap langkah yang diambil dalam melakukan apapun di kehidupan dan saat penelitian tugas akhir, penyusunan skripsi, serta seminar dan siding, saya ucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya. Untuk kakak saya (Sonya Faradillah) yang mendoakan, dan memberikan semangat dalam penulisan skripsi, semoga dilancarkan segala kegiatan untuk dirimu, dan diberikan kesehatan dan umur yang panjang untuk Ibu, Bapak, dan Kakak.
10. Tante Mia, Tante Neng, Tante Emi, Isat Man, Tante Ika, Angel, Yuk Puput, Muthi, Tanti, Tiwi, Aurel, Mei-mei, Ghazi, dan Iki yang memberikan support, doa, dan harapan yang telah diberikan kepada penulis.
11. Kimia 2018 Terimakasih telah membersamai selama masa perkuliahan, memberikan kebahagiaan, suka, duka, dan cita. Semoga diberikan kesuksesan, dan kesehatan untuk kita semua.
12. Kakak Angkatan 2016 dan 2017 sebagai kakak asuh yang telah turut andil dalam kehidupan kampus Terimakasih. Kimia 2019, 2020 penulis ucapkan Terimakasih dan semoga diberikan kesehatan selalu dan kelancaran untuk kehidupan kampus di Kimia.

13. Kakak basecamp (Kak Alfian, Kak Amri, Kak Fatimah, Kak Normah, Kak Vie) yang telah mengajarkan selama penelitian, Seminar, Sidang, dan memberikan semangat.
14. Sahabat sejak SMA (Anggik dan Puja) yang selalu hadir saat senang maupun susah, yang selalu support tiada henti, memberikan vibes yang positive, dan doa, Terimakasih selalu ada.
15. Teman SMP (Dini), Teman SMA (Tasek, Dini, Metak, Nadya) Inggi, Terimakasih telah memberikan dukungan.
16. Rekan Tugas Akhir Kimia Anorganik 2021 (Dila, Nata, Candra) yang telah membantu dalam penelitian Terimakasih dan Semangat untuk langkah kedepannya.
17. Grup Terselebung (Afif, Anin, Ariqah, Dwi, Ghifar, Ikki, Iin, Kak Ifa, Obi, Metak, Mita, Nurul, Tiur, dan Restri) Terimakasih telah menjadi tempat curhat, berbagi keluh kesah, tempat berhibah untuk melepaskan penat, dan bantuan selama kehidupan perkuliahan.
18. Grup Luoyi Anak Nakal (Afif, Eko, Ikki, Jansen, Prima, Tiur) yang selalu mengajak bermain ML dan PUBG untuk menghilangkan penat dan membantu mengolah data, ataupun memberikan ide dan masukan dalam menulis skripsi.
19. Teman-teman yang siap diajak pergi untuk menghilangkan bosan, capek selama penelitian dan skripsi serta untuk curhat, bergosip ria, dan mencari kebahagiaan (Ariqah, Eko, Tiur, Apip, Ikki, Prima). Rafiud royal yang selalu membantu dalam urusan perlaptopan atau word, Dwik yang selalu jemput pas sampe di Layo.
20. Teman-teman yang tidak bisa diungkapkan dengan kata-kata Mita yang lemot tapi sangat sangat baik, Anin yang selalu siap sedia kosan untuk nginep dan suka memberikan masukan, Nurul yang selalu ngajari mata kuliah serta suka bagi makanan, Obi dan Ikki yang selalu ngajari sampe bisa terutama Kimia Organik, Ariqah yang memberikan nasihat yang selalu standby apapun kondisi walaupun moodyan, Apip yang siap sedia untuk diajak bercerita terutama bergosip ria, Tiur yang selalu bikin kesal tapi baik untuk membantu dalam latihan presentasi, PPT, dan masukan penulisan.

21. Staff Analis Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya (Yuk Nur, Yuk Niar, Yuk Yanti) yang telah berjasa dalam menyiapkan kelengkapan alat dan bahan selama melakukan praktikum di perkuliahan.
22. Staff TU Jurusan Kimia Kak Iin dan Mbak Novi yang membantu dalam menyelesaikan administrasi selama perkuliahan, pemberkasan, dan penjadwalan Seminar dan Sidang.
23. Terimakasih orang-orang baik yang telah hadir di hidup saya selama ini.
24. Terimakasih untuk diri saya sendiri yang telah berjuang dan bertahan hingga akhir walaupun banyak rintangan dan hambatan, **U DID GREAT JOB TATAKE, PROUD OF ME !!!**

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

SUMMARY

PREPARATION OF Ni/Al-CELLULOSE LAYERED DOUBLE HYDROXIDE COMPOSITE WITH APPLICATIONS AND REGENERATION IN ADSORPTION OF MALACHITE GREEN

Zaqiya Artha Zahara : Supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M. Si
Chemistry, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Sriwijaya University
xix + 78 pages, 20 pictures, 6 tables, 10 appendices

