

**KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni-Cr/ SELULOSA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU**

SKRIPSI

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



OLEH:

ROTUA NATALIA MANALU

08031281823036

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA NI-CR/SELULOSA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU**

SKRIPSI

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

Oleh :

ROTUA NATALIA MANALU
08031281823036

Indralaya, 21 September 2022

Mengetahui,

Dekan Fakultas MIPA



Prof. Hermansyah, Ph. D
NIP. 196704191993031001

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a smaller 'M' and a flourish.

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 5 September 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 21 September 2022

Ketua:

1. **Dr. Ady Mara, M.Si.**
NIP. 196404301990031003

)


Pembimbing

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

()

Penguji:

1. **Dr. Desneli, M. Si.**
NIP. 196912251997022001

()

2. **Nova Yuliasari, M. Si**
NIP. 197307261999032001

()

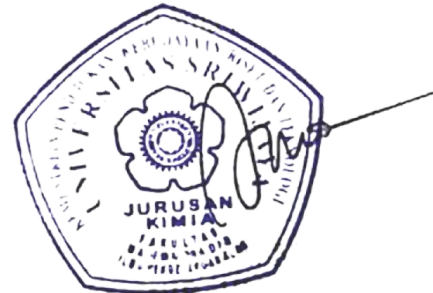
Mengetahui,

Dekan Fakultas MIPA



Prof. Hermansyah, S.Si., M, Si., Ph. D
NIP. 196704191993031001

Ketua Jurusan Kimia



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

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Rotua Natalia Manalu

NIM : 08031281823036

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, 21 September 2022

Penulis,



Rotua Natalia Manalu

NIM. 08031281823036

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

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

Nama Mahasiswa : Rotua Natalia Manalu
NIM : 08031281823036
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa Sebagai Zat Warna Malasit Hijau”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 21 September 2022
Penulis,



Rotua Natalia Manalu
NIM. 08031281823036

HALAMAN PERSEMBAHAN

- Roma 12:12 “Bersukacitalah dalam pengharapan, sabarlah dalam kesesakan, dan bertekunlah dalam doa!”
- 1 Tesalonika 5:18 “Mengucap syukurlah dalam segala hal, sebab itulah yang dikehendaki Allah di dalam Kristus Yesus bagi kamu.”
- Filipi 4:6-7 “Janganlah hendaknya kamu khawatir tentang apa pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur. Damai sejahtera Allah, yang melampaui segala akal, akan memelihara hati dan pikiranmu dalam Kristus Yesus.”
- Amsal 19:20-21 “Dengarkanlah nasihat dan terimalah didikan, supaya engkau menjadi bijak di masa depan. Banyaklah rancangan dihati manusia, tetapi keputusan Tuhanlah yang terlaksana.”

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada Tuhan Yesus Kristus dan ku persembahkan kepada :

1. Bapak, Robinson Manalu; Mamak, Dorti Sihombing; dan Saudaraku, Josua Saur Manalu, Andre Roy Manalu, Timbul Rizki Manalu, Raju Daniel Manalu yang telah memberikan semangat, dukungan, dan saran dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan.
2. Seluruh keluarga.
3. Pembimbing dan teman-temanku.
4. Diriku sendiri yang telah berjuang sampai dititik ini.
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya).

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya ucapkan kepada Tuhan yang maha Esa atas kebaikan, kemurahan, dan penyertaan-Nya, Penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Selama penelitian dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai hal yang berkesan dan melewati lika liku perjalanan mulai dari kegiatan penelitian, pengambilan dan pengolahan data, hingga sampai tahap penulisan skripsi, namun dengan hadirnya orang-orang baik disekeliling Penulis yang memberikan bantuan, semangat, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih banyak untuk setiap orang yang telah hadir dikehidupan Penulis selama empat tahun menempuh pendidikan di Universitas Sriwijaya. Terima kasih untuk setiap pengalaman, nasihat dan saran yang memberikan banyak pembelajaran untuk meningkatkan kualitas diri dan proses pendewasaan diri. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Bapak **Dr.rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si** yang telah banyak memebrikan bimbingan, saran, petunjuk, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Kepala Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran kepada penulis selama proses perkuliahan.
5. Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D. selaku dosen yang telah memberikan masukan dan motivasi bagi penulis untuk skripsi ini

