

**INTERKALASI *SCHIFF* BASE KITOSAN PADA Ni/Al LDH SEBAGAI  
ADSORBEN LIMBAH LOGAM Fe(II)**

**SKRIPSI**

*diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia*



oleh  
Mentari Devi Nur Ramandini  
2003767

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU  
PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**INTERKALASI *SCHIFF BASE* KITOSAN PADA Ni/Al LDH SEBAGAI  
ADSORBEN LIMBAH LOGAM Fe(II)**

oleh

Mentari Devi Nur Ramandini

2003767

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana  
Sains pada Program Studi Kimia Departemen Pendidikan Kimia Fakultas  
Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Mentari Devi Nur Ramandini 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**INTERKALASI *SCHIFF* BASE KITOSAN PADA Ni/Al LDH SEBAGAI  
ADSORBEN LIMBAH LOGAM Fe(II)**

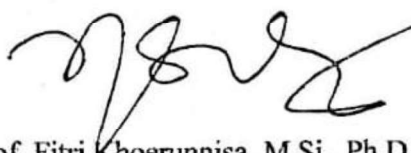
oleh

Mentari Devi Nur Ramandini

2003767

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

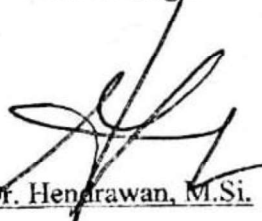
Pembimbing I



Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D.

NIP. 197806282001122001

Pembimbing II



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI



Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D.

NIP. 197806282001122001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Interkalasi Schiff Base Kitosan pada Ni/Al LDH Sebagai Adsorben Limbah Logam Fe(II)**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024  
Yang Membuat Pernyataan



Mentari Devi Nur Ramandini  
NIM 2003767

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan pada Allah SWT karena atas rahmat, berkat, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Interkalasi *Schiff Base* Kitosan pada Ni/Al LDH Sebagai Adsorben Limbah Logam Fe(II)”**. Shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulisan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang membaca skripsi ini guna memperbaiki karya tulis ilmiah penulis kedepannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, Agustus 2024



Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT karena rahmat, berkat, dan karunia-Nya skripsi yang berjudul **“Interkalasi Schiff Base Kitosan pada Ni/Al LDH Sebagai Adsorben Limbah Logam Fe(II)”** ini dapat penulis selesaikan. Dalam prosesnya penulis banyak menemui kesulitan mulai dari penelitian, penyusunan, hingga penyelesaian skripsi, namun berkat bantuan dan bimbingan berbagai pihak skripsi ini dapat terselesaikan, oleh karena itu, ungkapan terima kasih yang sebesar besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua tersayang, kakak, adik dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, doa, serta materi kepada penulis.
2. Ibu Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku dosen pembimbing II, yang senantiasa memberikan arahan, saran, motivasi, serta dukungan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Riset Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Ibu Dra. Zackiyah, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa membantu dan memberi arahan kepada penulis sejak awal perkuliahan.
6. Seluruh dosen dan staf Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI atas bantuan yang diberikan selama penulis menyelesaikan studi.
7. Raden Khairana Khadra selaku teman satu bimbingan yang telah mendukung, menemani, dan memberikan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Aliyya Divania, Feby Ariani, dan Ratu Stella yang senantiasa mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.

9. Dimas Wira Manggala yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang sangat membantu penulis dalam proses pelaksanaan penelitian maupun penyusunan skripsi.

Bandung, Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, stylized strokes that form a unique, abstract shape.

