

**EFISIENSI ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED*  
VARIASI KONSENTRASI, SUHU, pH, DAN WAKTU  
DENGAN HIDROKSI LAPIS GANDA (HLG) Cd-La  
MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI**

**SKRIPSI**

oleh

**Chintia Azahra**

**NIM: 06101382126059**

**Program Studi Pendidikan Kimia**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**EFISIENSI ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED*  
VARIASI KONSENTRASI, SUHU, pH, DAN WAKTU  
DENGAN HIDROKSI LAPIS GANDA (HLG) Cd-La  
MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI**

**SKRIPSI**

oleh

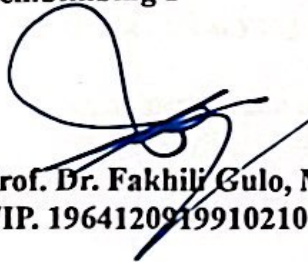
**Chintia Azahra**

**NIM: 06101382126059**

**Program Studi Pendidikan Kimia**

**Disetujui untuk diajukan dalam Ujian Akhir Program Sarjana**

**Pembimbing 1**



**Prof. Dr. Fakhil Gulo, M.Si**  
**NIP. 196412091991021001**

**Pembimbing 2**



**Maefa Eka Haryani, S.Pd., M.Pd**  
**NIP. 198505272008122002**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**



**Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd.**  
**NIP. 197905222005011005**

**Koordinator Program Studi**



**Dr. Diah Kartika Sari, M.Si**  
**NIP. 198405202008012010**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chintia Azahra  
NIM : 06101382126059  
Program Studi : Pendidikan Kimia

menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul "Efisiensi Adsorpsi Zat Warna *Congo Red* Variasi Konsentrasi, Suhu, pH, dan Waktu Adsorpsi dengan Hidroksi Lapis Ganda (HLG) Cd-La menggunakan Metode Kopesipitasi" ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 2 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



NIM 06101382126059



## PRAKATA

Skripsi dengan judul “Efisiensi Adsorpsi Zat Warna *Congo Red* Variasi Konsentrasi, Suhu, pH, dan Waktu Adsorpsi dengan Hidroksi Lapis Ganda (HLG) Cd-La menggunakan Metode Kopresipitasi” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Fakhili Guló, M.Si. dan Maefa Eka Haryani, S.Pd., M.Pd. sebagai pembimbing dan atas segala bimbingan yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Hartono, M.A. selaku Dekan FKIP Universitas Sriwijaya, Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, dan Dr. Diah Kartika Sari, S.Pd., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Diah Kartika Sari, M.Si selaku anggota penguji yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi Pendidikan Kimia dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Indralaya, 2 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Chintia Azahra

NIM 06101382126059

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji Syukur dihanturkan kehadirat Allah SWT Tuhan semesta alam atas segala nikmat dan karunianya, sehingga saya dapat menyelesaikan proses awal perjalanan untuk masa depan dengan gelar Sarjana. Skripsi ini saya persembahkan sebagai ungkapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, yakni Ayahanda H. Oktabri Khairullah, S.H. dan Ibunda Hj. Nurbaiti yang telah merawat dengan sabar, memberikan kasih sayang, mendoakan dan mencintai dengan tulus sepenuh hati. Terima kasih ayah dan mama telah memberikan seluruh fasilitas yang sangat layak, selalu membantu ketika dalam kesulitan, memberikan kekuatan agar selalu yakin atas diri sendiri, mengapresiasi seluruh pencapaian anaknya, dan menjadi panutan dalam menjalani kehidupan hingga anak manjamu bisa sampai di titik ini. Panjang umur dan sehat selalu masih banyak yang harus disaksikan,
2. Saudara dan saudari saya, yakni Ajeng Betta Aulia, A.Md.Keb.; Bio Iman Syahputra, A.Md.T.; Dea Nabila, dan Hadiyos Wiliyus yang telah menjadi sumber motivasi, memberikan dukungan, dan menjadi contoh yang baik dalam menyelesaikan tanggung jawab yang diberikan, serta mengajarkan untuk terus berusaha. Terima kasih telah menjadi saudara/i yang bisa dibanggakan.
3. Keponakan saya, yakni Arsyaka Sultan Akmal dan Arkana Maher Zayandra yang telah mengisi hari-hari saya, menjadi alasan untuk selalu ceria dan sering pulang ke rumah. Terima kasih telah hadir menjadi hiburan kehidupan.
4. Dosen Pembimbing saya, yakni Bapak Prof. Dr. Fakhili Gulō, M.Si. dan Ibu Maefa Eka Haryani, S.Pd., M.Pd. yang telah membimbing saya dengan sabar dan tulus, serta memberikan pengalaman baru untuk ikut penelitian ini. Terima kasih telah memberi kesempatan dan kepercayaan dalam menyelesaikan penelitian sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir saya dengan rasa bangga. Terima kasih atas waktu dan ilmu yang diberikan Bapak dan Ibu.
5. Koordinasi Program Studi Pendidikan Kimia dan penguji sidang skripsi, yakni Ibu Dr. Diah Kartika Sari, S.Pd., M.Si yang selalu memberikan perhatian kepada mahasiswanya, mempermudah proses administrasi, dan memberikan apresiasi atas penelitian ini sehingga membuat saya bersemangat. Terima kasih atas pengertian, saran, dan masukan lainnya yang telah ibu berikan.