6. Ibu Dr. Desneli, M.Si dan Ibu Nova Yuliasari, M.Si. selaku dosen penguji sidang sarjana yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis terhadap penulisan skripsi ini.
7. Bapak Zainal Fanani, M.Si yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengikuti kegiatan PMW Universitas Sriwijaya 2021.
8. Seluruh dosen FMIPA Kimia yang telah mendidik dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
9. Mbak Novi dan Kak Chosiin selaku admin jurusan kimia yang telah berbaik hati membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi selama masa perkuliahan.
10. Bapak Robinson Manalu dan Mamak Dorti Sihombing selaku orang tua dan Josua Saur Manalu, Andre Roy Manalu, Timbul Rizki Manalu, Raju Daniel Manalu selaku saudara penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi dan semangat serta terima kasih atas cinta dan kasih sayang tak terhingga sampai saat ini yang diberikan sehingga penulis dapat berada pada tahap ini.
11. Member “SGS” Fadhila Annisa Mawaddah, S.Si., Marya Antonetty Tarigan, S.Si., Sabrina Anastasya, S.Si., Salsabillah Aska Pirdausia, S.Si., dan Vika Putri Safira, S.Si. selaku teman seperjuangan perkuliahan sejak maba, teman berbagi keluh kesah, suka duka, serta selalu senantiasa menemani, membantu, memberi semangat dan nasihat serta motivasi kepada penulis mengenai masalah perkuliahan, penelitian maupun hal lainnya. Terima kasih sudah menjadi teman yang membantu aku dalam proses pendewasaan diri hingga saat ini dan pengalaman kita bersama akan selalu penulis ingat setiap kenangan kita, semoga kita semua menjadi perempuan yang sukses dan ayo kita wujudkan healing yang selalu tertunda.
12. “Kulkas Hilang” Delima Sukmawati Sihombing, S.Si., Marya Antonetty Tarigan, S.Si., Sabrina Anastasya, S.Si. yang dipertemukan dan dipersatukan di semester tujuh saat penelitian. Terima kasih juga sudah menjadi teman berbagi cerita selama penelitian dengan bidang yang berbeda, namun semangat yang diberikan dari satu sama lain tetap satu ya

kan. Terima kasih juga untuk setiap solusi dan motivasi yang kalian berikan selama penelitian hingga penulisan. Tetap jadi orang yang bermanfaat ya kita untuk orang yang ada disekitar kita. Semoga kita semua sukses dalam hal baik yang Tuhan kehendaki atas kita dan sampai bertemu kembali diwaktu terbaik menurut Tuhan.

13. Wisuda 2022 Check member, Dhila, Tatak, dan Candra yang senantiasa memberikan semangat, dukungan dan membantu penulis selama proses penelitian hingga skripsi ini selesai.
14. Kak Alfian, Kak Novie, kak Normah, Kak Patimah, Kak Juju dan Kak Amri yang telah membantu penulis selama penelitian, pengolahan data, semhas dan sidang.
15. Sari Natalina Sitorus, S.Ikom dan Polaria Situmeang, S.Sos. selaku teman terdekat penulis sejak maba yang selalu senantiasa ada untuk memberikan semangat, dukungan dan mendengarkan segala keluh kesah penulis setiap harinya serta selalu mengapresiasi segala bentuk pencapaian penulis. Terima kasih karena telah mengingatkan penulis untuk selalu sabar dan berpikiran positif mengenai berbagai hal terutama pada saat proses penyelesaian skripsi ini. Terima kasih selalu ada dalam hari-hari bahagia dan setiap proses penulis hingga saat ini. Ayok kita wujudkan impian kita healing bertiga ke Bali tahun 2024.
16. Teman seperjuangan kimia 2018 yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan. Terima kasih kepada kakak tingkat 2016, 2017 serta adik tingkat 2019, 2020 dan 2021 yang telah kebersamaan sebagai keluarga satu almamater.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Indralaya, 21 September 2022

Penulis

SUMMARY

LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Ni-Cr/CELLULOSE COMPOSITE as ADSORBENT MALACHITE GREEN DYE

Rotua Natalia Manalu: Supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University xi + 90 pages, 19 images, 7 tables, 10 attachments

The malachite green dye in industrial wastewater can be removed by the adsorption method. The adsorbents used in the adsorption method were LDH Ni-Cr, cellulose, and LDH Ni-Cr/cellulose composite. Ni-Cr double-layer hydroxy material and Ni-Cr/Cellulose double-layer hydroxy composite were synthesized by the coprecipitation method and were successfully carried out. The characterization of the material was carried out using XRD, FTIR, and SEM analysis. The results of the synthesis of double-layer hydroxy and Ni-Cr/Cellulose double-layer hydroxy composite were used as adsorbents for green malachite dye in the regeneration process with variants of pH, time, concentration and temperature.