Penulis

## ABSTRAK

Limbah elektronik memiliki kandungan logam mencapai 60% yang sebagian besar terdiri dari logam Fe, Si, Sn, dan Cu, sehingga dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah. Adsorpsi merupakan salah satu teknik penghilangan logam berat dalam air yang paling banyak digunakan. Salah satu bahan adsorben yang berpotensi untuk mengadsorpsi logam Fe dalam air adalah *Nickel/Aluminium Layered Double Hydroxide* (Ni/Al LDH) yang diinterkalasi dengan *Chitosan Schiff Base* (CSB). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi optimum sintesis, karakterisasi, dan kinerja CSB-Ni/Al LDH dalam mengadsorpsi logam Fe (II) dalam air. Interkalasi CSB ke Ni/Al LDH dilakukan melalui metode kopresipitasi. CSB-Ni/Al LDH kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan BET  $N_2$  *adsorption-Desorption*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan interkalasi CSB pada Ni/Al LDH diindikasikan dengan serapan FTIR pada bilangan gelombang  $1060\text{ cm}^{-1}$ ,  $2923\text{ cm}^{-1}$ , dan  $<1000\text{ cm}^{-1}$  masing-masing untuk vibrasi ulur C-O, C-H, dan Ni-O/Al-O/Ni-OH/Al-OH. Selain itu, difraktogram sinar-X mengkonfirmasi keberhasilan interkalasi ditunjukkan dengan adanya peningkatan lebar puncak  $2\theta = 22^\circ$ , pergeseran beberapa puncak difraksi pada  $2\theta$   $11,50^\circ$  ( $11,54^\circ$ );  $22,81^\circ$  ( $22,74^\circ$ );  $35,20^\circ$  ( $35,16^\circ$ );  $39,15^\circ$  ( $40,02^\circ$ );  $48,34^\circ$  ( $46,69^\circ$ );  $61,80^\circ$  ( $61,58^\circ$ ), dan peningkatan *interlayer spacing* (d). Interkalasi CSB-Ni/Al LDH juga dikonfirmasi dengan peningkatan *specific surface area*, *mean pore size*, dan *total pore volume* berturut-turut menjadi  $165,357\text{ m}^2/\text{g}$ ,  $2,84\text{ nm}$ , dan  $0,020\text{ cm}^3/\text{g}$ . Kinerja adsorpsi ion Fe (II) dalam air oleh CSB-Ni/Al LDH ditemukan lebih besar dari Ni/Al LDH murni dengan nilai %penyisihan sebesar  $54,74\%$ .

**Kata Kunci:** Adsorpsi, *Chitosan Schiff Base* (CSB), Interkalasi, *Layered Double Hydroxide* (LDH)



## ABSTRACT

*Electronic waste contains up to 60% metal, primarily composed of Fe, Si, Sn, and Cu, which can cause water and soil pollution. Adsorption is one of the most widely used techniques for removing heavy metals from water. One potential adsorbent for Fe in water is Nickel/Aluminum Layered Double Hydroxide (Ni/Al LDH) intercalated with Chitosan Schiff Base (CSB). This research aims to obtain information regarding the optimal synthesis conditions, characterization, and performance of CSB-Ni/Al LDH in adsorbing Fe(II) from water. The intercalation of CSB into Ni/Al LDH was conducted through the coprecipitation method. CSB-Ni/Al LDH was then characterized using FTIR, XRD, and BET  $N_2$  adsorption. The results indicate that the successful intercalation of CSB into Ni/Al LDH is evidenced by the FTIR absorption at wavenumbers  $1060\text{ cm}^{-1}$ ,  $2923\text{ cm}^{-1}$ , and  $<1000\text{ cm}^{-1}$  for C-O, C-H, and Ni-O/Al-O/Ni-OH/Al-OH stretching vibrations, respectively. Additionally, X-ray diffractograms confirmed the successful intercalation, as shown by an increase the width of the  $2\theta = 22^\circ$  peak, a shift in several diffraction peaks at  $2\theta$   $11.50^\circ$  ( $11.54^\circ$ );  $22.81^\circ$  ( $22.74^\circ$ );  $35.20^\circ$  ( $35.16^\circ$ );  $39.15^\circ$  ( $40.02^\circ$ );  $48.34^\circ$  ( $46.69^\circ$ );  $61.80^\circ$  ( $61.58^\circ$ ) and an increase the interlayer spacing ( $d$ ). The intercalation of CSB-Ni/Al LDH was also confirmed by an increase in specific surface area, mean pore size, and total pore volume to  $165.357\text{ m}^2/\text{g}$ ,  $2.84\text{ nm}$ , and  $0.020\text{ cm}^3/\text{g}$ , respectively. The adsorption performance of Fe(II) ions in water by CSB-Ni/Al LDH was found to be greater than that of pure Ni/Al LDH, with a %removal value of 54.74%.*

