

**SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al dan Ni/Al  
BERBASIS BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL**

**SKRIPSI**

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



**OLEH:**

**REZONSI**

**08031381823069**

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

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al dan Ni/Al  
BERBASIS BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**REZONSI**

**08031381823069**

Indralaya, 25 November 2022

**Mengetahui,**

**Dekan FMIPA**



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

NIP. 197111191997021001

**Pembimbing**

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

NIP. 197711272005011003

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Dan Ni/Al Berbasis Biochar Sebagai Adsorben Pada Adsorpsi Fenol” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Seminar Hasil Jurusan Kimia Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 November 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan

Indaralaya, 25 November 2022

### Ketua :

1. **Fahma Riyanti, M. Si.**


NIP. 197202052000032001

(  )

### Pembimbing:

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

NIP. 197711272005011003

(  )

### Penguji:

1. **Dr. Bambang Yudono, M. Sc.**

NIP. 196102071989031004

(  )

2. **Widia Purwaningrum, M. Si.**

NIP. 197304031999032001

(  )

### Mengetahui,

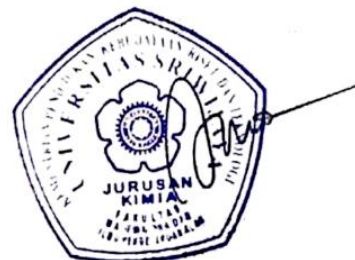
**Dekan FMIPA**



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

NIP. 197111191997021001

**Ketua Jurusan Kimia**



**Prof. Dr. Muharni, M. Si.**

NIP.19690304199412200

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa : Rezonsi

NIM : 08031381823069

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 dipublikasi maupun 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, 25 November 2022

Penulis,



Rezonsi

NIM. 08031381823069

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

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

Nama mahasiswa : Rezonsi  
NIM : 08031381823069  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/KimiaJenis  
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: “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al Dan Ni/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.

Indralaya, 25 November 2022

Penulis,



Rezonsi

NIM. 08031381823069

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*” Hai Hamba-Ku jika kalian punya persoalan dalam kehidupan maka  
Mintakan solusinya Kepada-Ku”*

*Dengan cara terima dulu masalah itu dan jangan di keluhkan  
karena mustahil saya akan titipkan persoalan kalau tidak Anda mampu  
mengatasinya.*

*Kemudian datang tunaikan Sholat dan Mintakan Solusi kepada-Ku lewat  
Sholat.*

**وَاسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ**

(QS. Al-Baqarah 2: ayat 45)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

**Allah SWT**

**Nabi Muhammad SAW**

Dan kupersembahkan kepada:

*Untuk kedua orang tuaku, bapak dan Ibu,  
Kakakku yang selalu mendoakan dan memberikan semangat.*

*Dosen pembimbingku 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 Prof. Elfita, M. Si.*

*Seluruh dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al dan Ni/Al Berbasis Biochar sebagai Adsorben pada Adsorpsi Fenol” Skripsi ini dibuat sebagai persyaratan agar dapat memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini melalui proses yang tidak mudah, penulis menyadari bahwa semua ini dapat terwujud karena bantuan, bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. 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 mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya sebagai Lembaga Pendidik yang mendidik penulis hingga mencapai gelar sarjana sains. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya dari hati yang paling dalam kepada:

1. Kepada Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan dan keselamatan karena atas rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. 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, yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu serta selalu mempermudah dalam hal penelitian dan revisi sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi dengan baik. 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.

6. Bapak Dr. Bambang Yudono M.Sc. dan Ibu Widia Purwaningrum, M.Si. selaku dosen penguji, terimakasih atas kritik, saran serta masukan yang membangun sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik Fahma Riyanti, M. Si. selaku ketua sidang yang telah membantu dalam pelaksanaan sidang sehingga dapat berjalan dengan lancar.
7. Ibu Prof. Elfita, M. Si. selaku dosen pembimbing akademik, terimakasih atas segala bantuan, motivasi, nasihat, kritik dan saran yang Ibu berikan selama di bangku perkuliahan.
8. Kepada orang tua saya yang selalu memberikan doa dan dukungan yang luar biasa, sehingga saya bisa meyakinkan diri saya sendiri bahwa saya mampu menyelesaikan dengan baik dan membuat orang tua saya bangga akan anaknya yang sudah menyanggah gelar baru.
9. Untuk keluarga saya, kakak, ayuk dan keponakan-keponakan saya yang selalu memberikan saya semangat dan tawa yang membuat hati saya bahagia sehingga mempermudah penelitian dan pembuatan skripsi saya
10. Rahma Dinta Astuti yang selalu meyakinkan bawah aku bisa, menguatkan dan selalu meyakinkan diriku. Selalu memberi semangat dan selalu membantu urusan dari awal penelitian sampai akhirnya mendapatkan gelar baru. Terimakasih selalu membuatku merasa jadi orang yang berharga. Semangat ya untuk menggapai impian dan harapannya, selamat atas yang telah didapatkan dan semangat. Semoga selalu dalam lindungan Allah, semoga semua yang kita rencanakan di ridhoi Allah.
11. Legy Gustiawan teman sekaligus keluarga, terimakasih telah saling berbagi selama 4 tahun perkuliahan dan dikos tempat kita tinggal. Terimakasih selalu saling membantu, saling mengerti dan sudah saling peduli satu sama lain, maaf jika selama satu kos banyak kesalahan perbuatan atau perkataan yang kurang berkenan.
12. Suteja terimakasih sudah menjadi sahabat yang sangat baik, sukses terus dalam mencapai tujuan, maaf sering merepotkan.