The results of XRD characterization of Ni-Cr/Cellulose double layer hydroxy composite showed peaks at diffraction angles of 11° , 22.8° , 34.8° , and 60.3° which are typical regions of the Ni-Cr double layer hydroxyl and at diffraction angle of 22.67° which is a typical area of cellulose material. The results of the FTIR analysis show the specific vibrations of the double-layer hydroxyl at wave numbers 3425.58 cm^{-1} (O-H), 617.22 cm^{-1} (M-O), 1627.92 cm^{-1} (H-O-H), and 1381.03 cm^{-1} (NO_3^-). Ni-Cr/Cellulose double layer hydroxy composites showed vibrations at wave numbers 3425.58 cm^{-1} (O-H), 1635.64 cm^{-1} (H-O-H), 2337.72 cm^{-1} (C-O), 1627.92 cm^{-1} (O-H) bending, and 1381.03 cm^{-1} (NO_3^-) and there are C-C and C-O groups which are absorption from cellulose. SEM analysis showed that the Ni-Cr/Cellulose double layer hydroxy composite has the properties of double layer hydroxyl particles in the form of irregular aggregates. From the EDX data, there are 38.1% oxygen, 26.0% carbon, 15.5% nickel, 9.2% chromium, 5.6% sodium, and 5.6% nitrogen. The optimum pH was found at pH 7 when there was no addition of H^+ or OH^- . The optimum time for adsorption at 150 minutes has reached equilibrium. The pseudo second order adsorption kinetic is more suitable to explain the adsorption process of green malachite dye. The parameter adsorption isotherm of green malachite dye on the three adsorbents leads to the Freundlich isotherm model and occurs spontaneously.

Keywords : layered double hydroxide Ni-Cr, cellulose, malachite green, regeneration,
Situation : 51 (2001-2021)

RINGKASAN

KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni-Cr/SELULOSA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU

Rotua Natalia Manalu: Dibimbing oleh Dr. rer. Nat. Risfidian Mohadi, M. Si Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xi + 87 halaman, 19 gambar, 7 tabel, dan 10 lampiran

Zat warna malasit hijau dalam limbah cair industri dapat dihilangkan dengan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan pada metode adsorpsi yaitu LDH Ni-Cr, selulosa, dan komposit LDH Ni-Cr/selulosa. Material hidroksi lapis ganda Ni-Cr dan komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa disintesis dengan metode kopresipitas dan berhasil dilakukan. Karakterisasi pada material tersebut dilakukan dengan menggunakan analisis XRD, FTIR, dan SEM. Hasil sintesis hidroksi lapis ganda dan komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa digunakan sebagai adsorben zat warna malasit hijau pada proses regenerasi dengan varian pH, waktu, konsentrasi dan temperatur.

Hasil karakterisasi XRD komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa muncul puncak pada sudut difraksi 11° , $22,8^\circ$, $34,8^\circ$, dan $60,3^\circ$ yang merupakan daerah-daerah khas dari hidroksi lapis ganda Ni-Cr serta pada sudut difraksi $22,67^\circ$ yang merupakan daerah khas material selulosa. Hasil analisis FTIR menunjukkan vibrasi spesifik dari hidroksi lapis ganda yaitu pada bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ (O-H), $617,22\text{ cm}^{-1}$ (M-O), $1627,92\text{ cm}^{-1}$ (H-O-H), dan $1381,03\text{ cm}^{-1}$ (NO^{3-}). Komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa menunjukkan vibrasi pada bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ (O-H), $1635,64\text{ cm}^{-1}$ (H-O-H), $2337,72\text{ cm}^{-1}$ (C-O), $1627,92\text{ cm}^{-1}$ (O-H) tekuk, dan $1381,03\text{ cm}^{-1}$ (NO^{3-}) serta terdapat gugus C-C dan C-O yang merupakan serapan dari selulosa. Analisis SEM menunjukkan bahwa komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa memiliki sifat partikel hidroksi lapis ganda yang berbentuk agregat tidak beraturan. Dari data EDX terdapat unsur oksigen 38.1%, karbon 26.0%, nikel 15.5%, krom 9.2%, natrium 5.6%, dan nitrogen 5.6%. pH optimum didapatkan pada pH 7 saat tidak adanya penambahan H^+ ataupun OH^- . Waktu optimum adsorpsi pada menit ke 150 telah terjadi kesetimbangan. Kinetika adsorpsi *pseudo second order* lebih sesuai untuk menjelaskan proses adsorpsi zat warna malasit hijau. Parameter isoterm adsorpsi zat warna malasit hijau pada ketiga adsorben mengarah pada *model isoterm Freundlich* dan berlangsung secara spontan.

Kata kunci : Hidroksi lapis ganda Ni-Cr, selulosa, malasit hijau, regenerasi
Sitasi : 51 (2001-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hidroksi Lapis Ganda	5
2.1.1 Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
2.1.2 Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda sebagai Adsorben	7
2.2 Selulosa	8
2.3 Malasit Hijau	9
2.4 Adsorpsi	10
2.5 Desorpsi dan Regenerasi	11
2.6 Spektrofotometri UV-Vis	12
2.7 Karakterisasi	13
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	13