**Keywords:** *Adsorption, Chitosan Schiff Base (CSB), Intercalation, Layered Double Hydroxide (LDH)*

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Limbah Elektronik.....	5
2.1.1 Sumber Limbah Elektronik.....	5
2.1.2 Komponen Limbah Elektronik.....	5
2.1.3 Logam Besi (Fe).....	6
2.1.3.1 Definisi, Sifat Fisik dan Kimia .....	6
2.1.3.2 Dampak Logam Besi (Fe).....	7
2.2 Teknik Penghilangan Logam Berat dalam Air.....	7
2.2.1 Adsorpsi .....	7
2.2.2 Pengendapan Kimia .....	9
2.2.3 Pertukaran Ion .....	9
2.2.4 Koagulasi/Flokulasi .....	10
2.2.5 Elektrokimia.....	10
2.3 Prekursor CSB-Ni/Al-LDH.....	11
2.3.1 Kitosan (CS).....	11
2.3.2 Benzaldehid.....	11
2.3.3 Schiff Base.....	12
2.3.3.1 Adisi Nukleofilik .....	13
2.3.3.2 Dehidrasi .....	13
2.3.4 Layered Double Hydroxide (LDH).....	14
2.3.4.1 Metode Kopresipitasi .....	14
2.4 Karakteristik CSB-Ni/Al LDH.....	15

2.4.1	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	15
2.4.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	16
2.4.3	<i>BET Surface Area</i> .....	16
2.5	Spektrofotometer UV-VIS .....	17
2.5.1	Definisi.....	17
2.5.2	Prinsip Dasar .....	18
2.5.3	Instrumen Spektrofotometer UV-Vis.....	18
2.5.4	Syarat Pengukuran Spektrofotometer UV-Vis.....	20
2.5.5	Hukum Lambert-Beer .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Desain Penelitian .....	22
3.3	Alat dan Bahan .....	23
3.3.1	Alat.....	23
3.3.2	Bahan.....	23
3.4	Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1	Sintesis <i>Schiff Base</i> Kitosan (CSB).....	26
3.4.1.1	Preparasi.....	26
3.4.1.2	Tahapan Optimasi .....	26
3.4.2	Sintesis Ni/Al LDH ( <i>Layered Double Hydroxide</i> ) .....	26
3.4.2.1	Preparasi.....	26
3.4.2.2	Tahapan Sintesis .....	27
3.4.3	Sintesis <i>Schiff Base</i> Kitosan-Nikel/Alumunium <i>Layered Double Hydroxide</i> (CSB-Ni/Al LDH).....	27
3.4.3.1	Preparasi.....	27
3.4.3.2	Interkalasi CSB ke Ni/Al LDH.....	27
3.4.4	Karakterisasi CSB-Ni/Al-LDH.....	28
3.4.4.1	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	28
3.4.4.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	28
3.4.4.3	<i>Brunauer-Emmett-Teller (BET) Surface Area</i> .....	29
3.4.5	Kinerja CSB-Ni/Al LDH .....	29
3.4.5.1	Preparasi.....	29
3.4.5.2	Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{maks}$ ).....	30
3.4.5.3	Pengukuran Kurva Kalibrasi.....	30
3.4.5.4	Pengujian Adsorpsi Limbah Ion Fe(II) oleh Ni/Al LDH dan CSB-Ni/Al LDH .....	30