13. Nanda terimakasih atas segala bantuan selama penelitian di basecamp dan sering direpotkan.
14. 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 sabar dalam mengajari selama penelitian di basecamp.
15. Rian, Tika dan Veny, terimakasih membuat suasana tidak sepi saat semester akhir karena adanya ke berisikan kalian, maaf jika sering merepotkan kalian semangat terus di dunia perkuliahan.
16. Himatasti Kepengurusan 2020, terimakasih banyak telah mempercayai saya, dan saling membantu dalam menjalankan amanah di 2020 untuk membuat Himatasti lebih dikenal dan lebih maju lagi. Terimakasih banyak rasa kekeluargaan yang telah kita ciptakan bersama sama.
17. Untuk angkatan 18, mbak Novi, kak Iin, Ibu Yanti, Ibu Nur dan Ibu Niar atas kebaikannya selama ini dan memudahkan segala urusan perkuliahan, penelitian dan urusan akademik lainnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dalam hal pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca agar kedepannya skripsi ini dapat lebih padat ilmu dan bermanfaat bagi pembaca dan bagi kita semua.

Indralaya, 25 November 2022

Penulis

## SUMMARY

### SYNTHESIS OF DOUBLE LAYER HYDROXY COMPOSITE Zn/Al and Ni/Al BASED ON BIOCHAR AS ADSORBENT IN PHENOL ADSORPTION

Rezonsi: supervised by Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.  
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University  
XII+102 pages, 8 tables, 20 figures, 12 appendices

Synthesis of Zn/Al and Ni/Al double layer hydroxy composites based on biochar with a ratio of 3:1 using coprecipitation method has been carried out. The purpose of the double layer hydroxy modification of Zn/Al and Ni/Al is to use biochar to increase the surface area of the double layer hydroxyl material in order to produce higher effectiveness as an adsorbent in phenol absorption. The synthesis results were characterized using XRD, FT-IR, and BET analysis. Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double-layer hydroxy composite materials were used as adsorbents for phenol absorption at various pH, adsorption time, concentration and temperature, as well as regeneration. In the variation of pH, Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double layer hydroxy composites can absorb phenol optimally at pH 5 with an optimum adsorption time of 60 minutes. The kinetic parameters of phenol adsorption using Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double layer hydroxy composite adsorbents were in accordance with the pseudo second order model. The optimum temperature for phenol adsorption using Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double layer hydroxy composite adsorbents occurred at 30-50 0C following the Freundlich isotherm model. Thermodynamic parameters in the phenol adsorption process using Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double layer hydroxy composite adsorbents occur endothermically and adsorption occurs spontaneously. The regeneration of Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double-layer hydroxy composite materials were carried out 5 times to see the stability of the material structure in absorbing phenol. Zn/Al-biochar and Ni/Al-biochar double-layer hydroxy composite materials as phenol adsorbents have adsorbed percentages of 64.35% and 68.10%, respectively.

**Keywords** : Adsorption, Biochar, Phenol, Double Layer Hydroxy, Zn/Al-biochar, Ni/Al-biochar

**Citation** : 50 (2002-2022)

## RINGKASAN

### SINTESIS KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Zn/Al dan Ni/Al BERBASIS BIOCHAR SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI FENOL

