

**KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ca/Al DAN Mg/Al BERBASIS
BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL**

SKRIPSI

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



OLEH:

TRY NANDA YUNITA

08031381823068

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ca/Al DAN Mg/Al BERBASIS
BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL**

SKRIPSI

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

Oleh :

TRY NANDA YUNITA

08031381823068

Indralaya, 7 November 2022

Mengetahui,



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

NIP. 197111191997021001

Pembimbing

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

NIP. 197711272005011003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al dan Mg/Al Berbasis Biochar sebagai Adsorben pada Adsorpsi Fenol” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 31 Oktober 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 7 November 2022

Ketua:

1. Widya Purwaningrum, M. Si.

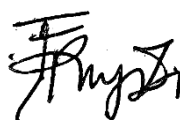
NIP. 197304031999032001

()

Sekretaris:

1. Fahma Riyanti, M. Si.

NIP. 197204082000032001

()

Pembimbing:

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

NIP. 197711272005011003

()

Penguji:

1. Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si.

NIP. 197211092000032001

()

2. Dr. Muhammad Said, M.T.

NIP. 197407212001121001

()



Dekan FMIPA

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

NIP. 197111191997021001

Mengetahui,



Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M. Si.

NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Try Nanda Yunita
NIM : 08031381823068
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini 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 sebenar – benarnya.

Indralaya, 7 November 2022

Penulis



Try Nanda Yunita

NIM. 08031381823068

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

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

Nama : Try Nanda Yunita
NIM : 08031381823068
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 yang berjudul: “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al dan Mg/Al Berbasis Biochar sebagai Adsorben pada Adsorpsi Fenol”. 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.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguhnya.

Indralaya, 7 November 2022

Penulis



Try Nanda Yunita

NIM. 08031381823068

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(QS. Al-Baqarah 2: 216)

“Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan) tetaplah engkau bekerja keras (untuk urusan lainnya)”

(QS. Al-Insyirah 94: 6-7)

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain...”

(HR. Ath-Thabrani)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

Untuk kedua orang tuaku tercinta, Ayah dan Ibu,

Kakak dan adikku tersayang,

Dosen pembimbingku Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M. Si. dan Bapak Prof.

Aldes Lesbani Ph.D,

Dosen Pembimbing Akademik Ibu Prof. Elfita, M. Si.,

Seluruh dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT dan baginda Nabi Muhammad SAW yang tak henti-hentinya telah memberikan syafaat, kasih sayang, kesabaran, kekuatan, dan pertolongan kepada penulis sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al dan Mg/Al Berbasis Biochar sebagai Adsorben pada Adsorpsi Fenol”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini melalui proses yang tidaklah mudah, penulis menyadari bahwa semua ini dapat terwujud karena bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun moril hingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.** dan Bapak **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M. Si.** atas segala bimbingan, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi hingga selesai.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, karena atas rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan lancar.
2. Kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, terima kasih atas doa, yang selalu kalian curahkan kepadaku dan terima kasih atas dukungan materi maupun non materi serta semangat yang selalu kalian berikan.
3. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M. Si. selaku pembimbing tugas akhir, terimakasih telah banyak membantu dalam penelitian serta penulisan skripsi, terimakasih telah meluangkan waktu, tenaga serta kritik ataupun saran yang Bapak

berikan. Terimakasih juga untuk Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D. yang telah memfasilitasi penelitian dan mengizinkan melakukan penelitian di basecamp, terimakasih juga atas motivasi, nasihat dan bimbingan yang telah Bapak berikan.

7. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si. dan Bapak Dr. Muhammad Said, M.T. selaku dosen penguji, terimakasih atas kritik, saran serta masukan yang membangun sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Ibu Widya Purwaningrum, M. Si. selaku ketua sidang dan Ibu Fahma Riyanti, M. Si. selaku sekretaris sidang yang telah membantu dalam pelaksanaan sidang sehingga dapat berjalan dengan lancar.
8. Ibu Prof. Elfita, M. Si. selaku dosen pembimbing akademik, terimakasih atas segala bantuan, motivasi, nasihat, cerita, kritik dan saran yang Ibu berikan selama di bangku perkuliahan.
9. Mas Aldi, Mbak Ayu dan Dek Dynda, terimakasih atas dukungan dan doa yang telah diberikan.
10. Gaje Squad (Tiara, Ata, Winda, dan Bella), terimakasih atas semua kenangan dan cerita yang telah dilalui bersama dalam suka maupun duka, terimakasih telah menghibur setiap saat, terimakasih juga telah mendengarkan keluh kesahku dan membantu dikala dalam kesulitan.
11. Annyeong Chingu (Nabel, Nadya, Sabrina, Syafiya dan Ayu), terimakasih telah menemani sampai sejauh ini, terimakasih atas kenangan yang telah dilalui bersama, terimakasih juga telah banyak menghibur dan sering mengajak pergi main untuk menghilangkan stress.
12. HOLA (Ariko, Sukma, Igam, Fatma, yuk Mia, Afril, Anggun, Aza, Tasud dan Lisa), terimakasih atas kenangan dan cerita yang dilalui bersama selama perkuliahan, terimakasih telah banyak membantu dan mendengarkan keluh kesahku, terimakasih karena sering mengajak pergi main untuk menghilangkan penat dan terimakasih juga karena sering menghibur dan mau menjadi teman andalanku di kimia.
13. Ariko dan Prima, terimakasih sudah berjuang bersama dari SMA dan maba, terimakasih mau saling membantu satu sama lain, dan terimakasih atas semua cerita serta kenangan yang dilalui bersama.