3.4.5.5	Pengukuran Absorbansi dan Konsentrasi Limbah Ion Fe (II) .	31
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Kondisi Optimum Komposisi <i>Schiff Base</i> Kitosan (CSB).....	32
4.2	Kondisi Optimum Metode Pengeringan CSB .....	33
4.3	Karakteristik CSB.....	34
4.3.1	Interaksi Kimia.....	34
4.3.2	Difraktogram Sinar-X .....	36
4.4	Sintesis Ni/Al LDH .....	38
4.5	Karakteristik Ni/Al LDH.....	40
4.5.1	Interaksi Kimia.....	40
4.5.2	Difraktogram Sinar-X .....	40
4.6	Interkalasi CSB ke Ni/Al LDH .....	41
4.7	Karakteristik CSB-Ni/Al LDH.....	42
4.7.1	Interaksi Kimia.....	42
4.7.2	Difraktogram Sinar-X .....	43
4.7.3	N <sub>2</sub> Adsorpsi-Desorpsi .....	44
4.8	Kinerja Ni/Al LDH dan CSB-Ni/Al LDH Sebagai Adsorben Ion Fe (II) Dalam Air.....	46
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Adsorpsi Fisik dan Kimia .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Adsorpsi Monolayer dan Multilayer.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Kitosan.....	11
<b>Gambar 2.4</b> Struktur Senyawa Benzaldehid.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Pembentukan Schiff Base .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Mekanisme Reaksi Adisi Nukleofilik.....	13
<b>Gambar 2.7</b> Reaksi Eliminasi .....	14
<b>Gambar 2.8</b> Struktur <i>Layered Double Hydroxide</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Tipikal BET Plot.....	17
<b>Gambar 2.10</b> Tipe Transisi Elektronik Molekul.....	18
<b>Gambar 2.11</b> Diagram Alat Spektrofotometer UV-Vis.....	19
<b>Gambar 3.1</b> Desain Penelitian .....	22
<b>Gambar 3.2</b> Bagan Alir Uji Kinerja .....	25
<b>Gambar 4.1</b> Mekanisme Reaksi <i>Schiff Base Chitosan-Benzaldehyde</i> .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Fotograf CSB pada Variasi Komposisi CS/B/NaOH a) 1:2:0 b) 1:2:150 c) 2:4:150 .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Fotograf CSB pada Variasi Kondisi Pengeringan a) Oven/80°C, b) Desikator/28°C, dan c) Oven Vacuum/25°C.....	34
<b>Gambar 4.4</b> Spektra FTIR a) Kitosan (CS), (b) CSB 3.1 (Oven/50°C), c) CSB 3.2 (Desikator/28°C), dan d) CSB 3.3 (Oven Vacuum/25°C).....	35
<b>Gambar 4.5</b> Difraktogram Sinar-X a) CS dan b) CSB pada Kondisi optimum ..	36
<b>Gambar 4.6</b> Struktur LDH.....	39
<b>Gambar 4.7</b> Fotograf Ni/Al LDH pada Variasi Kondisi Pengeringan a) Oven/100°C b) Oven/50°C.....	39
<b>Gambar 4.8</b> Spektra FTIR a) Ni/Al LDH (Normah&Lesbani, 2024) dan b) Ni/Al LDH Hasil Sintesis.....	40
<b>Gambar 4.9</b> Difraktogram Sinar-X a) Ni/Al LDH (Siregar <i>et al</i> , 2021) dan b) Ni/Al LDH Hasil Sintesis.....	41
<b>Gambar 4.10</b> Fotograf Padatan CSB-Ni/Al LDH.....	42
<b>Gambar 4.11</b> Spektra FTIR a) CSB, b) Ni/Al LDH, c) dan CSB-Ni/Al LDH....	42

<b>Gambar 4.12</b> Difraktogram Sinar-X a) CSB, b) Ni/Al LDH, dan c) CSB-Ni/Al LDH .....	43
<b>Gambar 4.13</b> Diagram N <sub>2</sub> Adsorpsi-Desorpsi a) Ni/Al LDH dan b) CSB-Ni/Al LDH .....	45
<b>Gambar 4.14</b> Kurva Kalibrasi Fe (II) .....	46
<b>Gambar 4.15</b> Uji Kinerja Ni/Al LDH dan CSB-Ni/Al LDH.....	47
<b>Gambar 4.16</b> Ilustrasi Mekanisme Adsorpsi Ion Fe (II) pada LDH.....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Material Berbagai Jenis Alat Elektronik.....	6
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe).....	6
<b>Tabel 2.3</b> Daftar Bilangan Gelombang dari Berbagai Jenis Ikatan.....	15
<b>Tabel 3.1.</b> Optimasi Komposisi <i>Schiff Base</i> kitosan (CSB) .....	26
<b>Tabel 4.1</b> Nilai FWHM dan <i>d-spacing</i> CS dan CSB.....	37
<b>Tabel 4.2</b> Nilai <i>d-spacing</i> Ni/Al LDH dan CSB-Ni/Al LDH.....	44
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Luas Permukaan Spesifik, Ukuran Pori, dan Total Volume Pori Ni/Al LDH dan CSB Ni/Al LDH .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Data Perhitungan Sintesis .....	58
<b>Lampiran 2.</b> Data Perhitungan Karakterisasi .....	61
<b>Lampiran 3.</b> Data Perhitungan Kinerja.....	66
<b>Lampiran 4.</b> Dokumentasi Penelitian .....	69