Synthesis layered double hydroxide (LDH) Ni/Al and preparation Ni/Al-Cellulose layered double hydroxide composite have been carried out. The material obtained was used in the adsorption process of malachite green dyes. The material was analyzed by X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform-Infra Red (FT-IR), and Scanning Electron Microscopy (SEM). Ni/Al-Cellulose LDH composite was applied in adsorption of malachite green dyes which was carried out in variations of pH, time, temperature and concentration. The regeneration process of used adsorbent also studied. The result of XRD analysis of Ni/Al LDH and Ni/Al-Cellulose LDH composite showed diffraction peaks at an angle of 11° indicating the presence of a layered structure, and 60° the presence of interlayer anions. FT-IR analysis of material Ni/Al LDH and Ni/Al-Cellulose LDH composite showed metal group Ni-O, Al-O, and nitrate anions at a wavenumber of 1381 cm^{-1} . Ni/Al-Cellulose layered double hydroxide composite has a wavenumber of C-H group at 2900 cm^{-1} which is an adsorption from cellulose. SEM analysis Ni/Al LDH has average particle size of $0.139\text{ }\mu\text{m}$. Ni/Al-Cellulose LDH composite has average particle size of $1.128\text{ }\mu\text{m}$. Ni/Al LDH and Ni/Al-Cellulose LDH composite got the optimum pH at 7. Ni/Al-Cellulose LDH composite followed a pseudo second order, adsorption kinetic model with a k_2 value of $0.00050\text{ g/mg}\cdot\text{min}$. Adsorption isotherm of malachite green dyes followed Langmuir isotherm with maximum adsorption capacity (Q_m) of 107.527 mg/g . The thermodynamic parameters showed that the adsorption process was endothermic which indicated by an enthalpy value 25.778 kJ/mol and an entropy value 0.099 J/K mol . The adsorption process for malachite green dyes occurs spontaneously, which indicated by Gibbs energy value -8.687 kJ/mol . The Ni/Al-Cellulose LDH composite can be regenerated six times with an adsorption capacity 54% so, Ni/Al-Cellulose LDH composite can be used continuously.

Keywords : Adsorption, Ni/Al Layered Double Hydroxide, Ni/Al-Cellulose Layered Double Hydroxide Composite, Malachite Green

Citation : 73 (2007-2022)

RINGKASAN

PREPARASI KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni/Al-SELULOSA DAN APLIKASI SERTA REGENERASI PADA ADSORPSI MALASIT HIJAU

Zaqiya Artha Zahara : dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M. Si
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xix + 78 halaman, 20 gambar, 6 tabel, 10 lampiran

Telah dilakukan sintesis hidroksi lapis ganda Ni/Al serta preparasi komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa. Material yang diperoleh digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi malasit hijau. Material dilakukan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Material komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa diaplikasikan dalam mengadsorpsi zat warna malasit hijau yang dilakukan pada variasi pH, waktu, temperatur dan konsentrasi, serta proses regenerasi. Hasil analisis XRD hidroksi lapis ganda Ni/Al dan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa menunjukkan puncak difraksi pada sudut 11° menandakan adanya struktur berlapis, dan 60° adanya anion interlayer. Analisis FTIR hidroksi lapis ganda Ni/Al dan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa menampilkan gugus Ni-O, Al-O, dan anion nitrat pada bilangan gelombang 1381 cm^{-1} . Komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al memiliki gugus C-H dengan bilangan 2900 cm^{-1} yang merupakan serapan dari selulosa. Analisis SEM hidroksi lapis ganda Ni/Al memiliki ukuran partikel paling banyak pada $0,139\text{ }\mu\text{m}$, sedangkan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa memiliki ukuran partikel paling banyak pada $1,128\text{ }\mu\text{m}$. Hidroksi lapis ganda Ni/Al dan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa mendapatkan pH optimum pada pH 7. Parameter kinetika adsorpsi zat warna malasit hijau menunjukkan bahwa material komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa mengikuti model kinetika *pseudo second order* dengan nilai $k_2\ 0,00050\text{ g/mg.min}$. Parameter isoterm adsorpsi zat warna malasit hijau mengikuti model isoterm Langmuir menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) sebesar $107,527\text{ mg/g}$. Parameter termodinamika menunjukkan proses adsorpsi terjadi secara endotermik yang ditandai dengan nilai entalpi $25,778\text{ kJ/mol}$ dan nilai entropi bernilai $0,099\text{ J/K mol}$. Proses adsorpsi zat warna malasit hijau terjadi secara spontan yang ditandai dengan nilai energi Gibbs $-8,687\text{ kJ/mol}$. Komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa dapat diregenerasi sebanyak enam kali dengan kapasitas adsorpsi 54%, sehingga komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa dapat digunakan secara berulang.