6. Dosen Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Sriwijaya, terima kasih atas ilmu-ilmu yang Bapak dan Ibu berikan, semoga kebaikan Bapak dan Ibu dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa.
7. Kakak pembimbing, yakni Kak Wahyu Setiawan, S.T. dan Kak Siska Nuri Fadilah, S.T. yang telah sabar memberikan arahan, membimbing kami, memberikan dukungan penuh dari awal penelitian hingga selesai. Terima kasih telah menjadi panutan untuk kedepannya dan terima kasih telah menganggap kami seperti adik sekaligus teman, sehat selalu dan semoga selalu dilancarkan urusannya.
8. Staff administrasi Program Studi Pendidikan Kimia Palembang, yakni Mba Nadia yang telah mendukung anak kelas Palembang dengan sepenuh hati. Terima kasih mba sudah perhatian dan mempermudah langkah kami melalui berkas yang mba proses dengan sangat cepat.
9. Pemilik NIM. 03031382126119 yang telah membantu saya dari SMP hingga menyelesaikan perjalanan akademis sarjana, menerima pribadi saya dengan baik, mengajarkan saya hal bermanfaat dalam hidup, mengapresiasi pencapaian saya dan menjadi salah satu panutan yang memotivasi untuk berkembang. Terima kasih telah mengajarkan cara untuk menjadi mandiri, menjaga saya, mengenalkan dunia luar, dan berusaha membantu kebutuhan saya, serta terima kasih atas segala tantangan yang diberikan sehingga saya dapat memiliki wawasan yang lebih luas.
10. HMK 2021 yang telah memberikan warna baru dalam hidup sepanjang perkuliahan, terutama kelas Palembang yang beradaptasi bersama. Terima kasih sudah berjuang dari awal perkuliahan dan bertahan hingga akhir perkuliahan, semoga semua sukses dunia dan akhirat.
11. Teman-teman seperbimbingan, yakni Pratama Setiawan, Aninda Putri, Putri Nurhafizah, dan Ingga Nurul Antasa yang telah bersama-sama menyelesaikan penelitian, mendukung satu sama lain, memberikan pengalaman baru, menjadi lingkungan yang positif untuk saya. Terkhusus Putri Nurhafizah yang telah mengajarkan rasa sabar, jarang mengeluh walaupun lelah, dan bersemangat ketika diberi pengalaman baru. Terima kasih teman-teman atas kebersamaan dan informasi selama semester akhir yang telah diberikan.

12. Teman-teman suka nugas, yakni Adhela Jasfira, Aninda Putri, Dhea Putri Amanda, Ester Dela Rosa Hutasoit, dan Siska Apriyani Silaen, yang telah membagikan kisah hidup mereka dengan beragam suku, budaya, agama, sehingga saya dapat belajar mengenai kehidupan di luar sana. Terima kasih telah menerima saya, memberikan saya banyak pengalaman, mewarnai hari saya dengan canda, dan selalu ada di setiap momen penting selama perkuliahan, serta terima kasih sering menampung saya di kost kalian.
13. Teman-teman tayo, yakni Gita Rahma Pebriani, Nadhirah Abel Saniya Putri, dan Radita Rahma Juwanti yang telah menjadi lingkungan positif selama perkuliahan, menerima keunikan masing-masing dan membuat pengalaman baru bersama di dunia luar. Terima kasih telah berkembang bersama untuk menjadi pribadi yang lebih baik, saling menutupi kekurangan dan mengajarkan cara war damri, serta terima kasih telah kuat untuk bersama PP Prabumulih-Layo.
14. Teman-teman *trio* astral, yakni Anisya Putri Awalia dan Rizky Ardiansyah yang telah berjuang bersama untuk masa depan, saling memberikan apresiasi, dan bertukar keluh kesah dengan perbedaan lingkungan perkuliahan. Terima kasih telah menerima pribadi saya dan mengajarkan saya banyak hal, serta memberikan petunjuk atas keputusan yang terbaik untuk diri saya.
15. Almamater Kuning, Universitas Sriwijaya, terima kasih sudah menjadi tempat menimba ilmu menjadi bagian dari awal proses hidup sehingga membuka wawasan yang lebih luas.
16. Diri saya sendiri, Chintia Azahra yang telah berjuang, bertahan, beradaptasi, berusaha dan belajar. Terima kasih sudah menjadi pribadi yang lebih baik, suatu keberuntungan bisa mendapatkan semua nikmat dalam hidup.