2.7.2	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	15
2.7.3	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	16
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1	Waktu dan Tempat	18
3.2	Alat dan Bahan	18
3.3	Prosedur Penelitian	18
3.3.1	Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr	18
3.3.2	Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr dengan Selulosa	19
3.3.3	Pembuatan Larutan Induk Zat Warna Malasit Hijau	19
3.3.4	Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau	19
3.3.5	Pembuatan Deret Larutan Standar Zat Warna Malasit Hijau	19
3.3.6	Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau oleh Hidroksi Lapis Ganda Ni- Cr, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/ Selulosa	20
3.3.6.1	Pengaruh pH	20
3.3.6.2	Pengaruh Waktu Adsorpsi	20
3.3.6.3	Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi ..	20
3.3.7	Regenerasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda	21
3.4	Analisis Data	21
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1	Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa	24
4.1.1	Hasil Karakterisasi Analisis XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)...	24
4.1.2	Hasil Karakterisasi Analisis FTIR (<i>Fourier Transform- Infra Red</i>)	25
4.1.3	Hasil Karakterisasi Analisis SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray</i>)	27
4.2	Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna Malasit Hijau	28
4.3	Pengaruh pH Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	29

4.4 Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	30
4.5 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau.....	32
4.6 Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa dengan zat warna malasit hijau.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	7
Gambar 2. Struktur Selulosa	9
Gambar 3. Struktur Zat Warna Malasit Hijau	10
Gambar 4. Skema Hukum Bragg	14
Gambar 5. Difraktogram Hidroksi Lapis Ganda	14
Gambar 6. Spektrum FTIR dari Komposit Hidroksi Lapis Ganda CuAl,Biochar, dan CuAl/Biochar	15
Gambar 7. SEM Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr.....	16
Gambar 8. SEM Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr	17
Gambar 9. Pola Difraktogram XRD adsorben hidroksi lapis ganda NI-Cr(a), selulosa (b), dan komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa (c)	24
Gambar 10. Spektrum FTIR hidroksi lapis ganda Ni-cr (a), selulosa (b), komposit hidroksi lapis ganda Ni-cr/selulosa (c).....	25
Gambar 11 Hasil analisis SEM-EDX dan grafik distribusi partikel Komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa.....	27
Gambar 12 Panjang Gelombang Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau.....	28
Gambar 13. Pengaruh pH Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Komposit Hidroksi Lapis Ganda (a), Selulosa (b), dan Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr	29
Gambar 14. Perubahan Struktur Zat Warna Malasit Hijau pada Kondisi Asam, Netral dan Basa.....	30
Gambar 15. Pengaruh waktu adsorpsi zat warna malasit hijau pada Adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/ Selulosa (a), Selulosa (b), dan Komposit Hidroksi lapis ganda Ni-Cr/selulosa	31
Gambar 16. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi pada adsorben hidroksi lapis ganda Ni-Cr.....	32
Gambar 17. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi pada	

adsorben selulosa	33
Gambar 18. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi pada adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/Selulosa	34
Gambar 19. Hasil regenerasi adsorben hidroksi lapis ganda Ni-Cr, selulosa, dan komposit hidroksi lapis ganda Ni-Cr/selulosa	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data EDX Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa.....	28
Tabel 2. Model Kinetika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Terhadap Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/ Selulosa	31
Tabel 3. Data Isoterm Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr, Selulosa, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/ Selulosa.....	35
Tabel 4. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau Pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr.....	36
Tabel 5. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Selulosa	37
Tabel 6. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr/Selulosa	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Digital XRD	48
Lampiran 2. Data Digital FT-IR.....	50
Lampiran 3. Data Panjang Gelombang Zat Warna Malasit Hijau	51
Lampiran 4. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Zat Warna Malasit Hijau	52
Lampiran 5. Lampiran 5. Data Variasi pH Zat Warna Malasit Hijau.....	53
Lampiran 6. Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau.....	55
Lampiran 7. Data Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat	58
Lampiran 8. Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau.....	61
Lampiran 9. Data Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat....	76
Lampiran 10. Data Regenerasi Adsorben terhadap Zat Warna Malasit Hijau.	91

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah cair yang dihasilkan dari proses kegiatan industri menjadi salah satu masalah yang serius bagi lingkungan. Salah satu limbah cair industri yang berbahaya bagi lingkungan yaitu zat warna. Adanya zat warna akibat dari kegiatan industri, seperti industri tekstil, plastik, cat, obat-obatan, kosmetik, karet dan kertas (Lesbani *et al.*, 2020). Terdapat beberapa zat warna yang biasanya digunakan dalam kegiatan industri seperti metil merah, metilen biru, rhodamin-B, kongo merah dan malasit hijau (Hua *et al.*, 2019). Malasit hijau merupakan zat warna kationik beracun dan tidak dapat didegradasi karena stabil terhadap cahaya dan sulit teroksidasi (Eltaweil *et al.*, 2020). Oleh karena itu, perlu dilakukan penghilangan zat warna pada limbah cair dengan metode seperti, fotodegradasi, koagulasi kimia, oksidasi kimia, pemisahan membran dan adsorpsi (Lesbani *et al.*, 2020).