14. Sukma, terimakasih telah banyak membantu didalam maupun diluar perkuliahan, terimakasih sering menjadi tempat bertanya dengan pertanyaan absurdku, terimakasih atas support dan advice yang diberikan, terimakasih telah menjadi partner magang, terimakasih sudah sering menjelaskan, mengajari dengan sabar dan detail, terimakasih telah banyak meracuni shopee, terimakasih telah menjadi movie partner dan sering mengajak pergi main.
15. Rezon dan Tatak, terimakasih atas segala bantuan selama penelitian di basecamp dan sering menjadi tempatku menebeng.
16. Basecamp 18 (Tatak, Nata, Dilla, Candra dan Rezon), terimakasih atas bantuan selama penelitian maupun penulisan skripsi serta tak lelah merespon pertanyaan-pertanyaanku seputar penelitian.
17. Kakak-kakak basecamp (Kak Ahmad, Kak, Alfian, Kak Patimah, Kak Normah, Kak Vie, Kak Erni, Kak Yusuf dan Kak Amri), terimakasih telah banyak membantu dan mengajari selama penelitian di basecamp.
18. Teman-teman Kimia 2018, terimakasih atas bantuan dan cerita yang dilalui bersama. Terimakasih juga untuk seluruh Kakak dan Adik tingkat di Kimia.
19. NCT, terimakasih telah menjadi sumber kebahagiaanku dan hiburanku lewat karya, performance, konten serta lirik lagu kalian yang banyak memotivasiku.
20. Staf Analis Laboratorium Kimia FMIPA (yuk Nur, yuk Niar dan yuk Yanti), staf Administrasi Jurusan Kimia (Kak Iin dan Mbak Novi), terimakasih atas segala bantuannya.
21. Dan untuk diriku, thankyou for surviving the wild. U made it, Congrats!

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, Aamiin ya Rabbal Aalamin.

Indralaya, 7 November 2022

Penulis

Univeritas Sriwijaya

SUMMARY

LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Ca-Al AND Mg/Al COMPOSITE BASED ON BIOCHAR AS ADSORBENT IN PHENOL ADSORPTION

Try Nanda Yunita: supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University
XII+117 pages, 8 tables, 23 figures, 11 appendices

The synthesis layered double hydroxide Ca/Al and Mg/Al composite based on biochar have been performed by coprecipitation method with a ratio 3:1 and characterized by XRD, FT-IR, and BET. Modification Ca/Al and Mg/Al layered double hydroxide using biochar in this study aims to increase the surface area of the material so that it can be increase its effectiveness as an adsorbent for phenol adsorption. Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar double layered hydroxide composite materials were applied to phenol adsorption carried out at variations of pH, time, concentration, temperature, and regeneration. Layered double hydroxide composite Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar can optimally adsorb phenol at pH 7 with an optimum time in 60 minutes. Observation of phenol adsorption kinetics parameters showed that layered double hydroxide composite Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar materials followed the pseudo second order model. Parameters adsorption phenol using layered double hydroxide composite Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar followed the Freundlich isotherm model with optimum temperature at 30-50°C. Thermodynamics parameters showed that the phenol adsorption process using layered double hydroxide composite Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar adsorbents occurred endothermicly and the phenol adsorption process occurred spontaneously. Layered double hydroxide Ca/Al-Biochar and Mg/Al-Biochar composite were regenerated five times in order to see the stability of the structure in phenol adsorption. The adsorbent layered double hydroxide composite Ca/Al-Biochar has an adsorbed percentage of 78,87% and Mg/Al-Biochar has an adsorbed percentage of 79,98% in phenol adsorption.