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdolmohammad-Zadeh, H., Jouyban, A., Amini, R., et al., 2013. *Nickel-aluminum layered double hydroxide as a nano-sorbent for the solid phase extraction of selenium, and its determination by continuous flow HG-AAS*. *Microchim. Acta* 180, 619–626.
- Allou, N. B., Saikia, P., Borah, A., & Goswamee, R. L. (2017). *Hybrid nanocomposites of layered double hydroxides : an update of their biological applications and future prospects*. <https://doi.org/10.1007/s00396-017-4047-3>
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). *Analisis gugus fungsi pada sampel uji, bensin dan spiritus menggunakan metode spektroskopi ftir*. 10(1).
- Anand, S., Bharti, S. K., Kumar, S., Barman, S. C., & Kumar, N. (2019). *Phytoremediation of Heavy Metals and Pesticides Present in Water Using Aquatic Macrophytes*. In *Microorganisms for Sustainability* (Vol. 9). [https://doi.org/10.1007/978-981-32-9664-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9664-0_4)
- Ayach, J., El Malti, W., Duma, L., Lalevée, J., Al Ajami, M., Hamad, H., & Hijazi, A. (2024). Comparing Conventional and Advanced Approaches for Heavy Metal Removal in Wastewater Treatment: An In-Depth Review Emphasizing Filter-Based Strategies. *Polymers*, 16(14), 1959. <https://doi.org/10.3390/polym16141959>
- Bader, N. R., Edbey, K., & Telgheder, U. (2014). Cloud point extraction as a sample preparation technique for trace element analysis: An overview. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(2), 496–501.
- Boulechfar, C., Ferkous, H., Delimi, A., Djedouani, A., Kahlouche, A., Boublia, A., Darwish, A. S., Lemaoui, T., Verma, R., & Benguerba, Y. (2023). Schiff bases and their metal Complexes: A review on the history, synthesis, and applications. *Inorganic Chemistry Communications*, 150(January). <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.110451>
- Brahma, D., & Saikia, H. (2022). Synthesis of ZrO<sub>2</sub>/MgAl-LDH composites and evaluation of its isotherm, kinetics and thermodynamic properties in the adsorption of congo red dye. *Chemical Thermodynamics and Thermal Analysis*, 7(May), 100067. <https://doi.org/10.1016/j.ctta.2022.100067>
- Cahyono, E. (2018). *KARAKTERISTIK KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG UDANG WINDU (Panaeus monodon) PROPERTIES OF CHITOSAN FROM GIANT TIGER PRAWN EXOSCELETON*. 3(2).
- Chakraborty, S. C., Qamruzzaman, M., Zaman, M. W. U., Alam, M. M., Hossain, M. D., Pramanik, B. K., Nguyen, L. N., Nghiem, L. D., Ahmed, M. F., Zhou, J. L., Mondal, M. I. H., Hossain, M. A., Johir, M. A. H., Ahmed, M. B., Sithi, J. A., Zargar, M., & Moni, M. A. (2022). Metals in e-waste: Occurrence, fate, impacts and remediation technologies. *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 230–252. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.04.011>
- Cleiton, M., Daniel, L., Modolo, L. V., Alves, R. B., Resende, M. A. De, & Martins, C. V. B. (2011). *Schiff bases : A short review of their antimicrobial activities*.

- 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2010.05.004>
- Dąbrowski, A., Hubicki, Z., Podkościelny, P., & Robens, E. (2004). Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. *Chemosphere*, *56*(2), 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.03.006>
- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Erghuis, N. I. L. A. T. B., Ulfikar, M. U. A. L. I. Z., & Ahyuningrum, D. A. N. D. E. W. (2020). *SINTESIS MEMBRAN KOMPOSIT BERBAHAN DASAR KITOSAN DENGAN METODA SOL-GEL SEBAGAI MEMBRAN FUEL CELL PADA*. 7(1).
- Fahira, S. M., Ananto, A. D., & Hajrin, W. (2021). *SPIN*. 3(1). <https://doi.org/10.20414/spin.v3i1.3299>
- Fatoni, A., Hariani, P. L., Hermansyah, & Lesbani, A. (2018). Synthesis and characterization of chitosan linked by methylene bridge and schiff base of 4,4-diaminodiphenyl ether-vanillin. *Indonesian Journal of Chemistry*, *18*(1), 92–101. <https://doi.org/10.22146/ijc.25866>
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2015). STUDI PENURUNAN KADAR BESI ( FE ) DAN MANGAN ( MN ) DALAM AIR TANAH MENGGUNAKAN SARINGAN KERAMIK. *Jurnal Teknologi*, 7(1).
- Gallo, M., Naviglio, D., Caruso, A. A., & Ferrara, L. (2016). APPLICATIONS OF CHITOSAN. In *Novel Approaches of Nanotechnology in Food*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804308-0/00013-3>
- Gama, B. M. V. da, Selvasembian, R., Giannakoudakis, D. A., Triantafyllidis, K. S., McKay, G., & Meili, L. (2022). Layered Double Hydroxides as Rising-Star Adsorbents for Water Purification: A Brief Discussion. *Molecules*, *27*(15). <https://doi.org/10.3390/molecules27154900>
- Ghimire, H., & Ariya, P. A. (2020). E-Wastes: Bridging the Knowledge Gaps in Global Production Budgets, Composition, Recycling and Sustainability Implications. *Sustainable Chemistry*, *1*(2), 154–182. <https://doi.org/10.3390/suschem1020012>
- Gupta, H., Kaur, K., Singh, R., & Kaur, V. (2023). Chitosan Schiff base for the spectrofluorimetric analysis of E-waste toxins: Pentabromophenol, Fe<sup>3+</sup>, and Cu<sup>2+</sup> ions. *Cellulose*, *30*(3), 1381–1397. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04966-z>
- Hardani, P. T., Perwito, D., & Mayzika, N. A. (2021). *REVIEW ARTIKEL : ISOLASI KITIN DAN KITOSAN DARI BERBAGAI SUMBER BAHAN ALAM*. 469–475.
- Hassan, M., Du, J., Liu, Y., Naidu, R., Zhang, J., Ahsan, M. A., & Qi, F. (2022). Magnetic biochar for removal of perfluorooctane sulphonate (PFOS): Interfacial interaction and adsorption mechanism. *Environmental Technology and Innovation*, *28*, 102593. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102593>
- Ibarra-Rodríguez, D., Lizardi-Mendoza, J., López-Maldonado, E. A., & Oropeza-