Rezonsi: dibimbing oleh Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

XII+102 halaman, 8 tabel, 20 gambar, 12 lampiran

Telah dilakukan sintesis komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al berbasis biochar dengan perbandingan 3:1 menggunakan metode kopresipitasi. Tujuan modifikasi hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al menggunakan biochar untuk memperbesar luas permukaan material hidroksi lapis ganda agar menghasilkan efektivitas yang lebih tinggi sebagai adsorben dalam penyerapan fenol. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan analisa XRD, FT-IR, dan BET. Material komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar digunakan sebagai adsorben dalam penyerapan fenol yang dilakukan pada variasi pH, waktu adsorpsi, konsentrasi dan temperatur, serta regenerasi. Pada variasi pH komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar dapat menyerap fenol secara optimal pada pH 5 dengan waktu adsorpsi optimum 60 menit. Parameter kinetika adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar sesuai dengan model *pseudo second order*. Temperatur optimum pada adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar terjadi pada 30-50 °C mengikuti model isoterm Freundlich. Parameter termodinamika pada proses adsorpsi fenol menggunakan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar terjadi secara endotermik dan adsorpsi terjadi secara spontan. Regenerasi material komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar dilakukan sebanyak 5 kali untuk melihat kestabilan struktur material dalam menyerap fenol. Material komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar sebagai adsorben fenol memiliki persen teradsorpsi sebesar 64,35% dan 68,10%.