**MOTTO**

*“When everything seems to be going against you, remember that the plane takes off against the wind, not with it”.*

-Henry Ford-



## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</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    Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1    Congo Red (CR).....	4
2.2    Hidroksi Lapis Ganda (HLG).....	4
2.2.1    Lantanum (La).....	5
2.2.2    Cadmium (Cd).....	5
2.3    Metode Kopresipitasi .....	5
2.4    Mekanisme Adsorpsi .....	6
2.4.1    Kinetika Adsorpsi.....	6
2.4.2    Isoterm Adsorpsi .....	7
2.4.3    Termodinamika Adsorpsi .....	8
2.5    Karakterisasi Adsorben.....	9
2.5.1 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	9
2.5.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	9
2.5.3 <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> (BET) .....	9
2.5.4 <i>Scanning Electron Microscopy With Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX).....	10
2.6    Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	10
2.6.1    pH.....	10

2.6.2	Suhu .....	10
2.6.3	Dosis Adsorben .....	11
2.6.4	Konsentrasi Pewarna Awal.....	11
2.6.5	Waktu Kontak.....	11
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>12</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.2	Variabel Penelitian.....	12
3.3	Alat dan Bahan .....	13
3.3.1	Alat.....	13
3.3.2	Bahan.....	13
3.4	Prosedur Penelitian.....	13
3.4.1	Preparasi HLG Cd-La .....	13
3.4.2	Preparasi Sampel Uji Karakterisasi.....	13
3.4.3	Uji $pH_{pzc}$ .....	14
3.4.4	Kinetika Adsorpsi.....	15
3.4.5	Isoterm Adsorpsi .....	15
3.4.6	Termodinamika Adsorpsi .....	16
3.4.7	Regenerasi Adsorben.....	16
3.4.8	Skema Penelitian.....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>19</b>
4.1	Karakterisasi Adsorben.....	19
4.1.1	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	19
4.1.2	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
4.1.3	<i>Brunauer-Emmett-Teller</i> (BET).....	21
4.1.4	<i>Scanning Electron Microscopy With Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX).....	23
4.2	$pH_{pzc}$ dan pH Adsorpsi Optimum .....	25
4.3	Mekanisme Adsorpsi CR.....	26
4.3.1	Kinetika Adsorpsi.....	27
4.3.2	Isoterm Adsorpsi .....	29
4.3.3	Termodinamika .....	31
4.4	Regenerasi .....	32
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>34</b>
5.1	Simpulan.....	34

5.2	Saran.....	34
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>35</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Struktur CR .....	4
Gambar 2. Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 3. Uji FTIR Cd-La sebelum dan setelah adsorpsi .....	19
Gambar 4. Hasil analisa XRD .....	20
Gambar 5. Isoterm adsorpsi-desorpsi.....	22
Gambar 6. Perbesaran (i) 1000x, (ii) 3000x, (iii) 5000x, (iv) 7000x.....	23
Gambar 7. Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDX.....	24
Gambar 8. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi dan degradasi zat warna .....	25
Gambar 9. Grafik kinetika adsorpsi Cd-La dengan CR berdasarkan perbandingan konsentrasi .....	27
Gambar 10. Grafik Isoterm adsorpsi Cd-La dengan CR berdasarkan perbandingan konsentrasi .....	29
Gambar 11. Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap adsorpsi dan degradasi zat warna .....	32

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Perbandingan analisa HLG dengan BET .....	21
Tabel 2. Hasil karakterisasi EDX .....	24
Tabel 3. Hasil perhitungan kinetika Adsorpsi .....	28
Tabel 4. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi .....	30
Tabel 5. Hasil studi perbandingan hasil $Q_{max}(mg/g)$ .....	31
Tabel 6. Hasil perhitungan termodinamika adsorpsi.....	31

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Perhitungan dan Dokumentasi Preparasi HLG Cd-La .....	43
Lampiran 2. Blanko CR .....	44
Lampiran 3. Uji Karakterisasi FTIR .....	45
Lampiran 4. Hasil Uji Karakterisasi XRD .....	46
Lampiran 5. Hasil Uji Karakterisasi BET .....	48
Lampiran 6. Hasil Uji Karakterisasi SEM-EDX.....	51
Lampiran 7. Hasil Uji pH <sub>pzc</sub> .....	53
Lampiran 8. Perhitungan dan Dokumentasi Uji Kinetika Adsorpsi.....	54
Lampiran 9. Perhitungan dan Dokumentasi Uji Isoterm Adsorpsi .....	60
Lampiran 10. Perhitungan dan Dokumentasi Uji Termodinamika Adsorpsi .....	66
Lampiran 11. Dokumentasi Uji Regenerasi Adsorben HLG Cd-La .....	68
Lampiran 12. SK Pembimbing.....	69
Lampiran 13. Surat Izin Penelitian.....	71
Lampiran 14. Surat Izin Pemakaian Laboratorium .....	73
Lampiran 15. Surat Keterangan Pengecekan Similarity .....	75
Lampiran 16. Hasil Cek Plagiarisme .....	76



## ABSTRAK

Limbah Merah Kongo (MK) merupakan limbah pewarna tekstil yang sering digunakan karena memiliki stabilitas termal tinggi, tetapi bersifat karsinogenik dan tidak dapat didegradasi oleh mikroba. Metode adsorpsi adalah salah satu metode yang paling sering digunakan untuk pengolahan air limbah. Hidroksi Lapis Ganda (HLG) digunakan sebagai adsorben alternatif yang memiliki kapasitas dan efisiensi adsorpsi yang besar. HLG Cd-La telah berhasil disintesis dengan terbentuknya lapisan pada tampilan SEM yang termasuk mesopori dengan luas permukaan  $21.456 \text{ m}^2/\text{g}$ , pada puncak  $3523.23 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1620.79 \text{ cm}^{-1}$  ditunjukkan keberadaan gugus OH dan kristal berbentuk heksagonal. HLG Cd-La memiliki kapasitas maksimum sebesar  $73,206 \text{ mg/g}$  terhadap MK. Studi isoterm dan kinetika menunjukkan bahwa penyerapan HLG Cd-La terhadap MK mengikuti isoterm Freundlich dan model pseudo orde kedua. Proses penyerapan termasuk endotemik yang terjadi secara spontan. HLG Cd-La masih terjadi penyerapan hingga siklus keempat regenerasi. Hal ini menjadi alasan HLG Cd-La direkomendasikan sebagai adsorben yang efektif untuk pengolahan kontaminan air.