- Guzmán, M. T. (2017). Capacity of ‘nopal’ pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal. *Chemical Engineering Journal*, 323, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.087>
- Ismail, H., & Hanafiah, M. M. (2020). A review of sustainable e-waste generation and management: Present and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 264(March), 110495. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110495>
- Jampafuang, Y., Tongta, A., & Waiprib, Y. (2019). Impact of crystalline structural differences between  $\alpha$ - and  $\beta$ -chitosan on their nanoparticle formation. *Polymers*, 11, 2010.
- Jarrahpour, A. A., & Zarei, M. (2004). *methylidene ] amino } phenoxy ) phenyl ] imino } methyl ) - 6 -methoxy phenol*. 87, 2003–2004.
- Kameliya, J., Verma, A., Dutta, P., Arora, C., Vyas, S., & Varma, R. S. (2023). *Layered Double Hydroxide Materials : A Review on Their*.
- Khan, S. A., Khan, S. B., Khan, L. U., & Farooq, A. (2018). Fourier Transform Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Application in Functional Groups and Nanomaterials Characterization. In *Handbook of Materials Characterization* (Issue September, pp. 317–342). Springer International Publishing AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_9)
- Kumar, M., Nandi, M., & Pakshirajan, K. (2021). Recent advances in heavy metal recovery from wastewater by biogenic sulfide precipitation. *Journal of Environmental Management*, 278(P2), 111555. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111555>
- Kumari, S., Rath, P., Sri Hari Kumar, A., & Tiwari, T. N. (2015). Extraction and characterization of chitin and chitosan from fishery waste by chemical method. *Environmental Technology and Innovation*, 3, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2015.01.002>
- Li, M. (2024). *Elaboration and properties of nanostructured Layered Double Hydroxides derived from MOFs conversion* To cite this version : HAL Id : tel-04646084 Présentée par Pour obtenir le grade de Docteur d ' Université Elaboration and properties of nanostructured Lay.
- Liu, Y., Zhou, J., Zhao, R., & Chen, X. (2012). *Using Zn / Al layered double hydroxide as a novel solid-phase extraction adsorbent to extract polycyclic aromatic hydrocarbons at trace levels in water samples prior to the determination of gas chromatography – mass spectrometry*. 1603–1610. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6219-9>
- Lowell, S., E. Shield, J., A. Thomas, M., & Thommes, M. (2004). Surface Area Analysis from the Langmuir and BET Theories. In *Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size, and Density* (pp. 58–81). Springer Science+Business Media New York.
- Marsyaho, E. (2009). *ANALISIS BRUNNAEUR EMMET TELLER ( BET ) TOPOGRAFI PERMUKAAN SERAT RAMI ( Boehmeria nivea ) UNTUK*

*MEDIA*. 2, 33–41.