**Kata kunci** : Adsorpsi, Biochar, Fenol, Hidroksi Lapis Ganda, Zn/Al-biochar,  
Ni/Al-biochar

**Kutipan** : 50 (2002-2022)

## DAFTAR ISI

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>   | <b>i</b>       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>   | <b>ii</b>      |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>   | <b>iii</b>     |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>   | <b>iv</b>      |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK<br/>KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>v</b>       |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>   | <b>vi</b>      |
| <b>SUMMARY .....</b>   | <b>x</b>       |
| <b>RINGKASAN .....</b>   | <b>xi</b>      |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>xii</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xv</b>      |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xvii</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>  | <b>xviii</b>   |
| <b>BAB I.....</b>  | <b>1</b>       |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1              |
| 1.2. Rumusan Masalah .....   | 3              |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....  | 3              |
| 1.4. Manfaat Penelitian.....   | 3              |
| <b>BAB II .....</b>  | <b>4</b>       |
| 2.1. Hidroksi Lapis Ganda.....   | 4              |
| 2.1.1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda .....   | 5              |
| 2.1.2. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda.....  | 6              |
| 2.2. Biochar .....   | 6              |
| 2.3. Fenol.....  | 7              |
| 2.4. Adsorpsi .....  | 8              |
| 2.5. Desorpsi.....   | 9              |
| 2.6. Regenerasi .....  | 9              |
| 2.7. Kinetika Adsorpsi.....  | 10             |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.8. Parameter Isoterm Adsorpsi .....  | 10        |
| 2.9. Termodinamika Adsorpsi .....  | 11        |
| 2.10. Karakterisasi .....  | 12        |
| 2.10.1. X-Ray Diffraction (XRD) .....  | 12        |
| 2.10.2. Analisis Brunauer, Emmet, Teller (BET) .....   | 13        |
| 2.10.3. Spektrofotometer Fourier Transform InfraRed (FT-IR) .....  | 15        |
| 2.10.4. Spektrofotometer UV-Visible (UV-Vis) .....   | 16        |
| <b>BAB III.....</b>  | <b>18</b> |
| 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.....  | 19        |
| 3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al .....   | 19        |
| 3.3.2. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni-Al) .....  | 19        |
| 3.3.3. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda dengan<br>Biochar Zn-Al/Biochar .....   | 19        |
| 3.3.4. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda<br>Ni/Al-Biochar .....  | 20        |
| 3.3.5. Penentuan pH pzc (point Zero Charge).....   | 20        |
| 3.3.6. Pembuatan Larutan Stok Fenol Konsentrasi<br>1000 mg/L .....   | 20        |
| 3.3.7. Prosedur Pengompleksan Fenol .....  | 20        |
| 3.3.8. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi<br>Maksimum Fenol.....  | 21        |
| 3.3.9. Pembuatan Larutan Standar dan Penentuan Kurva<br>Fenol.....   | 21        |
| 3.3.10. Adsorpsi Fenol oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al,<br>Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar, Komposit<br>Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al- Biochar, dan<br>Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar..... | 21        |
| 3.3.10.1. Pengaruh pH.....   | 21        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.10.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi.....  | 22        |
| 3.3.10.3. Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi<br>Adsorpsi .....   | 22        |
| 3.3.10.4. Regenerasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda<br>Zn/Al, hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar,<br>Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar.....   | 23        |
| 3.3.10.5. Karakterisasi Adsorben Setelah Teradsorpsi<br>Fenol.....  | 23        |
| 3.4. Analisis Data .....  | 23        |
| <b>BAB IV .....</b>   | <b>27</b> |
| 4.1 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Hidroksi Lapis<br>Ganda Zn/Al, Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis<br>Ganda Zn/Al-Biochar dan Ni/Al-Biochar .....           | 27        |
| 4.2 Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) Hidroksi<br>Lapis Ganda Zn/Al, Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi<br>Lapis Ganda Zn/Al-Biochar dan Ni/Al-Biochar ..... | 29        |
| 4.3 Karakterisasi <i>Brunauer Emmet Teller</i> (BET) Hidroksi Lapis<br>Ganda Zn/Al, Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis<br>Ganda Zn/Al-Biochar dan Ni/Al-Biochar .....       | 31        |
| 4.4 Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum fenol.....   | 34        |
| 4.5 Pengaruh pH Adsorpsi .....  | 34        |
| 4.6 Penentuan pH pzc (Point Zero Charge).....   | 35        |
| 4.7 Pengaruh Waktu Adsorpsi.....  | 36        |
| 4.8. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur adsorpsi fenol .....   | 39        |
| 4.9. Regenerasi Fenol pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda<br>Zn/Al, Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, biochar, Zn/Al-biochar<br>dan Ni/Al-Biochar .....                                    | 47        |
| 4.10. Hasil Karakterisasi Adsorben Setelah Teradsorpsi Fenol .....  | 49        |
| <b>BAB V.....</b>   | <b>52</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....  | 52        |
| 5.2. Saran.....   | 52        |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>58</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Gambar 1.</b> Struktur Hidroksi Lapis Ganda.....  | 5              |
| <b>Gambar 2.</b> Struktur Pori Biochar.....  | 7              |
| <b>Gambar 3.</b> Struktur Fenol.....   | 7              |
| <b>Gambar 4.</b> Pola XRD ZnAl-NO <sub>3</sub> (a) ZnAl-NO <sub>3</sub> awal (b) campuran oksida logam (c) ZnAl-NO <sub>3</sub> rekontruksi .....  | 13             |
| <b>Gambar 5.</b> Tipe Isoterm adsorpsi .....   | 14             |
| <b>Gambar 6.</b> Spektrum FTIR Hidroksi Lapis Ganda Mg/Al.....   | 16             |
| <b>Gambar 7.</b> Difraktogram (a) Material Zn/Al, (b) Material Ni/Al, (c) Biochar, (d) Komposit Zn/Al-biochar, (e) Komposit Ni/Al-biochar .....  | 27             |
| <b>Gambar 8.</b> Spektrum FTIR (a) Material Zn/Al, (b) Material Ni/Al, (c) Biochar, (d) Komposit Zn/Al-biochar, (e) Komposit Ni/Al-biochar .....   | 29             |
| <b>Gambar 9.</b> Analisa profil adsorpsi-desorpsi nitrogen pada (a) hidroksi lapis ganda Zn/Al, (b) hidroksi lapis ganda Ni/Al, (c) Biochar, (d) komposit Zn/Al-biochar, (e) komposit Ni/Al-biochar..... | 32             |
| <b>Gambar 10.</b> Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Fenol.....  | 34             |
| <b>Gambar 11.</b> Pengaruh pH Adsorpsi Fenol.....  | 35             |
| <b>Gambar 12.</b> Data pH pzc .....  | 36             |
| <b>Gambar 13.</b> Pengaruh Waktu Adsorpsi Fenol.....   | 37             |
| <b>Gambar 14.</b> Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn/Al .....  | 39             |
| <b>Gambar 15.</b> Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al.....   | 39             |
| <b>Gambar 16.</b> Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol dengan.....   | 40             |
| <b>Gambar 17.</b> Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol dengan.....   | 40             |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 18.</b> Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Fenol dengan Adsorben Ni/Al-Biochar .....   | 40 |
| <b>Gambar 19.</b> Hasil regenerasi adsorben hidroksi lapis ganda Zn/Al, hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar, Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar terhadap fenol .....  | 48 |
| <b>Gambar 20.</b> Spektrum FTIR Setelah Adsorpsi (a) Material Zn/Al, (b) Material Ni/Al, (c) Biochar, (d) Komposit Zn/Al-biochar, (e) Komposit Ni/Al-biochar ..... | 49 |