**Kata kunci:** *Merah Kongo (MK), Hidroksi Lapis Ganda (HLG), Adsorpsi*

## ABSTRACT

Congo Red (CR) waste is a frequently used textile dye that is often used because it has high thermal stability, but is carcinogenic and cannot be degraded by microbes. Adsorption method is one of the most frequently used methods for wastewater treatment. Layered Double Hydroxide (LDH) is used as an alternative adsorbent which has a large adsorption capacity and efficiency. Cd-La LDH has been successfully synthesized with the formation of a layer on the SEM appearance which includes mesopores with a surface area of  $21.456 \text{ m}^2/\text{g}$ , at peaks of  $3523.23 \text{ cm}^{-1}$  and  $1620.79 \text{ cm}^{-1}$  indicated the presence of OH groups and hexagonal-shaped crystals hexagonal shape. Cd-La LDH has a maximum capacity of  $73.206 \text{ mg/g}$  against CR. Isotherm and kinetics studies showed that the sorption of Cd-La LDH towards LDH followed the Freundlich isotherm and second-order pseudo model. Sorption process was endotemic which occurred spontaneously. Cd-La LDH still occurs absorption until the fourth cycle of regeneration. This is the reason why Cd-La LDH is recommended as an effective adsorbent for water contaminant treatment.

**Keywords:** *Congo Red (CR), Layered Double Hydroxide (LDH), Adsorption*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil di Indonesia memiliki potensi yang besar untuk berkembang. Ribuan perusahaan yang beroperasi di sektor tekstil, mencakup berbagai jenis usaha dari skala kecil hingga besar. Menurut laporan Badan Pusat Statistik (2022) menunjukkan bahwa terdapat 2.027 perusahaan tekstil di Indonesia. Perkembangan industri tekstil menimbulkan ancaman jangka panjang bagi lingkungan dan makhluk hidup (Panhwar et al., 2024). Pembuangan air limbah pewarna tekstil secara terus-menerus di lingkungan perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan meningkatkan risiko kepunahan flora dan fauna air (Sharma et al., 2021).

Pewarna tekstil terdapat beberapa jenis, *Congo Red* (CR) merupakan salah satu pewarna tekstil dominan. CR banyak digunakan karena memiliki afinitas kuat terhadap serat selulosa sehingga mudah terikat dengan baik (Nasron et al., 2018). Ciri struktur molekul CR yaitu memiliki struktur azo yang stabil ( $-N=N-$ ) dan salah satu ujung ikatan rangkap ini terhubung ke gugus aromatik sehingga membuatnya bersifat karsinogenik yang mudah diserap oleh tubuh, ciri ini memberi CR stabilitas termal yang tinggi dan kemampuan degradasi antimikroba (Jia et al., 2024). Oleh karena itu, pembuangan air limbah CR tanpa diolah dengan baik akan menyebabkan kerusakan ekologis.

Berbagai metode telah dilakukan untuk pengolahan air limbah CR dengan proses kimia maupun fisika diantaranya fotokatalitik, adsorpsi dan koagulasi (Januariawan et al., 2019). Di antara beberapa metode tersebut, metode adsorpsi banyak digunakan dalam pengolahan air limbah karena biayanya yang rendah, efisiensi tinggi, pengoperasian mudah, dan ramah lingkungan. Namun, banyak adsorben organik memiliki kapasitas adsorpsi yang lemah dan efisiensi adsorpsi yang rendah untuk molekul zat warna (Jia et al., 2024).

Menurut penelitian terdahulu yang relevan mengenai metode adsorpsi limbah zat warna CR yang telah dilakukan di Indonesia dengan adsorben organik yaitu penelitian Herlina et al. (2017) berjudul "Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna *Congo Red* di Kabupaten Wajo" kapasitas adsorpsi isotherm mengikuti

adsorpsi Freundlich dengan kapasitas 7,19 mg/g, hal ini menunjukkan bahwa aplikasi adsorben organik belum efisien sebagai adsorben yang kuat untuk menangani limbah CR. Oleh karena itu, adsorben terbaru untuk menyisihkan zat warna beracun dari air limbah CR secara efisien sangat dibutuhkan.

Hidroksi Lapis Ganda (HLG) merupakan salah satu alternatif adsorben organik yang mulai banyak diteliti dalam beberapa tahun terakhir. HLG terdiri dari lapisan logam bervalensi dua dan logam bervalensi tiga yang membentuk struktur berlapis dengan kemampuan menyerap berbagai polutan (Retnaningsih et al., 2018). Keunggulan HLG dalam pengolahan air limbah terletak pada luas permukaan yang besar dan kapasitas bertukar ion yang baik, sehingga memungkinkan penghilangan ion-ion berbahaya dari larutan (Sajid et al., 2022). Seiring kemajuan teknologi muncul peluang untuk menciptakan inovasi baru dengan menggunakan logam Lantanum (La) dan Cadmium (Cd), yang jarang diaplikasikan dalam industri.