Keywords : Adsorption, Biochar, Phenol, Composite, Ca-Al/Biochar, Mg/Al-Biochar

Citation : 57 (2006-2022)

RINGKASAN

KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ca/Al DAN Mg/Al BERBASIS BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL

Try Nanda Yunita: dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
XII+117 halaman, 8 tabel, 23 gambar, 11 lampiran

Telah dilakukan sintesis komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al dan Mg/Al berbasis biochar menggunakan metode kopresipitasi dengan perbandingan 3:1 dan dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, FT-IR, dan BET. Modifikasi hidroksi lapis ganda Ca/Al dan Mg/Al menggunakan biochar pada penelitian ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan material sehingga dapat meningkatkan efektifitasnya sebagai adsorben dalam menyerap fenol. Material komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al/Biochar dan Mg-Al-Biochar diaplikasikan dalam mengadsorpsi fenol yang dilakukan pada variasi pH, waktu, konsentrasi, temperatur, dan regenerasi. Komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-Biochar dan Mg-Al/Biochar dapat mengadsorpsi fenol secara optimal pada pH 7 dengan waktu optimum 60 menit. Pengamatan parameter kinetika adsorpsi fenol menunjukkan bahwa material komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al/Biochar dan Mg-Al/Biochar mengikuti model *pseudo second order*. Parameter isoterm adsorpsi fenol mengikuti model isoterm Freundlich menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al/Biochar dan Mg-Al-Biochar dengan temperatur optimum berada pada 30-50°C. Parameter termodinamika menunjukkan proses adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al-Biochar dan Mg-Al/Biochar terjadi secara endotermik dan proses adsorpsi fenol terjadi secara spontan. Komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al/Biochar dan Mg-Al/Biochar dilakukan regenerasi sebanyak lima kali dengan tujuan untuk melihat stabilitas struktur dalam menyerap fenol. Adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ca-Al/Biochar memiliki persen teradsorpsi sebesar 78,87% dan Mg-Al/Biochar memiliki persen teradsorpsi sebesar 79,98% dalam menyerap fenol.

Kata kunci : Adsorpsi, Biochar, Fenol, Komposit, Ca-Al/Biochar, Mg/Al-Biochar
Kutipan : 57 (2006-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	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.....	7
2.2 Biochar	8
2.3 Fenol	9
2.4 Adsorpsi.....	10
2.5 Desorpsi.....	10
2.6 Regenerasi	11
2.7 Kararketisasi.....	11
2.7.1 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	11
2.7.2 Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra-Red</i>	

2.7.3 (FT-IR)	13
2.7.4 Spektrofotometer <i>Ultra Violet-Visible</i> (UV-Vis)...	15
2.7.5 Analisis <i>Brunauer Emmet Teller</i> (BET)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al	17
3.3.2 Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al	18
3.3.3 Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar	18
3.3.4 Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar	18
3.3.5 Penentuan pH pzc (<i>Point Zero Charge</i>)	19
3.3.6 Pembuatan Larutan Stok Fenol Konsentrasi 1000 mg/L	19
3.3.7 Prosedur Pengompleksan Fenol	19
3.3.8 Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Fenol	19
3.3.9 Pembuatan Larutan Standar dan Penentuan Kurva Fenol.....	19
3.3.10 Adsorpsi Fenol oleh Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar, dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al Biochar...	20
3.3.10.1 Pengaruh pH	20
3.3.10.2 Pengaruh Waktu Adsorpsi	20
3.3.10.3 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi	20
3.3.10.4 Regenerasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar.....	21
3.3.10.5 Karakterisasi Adsorben setelah Teradsorpsi Fenol	21

3.4 Analisis Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar dan Mg-Al/Biochar.....	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 Analisis BET (<i>Brunauer Emmet Teller</i>).....	28
4.2 Penentuan Panjang Gelombang Fenol.....	31
4.3 Pengaruh pH Optimum.....	31
4.4 Penentuan pH pzc (<i>Point Zero Charge</i>).....	33
4.5 Pengaruh Waktu Adsorpsi Fenol.....	34
4.6 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol..	36
4.7 Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar, dan Mg/Al-Biochar	44
4.8 Hasil Karakterisasi Adsorben setelah Teradsorpsi Fenol .	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	54
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	118