Metode adsorpsi merupakan metode yang sederhana dan paling banyak digunakan untuk menghilangkan zat warna, mudah dilakukan, biaya operasi yang murah, memiliki efisiensi yang tinggi dan ketersediaan jenis adsorben yang beragam. Pada proses adsorpsi dibutuhkan adsorben. Beberapa adsorben yang biasa digunakan untuk menghilangkan zat warna dari larutan seperti zeolit, bentonit, kitosan dan hidroksi lapis ganda (Palapa *et al.*, 2021).

Hidroksi lapis ganda (*Layered Double Hidroxides*) dianggap sebagai salah satu adsorben yang potensial untuk menghilangkan zat warna karena mudah dalam pembuatannya dan menunjukkan karakteristik pertukaran anion yang tinggi (Lesbani *et al.*, 2020). Hidroksi lapis ganda memiliki beberapa keunggulan seperti mudah disiapkan, fleksibilitas tinggi, stabilitas termal yang baik dan kapasitas adsorpsi yang tinggi dan tahan terhadap air. Namun, hidroksi lapis ganda juga memiliki kelemahan seperti lapisannya mudah mengalami eksflosiasi atau pengelupasan selama aplikasi, hal ini menyebabkan hidroksi lapis ganda tidak dapat digunakan secara berulang. Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan perbaikan struktur dengan menambahkan bahan pendukung yang dapat

meningkatkan integritas lapisan (Palapa *et al.*, 2020). Untuk mendapatkan hidroksi lapis ganda yang bisa dipakai berulang kali, maka hidroksi lapis ganda harus dimodifikasi dengan impregnasi yang berbasis material karbon seperti biochar, grafit, asam humat, hidrochar dan selulosa. Digunakan selulosa karena memiliki struktur pori yang besar sehingga dengan penambahan bahan tersebut dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi, luas permukaan, dan dapat meningkatkan stabilitas struktur dari hidroksi lapis ganda, sehingga bisa digunakan secara berulang.

Modifikasi hidroksi lapis ganda yang berbasis material karbon telah banyak diteliti dalam penelitian. Material berbasis karbon yang sudah digunakan seperti grafit, biochar, asam humat, hidrochar dan selulosa. Penelitian yang dilakukan oleh Palapa *et al.*, (2021) memperlihatkan bahwa Ldh Cu/Al berhasil dimodifikasi dengan biochar untuk menghilangkan zat warna malasit hijau dalam perairan. Dilihat dari kapasitas adsorpsi komposit Cu/Al-Biochar sebesar 164.316 mg/g. Lesbani *et al.*, (2020) pembuatan komposit Ldh Ca/Al menggunakan biochar telah berhasil dilakukan dengan metode kopresipitasi pada pH 10. Ditunjukkan dari kapasitas adsorpsi pada komposit lebih tinggi (32,535 mg/g) dibandingkan bahan awal 30.152 mg/g.

Siregar *et al.*, (2021) telah memodifikasi hidroksi lapis ganda dengan metode kopresipitasi menggunakan grafit dan biochar. Adsorben yang digunakan untuk menghilangkan zat warna *congo red*. Penelitian tersebut menghasilkan luas permukaan hidroksi lapis ganda yang dimodifikasi lebih tinggi dari bahan murni, didapatkan 438,942 m^2/g untuk Ni/Al-Bc , 21.595 m^2/g untuk Ni/Al-Gf dan 15,106 m^2/g untuk Ldh Ni/Al . Kapasitas daya serap Ni/Al-GF adalah 116,297 mg/g, sedangkan Ni/Al-BC adalah 312,500 mg/g. Daya serap Ldh Ni/Al-BC lebih besar daripada daya serap Ldh Ni/Al murni sebesar 61,728 mg/g. Badri *et al.*, (2021) telah melakukan modifikasi $\text{Ldh berlapis Mg-Al}$ dengan material berbasis karbon yaitu biochar menggunakan metode impregnasi. Adsorben digunakan untuk menghilangkan zat warna malasit hijau. Dari data analisa XRD menunjukkan bahwa Mg-Al/ Biochar berhasil di impregnasi karena didapatkan

puncak pada $11,47^\circ$ (003), $22,86^\circ$ (002), $34,69^\circ$ (012), dan $61,62^\circ$ (116). Luas permukaan Mg-Al/Biochar sampai lima kali lebih besar dari hidroksi lapis ganda Mg-Al murni.