## DAFTAR TABEL

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Tabel 1.</b> Data analisa pengukuran isoterm adsorpsi desorpsi nitrogen material hidroksi lapis ganda Zn/Al, Ni/Al, biochar, komposit Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar ..... | 33             |
| <b>Tabel 2.</b> Model kinetik adsorpsi fenol dengan adsorben hidroksi lapis ganda Zn/Al, hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar, Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar .....            | 38             |
| <b>Tabel 3.</b> Data Isoterm Adsorpsi Fenol Terhadap Adsorben hidroksi lapis ganda Zn/Al, hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar, Zn/Al-biochar dan Ni/Al-biochar .....           | 42             |
| <b>Tabel 4.</b> Data Parameter Termodinamika Adsorpsi fenol pada Adsorben hidroksi lapis ganda Zn/Al .....   | 43             |
| <b>Tabel 5.</b> Data Parameter Termodinamika Adsorpsi fenol pada Adsorben hidroksi lapis ganda Ni/Al .....   | 44             |
| <b>Tabel 6.</b> Data Parameter Termodinamika Adsorpsi fenol pada Adsorben biochar .....  | 45             |
| <b>Tabel 7.</b> Data Parameter Termodinamika Adsorpsi fenol pada Adsorben Zn/Al biochar .....  | 46             |
| <b>Tabel 8.</b> Data Parameter Termodinamika Adsorpsi fenol pada Adsorben Ni/Al biochar .....  | 47             |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Lampiran 1.</b> Data Digital XRD .....  | 56             |
| <b>Lampiran 2.</b> Data Spektrum FTIR Sebelum Adsorpsi .....                         | 60             |
| <b>Lampiran 3.</b> Data Spektrum FTIR Setelah Adsorpsi .....                         | 65             |
| <b>Lampiran 4.</b> Profil BET .....  | 69             |
| <b>Lampiran 5.</b> Data Panjang Gelombang fenol .....                                | 75             |
| <b>Lampiran 6.</b> Kurva Kalibrasi Larutan Standar fenol .....                       | 76             |
| <b>Lampiran 7.</b> Data Variasi pH Fenol .....                                       | 77             |
| <b>Lampiran 8.</b> Data Penentuan pH pzc pada Adsorben .....                         | 79             |
| <b>Lampiran 9.</b> Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Fenol .....                          | 81             |
| <b>Lampiran 10.</b> Data Pengaruh Konsentrasi Dan Temperatur<br>Adsorpsi Fenol ..... | 86             |
| <b>Lampiran 11.</b> Data Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Fenol .....          | 92             |
| <b>Lampiran 12.</b> Data Perhitungan Parameter Termodinamika Fenol .....             | 98             |

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Fenol adalah salah satu polutan yang jika masuk ke dalam lingkungan perairan akan menyebabkan bahaya yang berasal dari senyawa fenol sehingga dapat menyebabkan nyeri otak, nyeri hati, infeksi ginjal, muntah, bahkan sampai mengalami pingsan. Konsentrasi maksimum fenol yang terkandung dalam air minum maupun air bersih sebesar 0,001 ppm sesuai ketentuan WHO. Adapun metode biodegradasi, foto-Fenton, ultrasound, elektrokoagulasi, perawatan jet plasma uap dan adsorpsi merupakan metode yang telah banyak dilakukan untuk menurunkan kadar dari senyawa fenol untuk mendapatkan konsentrasi sesuai standar yang diizinkan. Metode adsorpsi merupakan proses yang paling sering digunakan untuk mengurangi polutan organik (Mishra *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan oleh metode adsorpsi merupakan metode yang tergolong sederhana, memiliki tingkat efektivitas yang tinggi dan ketersediaan adsorben yang cukup berlimpah.

Adapun jenis-jenis adsorben yang sering digunakan pada suatu proses adsorpsi yakni berupa adsorben organik atau biosorben, arang aktif dan beberapa adsorben dari bahan anorganik seperti silika, zeolit dan hidroksi lapis ganda (Taher *et al.*, 2019). Limbah pertanian juga sering kali disintesis untuk dijadikan adsorben alternatif dalam bentuk karbon aktif yang baik dan lebih murah (Mishra *et al.*, 2021).

Hidroksi lapis ganda yang dikenal juga sebagai lempung anionik yang terbentuk dari ikatan antara  $M(II)(OH)_6$  dan  $MIII(OH)_6$  berbentuk lembaran (Roto *et al.*, 2007). Sifat unik dari hidroksi lapis ganda berupa fleksibilitas, ditandai dengan anion interlayer bisa ditukar sesuai penerapan pada hidroksi lapis ganda (Misono, 2001). Karakteristik dari hidroksi lapis ganda yang mempunyai permukaan yang luas sangat menguntungkan untuk adsorpsi polutan, karena akan menghasilkan efisiensi penyerapan dan stabilitas termal (Mahjoubi *et al.*, 2017). Namun, penggunaan hidroksi lapis ganda tidak dapat digunakan secara berulang, hal ini dikarenakan struktur mudah terkelupas atau rusak. Maka dari itu, hidroksi lapis ganda perlu dilakukan modifikasi dengan cara pembentukan menggunakan

material lain yang dapat memperkecil ukuran partikel sehingga strukturnya lebih stabil dan dapat digunakan secara berulang. Biochar merupakan material yang menjanjikan sebagai matriks hidroksi lapis ganda (Lesbani *et al.*, 2021).