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	6
Gambar 2. Struktur Pori Biochar	9
Gambar 3. Struktur Fenol	9
Gambar 4. Difraktogram Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (A), Biochar (B), dan Ca/Al-Biochar (C)	12
Gambar 5. Difraktogram Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (a), Biochar (b), dan Mg/Al-Biochar (c).....	13
Gambar 6. Spektrum FT-IR Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (A), Biochar (B), dan Ca/Al-Biochar (C).....	14
Gambar 7. Spektrum FT-IR Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (a), Biochar (b), Mg/Al- Biochar (c).....	14
Gambar 8. Karakterisasi SEM Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (a), Biochar (b), Mg/Al-Biochar (c).....	15
Gambar 9. Termogravimetri Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (a), Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (b), Biochar (c), Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar (d) dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al- Biochar	17
Gambar 10. Pola Difraktogram XRD Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (a) Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (b) Biochar, (c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/AlSelulosa (d), dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar	25
Gambar 11. Spektrum FT-IR (a) Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (b) Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al, (c) Biochar, (d) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar, dan (e) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar	27
Gambar 12. Data Adsorpsi-Desorpsi Nitrogen Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al (a), Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al (b), Biochar (c), Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar (d) dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar	29
Gambar 13. Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Fenol ..	31
Gambar 14. Pengaruh pH Adsorpsi Fenol (a)Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar, (b)Komposit Hidroksi Lapis	

Ganda Ca/Al Biochar, (c) Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al, (d) Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, dan (e) Biochar	32
Gambar 15. Grafik Penentuan pH PZC (<i>Point Zero Charge</i>)	33
Gambar 16. Pengaruh Waktu Adsorpsi Fenol	34
Gambar 17. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al	36
Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al	37
Gambar 19. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol pada Adsorben Biochar.....	37
Gambar 20. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar.....	37
Gambar 21. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar.....	38
Gambar 22. Hasil Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar terhadap Fenol	45
Gambar 23. Hasil Karakterisasi Adsorben setelah Teradsorpsi Fenol ..	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran BET pada masing-masing Adsorben	30
Tabel 2. Model Kinetika Adsorpsi Fenol terhadap Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar, dan Mg/Al-Biochar.	35
Tabel 3. Data Isoterm Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al, Mg/Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar...	39
Tabel 4. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al	40
Tabel 5. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al	41
Tabel 6. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol pada Adsorben Biochar.....	42
Tabel 7. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ca/Al-Biochar	43
Tabel 8. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al-Biochar	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Digital XRD	55
Lampiran 2. Data Digital FT-IR	56
Lampiran 3. Profil BET	58
Lampiran 4. Kurva Kalibrasi Standar Fenol	60
Lampiran 5. Data Variasi pH Fenol	61
Lampiran 6. Data Penentuan pH pzc pada Adsorben	64
Lampiran 7. Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Fenol	66
Lampiran 8. Data Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol	71
Lampiran 9. Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Fenol	76
Lampiran 10. Data Perhitungan Parameter Termodinamika Adsorpsi Fenol	101
Lampiran 11. Data Regenerasi Adsorben terhadap Fenol	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan industri menjadi permasalahan lingkungan bagi seluruh dunia akibat limbah yang dihasilkan. Limbah cair industri terkandung logam berat serta senyawa organik berbahaya seperti fenol yang dapat memberikan dampak buruk bagi semua organisme baik hewan, tumbuhan dan manusia apabila terakumulasi pada rantai makanan (Bazrafshan *et al.*, 2016). Fenol dapat ditemukan pada banyak limbah industri antara lain petrokimia, pengolahan batu bara, farmasi, resin polimer, industri pestisida dan lain sebagainya. Saat ini fenol diproduksi sekitar 6 juta ton/tahun di seluruh dunia (Xie *et al.*, 2020). Menurut badan pengatur internasional dari Badan Kesehatan Dunia dan EPA, diperkirakan apabila nilai fenol lebih dari 1 ppm maka bersifat karsinogenik dan tidak dapat diterima sebagai sumber air penduduk. Senyawa fenol dan turunannya dapat menyebabkan kebutaan, liver, kerusakan pankreas, gagal ginjal, urin berwarna gelap, kelumpuhan, gangguan saraf serta kanker (Khan *et al.*, 2022).

Banyak metode yang telah digunakan untuk mengolah limbah fenol antara lain oksidasi kimia, fotodegradasi, pertukaran ion, elektrokoagulasi, adsorpsi, koagulasi-flokulasi, filtrasi membran, proses oksidasi lanjutan dan lainnya. Namun metode yang paling banyak digunakan ialah adsorpsi. Metode adsorpsi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode lainnya diantaranya proses pengoperasiannya yang sederhana, ketersediaan prekursor adsorben yang berlimpah, biaya yang relatif murah, tingkat efisiensi dan efektivitas tinggi (Igwebe *et al.*, 2019), ramah lingkungan serta tidak adanya efek samping zat beracun (Buhani *et al.*, 2018). Adsorben dapat berasal dari senyawa yang mengandung oksigen seperti silika gel dan zeolit. Material lainnya yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya karbon aktif, grafit (Gawande *et al.*, 2017), bahan lempung, bentonit, kaolin, oksida logam dan hidroksi lapis ganda (Taher *et al.*, 2019).