Lantanum (La) merupakan logam valensi tiga yang jarang dimanfaatkan, bersifat polar, memiliki tingkat toksisitas rendah, mudah teroksidasi, serta berbentuk kristal tidak berwarna. Cadmium (Cd) adalah logam berat valensi dua yang jarang digunakan karena memiliki tingkat toksisitas tinggi, bersifat polar dan berbentuk bubuk warna putih. Namun, dengan metode adsorpsi berbasis HLG akan dapat mengurangi tingkat toksisitas Cd sehingga aman digunakan sebagai adsorben (Valica et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan logam-logam yang jarang digunakan dan bersifat berbahaya menjadi suatu inovasi pencegahan paparan air limbah zat warna berbahaya bagi lingkungan dan masyarakat yang mungkin bisa bermanfaat bagi industri tekstil dalam pengolahan limbah sebelum pembuangan ke lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil karakterisasi adsorben HLG Cd-La?
2. Bagaimana pengaruh pH terhadap kapasitas penyisihan CR dengan adsorben HLG Cd-La?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak antara CR dengan adsorben HLG Cd-La?
4. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi terhadap kapasitas maksimal adsorpsi CR dengan adsorben HLG Cd-La?
5. Bagaimana pengaruh suhu terhadap kapasitas penyisihan CR dengan adsorben HLG Cd-La?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian dijabarkan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik adsorben HLG Cd-La
2. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kapasitas penyisihan CR dengan adsorben HLG Cd-La.
3. Untuk mengetahui kesetimbangan waktu kontak antara CR dengan adsorben HLG Cd-La.
4. Untuk mengetahui kapasitas maksimal adsorpsi CR dengan adsorben HLG Cd-La.
5. Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kapasitas penyisihan CR dengan adsorben HLG Cd-La.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini, diharapkan untuk memberikan kontribusi sebagai berikut.

1. Penelitian ini memiliki potensi untuk dijadikan sebagai referensi bagi penelitian-penelitian lain yang terkait, serta dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bidang adsorpsi zat warna CR, sehingga dapat memberikan kontribusi yang lebih luas terhadap ilmu pengetahuan.

2. Adsorben HLG Cd-La dapat menjadi pertimbangan dalam mengambil kebijakan sebagai upaya pengolahan air limbah CR sebelum pembuangan ke lingkungan perairan dan pencegahan dampak negatif dari zat warna berbahaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abul, K. A., & Rasul, M. (2019). *Advanced Biofuels*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00461-2>
- Afandya, Moh. A., & Sawalia, F. D. I. (2024). Studi Isotherm Adsorpsi CU(II) dalam Larutan menggunakan Zeolit Teraktivasi. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 3(1), 25–32.
- Ahmed, D. N., Naji, L. A., Faisal, A. A. H., Al-Ansari, N., & Naushad, Mu. (2020). Waste foundry sand/MgFe-layered double hydroxides composite material for efficient removal of Congo red dye from aqueous solution. *Scientific Reports*, 10(1), 2042. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58866-y>
- Ahmed, M. A., brick, A. A., & Mohamed, A. A. (2017). An efficient adsorption of indigo carmine dye from aqueous solution on mesoporous Mg/Fe layered double hydroxide nanoparticles prepared by controlled sol-gel route. *Chemosphere*, 174, 280–288. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.147>
- Aimable, A., Lecomte-Nana, G., & Pagnoux, C. (2022). *Role of surfactants and polymers for clay minerals as stabilizer of Pickering emulsion* (pp. 277–314). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91858-9.00007-0>
- Al-Harby, N. F., Albahly, E. F., & Mohamed, N. A. (2021). Kinetics, Isotherm and Thermodynamic Studies for Efficient Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solution onto Novel Cyanoguanidine-Modified Chitosan Adsorbent. *Polymers*, 13(24), 4446. <https://doi.org/10.3390/polym13244446>
- Alnasrawi, F. A. M., Kareem, S. L., & Mohammed Saleh, L. A. (2023). Adsorption of methylene blue from aqueous solution using different types of activated carbon. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 11(3), 370–380. <https://doi.org/10.1080/23249676.2022.2120918>
- Ansari, M. O., Kumar, R., Ansari, S. A., Ansari, S. P., Barakat, M. A., Alshahrie, A., & Cho, M. H. (2017). Anion selective pTSA doped polyaniline@graphene oxide-multiwalled carbon nanotube composite for Cr(VI) and Congo red adsorption. *Journal of Colloid and Interface Science*, 496, 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.02.034>
- Azmi, M. F., Mohadi, R., & Lesbani, A. (2020). *Interkalasi Senyawa Polioksometalat K4[A-Siw12o40] pada Material Hidroksi Lapis Ganda Ni-Cr dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Fe (Ii) dan Cr (Vi)*. Universitas Sriwijaya.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Proporsi Tenaga Kerja pada Sektor Industri Manufaktur (Persen)*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTIxNyMy/proporsi-tenaga-kerja-pada-sektor-industri-manufaktur.html>