Kata kunci : Adsorpsi, Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa, Malasit Hijau

Sitasi : 73 (2007-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Hidroksi Lapis Ganda	5
2.1.1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
2.2.2. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda	7
2.2. Selulosa	8
2.3. Adsorpsi dan Desorpsi	9
2.4. Regenerasi	10
2.5. Malasit Hijau	11
2.6. Karakterisasi	12
2.6.1. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.6.2. Spektrofotometer <i>Fourier Transform-Infra Red</i> (FTIR).....	13

2.6.3. Analisis <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX).....	14
2.6.4. Spektrofotometer <i>Ultra Violet-Visible</i> (UV-Vis).....	16
BAB III METODELOGI PENELITIAN	18
3.1. Waktu dan Tempat.....	18
3.2. Alat dan Bahan.....	18
3.2.1. Alat.....	18
3.2.2. Bahan	18
3.3. Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al.....	18
3.3.2. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	19
3.3.3. Pembuatan Larutan Stok Malasit Hijau Konsentrasi 1000 mg/L	19
3.3.4. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau	19
3.3.5. Pembuatan Larutan Standar dan Penentuan Kurva Zat Warna Malsit Hijau.....	19
3.3.6. Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Oleh Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	20
3.3.6.1. Pengaruh pH.....	20
3.3.6.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi	20
3.3.6.3. Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi	20
3.3.7. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	21
3.4. Analisis Data	21

3.4.1. Analisis Data Karakterisasi	21
3.4.2. Analisis Data Adsorpsi.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa...	25
4.1.1. Hasil Karakterisasi Analisis XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	25
4.1.2. Hasil Karakterisasi Analisis FT-IR (<i>Fourier Transform-Infra Red</i>).....	26
4.1.3. Hasil Karakterisasi SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X- Ray</i>).....	28
4.2. Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna Malasit Hijau 30	
4.3. Pengaruh pH Optimum Zat Warna Malasit Hijau30	
4.4. Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau....	31
4.5. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	33
4.6. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al- Selulosa Terhadap Zat Warna Malasit Hijau	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
Gambar 2. Struktur Selulosa	9
Gambar 3. Struktur Kimia Zat Warna Malasit Hijau	12
Gambar 4. Difraktogram Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (a) Biochar (b) Grafit (c) Ni/Al-Biochar (d) dan Ni/Al-Grafit (e).....	13
Gambar 5. Spektrum FT-IR (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-[α -SiW ₁₂ O ₄₀] ⁴⁻	14
Gambar 6. Karakterisasi SEM (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Biochar (c) Ni/Al-Biochar	15
Gambar 7. Karakterisasi SEM Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (a) dan Ni/Al-[α -SiW ₁₂ O ₄₀] ⁴⁻ (b).....	16
Gambar 8. Spektrum Ultra Violet-Visible (UV-Vis) dari Malasit Hijau, Metilen Biru, dan Rhodamin-B dengan pH Netral pada Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (a) Komposit Ni-Al/Hidrocar (b) dan Hidrocar (c)	17
Gambar 9. Pola Difraktogram XRD (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Selulosa dan (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	26
Gambar 10. Spektrum FT-IR (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Selulosa dan (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	27
Gambar 11. Hasil Analisis SEM-EDX dan Grafik Distribusi Partikel Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	28
Gambar 12. Hasil Analisis SEM-EDX dan Grafik Distribusi Partikel Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	29
Gambar 13. Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau	30

Gambar 14. Pengaruh pH Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Selulosa dan (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	31
Gambar 15. Perubahan Struktur Zat Warna Malasit Hijau pada (a) Kondisi Asam (b) Netral dan (c) Basa.....	31
Gambar 16. Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Terhadap Adsorben (a) Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al (b) Selulosa dan (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	32
Gambar 17. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Zat Warna Malasit Hijau Pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al.....	34
Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Zat Warna Malasit Hijau Pada Adsorben Selulosa.....	34
Gambar 19. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Zat Warna Malasit Hijau Pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	35
Gambar 20. Hasil Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa Terhadap Zat Warna Malasit Hijau	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data EDX Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	29
Tabel 2. Model Kinetika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Terhadap Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	33
Tabel 3. Data Isoterm Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa	36
Tabel 4. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al.....	39
Tabel 5. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Selulosa.....	40
Tabel 6. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Selulosa.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Digital XRD	52
Lampiran 2. Data Digita FT-IR	53
Lampiran 3. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Zat Wana Malasit Hijau pada pH 7	53
Lampiran 4. Data Variasi pH Zat Warna Malasit Hijau	54
Lampiran 5. Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau.	55
Lampiran 6. Data Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	58
Lampiran 7. Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau.....	63
Lampiran 8. Data Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	68
Lampiran 9. Data Desorpsi Pelarut Air Adsorben Terhadap Zat Warna Malasit Hijau.....	73
Lampiran 10. Data Regenerasi Adsorben Terhadap Zat Warna Malasit Hijau	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hidroksi lapis ganda dikenal sebagai lempung anionik yang dapat disintesis secara mudah dalam skala laboratorium. Hidroksi lapis ganda memiliki struktur oktahedral yang terdiri dari beberapa lapisan, dan setiap lapisan terdapat logam kation dan anion (Mamat *et al.*, 2018). Hidroksi lapis ganda memiliki kemampuan pertukaran ion yang besar, luas permukaan besar, stabilitas termal yang baik (Mohadi *et al.*, 2022), adanya gaya elektrostatik, serta mudah diaplikasikan dalam menghilangkan polutan organik ataupun polutan anorganik (Rathee *et al.*, 2020).