Hidroksi lapis ganda atau yang dikenal juga sebagai lempung anionik memiliki komposisi lapisan yang beragam dimana pada antar lapisan terdapat anion yang memungkinkan material ini dapat diaplikasikan luas ke berbagai fungsinya seperti digunakan sebagai katalis, adsorben, bahan penukar ion, hingga pada bidang farmasi dan obat-obatan

(Karan *and* Ahmet, 2012). Di sisi lain, penggunaan hidroksi lapis ganda tidak dapat digunakan secara berulang karena strukturnya yang kurang stabil sehingga membuat struktur menjadi terkelupas atau rusak. Maka dari itu, hidroksi lapis ganda perlu dilakukan modifikasi dengan cara pembentukan menggunakan material lain sehingga struktur pada adsorben menjadi lebih stabil dan dapat digunakan secara berulang.

Biochar merupakan material organik yang kaya akan kandungan karbon dimana dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa pada suhu tinggi di lingkungan yang kekurangan oksigen. Biochar yang memiliki struktur berpori, berbutir halus, kaya akan kandungan karbon dan harganya relatif murah dapat digunakan sebagai adsorben pada senyawa organik maupun anorganik. Luas permukaannya yang besar dan kapasitas pertukaran kation yang baik menyebabkan terjadinya penyerapan kontaminan organik maupun anorganik ke permukaan (Sanyang *et al.*, 2013). Sumber material biochar berasal dari alam seperti biomassa hutan dan pertanian, sampah organik, serta kotoran hewan. Sebelum biochar dapat digunakan harus dilakukan proses preparasi seperti pengayakan, pencucian penggerusan dan lain sebagainya yang diikuti dengan proses pirolisis. Keunggulan dari biochar diantaranya memiliki aktivitas katalitik, efisiensi adsorpsi, porositas serta luas permukaan yang tinggi (Srivatsav, 2020).

Modifikasi komposit hidroksi lapis ganda menggunakan biochar telah dilakukan oleh (Juleanti *et al.*, 2021) yang mengadsorpsi Cr(VI) dengan adsorben berupa komposit Ca/Al dan Mg/Al berbasis biochar. Dari penelitiannya didapatkan bahwa kemampuan adsorpsi material komposit Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar telah dibuktikan dengan meningkatnya nilai kapasitas maksimum material hidroksi lapis ganda. Hidroksi lapis ganda Ca/Al yang semula 89.286 g^{-1} meningkat menjadi 588.235 g^{-1} , sedangkan Mg/Al dari 86.957 g^{-1} menjadi 426.316 g^{-1} . Keberhasilan sintesis material komposit Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar dibuktikan dengan analisis XRD yang menunjukkan karakteristik puncak difraksi hidroksi lapis ganda $2\theta = 11^\circ(003)$ dan biochar $22^\circ(002)$. Data ini didukung dengan adanya peningkatan luas dari permukaan material hidroksi lapis ganda Ca/Al yaitu awalnya $47,027 \text{ m}^2/\text{s}$ menjadi $150,987 \text{ m}^2/\text{s}$ dan Mg/Al dari $23,150 \text{ m}^2/\text{s}$ menjadi $111,404 \text{ m}^2/\text{s}$.

Penelitian ini dilakukan sintesis komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al dan Mg/Al yang berbasis biochar sebagai adsorben pada adsorpsi fenol. Material hasil

sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), dan analisis *Brunauer Emmet Teller* (BET). Material diaplikasikan sebagai adsorben untuk proses adsorpsi fenol dengan mengamati beberapa variabel bebas seperti pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi dan temperatur serta regenerasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Fenol merupakan senyawa organik yang bersifat toksik dan sulit didegradasi. Hal tersebut akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan terutama akan membahayakan kesehatan manusia apabila terakumulasi dengan jumlah yang banyak dan dibiarkan secara terus menerus. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut ialah menggunakan metode adsorpsi dengan hidroksi lapis ganda sebagai adsorben. Hidroksi lapis ganda memiliki struktur yang tidak stabil dan rapuh sehingga tidak dapat digunakan secara berulang maka perlu dilakukan modifikasi komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al dan Mg/Al menggunakan material biochar. Biochar memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki aktivitas katalitik, efisiensi adsorpsi, porositas serta luas permukaan yang tinggi. Selain itu juga, biochar dapat banyak ditemukan di alam seperti sisa biomasa hutan dan pertanian, sampah atau limbah organik serta kotoran hewan. Dengan cara memodifikasi komposit hidroksi lapis ganda menggunakan biochar maka sekaligus dapat memanfaatkan limbah atau bahan alam yang tersedia dan adsorben yang akan dihasilkan akan memiliki luas permukaan yang besar. Adsorben yang telah dipakai lalu dilakukan desorpsi dan regenerasi untuk melihat kemampuan adsorpsi suatu adsorben setelah digunakan berulang.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis hidroksi lapis ganda Ca/Al dan Mg/Al serta komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar serta karakterisasinya menggunakan analisis XRD, analisis FT-IR, dan analisis BET.
2. Mempelajari adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar melalui pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi serta pengaruh temperatur.
3. Mempelajari proses regenerasi adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai proses sintesis komposit hidroksi lapis ganda Ca/Al-Biochar dan Mg/Al-Biochar serta aplikasinya sebagai adsorben pada proses adsorpsi fenol dalam mengatasi pencemaran air limbah yang dapat membahayakan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akrami, M. R., Mohammad, Y., and Saeed, N. 2021. BET testing method for Neyshabour low-grade turquoise, NE of Iran. *Journal of Gems & Precious Metals*. 1(1): 28-40.
- Angraini, R., Nelly, W, dan Gusrizal. 2015. Adsorpsi Fenol oleh Kombinasi Adsorben Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan Metode Kolom. *Jurnal JKK*. 4(1): 29-34.
- Ariffin, N., Moh, M. A. B. A., Mohd, R. R. M. A. Z., Mohd, F. M., Hariz, Z., Moer, F., and Ridho, B. 2017. Review on Adsorption of Heavy Metal in Wastewater by Using Geopolymer. *MATEC Web of Conferences*. 97(1): 1-8.
- Ayawei, N., Abasi, C. Y., Wankasi, D., and Dikio, E. D. 2015. Layered Double Hydroxide Adsorption of Lead: Equilibrium, Thermodynamic and Kinetic Studies. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science (IJARCS)*. 2(5): 22-32.
- Ayawei, N., Seimok, S. A., Donbebe, W., and Ezekiel, D. D. 2015. Synthesis, Characterization and Application of Mg/Al Layered Double Hydroxide for the Degradation of Congo Red in Aqueous Solution. *Open Journal of Physical Chemistry*. 5(1): 56-70.
- Badri, A. P., Novie, J., Risfidian, M., Mardiyanto, and Aldes, L. 2022. The Efficiency of Mg-Al/Biochar for Methyl Orange and Methyl Red Removal. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 23(1): 202-211.
- Badri, A. P., Patimah, M. S. B. N. S., Neza, R. P., Risfidian, M., Mardiyanto, M., and Aldes, L. 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.
- Bazrafshan, E., Amirian, P., Mahvi, A. H and Anshari, M. A. 2016. Application of Adsorption Process for Phenolic Compounds Removal from Aqueous Environments: A Systematic Review. *Global Nest Journal*. 18(1): 146-163.
- Bhupenchandra, I., Anjali, B., Saraswat, P. K., Sunil, K. C., Laishram, K. S., Pallabi, K., Babita, T., and Soibam, S. 2019. Biochar: Its Impact on Soil and Environment. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 8(11): 2408-2424.
- Bini, M., and Francesco, M. 2018. Layered double hydroxides (LDHs): versatile and powerful hosts for different applications. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*. 7(1): 14-12.
- Buhani, Megahfit, Rahmawaty, Suharso, Mita, R., and Sumadi. 2018. Adsorption

- of Phenol and Methylene Blue in Solution by Oil Palm Shell Activated Carbon Prepared by Chemical Activation. *Oriental Journal of Chemistry*. 34(4): 2043-2050.
- Chakravorty, S., Rajat, C., and Chanchal, M. 2020. A review of phenol removal from wastewater by adsorption. *Journal Indian Chemistry*. 97(12): 2820-2823.
- Chang, Z. 2006. Controllable Preparation, Structural Characterization, and Application of Rare Earth Element-Containing Layered Double Hydroxides. Thesis. University Blaise Pascal: France.
- De Sá, F. P., Cunha, B. N., & Nunes, L. M. 2013. Effect of pH on the Adsorption of Sunset Yellow FCF Food Dye into a Layered Double Hydroxide (CaAl-LDH-NO₃). *Chemical Engineering Journal*, 215(1), 122–127.
- Ekowati, G. W., and Maya, R. 2019. Kajian Desorpsi Zat Warna *Indigosol Blue* dari Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analytical and Environmental Chemistry*. 4(2): 68-75.
- Elbidi, M., Agab, H., Rajab, A., and Mohammad, A. M. S. 2021. Comparative Study between Activated Carbon and Biochar for Phenol Removal from Aqueous Solution. *Journal BioResources*. 16(4): 6781-6790.
- Firdaus, L. H., Adit, R. W., dan Widayat. 2013. Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi KI/KIO₃ dan Uji Kinerja Katalis untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(2): 148-154.
- Fuadah, S. R., dan Maya, R. 2019. Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna *Naftol Blue Black* Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analytical and Environmental Chemistry*. 4(2): 59-67.
- Gawande, S. M., Nahaika, S. B., and Anuja, A. M. 2017. Adsorption and its Isotherm-Theory. *International Journal of Enineering Research*. 6(6): 312-316.
- 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 [H₃[α -PW₁₂O₄₀].nH₂O]. *Science & Technology Indonesia*. 1(1): 16-19.
- Harumi, M., Shaleh, F., Sudiono, S., & Triyono, T. 2020. Studi Kinetika Adsorpsi Ion Au(III) Menggunakan Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Praxis* 2(2): 148.