Penelitian ini dilakukan preparasi komposit hidroksi lapis ganda menggunakan selulosa. Selulosa ini akan dikompositkan dengan lhd Ni-Cr. Material lhd Ni/Cr, selulosa, dan komposit lhd Ni/Cr digunakan sebagai adsorben. Adsorben diaplikasikan untuk menghilangkan zat warna malasit hijau dari larutan berair. Adsorben yang diperoleh akan dikarakterisasi dengan analisis XRD bertujuan untuk mengidentifikasi fasa dari suatu material. Analisis spektrofotometer infra merah bertujuan mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi yang terdapat lhd. Analisis SEM bertujuan menganalisis secara morfologi. Komposit lhd Ni-Cr/ Selulosa yang berhasil didapat dijadikan sebagai adsorben zat warna kationik malasit hijau. Pada penelitian ini terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah cair zat warna yang dihasilkan dari proses kegiatan industri menjadi salah satu masalah yang serius bagi lingkungan. Industri tekstil biasanya menggunakan zat warna kationik yaitu malasit hijau. Malasit hijau merupakan zat warna beracun dan tidak dapat didegradasi oleh sistem perairan. Oleh karena itu, perlunya penanganan yang tepat untuk mengurangi zat warna dari limbah cair. Terdapat beberapa metode yang dapat seperti metode degradasi dan adsorpsi. Metode adsorpsi paling cocok digunakan untuk menghilangkan zat warna karena menggunakan cara yang sederhana, biaya operasi yang rendah, mudah dilakukan dan memiliki efisiensi yang tinggi. Dalam metode adsorpsi, terdapat beberapa adsorben untuk menyerap zat warna, seperti grafit, zeolit, kitosan, silika gel, bentonit, karbon aktif dan hidroksi lapis ganda. Hidroksi lapis ganda mudah di modifikasi, fleksibilitas tinggi, stabilitas termal yang baik dan kapasitas adsorpsi yang tinggi dan tahan terhadap air. Namun tidak bisa digunakan berulang kali karena mudah mengalami eksflosiasi atau pengelupasan. Untuk mendapatkan hidroksi lapis ganda yang bisa dipakai berulang kali, maka hidroksi lapis ganda harus dimodifikasi dengan impregnasi yang berbasis material karbon seperti

grafit, biochar, asam humat, hidrochar dan selulosa. Penelitian ini melakukan modifikasi hidroksi lapis ganda menggunakan material berbasis karbon berupa selulosa. Ldh Ni-Cr, selulosa, dan komposit Ldh Ni-Cr/Selulosa digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi zat warna kationik malasit hijau. Material dikarakterisasi dengan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), analisis spektrofotometer inframerah (FT-IR) dan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Ada beberapa faktor dalam proses adsorpsi, antara lain pengaruh perubahan pH, pengaruh perubahan waktu adsorpsi, pengaruh perubahan konsentrasi dan temperatur adsorpsi, yang dipertimbangkan dalam penelitian ini.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh sintesis Ldh Ni-Cr dan komposit Ldh Ni-Cr/Selulosa serta mengkarakterisasi material tersebut dengan analisis *X-Ray Diffraction Fourier Transform Infra Red* dan *Scanning Electron Microscopy*.
2. Mempelajari proses adsorpsi zat warna kationik malasit hijau pada adsorben Ldh Ni-Cr, selulosa dan komposit Ldh Ni-Cr terhadap pengaruh perubahan pH, pengaruh perubahan waktu adsorpsi, pengaruh perubahan konsentrasi dan temperatur adsorpsi.
3. Mempelajari kemampuan regenerasi oleh adsorben komposit Ldh Ni-Cr/Selulosa pada proses adsorpsi zat warna malasit hijau.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam memberikan informasi mengenai hal sintesis Ldh Ni-Cr, selulosa dan komposit Ldh Ni-Cr/Selulosa yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran zat warna dalam perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., & Kumar, R. (2010). Adsorption Studies of Hazardous Malachite Green Onto Treated Ginger Waste. *Journal of Environmental Management*, 91(4), 1032–1038.
- Annisah, A., & Subhan, M. (2020). Efektifitas Regenerasi Bentonit dan Zeolit Bekas untuk Menyerap Logam Mangan dan Besi Dalam Limbah Cair Laboratorium. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 12–21.
- Arab, F., Rasouli, N., & Movahedi, M. (2018). Enhanced adsorption of anionic diazo dye by magnetic layered double hydroxide ($Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4SiO_2Ni-CrLDH$) from aqueous solution. *Asian Journal of Green Chemistry* 3, 25-40.
- Badri, A. F., Siregar, P. M. S. B. N., Palapa, N. R., Mohadi, R., Mardiyanto, M., & Lesbani, A. (2021). Mg-Al/Biochar Composite with Stable Structure for Malachite Green Adsorption from Aqueous Solutions. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 16(1), 149-160.
- Behera, S., Subhagit, G., Fahad, A., Saayak S., & Sritoma, B. (2012). UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assay of Paracetamol Tablet Formulation. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 3(6), 1–6.
- Bhernama, B. G., (2017). Degradasi Zat Warna *Malachite Green* Secara Ozonolisis Dengan Penambahan Katalis TiO_2 - anatase dan ZnO. *Al-Kimia*, 5(1), 60-70.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Journal Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4): 289–299.
- Cahyana, A., & Marzuki, A. (2014). Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) pada Kaca TZN yang Dikristalkan Sebagian. *Prosiding Mathematics and Sciences Forum 2014*, 23–26.
- Cahyono, D. A. dan Agung, R. T. (2012). Pemanfaatan *Fly Ash* Batubara Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD Dari Limbah Cair Domestik Rumah Susun Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1): 1-9.
- Chatterjee, A. K. (2001). *Analytical Techniques in Concrete Science and Technology : X-Ray Diffraction* (Vol. 8). India: Associated Cement Companies.