Kekurangan dari hidroksi lapis ganda salah satunya, tidak dapat dipakai secara berulang dalam melakukan adsorpsi. Pemakaian yang berulang dapat menyebabkan lapisan pada hidroksi lapis ganda terbuka, sehingga struktur menjadi tidak stabil yang menyebabkan efisiensi pemakaian hidroksi lapis ganda sebagai adsorben juga berkurang. Hal ini dapat diatasi dengan cara memodifikasi hidroksi lapis ganda yang dikomposit dengan material karbon, seperti biochar, hidrochar, grafit, sehingga luas permukaan menjadi besar dan struktur dari hidroksi lapis ganda menjadi kuat (Palapa *et al.*, 2020).

Beberapa contoh penelitian dari pengembangan hidroksi lapis ganda yang dikomposit menggunakan material karbon antara lain, penelitian yang telah dilakukan oleh (Palapa *et al.*, 2018) menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Ni/Al untuk mengadsorpsi zat warna kationik malasit hijau menghasilkan kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 73,38 mg/g dengan waktu optimum 120 menit. Sintesis hidroksi lapis ganda Ni/Al memiliki kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 79,02 mg/g dengan waktu optimum 60 menit dalam mengadsorpsi zat warna anionik *direct yellow*. Hasil yang didapatkan dari penelitian (Normah *et al.*, 2021) Ni/Al dapat mengadsorpsi malasit hijau dengan kapasitas adsorpsi sebesar 95,238 mg/g. Ni/Al yang di-impregnasi dengan material karbon berupa hidrochar sehingga terbentuk komposit Ni/Al-Hidrochar dapat mengadsorpsi malasit hijau sebesar 256,40 mg/g. Ni/Al yang dikomposit dengan menggunakan biochar dapat mengadsorpsi metilen biru sebesar 61,728 mg/g (Lesbani *et al.*, 2021). Hasil sintesis komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Biochar dan komposit hidroksi lapis

ganda Ni/Al-Grafit dari 61,728 mg/g menjadi 312,5 dan 116,297 mg/g dalam mengadsorpsi zat warna congo merah (Siregar *et al.*, 2021). Kapasitas adsorpsi malasit hijau menggunakan Cu/Al sebesar 59,523 mg/g, dan terjadi peningkatan hingga 470,96 mg/g menggunakan Cu/Al-Biochar. Peningkatan kapasitas adsorpsi yang terjadi diakibatkan luas permukaan komposit hidroksi lapis ganda Cu/Al-Biochar lebih besar dibandingkan dengan sintesis hidroksi lapis ganda Cu/Al (Palapa *et al.*, 2020).

Proses pemakaian berulang suatu adsorben dikenal sebagai metode regenerasi. Metode regenerasi dibagi menjadi tiga jenis antara lain termal, kimia, dan mikrobiologi (Salvador *et al.*, 2015). Proses regenerasi hidroksi lapis ganda Ni/Al-Biochar dan Ni/Al-Grafit yang dilakukan oleh (Siregar *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa hidroksi lapis ganda yang diimpregnasi dengan material karbon dapat meningkatkan stabilitas struktur, luas permukaan, dan kapasitas adsorpsi menjadi lebih besar. Kapasitas adsorpsi Ni/Al-Biochar mencapai 78-58%, sedangkan Ni/Al-Grafit memiliki kapasitas adsorpsi dengan rentang 47-36% untuk proses regenerasi sebanyak lima kali terhadap zat warna congo red. Penelitian yang dilakukan (Palapa *et al.*, 2022) menunjukkan adsorben Ni/Al-Biochar dapat dilakukan proses regenerasi sebanyak tiga kali dalam menghilangkan zat warna malasit hijau, dan terjadi sedikit penurunan kapasitas adsorpsi saat regenerasi ketiga.

Selulosa diketahui sebagai biopolimer yang melimpah di alam serta ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan selulosa dapat diregenerasi atau didaur ulang secara alami. Sifat selulosa antara lain hidrofobik, tidak berbau, tidak berasa, dan terbarukan. Jumlah dan sifat dari selulosa bergantung pada proses ekstraksi, asal, masa pakai sumber alami. Umumnya, sumber-sumber alami terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Trache *et al.*, 2016).

Malasit hijau dikenal sebagai pewarna kationik yang sulit terdegradasi oleh lingkungan dan bersifat toksik untuk perairan. Struktur malasit hijau tersusun atas tiga gugus benzena dengan rumus molekul $C_{23}H_{25}ClN_2$ dan berat molekul sebesar 364,917 g/mol. Umumnya pewarna malasit hijau digunakan sebagai pewarna di industri tekstil. Penggunaan malasit hijau dapat menyebabkan beberapa macam dampak untuk hewan, tumbuhan, serta manusia bahkan pada konsentrasi yang

rendah. Masalah kesehatan yang diakibatkan oleh malasit hijau antara lain terjadi gangguan pada ginjal, hati, jantung, dan limpa, serta dapat menyebabkan iritasi pada kulit hingga paru-paru (Sudarni *et al.*, 2021). Metode adsorpsi menjadi salah satu tindakan yang dapat menghilangkan zat warna malasit hijau. Keuntungan cara adsorpsi tidak memerlukan peralatan khusus, ekonomis, dan dapat dilakukan secara berulang hingga adsorben telah mencapai kapasitas adsorpsi maksimal (Delpiano *et al.*, 2021).