- Harsono, S. S., Philipp, G., Lek, H. L., Anja, H., Mohammad, A. M. S., Andreas, M. A., Aznil, I., and Tinia, I. M. G. 2013. Energy Balances, Greenhouse Gas Emissions and Economics of Biochar Production from Palm Oil Empty Fruit Bunches. *Resources, Conservation and Recycling*. 77(2013): 108-115.
- Hasni, Syamsuddin, Y., Andi, A., dan Mimin, S. 2020. Kesetimbangan Proses Desorpsi Amonia dari Arang Aktif Hasil Pirolisis Limbah Biomassa. *Al Ulum Sains dan Teknologi*. 5(2): 48-53.
- Helardy, D., Shinta, I., Chintia, M. S., and Hestia, M. 2017. The Adsorption and Regeneration of Natural Pumice as LowCost Adsorbent for Nitrate Removal From Water. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 3(2): 86-93.
- Igwegbe, C. A., Aiman, E. A. R., Itawi, H. I. A., Sharadqah, S., Shadh, A. Q., Esraa, A. H., Malak, A. Q., and Mika, S. 2019. *Utilization of Calcined Gypsum in Water and Wastewater Treatment: Removal of Phenol*. *Journal of Ecological Engineering*. 20(7): 1-10.
- Ishak, S. N., and Nik, A. N. N. M. 2021. Functionalized layered double hydroxide with compound to remove cationic and anionic pollutants: A review. *Environmental and Toxicology Management*. 1(2021): 26-29.
- Juleanti, N., Neza, R. P., Tarmizi, T., Nurlisa, H., Bunga, I. P., and Aldes, L. 2021. The Capability of Biochar-Based CaAl and MgAl Composite Materials as Adsorbent for Removal Cr(VI) in Aqueous Solution. *Science and Technology Indonesia*. 6(2021): 196-203.
- Julinawati, Marlina, Rosnani, N., dan Sheilatina. 2015. Applying SEM-EDX Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural*. 15(2): 44-48.
- Jusman, Y., Agus, J., May, V., Khairunnisa, H., and Siew, C. N. 2019. A Protocol for Enhanced Imaging and Quantification of Cervical Cells under Scanning Electron Microscope. *International Journal of Artificial Intelligence Research*. 3(2): 6-20.
- Karan, B. Z., and Ahmet, N. A. 2012. Layered double hydroxides – multifunctional nanomaterials. *Chemical Papers*. 66(1): 1-10.
- Khan, M. N., Maria, S., Nosheen, M., Romana, K., Muhammad, B., Nadia, R., Ummara, W., Irum, S., Asmat, A., Magda, A. H., Gaber, E. S. B., Ahmed, A. H., and Ajmal, K. 2022. Synthesis, Characterization, and Application of Ag- Biochar Composite for Sono-Adsorption of Phenol. *Original Research*. 10(1): 1-13.
- Kurniawan, M., Munaf, E., & Zein, R. 2015. Adsorption Isotherm and Kinetic Modelings of Pb (II) and Cu (II) Uptake by Dimocarpus Longan Peels.

Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(8), 847–861.