Biochar disintesis dari limbah pertanian seperti tandan kelapa sawit, tempurung kelapa, ranting kayu atau potongan kayu, tongkol jagung, dan sekam padi serta bahan organik lain yang bisa di daur ulang (Anischan, G. 2009). Biochar banyak digunakan karena salah satu adsorben terbaru yang berbiaya rendah dalam sintesisnya. Dalam proses adsorpsi, biochar yang berbentuk arang bubuk ini lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif komersial (Xue *et al.*, 2016). Komposisi biochar yang mengandung senyawa organik akan menghasilkan padatan dengan jumlah karbon yang terbentuk sangat melimpah melalui proses pembakaran dengan sedikit oksigen (Nurida, 2014). Untuk mendapatkan hasil yang efektif dengan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi maka dilakukan modifikasi atau penggabungan antara hidroksi lapis ganda menggunakan biochar (Zhang *et al.*, 2014).

Modifikasi komposit hidroksi lapis ganda menggunakan biochar telah banyak dilakukan seperti pada penelitian (Palapa *et al.*, 2021) yang mengadsorpsi Cr(VI) dengan adsorben berupa komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al berbasis biochar. Dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa kemampuan adsorpsi material komposit hidroksi lapis ganda Zn/A-biochar dan Ni/Al-biochar lebih tinggi dengan meningkatnya nilai kapasitas maksimum adsorpsi. Hidroksi lapis ganda Zn/Al yang semula 22,727 mg/g meningkat menjadi 666,667 mg/g, sedangkan Ni/Al awal adalah 61,728 mg/g menjadi 312,5 mg/g setelah dikompositkan dengan biochar.

Oleh karena itu dilakukan sintesis material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al dan komposit hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al berbasis biochar yang kemudian dikarakterisasi dengan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FT-IR), dan *Brunauer, Emmet, Teller* (BET). Analisis dilakukan dengan menggunakan beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi yakni pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara mensintesis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al serta komposit hidroksi lapis ganda Zn/al biochar dan Ni/Al biochar?
2. Bagaimana efektivitas dari hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al serta komposit hidroksi lapis ganda Zn/al-biochar dan Ni/Al-biochar dalam mengadsorpsi fenol berdasarkan pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi dan temperatur serta proses regenerasi?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mensintesis material hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al serta komposit hidroksi lapis ganda Zn/al biochar dan Ni/Al biochar yang dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, BET, dan spektrofotometer FT-IR.
2. Menentukan efektivitas dari hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al serta komposit hidroksi lapis ganda Zn/al-biochar dan Ni/Al-biochar dalam mengadsorpsi fenol berdasarkan pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi dan temperatur serta proses regenerasi.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai sintesis hidroksi lapis ganda Zn/Al dan Ni/Al, komposit hidroksi lapis ganda Zn/al biochar dan Ni/Al biochar dan juga aplikasinya untuk mengatasi pencemaran fenol di lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeeyinwo, C. E., Okorie, N. N. and Idowi, G. O. 2013. Basic Calibration of UV/Visible Spectrophotometer. *International Journal of Science and Technology*. 2(3): 10-19.
- Anggraini, R., Wahyuni, N. dan Gusrizal. 2015. Adsorpsi Fenol Oleh Kombinasi Adsorben Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan Metode Kolom. ISSN 2303-1077. 4(1): 29-34.
- Arrabito *et al.*, 2019. Layered Double Hydroxides: A Toolbox for Chemistry and Biology. *Journal Crystals*.
- Bazrafshan, E., Amirian, P., Mahvi, A. H., & Ansari-Moghaddam, A. (2016). Application of adsorption process for phenolic compounds removal from aqueous environments: A systematic review. *Global Nest Journal*, 18(1), 146–163.
- Behera, S. (2012). UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assay of Paracetamol Tablet Formulation. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 03(06).
- Benício, L. P. F., Silva, R. A., Lopes, J. A., Eulálio, D., dos Santos, R. M. M., De Aquino, L. A., Vergütz, L., Novais, R. F., Da Costa, L. M., Pinto, F. G., & Tronto, J. (2015). Layered double hydroxides: Nanomaterials for applications in agriculture | Hidróxidos duplos lamelares: Nanomateriais para aplicações na agricultura. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 39(1), 1–13.
- Crudden, M. c., Allen, D., Mikoluk, M. D. and Sun, J. 2001. Rhodium Bis-Phosphine Catalyts On Mesoporous Silica Supports: New Highly Efficient Catalysts For The Hydrogenation Of Alkenes Electronic Supplementary Information (ESI) Available: NMR Data. *Journal Chemical Communication*. 13(1): 12-15.
- Daneshvar, E., Vazirzadeh, A., Niazi, A., Kousha, M., Naushad, M., & Bhatnagar, A. (2017). Desorption of Methylene blue dye from brown macroalga: Effects of operating parameters, isotherm study and kinetic modeling. *Journal of Cleaner Production*, 152, 443–453.
- Elmoubarki, R., Mahjoubi, F. Z., Elhalil, A., Tounsadi, H., Abdennouri, M., Sadiq, M., Qourzal, S., Zouhri, A., & 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.
- Ernawati, T., & Roto, R. (2016). Studi Efek Memori Hidroksida Ganda Terlapis Zn-Al- $\text{No}_3$ . *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2(2), 36–41.
- Gami, A. A., Shukor, M. Y., Khalil, K. A., Dahalan, F. A., Khalid, A., & Ahmad, S. A. (2014). Phenol and phenolic compounds toxicity. *Journal of Environmental Microbiology and Toxicology*, 2(1), 11–23.