Penelitian ini melakukan sintesis komposit berbasis hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa yang akan digunakan sebagai adsorben zat warna malasit hijau. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yang dipelajari antara lain pH, waktu adsorpsi, temperatur dan konsentrasi adsorpsi. Karakteristik yang dipelajari diantaranya analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi fasa suatu material. Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di hidroksi lapis ganda. Analisis *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) digunakan dalam menganalisis secara morfologi. Komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa dilakukan proses regenerasi untuk melihat kemampuan adsorpsi sehingga dapat digunakan secara berulang.

1.2. Rumusan Masalah

Hidroksi lapis ganda memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, stabilitas termal baik, dapat terjadi pertukaran ion yang besar, dan mudah dimodifikasi. Material hidroksi lapis ganda tidak dapat digunakan secara berulang. Hal ini disebabkan lapisan pada hidroksi lapis ganda mudah terkelupas, sehingga menyebabkan penurunan dalam melakukan adsorpsi. Permasalahan yang terdapat pada hidroksi lapis ganda dapat diatasi dengan cara, melakukan modifikasi atau melakukan impregnasi pada material hidroksi lapis ganda menggunakan material karbon selulosa. Hal ini dapat memperluas permukaan struktur hidroksi lapis ganda, sehingga adsorben dapat digunakan secara berulang. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi hidroksi lapis ganda Ni/Al, hidroksi lapis ganda Ni/Al yang dikompositkan dengan selulosa akan meningkatkan kapasitas adsorpsi, serta kemampuan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa untuk dipakai secara berulang. Faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya pengaruh pH,

parameter kinetika berupa waktu adsorpsi, dan parameter termodinamika yang mencakup konsentrasi adsorbat dan variasi temperatur.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari sintesis hidroksi lapis ganda Ni/Al dan preparasi pembuatan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa serta karakterisasinya dengan menggunakan analisis XRD, analisis FT-IR, dan analisis SEM-EDX.
2. Mempelajari mekanisme adsorpsi zat warna malasit hijau dengan menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa melalui pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi, dan pengaruh temperatur.
3. Mempelajari regenerasi adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberi informasi mengenai proses sintesis dan mekanisme adsorpsi pada komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa, sehingga berguna dalam menangani cemaran zat warna di lingkungan akibat berkembangnya industri, serta diharapkan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-Selulosa dapat digunakan secara berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Allou, N. B. and Goswamee, R. 2018. Biocompatible Nanocomposites of Carbocymethyl Cellulose and Funtionalized Carbon-Norfloxacin Intercalates Layered Double Hydroxides. *Carbohydrate Polymers*. 1(1): 1-9.
- Badri, A. F., Mohadi, R., Mardiyanto., and Lesbani, A. 2021. Adsorptive Capacity of Malachite Green onto Mg/M³⁺ (M³⁺ = Al and Cr) LDHs. *Global Nest Journal*. 23(1): 82-89.
- Bhernama, B. G. 2017. Degradasi Zat Warna Malachite Green secara Ozonolisis dengan Penambahan Katalis TiO₂-Anastas dan ZnO. *Journal of Islamic Science and Technology*. 3(1): 1-9.
- Bhrali, D., and Deka, R. C. 2017. Adsorptive Removal of Congo Red from Aqueous Solution by Sonochemically Synthesized NiAl Layered Double Hydroxide. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 1(1): 1-47.
- Bi, X., Zhang, H., and Dou, L. 2014. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*, 6(1): 298-332.
- Coung, N. M., Ishizaka, S., and Kitamura, N. 2012. Donnan Electric Potential Dependence of Intraparticle Diffusion of Malachite Green in Single Cation Exchange Resin Particles: A Laser Trapping-Microspectroscopy Study. *American Journal of Analytical Chemistry*. 3(1): 188-194.
- Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., and Tao, X. 2015. Application of Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in the Geological Sciences- A Review. *International Journal of Molecular Sciences*. 16(1): 30223-30243.
- Chiy, J. H., Oh, J. M., and Choi, S. J. 2011. Layered Double Hydroxides as Controlled Release Materials. *Inorganic and Hybrid Controlled Release System*. 1(1): 54-556.
- Chinthalapudi, N., Kommaraju, V. V. D., Kannanm M. K., Nallurim C. B., and Varanasi, S. 2021. Composite of Cellulose Nanofibers and Silver Nanoparticles for Malachite Green Dye Removal from Water. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 2(1): 1-9.
- Delpiano, G. R., Tocco, D., Medda, L., Magner, E., and Salis, A. 2021. Adsorption of Malachite Green and Alizarin Red S Dyes Using FE-BTC Metal Organic Framework as Adsorbent. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(788): 1-14.
- Demirbas, A. 2008. Heavy Metal Adsorption Onto Agro-Based Waste Materials: A Review. *Journal of Hazardous Materials*. 157(1): 220-229.