- Mmereki, D., Baldwin, A., Hong, L., & Li, B. (2016). The Management of Hazardous Waste in Developing Countries. *Management of Hazardous Wastes, October*. <https://doi.org/10.5772/63055>
- Mohammed, I., Afagwu, C. C., Adjei, S., Kadafur, I. B., Jamal, M. S., & Awotunde, A. A. (2020). A review on polymer, gas, surfactant and nanoparticle adsorption modeling in porous media. *Oil and Gas Science and Technology*, 75(October). <https://doi.org/10.2516/ogst/2020063>
- Morgan, B., & Lahav, O. (2007). The effect of pH on the kinetics of spontaneous Fe(II) oxidation by O<sub>2</sub> in aqueous solution - basic principles and a simple heuristic description. *Chemosphere*, 68(11), 2080–2084. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.02.015>
- Morishige, K. (2021). Revisiting the Nature of Adsorption and Desorption Branches: Temperature Dependence of Adsorption Hysteresis in Ordered Mesoporous Silica. *ACS Omega*, 6(24), 15964–15974. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01643>
- Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., & Darminto. (2012). Uji XRD DAN XRF PADA BAHAN MENERAL (BATUAN DAN PASIR) SEBAGAI SUMBER MATERIAL CERDAS (CaCO<sub>3</sub> DAN SiO<sub>2</sub>). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jpfa.v2n1.p20-29>
- Needhidasan, S., Samuel, M., & Chidambaram, R. (2014). *ENVIRONMENTAL HEALTH Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India*. 1–9.
- Normah, N., & Lesbani, A. (2024). *Comparison of LDH-Organic / Inorganic Compound Modified Materials as Adsorbents for Heavy Metal Adsorption : Characteristic Structure and Adsorption Mechanism*. 19(2), 327–339. <https://doi.org/10.9767/bcrec.20160>
- Nugraha, A. S. (2018). *Modul Kimia Organik I Senyawa Aromatis, Reaksi Adisi, Substitusi dan Eliminasi Nukleofilik*. September.
- Oktriyanti, M., Palapa, N. R., Mohadi, R., & Lesbani, A. (2020). Effective removal of iron (II) from aqueous solution by adsorption using Zn/Cr layered double hydroxides intercalated with Keggin ion. *Journal of Ecological Engineering*, 21(5), 63–71. <https://doi.org/10.12911/22998993/122190>
- Packialakshmi, P., Gobinath, P., Ali, D., Alarifi, S., Gurusamy, R., Idhayadhulla, A., & Surendrakumar, R. (2022). New Chitosan Polymer Scaffold Schiff Bases as Potential Cytotoxic Activity: Synthesis, Molecular Docking, and Physiochemical Characterization. *Frontiers in Chemistry*, 9(January), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.796599>
- Palapa, N. R., Wijaya, A., Siregar, P. M. S. B. N., Amri, A., Ahmad, N., Taher, T., & Lesbani, A. (2023). Adsorption of Fe(II) by Layered Double Hydroxide Composite with Carbon-Based Material (Biochar and Graphite): Reusability and Thermodynamic Properties. *Indonesian Journal of Chemistry*, 23(1), 101–112. <https://doi.org/10.22146/ijc.75307>

- Pandey, L. M. (2021). Surface engineering of nano-sorbents for the removal of heavy metals: Interfacial aspects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104586. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104586>
- Patnaik, P., & Ph, D. (2003). Handbook of inorganic chemicals. In *Choice Reviews Online* (Vol. 40, Issue 11). <https://doi.org/10.5860/choice.40-6428>
- Pratapa, S. (2009). *Difraksi Sinar-X untuk Sidikjari dalam Analisis Nanostruktur*. 1, 1–5.
- Raouf MS, A., & Raheim ARM, A. (2016). Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Water by Biomass-Based Materials: A Review. *Journal of Pollution Effects & Control*, 05(01), 1–13. <https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000180>
- Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K. H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 773, 145623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>
- Robinson, B. H. (2009). Science of the Total Environment E-waste : An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 408(2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>
- Safitri, R. D. A. D. (2013). SINTESIS HIDROTALSIT Mg-Al-NO<sub>3</sub> DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU. *Skripsi*, 3.
- Sajid, M., & Basheer, C. (2016). Layered double hydroxides: Emerging sorbent materials for analytical extractions. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 75, 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.06.010>
- Sani, U., Na'ibi, H. U., & Dailami, S. A. (2018). In vitro antimicrobial and antioxidant studies on N-(2- hydroxylbenzylidene) pyridine -2-amine and its M(II) complexes. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 25(1), 81. <https://doi.org/10.4314/njbas.v25i1.11>
- Sardjono, D. R. E. (2020). Pengantar Reaksi Senyawa Organik. *O*, 72.
- Sari, R., Palupi, N. P., Kesumaningwati, R., & Jannah, R. (2022). Penyerapan Logam Berat Besi (Fe) dengan Metode Fitoremediasi pada Tanah Sawah menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(1), 9–19.
- Satrio, J. A. B., & Doraiswamy, L. K. (2001). Production of benzaldehyde: A case study in a possible industrial application of phase-transfer catalysis. *Chemical Engineering Journal*, 82(1–3), 43–56. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(00\)00351-X](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(00)00351-X)
- Senda, N., Fujiwara, I., & Murakami, Y. (2019). Preparation of Schiff base-intercalated layered double hydroxides for selective copper(II) ion capture. *Applied Clay Science*, 183(September), 105310. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105310>
- Silva, A. O., Cunha, R. S., Hotza, D., & Machado, R. A. F. (2021). Chitosan as a matrix of nanocomposites: A review on nanostructures, processes, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 272(May), 118472.