- Choudhary, O. P., & ka, P. (2017). Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5): 1877–1882.
- Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., & Tao, X. (2015). Applications of Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in The Geological Sciences. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 30223-30250.
- Daneshvar, N., Oladegaragoze, A., & Djafarzadeh, N. (2006). Decolorization of Basic Dye Solutions By Electrocoagulation: An Investigation Of The Effect Of Operational Parameters. *Journal of Hazardous Materials*, 129(1–3), 116– 122.
- Elena, J., & Lucia, M. D. (2012). Application of X Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) Methods to The Portland Cement Hydration Processes. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 2(1), 35–42.
- Elmoubarki, R., Mahjoubi, F. Z., Elhalil, A., Tounsadi, H., Abdennouri, M., Sadiq, M., Barka, N. (2017). Ni/Fe and Mg/Fe Layered Double Hydroxides and Their Calcined Derivatives: Preparation, Characterization and Application on Textile Dyes Removal. *Journal of Materials Research and Technology*, 6(3), 271–283.
- Eltaweil, A. S., Mohamed, A. H., El-Monaem, E. M. A., & El-Subruiti, G. M. (2020). Mesoporous Magnetic Biochar Composite for Enhanced Adsorption of Malachite Green Dye: Characterization, Adsorption Kinetics, Thermodynamics and Isotherms. *Journal Advanced Powder Technology*, 1-11.
- Fuadah, S. R., & Rahmayanti, M. 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.
- Gandhimathi, R., Vijayaraj, S., & Jyothirmaie, M. P. (2012). Analytical Process of Drugs By Ultraviolet (UV) Spectroscopy - A Review. *International Journal of Pharmaceutical Research & Analysis*, 2(2): 72–78.
- Hua, P., Sellaoui, L., Franco, D., Netto, M. S., Dotto, G. L., Bajahzar, A., Belmabrouk, H., Petriciolet, A. B., & Li, Z. (2019). Adsorption of Acid Green and Procion Red On A Magnetic Geopolymer Based Adsorbent: Experiments, Characterization and Theoretical Treatment. *Chemical Engineering Journal*, 1(1), 1-8.
- Gawande, S. M., Belwalkar, N. S., & Mane, A. A. (2017). Adsorption and Its Isotherm – Theory. *International Journal of Engineering Research*, 6(6), 312–316.

- Kumar, B., & Kumar, U. (2015). Adsorption of Malachite Green in Aqueous Solution onto Sodium Carbonate Treated Rice Husk. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 32(8), 1655–1666.
- Kusmiyati., Setyawan, R. I., Vitasari, D., & Fuadi, A. M. (2009). Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Vertigo Blue 49 dengan Adsorben Karbon Aktif Arang Batu Bara. *Simposium Nasional RAPI VIII*, 30–37.
- Lakherwal, D. (2014). Adsorption of Heavy Metals: A Review. *International Journal of Environmental Research and Development*, 4(1), 41–48.
- Lesbani, A., Asri, F., Palapa, N. R., Taher, T., & Rachmat, A. (2020). Efficient removal of methylene blue by adsorption using composite based Ca/Al layered double hydroxide-biochar. *Global NEST*, 2(22), 250-257.
- Lesbani, A., Normah, Palapa, N. R., Taher, T., Andreas, R., & Mohadi, R. (2020). Ni/Al Layered Double Hydroxide Intercalated with Keggin Ion [α -SiW₁₂O₄₀]⁴⁻ for Iron (II) Removal in Aqueous Solution. *MOLEKUL*, 15(3), 149-157.
- Lesbani, A., Taher, T., Palapa, N. R., Mohadi, R., Rachmat, A., & Mardiyanto. (2020). Preparation and Utilization of Keggin-type Polyoxometalate Intercalated Ni-Fe Layered Double Hydroxides for Enhanced Adsorptive Removal of Cationic Dye. *SN Applied Sciences*, 2:470.
- Li, T., Miras, H., & Song, Y.-F. (2017). Polyoxometalate (POM)-Layered Double Hydroxides (LDH) Composite Materials: Design and Catalytic Applications. *Catalysts*, 7(9), 260.
- Liu, K., Xu, Y., Yao, Z., Miras, H. N., & Song, Y.-F. (2016). Polyoxometalate Intercalated Layered Double Hydroxides as Efficient and Recyclable Bifunctional Catalysts for Cascade Reactions. *ChemCatChem*, 8(5), 929–937.
- Lu, Z., Xu, W., Zhu, W., Yang, Q., Lei, X., Liu, J., Li, Y., Sun, X., & Duan, X. (2014). Three-dimensional NiFe Layered Double Hydroxide Film for High-efficiency Oxygen Evolution Reaction. *Journal of the Royal Society of Chemistry*, 50(1), 28171-28175.
- Luo, X., Huang, Z., Lin, J., Li, X., Qiu, J., Liu, J., & Mao, X. (2020). Hydrothermal Carbonization of Sewage Sludge and In-situ Preparation of Hydrochar/MgAl-Layered Double Hydroxides Composites for Adsorption of Pb(II). *Journal of Cleaner Production*, 258, 120991.
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: Review. *Jurnal Saintika Unpam*, 1(2), 177-182.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. (2012). Uji Xrd dan Xrf pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material