- Gürsoy, M. and Karaman, M. 2017. *Surface Treatments for Biological , Chemical and Physical Application*. Turkey : Selcuk University.
- Gyawali, S., Techato, K., & Yuangyai, and C. (2012). Effects of Industrial Waste Disposal on the Surface Water Quality of U-tapao River, Thailand. *International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE*, 32, 109–113.
- Hasni, H., Yani, S., Aladin, A., & Septiani, M. (2020). Keseimbangan Proses Desorpsi Amonia Dari Arang Aktif Hasil Pirolisis Limbah Biomassa. *Al Ulum Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(2), 48.
- Hasnowo, L. A. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi Material Hibrida Mg/Al-Ldh Terimobilisasi Asam Para Hidroksibenzoat. *Jurnal Forum Nuklir*, 11(2), 81.
- Hobbs, C., Jaskaniec, S., McCarthy, E. K., Downing, C., Opelt, K., Güth, K., Shmeliov, A., Mourad, M. C. D., Mandel, K., & Nicolosi, V. (2018). Structural transformation of layered double hydroxides: an in situ TEM analysis. *Npj 2D Materials and Applications*, 2(1).
- Hudori, & Yulianto, A. (2011). Penurunan Fenol Melalui Proses Adsorptive Micellar Flocculation. *Jurnal Sains DanTeknologi Lingkungan*, 3(2), 1–7.
- Johnston, A. L., Lester, E., Williams, O., & Gomes, R. L. (2021). Understanding Layered Double Hydroxide properties as sorbent materials for removing organic pollutants from environmental waters. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105197.
- Kimia, R. J., Mipa, F., Sriwijaya, U., Palembang-prabumulih, J. R., Ilir, O., & Instrumentasi, B. (2015). *Poedji Loekitowati Hariani \* , Fatma , Fahma Riyanti dan Hesti Persiapan Ca-bentonit*. 22(2), 233–239.
- Lazzari, L.K., Zimmermann, M.V.G., Perondi, D., Zampieri, V.B., Zattera, A.J., and Santana, R.M.C. 2019. Production of Carbon Foams from Rice Husk. *Journal of Materials Research*. 22(1): 1-6.
- Lema, A. T., Sulistyarti, H., & Atikah. 2014. Pengembangan Metode Spektrofotometri untuk Penentuan Iodida Menggunakan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sebagai Oksidator. *Natural B*, 2(4), 309–316.
- Li, M., Zhu, J.E., Zhang, L., Chein, X., Zhang, H., Zhang, F., Xu, S., and Evans, D.G. 2011. Facile Synthesis of NiAl-Layered Double Hydroxide/Graphene Hybrid with Enhanced Electrochemical Properties for Detection of Dopamine. *Nanoscale*. 3(10): 4240-4246.
- M, R., PG, M., A, M., A, V., & R, P. (2017). Layered Double Hydroxides: Tailoring Interlamellar Nanospace for a Vast Field of Applications. *Journal of Material Science & Engineering*, 06(04).
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., & Barka, N. (2017). Zn–Al layered double hydroxides intercalated with carbonate, nitrate, chloride and sulphate ions: Synthesis, characterisation and dye removal properties. *Journal of Taibah University for Science*, 11(1), 90–100.