- Brahma, D., Nath, K. P., Patgiri, M., & Saikia, H. (2022). Synthesis of Ternary CaNiAl-Layered Double Hydroxide as Potential Adsorbent for Congo Red Dye Removal in Aqueous Solution. *Asian Journal of Chemistry*, 34(12), 3215–3223. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2022.23977>
- Cataldi, M. (2010). Cadmium. In *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference* (pp. 1–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.63505-6>
- Chandrabhan, V., Ehtisham, M. K., & Jeenat, A. (2023). *Adsorption through Advanced Nanoscale Materials*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-00046-5>
- Ellen, T. P., & Costa, M. (2010). Carcinogenic Inorganic Chemicals\*. In *Comprehensive Toxicology* (pp. 139–160). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-046884-6.01409-3>
- Eniola, J. O., Kumar, R., Mohamed, O. A., Al-Rashdi, A. A., & Barakat, M. A. (2020). Synthesis and characterization of CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/NiMgAl-LDH composite for the efficient removal of oxytetracycline antibiotic. *Journal of Saudi Chemical Society*, 24(1), 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2019.11.001>
- Fatin A, A., Ahmed A, M., & Tariq J, A.-M. (2023). Synthesis and application of layered double hydroxides as a superior adsorbent for the removal of hazardous contaminants from aqueous solutions: a comprehensive review. *Desalination and Water Treatment*, 297, 26–74.
- Goudjil, S., Guergazi, S., Masmoudi, T., & Achour, S. (2021). Effect of reactional parameters on the elimination of Congo Red by the combination of coagulation–flocculation with aluminum sulfate. *Desalination and Water Treatment*, 209, 429–436. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26474>
- Gu, Y., Yang, Z., Zhou, J., Fang, Q., Tan, X., & Long, Q. (2024). Graphene/LDHs hybrid composites synthesis and application in environmental protection. *Separation and Purification Technology*, 328, 125042. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.125042>
- Hassanein, E. H. M., Mohamed, W. R., Ahmed, O. S., Abdel-Daim, M. M., & Sayed, A. M. (2022). The role of inflammation in cadmium nephrotoxicity: NF-κB comes into view. *Life Sciences*, 308, 120971. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2022.120971>
- Herlina, R., Masri, M., & Sudding. (2017). Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna Congo Red di Kabupaten Wajo. *Chemical*, 18(1), 16–25.
- Herrero, Y. R., Camas, K. L., & Ullah, A. (2023). Characterization of biobased materials. In *Advanced Applications of Biobased Materials* (pp. 111–143). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91677-6.00005-2>

- Huang, Y., Liu, C., Qin, L., Xie, M., Xu, Z., & Yu, Y. (2023). Efficient Adsorption Capacity of MgFe-Layered Double Hydroxide Loaded on Pomelo Peel Biochar for Cd (II) from Aqueous Solutions: Adsorption Behaviour and Mechanism. *Molecules*, 28(11), 4538. <https://doi.org/10.3390/molecules28114538>
- Jajko, G., Calero, S., Kozyra, P., Makowski, W., Sławek, A., Gil, B., & Gutiérrez-Sevillano, J. J. (2022). Defect-induced tuning of polarity-dependent adsorption in hydrophobic–hydrophilic UiO-66. *Communications Chemistry*, 5(1), 120. <https://doi.org/10.1038/s42004-022-00742-z>
- Janet A. Gilbertson. (2019). *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00143-5>
- Januariawan, I. W., Suyasa, I. W. B., & Gunawan, I. W. G. (2019). Biodegradasi Congo Red Menggunakan Biofilm yang Ditumbuhkan dengan Inokulum Suspensi Aktif pada Permukaan Batu Vulkanik. *Applied Chemistry*, 7(1), 36–45.
- Jia, J., Cai, M., Li, X., Yu, S., Zhong, Z., Zhu, Q., Bao, L., & Huang, W. (2024). Performance and mechanism of chitosan-modified La-based MOF nanocomposites for high-efficiency adsorption of azo anion dye Congo red. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.09.020>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105197>
- Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2016). Layered double hydroxide of Cd-Al/C for the Mineralization and De-coloration of Dyes in Solar and Visible Light Exposure. *Scientific Reports*, 6(1), 35107. <https://doi.org/10.1038/srep35107>
- Kheradmand, A., Negarestani, M., Kazemi, S., Shayesteh, H., Javanshir, S., & Ghiasinejad, H. (2022). Adsorption behavior of rhamnolipid modified magnetic Co/Al layered double hydroxide for the removal of cationic and anionic dyes. *Scientific Reports*, 12(1), 14623. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19056-0>
- Kilbourn, B. T. (1991). Lanthanide Oxides. In *Concise Encyclopedia of Advanced Ceramic Materials* (pp. 276–278). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-034720-2.50077-0>
- Kong, X., Zhang, N., Lian, Y., & Tang, Q. (2021). Removal of Congo red using the chlorinated Ca-Al layered double hydroxide produced from the desulfurization