- Genc, N., Durna, E., and Eriski, E. 2021. Optimazation of the Adsorption of Diclofenac by Activated Carbon and the Acidic Regeneration of Spent Activated Carbon. *Water Science & Technology*. 83(2): 396-408.
- Fatimah., Effendi, S. R., dan Sofith, C. D. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg^{2+} pada Penjerapan Ion Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 10(1): 13-18.
- Fuadah, S. R., dan Rahmayanti, M. 2019. Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna *Naftol Blue Black* Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analytical and Environmental Chemistry*. 4(2): 59-66.
- George, G., and Saravanakumar, M. P. 2018. Facile Synthesis of Carbon-Coated Layered Double Hydroxide and its Comparative Characterisation with Zn-Al LDH: Application on Crystal Violet and Malachite Green Dye Adsorption-Isotherm, Kinetics and Box-Behnken Design. *Environmental Science and Pollution Research*. 1(1): 1-19.
- Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M. 2019. Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*. 1(1): 44-51.
- Hanifah, Y., and Palapa, N. R. 2016. Mg/Al Double Layered Hydroxides: Intercalation with $[H_3[\alpha-PW_{12}O_{40}].nH_2O]$. *Science & Technology Indonesia*. 1(1): 16-19.
- Hu, H., Wageh, S., Al-Ghamdi, A. A., Yang, S., Tian, Z., Cheng, B., and Ho, W. 2020. NiFe-LDH Nanosheet/Carbon Fiber Nanocomposite with Enhanced Anionic Dye Adsorption Performance. *Applied Surface Science*. 511(1): 1-10.
- Iftexhar, S., Kucuk, M. E., Srivastava, V., Repo, E., and Sillanpaa, M. 2018. Application of Zinc-Aluminium Layered Double Hydroxides for Adsorptive Removal of Phospate and Sulfate: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic. *Chemosphere*. 1(1): 470-479.
- Ishak, W. H. W., Ahmad, I., Ramli, S., and Amin, M. C. I. M. 2018. Gamma Irradiation-Assisted Synthesis of Cellulose Nanocrystal-Reinforced Gelatin Hydrogels. *Nanomaterials*. 8(749): 1-13.
- Jia, N., Li, S. M., Ma, M. G., Zhu, J. F., and Sun, R. C. 2011. Synthesis and Characterization of Cellulose-Silica Composite Fiber in Ethanol/Water Mixed Solvents. *Bioresources*. 6(2): 1186-1195.
- Kulkarni, S., and Kaware, J. 2014. Regeneration and Recovery in Adsorption-A Review. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 1(8): 61-64.

- Kumar, B., and Kumar, U. 2015. Adsorption of Malachite Green in Aqueous Solution Onto Sodium Carbamate Treated Rice Husk. *Korean Journal Chemical Engineering*. 1(1): 1-12.
- Lafi, R., Montasser, I., and Hafiane, A. 2019. Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solutions by Prepared Activated Carbon with Oxygen-Containing Functional Groups and its Regeneration. *Adsorption Science & Technology*. 37(1-2): 160-181.
- Li, Y., Jin, H., Liu, W., Su, H., Lu, Y., and Li, J. 2018. Study on Regeneration of Waste Powder Activated Carbon Through Pyrolysis and its Adsorption Capacity of Phosphorus. *Scientific Reports*. 8(778): 1-7.
- Laipan, M., Yu, J., Zhu, R., Zhu, J., Smith, A. T., He, H., O'hare, D., and Sun, L. 2019. Functionalized Layered Double Hydroxides for Innovative Applications. *Royal Society of Chemistry*. 1(1): 1-31.
- Lesbani, A., Palapa, N. R., Sayeri, R. J., Taher, T., and Hidayati, N. 2021. High Reusability of NiAl LDH/Biochar Composite in the Removal Methylene Blue from Aqueous Solution. *Indonesian Journal Chemistry*. 21(2): 421-434.
- Lopez, M. E. G., Anzaldo, C. M. L., Fonseca, A. A. P., Gomez, C., and Ortiz, J. R. R. 2021. Congo Red Adsorption with Cellulose-Graphene Nanoplatelets Beads by Differential Column Batch Reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 9(1): 1-10.
- Ma, A., Zheng, X., Li, K., Omran, M., and Chen, G. 2021. The Adsorption Removal of Tannic Acid by Regenerated Activated Carbon from the Spent Catalyst of Vinyl Acetate Synthesis. *Journal of Materials Research and Technology*. 10(1): 697-708.
- Mamat, M., Abdullah, M. A. A., Kadir, M. A., Mohamad, A., Jaafar., and Kusriani, E. 2018. Preparation of Layered Double Hydroxides with Different Divalent Metals for the Adsorption of Methyl Orange Dye from Aqueous Solutions. *International Journal of Technology*. 6(1): 1103-1111
- Mentari, V. A., Handika, G., dan Maulina, S. 2018. Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Asam Nitrat (HNO_3). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 7(1): 16-20.
- Mishra, G., Dash, B., and Pandey, S. 2018. Layered Double Hydroxides: A Brief Review from Fundamentals to Application as Evolving Biomaterials. *Applied Clay Science*. 153(1): 172-186.
- Mohadi, R., Juleanti, N., Palapa, N. R., Hidayati, N., and Lesbani, A. 2022. Development of Renewable Material Hydrochar-Based CaAl Layered

Double Hydroxide to Overcome Methyl Red Dyes Contaminant. *Journal of Ecological Engineering*. 23(3): 17-25.