- Cerdas (CaCO₃ Dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1): 20.
- Momina, Mohammad, S., & Suzylawati, I. (2020). Study of The Adsorption/Desorption of MB Dye Solution Using Bentonite Adsorbent Coating. *Journal of Water Process Engineering*, 34(1).
- Mohammed, A., and Abdullah, A. (2018). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Riveiw. *Proceedinngs of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics*.
- Nalawade, P., Aware, B., Kadam, V. J., & Hirlekar, R. S. (2009). Layered Double Hydroxides: A Review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 68, 267–272.
- Palapa, N. R., Taher, T., Badri, A. F., Suheryanto, Mohadi, R., Rachmat, A., Lesbani, A. (2021). Preparation of Copper Aluminum-Biochar Composite As Adsorbent of Malachite Green In Aqueous Solution. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1(16), 259-274.
- Palapa, N. R., Taher, T., Rahayu, B. R., Mohadi, R., Rachmat, A., & Lesbani, A. (2020). CuAl LDH/Rice Husk Biochar Composite for Enhanced Adsorptive Removal of Cationic Dye from Aqueous Solution. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 15(2), 525-537.
- Parida, K. M., & Mohapatra, L. (2012). Carbonate Intercalated Zn/Fe Layered Double Hydroxide: A Novel Photocatalyst for The Enhanced Photo Degradation of Azo Dyes. *Chemical Engineering Journal*, 179, 131–139.
- Putri, L. E. (2017). Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO₄ dengan Metoda Spektroskopi UV Visible. *Natural Science Journal*, 4(3): 391–398.
- Ruan, X., Chen, Y., Chen, H., Qian, G., & Frost, R. L. (2016). Sorption Behavior of Methyl Orange from Aqueous Solution on Organic Matter and Reduced Graphene Oxides Modified Ni–Cr Layered Double Hydroxides. *Chemical Engineering Journal*, 297, 295–303.
- Sharma, S. K., Verma, D. S., Khan, L. U., Kumar, S., & Khan, S. B. (2018). Handbook of Materials Characterization. *In Handbook of Materials Characterization*, 1-613.
- Shobhanadhas, L. S. S., Kesavan, L., Lastusaari, M., & Fardim, P. (2019). Layered Double Hydroxide-Cellulose Hybriid Beads : A Novel Catalyst for Topochemical Grafting of Plup Fibers. *ACS Publications*, 4, 320-330.
- Sileo, E. E., Jobbágy, M., Paiva-Santos, C. O., & Regazzoni, A. E. (2005). Thermal Decomposition of Crystalline Ni (II)–Cr(III) Layered

- Double Hydroxide: A Structural Study of the Segregation Process. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(20), 10137–10141.
- Siregar, P. M. S. B. N., Palapa, N. R., Wijaya, A., Fitri, E. S., & 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*, 2(6), 85-95.
- 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.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11-20.
- Taher, T., Irianty, Y., Mohadi, R., Said, M., Andreas, R., & Lesbani, A. (2019). Adsorption of Cadmium (II) Using Ca/Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Keggin Ion. *Indones. J. Chem*, 19(4), 873-881.
- Tajjala, G. U. N, Humaira, S., Parmita, A. W. Y. P., & Zulfikar, A. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Serbuk Meranti Kuning (*Shorea macrobalanos*). *Jurnal Sains Terapan*, 5(1), 142-147.
- Theiss, F. L., Ayoko, G. A., & Frost, R. L. (2016). Synthesis of Layered Double Hydroxides Containing Mg (II), Zn (II), Ca (II) and Al (III) Layer Cations by Co-Precipitation Methods—A Review. *Applied Surface Science*, 383, 200– 213.
- Vadia, M., Hossinie, N., & Shekari, Z. (2013). Comparative Study of Adsorption Isotherms Steroidal Anti-Inflammatory Drug Dexamethasone on Carbon Nanotube and Activated Carbon. *Oriental Journal of Chemistry*, 29(2), 491-496.
- Ye, W., Fang, X., Chen, X., & Yan, D. (2018). Three-dimensional Nickel-Chromium Layered Double Hydroxide Micro/ nanosheet Array as an Efficient and Stable Bifunctional Electrocatalyst for Overall Water Splitting. *Nanoscale*, 1(1), 1–8.