- circulating wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 238, 294–305. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27770>
- K.S.W.Sing, D.H.Everet, R.A.W.Haul, L.Moscou, R.A.Pierotti, J.Rouquerol, & T.Siemieniewska. (1985). Reporting Physisorption Data For Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. In *IUPAC* (Vol. 57, Issue 4). <https://publications.iupac.org/pac/57/4/0603/index.html>
- Laudemir, C. V., & Tiago, L. da S. (2019). *Materials for Biomedical Engineering*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-04311-2>
- Litefti, K., Freire, M. S., Stitou, M., & González-Álvarez, J. (2019). Adsorption of an anionic dye (Congo red) from aqueous solutions by pine bark. *Scientific Reports*, 9(1), 16530. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53046-z>
- Mittal, J. (2021). Recent progress in the synthesis of Layered Double Hydroxides and their application for the adsorptive removal of dyes: A review. *Journal of Environmental Management*, 295, 113017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113017>
- Mohamed, M. G., Hsiao, C.-H., Hsu, K.-C., Lu, F.-H., Shih, H.-K., & Kuo, S.-W. (2015). Supramolecular functionalized polybenzoxazines from azobenzene carboxylic acid/azobenzene pyridine complexes: synthesis, surface properties, and specific interactions. *RSC Advances*, 5(17), 12763–12772. <https://doi.org/10.1039/C4RA15107K>
- Molina-Calderón, L., Basualto-Flores, C., Paredes-García, V., & Venegas-Yazigi, D. (2022). Advances of magnetic nanohydrometallurgy using superparamagnetic nanomaterials as rare earth ions adsorbents: A grand opportunity for sustainable rare earth recovery. *Separation and Purification Technology*, 299, 121708. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121708>
- Muliwa, A. M., Oyewo, O. A., & Maity, A. (2023). Recent progress on the removal of aqueous mercury by carbon-based adsorbents: A review. *Inorganic Chemistry Communications*, 156, 111207. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111207>
- Nasrollahzadeh, M., Atarod, M., Sajjadi, M., Sajadi, S. M., & Issaabadi, Z. (2019). *Plant-Mediated Green Synthesis of Nanostructures: Mechanisms, Characterization, and Applications* (pp. 199–322). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00006-7>
- Nason, A., Azman, N., Rashid, N., & Sai, N. (2018). Degradation of Congo Red Dye in Aqueous Solution by Using Advanced Oxidation Processes. *Journal of Academia UiTM Negeri Sembilan*, 6(2), 1–11.
- Nava-Andrade, K., Carbajal-Arízaga, G. G., Obregón, S., & Rodríguez-González, V. (2021). Layered double hydroxides and related hybrid materials for removal

- of pharmaceutical pollutants from water. *Journal of Environmental Management*, 288, 112399. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112399>
- Obitte, B. C. N., Obitte, N. C., & Ezema, F. (2023). Application of upconversion nanoparticles (UCNPs) as nano-ceramic materials for bioimaging. In *Surface Modification and Functionalization of Ceramic Composites* (pp. 155–174). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85883-0.00013-2>
- Omidi, M., Fatehinya, A., Farahani, M., Akbari, Z., Shahmoradi, S., Yazdian, F., Tahriri, M., Moharamzadeh, K., Tayebi, L., & Vashae, D. (2017). Characterization of biomaterials. In *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering* (pp. 97–115). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100961-1.00007-4>
- Osali, S., ghyiasi, Y., Esfahani, H., Jose, R., & Ramakrishna, S. (2023). Electrospun nanomembranes at the liquid–liquid and solid–liquid interface - a review. *Materials Today*, 67, 151–177. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2023.05.005>
- 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. <https://doi.org/10.22146/ijc.75307>
- Panhwar, A., Sattar Jatoi, A., Ali Mazari, S., Kandhro, A., Rashid, U., & Qaisar, S. (2024). Water resources contamination and health hazards by textile industry effluent and glance at treatment techniques: A review. *Waste Management Bulletin*, 1(4), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.09.002>
- Pardeep, S., Mansi, B., Mika, S., Vijay, K., & Chaudhery, M. H. (2023). *Environmental Applications of Microbial Nanotechnology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01391-2>
- Rakesh K, T. (2019). *Basic Fundamentals of Drug Delivery*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-03215-6>
- Retnaningsih, N. I., Roto, & Aprilita, N. H. (2018). Pengaruh Rasio Molar Zn/Al Terhadap Sifat Pertukaran Anion  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  Pada Hidrotalsit Zn-Al- $\text{NO}_3$  dan Zn-Al-Cl. *Jurnal Berkala MIPA*, 23(3).
- Reynolds, T. D., & Richard, P. A. (1996). *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering* (2nd ed.).
- Sabu, T., Anu, T. S., & Prajitha, V. (2020). *Colloidal Metal Oxide Nanoparticles*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03725-7>
- Sagadevan, S., Vennila, S., Muthukrishnan, L., Murugan, B., Lett, J. A., Hossain, M. A. M., Mohammad, F., Al-Lohedan, H. A., Alshahateet, S. F., & Fatimah, I. (2021). Facile fabrication of Au-loaded CdO nanoconstructs with tuned properties for photocatalytic and biomedical applications. *Journal of*

*Nanostructure in Chemistry*, 11(4), 561–572. <https://doi.org/10.1007/s40097-020-00384-4>