- Momina., Mohammad, S., and Suzylawati, I. 2020. Study of the Adsorption/Desorption of MB Solution Using Bentonite Adsorbent Coating. *Journal of Water Process Engineering*. 34(1): 1-10.
- Moosavi, S., Lai, C. W., Gan, S., Zamiri, G., Pivezhani, O. A., and Johan, M. R. 2020. Application of Efficient Magnetic Particles and Activated Carbon for Dye Removal from Wastewater. *American Chemical Society Publications*. 5(1): 20684- 20697.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: A Review. *Jurnal Saintika UNPAM*. 1(2): 177-181.
- Neolaka, Y. A.B., Lawa, Y., Naaf, J. N., Nubatonis, Y. K., dan Riwu, A. A. P. 2019. Studi Termodinamika Adsorpsi Pb(II) Menggunakan Adsorben Magnetik GO-Fe₃O₄ yang disintesis dari Kayu Kusambi (*Schleichera oleosa*). *Jurnal Saintek Lahan Kering*. 2(2): 49-51.
- Normah., Palapa, N. R. Taher, T., Mohadi, R., Arsyad, F. S., Priambodo, A., and Lesbani, A. 2021. Competitive removal of Cationic Dye Using NiAl-LDH Modified with Hydrochar. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 22(4): 124-135.
- Palapa, N. R., Taher, T., Mohadi, R., Said, M., and Lesbani, A. 2018. Synthesis of Ni/Al Layered Double Hydroxide (LDHs) for Adsorption of Malachite Green and Direct Yellow Dyes from Solutions: Kinetic and Thermodynamic. *AIP Conference Proceedings*. 1(1): 1-8.
- Palapa, N. R., Taher, T., Rahayu, B. R., Mohadi, R., Rachmat, A., and 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., Mohadi, R., Rachmat, A., Mardiyanto., Miksusanti., and Lesbani, A. 2021. NiAl-Layered Double Hydroxide Intercalated with Keggin Polyoxometalate as Adsorbent of Malachite Green: Kinetic and Equilibrium Studies. *Chemical Engineering Communications*. 1(1): 1-12.
- Palapa, N. R., Taher, T., Normah., and Lesbani, A. 2022. NiAl Layered Double Hydroxide/Rice Husk Composite for the Efficient Removal of Malachite Green. *Indonesia Journal Chemistry*. 22(1): 142-156.
- Peng, Y., Sun, Y., Hanif, A., Shang, J., Shen, Z., Hou, D., Zhou, Y., Chen, Q., Ok, Y. S., and Tsang, D. C. W. 2021. Design and Fabrication of Exfoliated Mg/Al Layered Double Hydroxide on Biochar Support. *Journal of Cleaner Production*. 289(1): 1-10.