- Lesbani, A., Neza, R. P., Rabellia, J. S., Tarmizi, T., and Nurlisa, H. 2021. High Reusability of NiAl LDH/Biochar Composite in the Removal Methylene Blue from Aqueous Solution. *Indonesian Journal Chemistry*. 21(2): 421-434.
- Li, C., Qing, H., Haixiang, Z., Qingqing, W., Rixin, X., Genmao, G., Jie, H., Tinghang, L., Junfeng, W., and Shan, H. 2021. Characterization of Biochars Produced by Co-Pyrolysis of Hami Melon (Cantaloupes) Straw Mixed with Polypropylene and Adsorption Properties of Cadmium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(11413): 1-17.
- Mbonyiryivuze, A., Bonex, M., SIMON, M. D., and Malik, M. 2015. Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Sepia Melanin. *Physics and Materials Chemistry*. 3(2): 25-29.
- Mohadi, R., Neza, R. P., and Aldes, L. 2021. Preparation of Ca/Al-Layered Double Hydroxides/Biochar Composite with High Adsorption Capacity and Selectivity toward Cationic Dyes in Aqueous. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 16(2): 244-252.
- Nandiyanto, A. B. D., Rosi, O., and Risti, R. 2019. How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian journal of Science & Technology*. 4(1): 97-118.
- Nordin, A. H., Norzita, N. Z. M., Mazura, J., and Agus, A. 2019. Chemical Regeneration of Modified Magnetic-PEI-Cellulose Adsorbent for Removal of Anionic Reactive Black 5 Dyes. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 7(65): 1629-1632.
- Pratiwi, R. A., and Asep, B. D. N. 2022. How to Read and Interpret UV-VIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*. 2(1): 1-20.
- Raghadita, R., and Asep, B. D. N. 2021. How to Calculate Adsorption Isotherms of Particles Using Two-Parameter Monolayer Adsorption Models and Equations. *Indonesian Journal of Science & Technology*. 6(1): 205-234.
- Saletnik, B., Grzegorz, Z., Marcin, B., Maria, T., Gabriel, B., and Czeslaw, P. 2019. Biochar as Multifunctional Component of The Environment-Review. *Journal of Applied Science*. 9(1139): 1-20.
- Sanyang, L., Ghani, W. A. W. K., and Ruziah, Z. 2013. Sorption of Phenol from Wastewater by Hydrogel-Biochar Composite. *International Journal of Engineering and Technology*. 10(1): 38-49.
- Sobiesiak, M. 2017. *Chemical Structure of Phenols and Its Consequences for*

Sorption. Intech: University of Lublin.

- Srivatsav, P., Bhaskar, S. B., Vignesh, S., Jayaseelan, A., Kannappan, P. G., and Amit, B. 2020. Biochar as an Eco-Friendly and Economical Adsorbent for the Removal of Colorants (Dyes) from Aqueous Environment: A Review. *Journal MDPI*. 12(3561):1-27.
- Sukmana, H., Naoufal, B., Fernanda, P., and Cecilia, H. 2021. Adsorption and coagulation in wastewater treatment – Review. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 17(1): 49–68.
- 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.
- Tahli, L., and Tatang, W. 2017. Desorption of Gold and Silver from Activated Carbon. *Indonesian Mining Journal*. 20(1): 39-47.
- Tonelli, D., Isacco, G., Elisa, M., and Erika, S. 2021. Synthesis and Characterization of Layered Double Hydroxides as Materials for Electrocatalytic Applications. *Journal Nanoaterials*. 11(725): 1-20.
- Trupiano, D., Claudia, C., Silia, B., Carla, A., Francesco, P. V., Giuseppe, L., Sara, D. L., Francesca, F., Roberto, T., and Gabriella, S. S. 2017. The Effects of Biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth, Soil Properties, and Soil Microbial Activity and Abundance. *International Journal of Agronomy*. 1(2017): 1-12.
- Vidya, B., and Srinivasa, K. R. 2018. Thermogravimetric Analysis of Concrete. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research (IJMTER)*. 5(4): 187-194.
- Wei, L., Frederik, Z., Luuk, C. R., & Doris van Halem. 2019. Fluoride Removal by Ca-Al-CO₃ Layered Double Hydroxides at Environmentally Relevant Concentrations. *Journal Pre-proof*, 243(1),1-8.
- Xie, B., Jihong, Q., Shu, W., Xin, L., Hui, S., and Wenqing, C. 2020. Adsorption of Phenol on Commercial Activated Carbons: Modelling and Interpretation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(789): 1-13.
- Xin-hui, D., Srinivasakannan, C., and Liang, J. S. 2014. Process Optimization of

Thermal Regeneration of Spent Coal Based Activated Carbon Using Steam and Application to Methylene Blue Dye Adsorption. *Journal of The Taiwan of Chemical Engineering*. 45(2014): 1618-1627.

Yan, T., Jianhui, X., Zhidong, Z., and Yongbo, W. 2020. The Trends in Research on the Effects of Biochar on Soil. *Journal of Sustainability*. 12(7810): 1-23.

Zhou, L., Michal, S., Bingbing, B., Weichao, D., Chengtum, Q., Jie, Z., and Ying, T. 2021. Enhanced Removal of Sulfonated Lignite from Oil Wastewater with Multidimensional Mg-Al LDH Nanoparticles. *Journal Nanomaterials*. 11(861): 1-18.