- Saghatforoush, L. A., Sanati, S., Mehdizadeh, R., & Hasanzadeh, M. (2012). Solvothermal synthesis of Cd(OH)<sub>2</sub> and CdO nanocrystals and application as a new electrochemical sensor for simultaneous determination of norfloxacin and lomefloxacin. *Superlattices and Microstructures*, 52(4), 885–893. <https://doi.org/10.1016/j.spmi.2012.07.019>
- Sajid, M., Sajid Jillani, S. M., Baig, N., & Alhooshani, K. (2022). Layered double hydroxide-modified membranes for water treatment: Recent advances and prospects. *Chemosphere*, 287, 132140. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132140>
- Sharma, J., Sharma, S., & Soni, V. (2021). Classification and impact of synthetic textile dyes on Aquatic Flora: A review. *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101802. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101802>
- Sivalingam, S., Kavirajwar, J., Seethalakshmi, K., Gayathri, J., & Roniboss, A. (2024). Green synthesis of cadmium oxide nanoparticles (CdO-NPS) using syzygium cumini: exploring industrial applications of CdO NPs as a corrosion inhibitor of mild steel in the acidic environment. *RSC Advances*, 14(12), 7932–7939. <https://doi.org/10.1039/D4RA00560K>
- Suprakas, S. R., Rashi, G., & Neeraj, K. (2020). *Carbon Nanomaterial-Based Adsorbents for Water Purification*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-04201-X>
- Tejjido, R., Ruiz-Rubio, L., Echaide, A. G., Vilas-Vilela, J. L., Lanceros-Mendez, S., & Zhang, Q. (2022). State of the art and current trends on layered inorganic-polymer nanocomposite coatings for anticorrosion and multi-functional applications. *Progress in Organic Coatings*, 163, 106684. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106684>
- Valica, M., Lempochner, T., Machalová, L., Adamcová, V., Marková, P., Hutárová, L., Pipiška, M., Krajčovič, J., & Horník, M. (2023). Removal of Cadmium from Aqueous Solution Using Dried Biomass of *Euglena gracilis* var. *bacillaris*. *The 4th International Conference on Advances in Environmental Engineering*, 41. <https://doi.org/10.3390/engproc2023057041>
- Wang, J., & Guo, X. (2020). Adsorption kinetic models: Physical meanings, applications, and solving methods. *Journal of Hazardous Materials*, 390, 122156. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122156>
- Wang, Y., Liu, Y., Guo, T., Liu, H., Li, J., Wang, S., Li, X., Wang, X., & Jia, Y. (2020). Lanthanum hydroxide: a highly efficient and selective adsorbent for arsenate removal from aqueous solution. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 42868–42880. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10240-1>

- Wijaya, K. I., Yulia, Y. F., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun Teh sebagai Biosorben Logam Berat dalam Air Limbah. *Jurnal Envirotek*, 12(2).
- Yadav, M., Singh, N., Annu, Khan, S. A., Raorane, C. J., & Shin, D. K. (2024). Recent Advances in Utilizing Lignocellulosic Biomass Materials as Adsorbents for Textile Dye Removal: A Comprehensive Review. *Polymers*, 16(17), 2417. <https://doi.org/10.3390/polym16172417>
- Yang, Z., Gluesenkamp, K. R., & Frazzica, A. (2021). Equilibrium vapor pressure properties for absorbent and adsorbent materials. *International Journal of Refrigeration*, 124, 134–166. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.12.013>
- Yanti, D., & Oktavia, B. (2022). Desorpsi Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dari Silika Gel Termodifikasi Dimetilamina (DMA) Menggunakan Eluen Asam. *Journal of Chemistry, Education, and Science*, 6(2).
- Zhang, M., Liu, Y., Yin, Z., Feng, D., & Lv, H. (2023). Preparation and adsorption properties of magnetic chitosan/sludge biochar composites for removal of Cu<sup>2+</sup> ions. *Scientific Reports*, 13(1), 20937. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46815-4>
- Zhang, X., Yan, L., Li, J., & Yu, H. (2020). Adsorption of heavy metals by l-cysteine intercalated layered double hydroxide: Kinetic, isothermal and mechanistic studies. *Journal of Colloid and Interface Science*, 562, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.028>
- Zhiyu, Y., & Zhiguo, X. (2023). *Advanced Ceramics for Energy Storage, Thermoelectrics and Photonics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-03592-9>
- Zhou, Y., Ge, L., Fan, N., & Xia, M. (2018). Adsorption of Congo red from aqueous solution onto shrimp shell powder. *Adsorption Science & Technology*, 36(5–6), 1310–1330. <https://doi.org/10.1177/0263617418768945>
- Zhu, Z., Ouyang, S., Li, P., Shan, L., Ma, R., & Zhang, P. (2020). Persistent organic pollutants removal via hierarchical flower-like layered double hydroxide: Adsorption behaviors and mechanism investigation. *Applied Clay Science*, 188, 105500. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105500>
- Ziani Hanane, M'hamed Kaid, Ikhoul Djamilia, Abdelkader Ammam, & D. Villemin. (2021). Preparation, characterization and antibacterial applications of ZnAl-LDH with the diaminododecylphosphonic acid intercalation. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 11(5), 600–604. [https://doi.org/10.38150/sajeb.11\(5\).p600-604](https://doi.org/10.38150/sajeb.11(5).p600-604)