- Marsyahyo, E. 2009. Analisis Brunnaeur Emmet Teller (BET) Topografi Permukaan Serat Rami (*Bochmeria nivea*) Untuk Media Penguatan Pada Bahan Komposit. *Jurnal Flyweel*. 2(2): 33-41
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Widiaratih, R. (2020). Studi Kinetika Adsorpsi Dan Desorpsi Ion Fosfat (Po42-) Di Sedimen Perairan Semarang Dan Jepara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 385–396.
- Mishra, G., Dash, B., & Pandey, S. (2018). Layered double hydroxides: A brief review from fundamentals to application as evolving biomaterials. *Applied Clay Science*, 153(December 2017), 172–186.
- Moller, M., & Pich, A. (2017). Development of Modified Layered Silicates with Superior Adsorption Properties for Uptake of Pollutants from Air and Water. *Development of Modified Layered Silicates with Superior Adsorption Properties for Uptake of Pollutants from Air and Water Von*.
- Nalawade, P., Aware, B., Kadam, V. J., & Hirlekar, R. S. (2009). Layered double hydroxides: A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 68(4), 267–272.
- Nimibofa, A., Donbebe, W., & Dikio, E. D. (2015). *Ayawei , N ., Inengite A . K ., Ekubo , A . T ., Wankasi , D ., and Dikio , E . D . Mg / Fe layered double hydroxide for removal of lead ( II ): thermodynamic , equilibrium and kinetic studies . EurApril*.
- Palapa, N. R., Juleanti, N., Normah, N., Taher, T., & Lesbani, A. (2020). Unique adsorption properties of malachite green on interlayer space of Cu-Al and Cu-Al-Siw12O40 Layered double hydroxides. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 15(3), 653–661.
- Pendahuluan, I., & Kimia, J. T. (2008). Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch Faisol Asip , Ridha Mardhiah , Husna Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jl . Raya Palembang – Prabumulih Km . 32 , Inderalaya 30662 Abstrak. *Teknik Kimia*, 15(2), 22–26.
- Roto, R., Tahir, I., & Mustofa, M. (2010). Zn-Al Layered Double Hydroxide As Host Material For Sunscreen Compound Of P-Aminobenzoic Acid. *Indonesian Journal of Chemistry*, 7(1), 1–4.
- Sapei, L., Padmawijaya, K.S., Sutejo, A., dan Theresia, L. 2015. Karakterisasi Silika Sekam Padi dengan Variasi Temperatur Leaching Menggunakan Asam Asetat. *Jurnal Teknik Kimia*. 9(2): 38-43.
- Sepehr, M. N., Al-Musawi, T. J., Ghahramani, E., Kazemian, H., & Zarrabi, M. (2017). Adsorption performance of magnesium/aluminum layered double hydroxide nanoparticles for metronidazole from aqueous solution. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(5), 611–623.
- Sinaga, R. S., Purwonugroho, D. dan Darjito. 2015. Adsorpsi Seng(II) Oleh Biomassa *Azolla microphylla* Diesterifikasi Dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl. *Kimia Student Journal*. 1(1): 629-635.



- Singh Karam, D., Nagabovanalli, P., Sundara Rajoo, K., Fauziah Ishak, C., Abdu, A., Rosli, Z., Melissa Muharam, F., & Zulperi, D. (2021). An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties, and its agriculture application. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, xxx. 005
- Solawati, Basir, M., Kadekoh, I., & Thaha, A. R. (2016). Potensi Biochar Sekam Padi terhadap Perubahan pH, KTK, C Organik dan P Tersedia pada Tanah Sawah Inceptisol. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 23(2), 101–109.
- Suminta, S. 2003. Simulasi Pola Difraksi Sinar-X Berbagai Jenis Mineral Zeolit Alam dengan Program Rietan. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 2(1): 45-54
- Supriyanto, C dan Muzakky. 2010. Proses Desorpsi Logam Berat pada Sedimen Sungai Daerah Muria dengan Pelarut Asam. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* 13(1): 11-18.
- 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. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(4), 873–881.
- Tomboc, G. M., Kim, J., Wang, Y., Son, Y., Li, J., Kim, J. Y., & Lee, K. (2021). Hybrid layered double hydroxides as multifunctional nanomaterials for overall water splitting and supercapacitor applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 9(8), 4528–4557.
- Tran, H. N., Lin, C. C., Woo, S. H., & Chao, H. P. (2018). Efficient removal of copper and lead by Mg/Al layered double hydroxides intercalated with organic acid anions: Adsorption kinetics, isotherms, and thermodynamics. *Applied Clay Science*, 154(December 2017), 17–27.
- Volensky, Bohumil, and V. Diniz. 2005. *Desorption Of Lanthanum, Europium and Ytterbium From Sargasum*. McGill University. Canada
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., & Kurniawan, C. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248.
- Yanlinastuti, & Fatimah, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Panduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal PIN Pengolahan Instansi Nuklir*, 1(17), 22–33.
- You, Y., Zhao, H., & Vance, G. F. (2002). Surfactant-enhanced adsorption of organic compounds by layered double hydroxides. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 205(3), 161–172.

- Zainuri, M., Fisika, J., & Negeri, U. (2012). (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (Caco3 Dan Sio2). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA) ISSN: 2087-9946*, 2(1), 20–29.
- Zhi, P. X., & Guo, Q. L. (2005). Hydrothermal synthesis of layered double hydroxides (LDHs) from mixed MgO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: LDH formation mechanism. *Chemistry of Materials*, 17(5), 1055–1062.