- <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118472>
- Soloman, P. A., & Rejini, V. O. (2016). *Preparation of Chitosan-Polyvinyl Alcohol Blends and Studies on Thermal and Mechanical Properties*. 24, 741–748. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.206>
- Suhartati, T. (2017). *DASAR-DASAR SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN SPEKTROFOTOMETRI MASSA UNTUK PENENTUAN STRUKTUR SENYAWA ORGANIK*. AURA.
- Tenório, J. A. S., & Espinosa, D. C. R. (2001). Treatment of chromium plating process effluents with ion exchange resins. *Waste Management*, 21(7), 637–642. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00118-5)
- Tian, Y., Yang, Q., Li, W., Gong, Y., Zhao, Q., Li, C., & Sheng, X. (2024). Anti-corrosion applications of 2D transition metal based layered materials. *Materials Advances*, 5(7), 2655–2667. <https://doi.org/10.1039/d3ma00919j>
- Trisetyani, I., & Sutrisno, J. (2014). PENURUNAN KADAR Fe DAN Mn PADA AIR SUMUR GALI DENGAN AERASI GELEMBUNG UDARA DI DESA SIDING KECAMATAN BANCAR KABUPATEN TUBAN. *Jurnal Teknik UNIPA*, 12(1), 35–42. <https://doi.org/10.36456/waktu.v12i1.822>
- Wang, T., Turhan, M., & Gunasekaran, S. (2004). Selected properties of pH-sensitive, biodegradable chitosan-poly(vinyl alcohol) hydrogel. *Polymer International*, 53(7), 911–918. <https://doi.org/10.1002/pi.1461>
- Wang, X., He, X., & Wang, X. (2023). FTIR Analysis of the Functional Group Composition of Coal Tar Residue Extracts and Extractive Residues. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/app13085162>
- Wani, I. A., Ganguly, A., Ahmed, J., & Ahmad, T. (2011). Silver nanoparticles: Ultrasonic wave assisted synthesis, optical characterization and surface area studies. *Materials Letters*, 65(3), 520–522. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2010.11.003>
- Warono, D., & Syamsudin. (2013). Unjuk Kerja Spektrofotometer Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Konversi*, 2, 60.
- Widmer, R., Oswald-krapf, H., Sinha-khetriwal, D., Schnellmann, M., & Bo, H. (2005). *Global perspectives on e-waste*. 25, 436–458. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>
- Wijitwongwan, R. P., & Intasa-ard, S. G. (2019). *Preparation of Layered Double Hydroxides toward Precisely Designed Hierarchical Organization*. 1–22.
- Xavier, D. A., & Srividhya, N. (2014). Synthesis and Study of Schiff base Ligands. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 7(11), 06–15. <https://doi.org/10.9790/5736-071110615>
- Yadav, M., Gupta, R., & Sharma, R. K. (2019). Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification. In *Advances in Water Purification Techniques: Meeting the Needs of Developed and Developing Countries*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814790-0.00014-4>
- Yudoyono, B. (2017). *SPEKTROMETRI* (A. Aminuddin (ed.)). SIMETRI.
- Zhou, Z., Kong, D., Zhu, H., Wang, N., Wang, Z., Wang, Q., Liu, W., Li, Q., Zhang,

W., & Ren, Z. (2018). Preparation and adsorption characteristics of an ion-imprinted polymer for fast removal of Ni(II) ions from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, 341, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.06.010>