- Prabakaran, R., and Arivoli, S. 2012. Thermodynamic and Isotherm Analysis on the Removal of Malachite Green Dye Using *Thespesia Populnea* Bark. *E-Journal of Chemistry*. 9(4): 2575-2587.
- Putri, L. E. 2017. Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO_4 dengan Metoda Spektroskopi UV Visible. *Natural Science Journal*. 3(1): 391-398.
- Putri, S. A., Asnawati., dan Indarti, D. 2019. Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B pada Hemiselulosa dalam Sistem Dinamis. *Berkala Sainstek*. 7(1): 1-6.
- Rahmawaty, D. N., Azis, Y., dan Alfarisi, C. D. 2019. Isoterm Termodinamika Adsorpsi pada *Methylene Blue* Menggunakan Hidroksiapatit. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik dan Sains*. 6(2): 1-7.
- Rathee, G., Singh, N., and Chandra, R. 2020. Simultaneous Elimination of Dyes and Antibiotic with a Hydrothermally Generated NiAlTi Layered Double Hydroxide Adsorbent. *American Chemical Society*. 1(1): 1-10.
- Richetta, M., Mattoccia, A., Medaglia, P. G., Varone, A., and Pizzoferrato, R. 2017. Layered Double Hydroxides: Tailoring Intermellar Nanospace for a Vast Field of Applications. *Journal of Material Sciences & Engineering*. 6(4): 1-9.
- Roto., Tahir, I., and Mustofa. 2007. Zn-Al Layered Double Hydroxide as Host Material for Sunscreen Compound of *p*-Aminobenzoic Acid. *Indonesian Journal Chemistry*. 7(1): 1-4.
- Salvador, F., Sanchez, N. M., Hernandez, R. S., and Montero, M. J. S. 2015. Regeneration of Carbonaceous Adsorbents. Part II: Chemical, Microbiological and Vacuum Regeneration. *Microporous and Mesoporous Materials*. 1(1): 277-296.
- Saputri, C. A. 2020. Kapasitas Adsorpsi Sebuk Nata de Coco (*Bacterial Sellulose*) Terhadap Ion Pb^{2+} Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*. 14(1): 71-76.
- Setyaningsih, N. E., Mutaqqinm R., dan Mar'ah, I. 2017. Optimalisasi Waktu Pelapisan Emas-Palladium pada Bahan Komposit Alam untuk Karakterisasi Morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)*. *Physics Communication*. 1(2): 36-40.
- Silaen, L., Palapa, N. R., Juleanti, N., Normah., Mohadi, R., Elfita., and Lesbani, A. 2020. Efficient Adsorption of Cadmium (II) on Zn/M^{3+} ($\text{M}^{3+} = \text{Al}, \text{Cr}$) and $\text{Zn}/\text{M}^{3+}-[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ Layered Double Hydroxides. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 15(18): 1967-1975.
- Siregar, P. M. S. B., 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.
- Stamate, A. E., Pavel, O. D., Zavoianu, R., and Marcu, I. C. 2020. Highlights on the Catalytic Properties of Polyoxometalate-Intercalated Layered Double Hydroxides: A Review. *Catalysts*. 10(57): 1-41.
- Sudarni, D. H. A., Aigbe, U. O., Ukhurebor, K. E., Onyancha, R. B., Kusuma, H. S., Darmokoesoemo, H., Osibote, O. A., Balogun, V. A., and Widyaningrum, B. A. 2021. Malachite Green Removal by Activated Potassium Hydroxide Clove Leaf Agrowaste Biosorbent: Characterization, Kinetic, Isotherm, and Thermodynamic Studies. *Adsorption Science & Technology*. 1(1): 1-15.
- Suhas., Gupta, V.K., Carrot, P. J. M., Singh, R., Chaudhary, M., and Kushwaha, S. 2016. Cellulose: A Review as Natural, Modified and Activated Carbon Adsorbent. *Bioresource Technology*. 216(1): 1066-1076.
- Sulistiyawati, E., Nandari, W. W., Nurchasanah, A. R., dan Dewi, K. K. 2020. Kinetika Adsorpsi Mikrokapsul Kitosan Taut Silang Kalium Persulfat terhadap Zat Warna *Methyl Orange*. *Jurnal Rekayasa Proses*. 14(1): 47-59.
- Taher, T., Christina, M. M., Said, M., Hidayati, N., Ferlinahayati., and Lesbani, A. 2019. Removal of Iron (II) Using Intercalated Ca/Al Layered Double Hydroxides with $[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 14 (2): 260-267.
- Taher, T., Irianty, Y., Mohadi, R., Said, M., Andreas, R., and Lesbani, A. 2019. Adsorption of Cadmium (II) Using Ca/Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Keggin Ion. *Indonesian Journal Chemistry*. 19(4): 873-881.
- Taher, T., Yoshida, A., Lesbani, A., Kurnia, I., Guan, G., Abdula, A., and Ueda, W. 2021. Adsorptive Removal and Photocatalytic Decomposition of Cationic Dyes on Niobium Oxide with Deformed Orthorhombic Structure. *Journal of Hazardous Materials*. 415(1): 1-7.
- Theiss, F. L., Ayoko, G. A., and Frost, R. L. 2016. Synthesis of Layered Double Hydroxide Containing Mg^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , and Al^{3+} Layer Cations by Coprecipitation Methods-A Review. *Applied Surface Science*. 1(1): 1-55.
- Trache, D., Husin, M. H., Chuin, C. T. H., Sabar, S., Fazita, M. R. N., Taiwo, O. F. A., Hassan, T. M., and Haafiz, M. K. M. 2016. Microcrystalline Cellulose: Isolation, Characterization and Bio-Composite Application-A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1(1): 789-804.
- Wijaya, D. R. P., Martono, Y., and Riyanto, C. A. 2018. Synthesis and Characterization of Nano Activated Carbon Tea Waste (*Camellia sinensis*)

L.) Viewed from the Content and Ratio of Orthophosphoric Acid. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 3(2): 12-21.

Wijayanti, I. E, dan Kurniawati, E. A. 2019. Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 4(2): 175-185.

Yue, X., Huangm J., Jiang, F., Lin, H., and Chen, Y. 2019. Synthesis and Characterization of Cellulose-Based Adsorbent for Removal of Anionic and Cationic Dyes. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 14(1): 1-10.

Zhou, W., Meng, X., Gao, J., Zhao, H., Zhao, G., and Ma, J. 2021. Electrochemical Regeneration of Carbon-Based Adsorbents: A Review of Regeneration Mechanisms, Reactors, and Future Prospects. *Chemical Engineering Journal Advances*. 5(1): 1-14.