

**PENERAPAN SONIKASI PADA ADSORPSI *CONGO RED*
OLEH HIDROCHAR AMPAS TEBU TERMODIFIKASI
KOBALT HIDROKSIDA**

SKRIPSI

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



**OLEH
ADITYA ANANDIKA
08031282126057**

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

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN SONIKASI PADA ADSORPSI CONGO RED
OLEH HIDROCHAR AMPAS TEBU TERMODIFIKASI
KOBALT HIDROKSIDA**

SKRIPSI

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

Oleh :

ADITYA ANANDIKA

08031282126057

Indralaya, 13 Maret 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Nova Yullasari, M.Si.

NIP. 197307261999032001

Pembimbing II

Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.

NIP. 197211092000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Aditya Anandika (08031282126057) dengan judul "Penerapan Sonikasi pada Adsorpsi *Congo Red* oleh Hidrochar Ampas Tebu Termodifikasi Kobalt Hidroksida" telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Maret 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 13 Maret 2025

Ketua :

1. Dr. Muhammad Said, M.T.
NIP. 197407212001121001

()

Anggota :

1. Dr. Nova Yullasari, M.Si.
NIP. 197307261999032001

()

2. Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.
NIP. 197211092000032001

()

2. Dr. Nirwan Syarif, M.Si.
NIP. 197010011999031003

()

Mengetahui,


Dekan FMIPA
Prof. Heru Haryanti, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001


Ketua Jurusan Kimia
Prof. Dr. Muhamad, M.Si.
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Aditya Anandika

NIM : 08031282126057

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 13 Maret 2025

Penulis,



Aditya Anandika

NIM. 08031282126057

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

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

Nama Mahasiswa : Aditya Anandika
NIM : 08031282126057
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*non exclusively royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “Penerapan Sonikasi pada Adsorpsi *Congo Red* oleh Hidrochar Ampas Tebu Termodifikasi Kobalt Hidroksida”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 13 Maret 2025

Yang menyatakan,



Aditya Anandika

NIM. 08031282126057

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Saya Tidak Punya Bakat Khusus, Saya Hanya Sangat Ingin Tahu.”

(Albert Einstein)

“Iman Tanpa Ilmu Bagaikan Lentera di Tangan Bayi. Namun, Ilmu Tanpa Iman Bagaikan Lentera di Tangan Pencuri”

(Buya Hamka)

“Kita tak perlu jatuh terlebih dahulu untuk tahu bagaimana rasa sakitnya terjatuh, belajarlh dari pengalaman orang lain”

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Bapak, Ibu, dan Abang yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis di setiap kondisi.
3. Seluruh keluarga besar yang telah mensupport dan mendoakanku.
4. Dosen Pembimbing (Ibu Dr. Nova Yuliasari, M.Si. dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.)
5. Rekan-rekan yang terlibat dan membantu dalam penelitian.
6. Teman-teman seperjuangan dan Almamater yang aku banggakan, Universitas Sriwijaya
7. Diriku sendiri

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Sonikasi pada Adsorpsi *Congo Red* oleh Hidrochar Ampas Tebu Termodifikasi Kobalt Hidroksida”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Nova Yuliasari, M.Si. dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. yang telah memberikan banyak bimbingan, motivasi, saran, dan bantuannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan yang baik bagi umatnya.
3. Pintu surgaku, Ibundaku Elvi Zarmiati. Gelar yang didapatkan penulis bukanlah apa-apa jika dibandingkan dengan doa dan berkah dari Ibu yang selalu diberikan kepada penulis. Penulis tidak akan sampai ke titik ini tanpa adanya ridho dari Ibu. Terima kasih karena terus mendukung penulis pada setiap langkah yang penulis ambil.
4. Panutanku, Ayahanda Yuneidi Yahya. Doa dan ridho dari Ayah sungguh memberikan penulis kemudahan dalam setiap hal yang penulis lakukan. Keringat dan pengorbanan Ayah akan penulis ingat sampai kapanpun. Terima kasih karena terus mengarahkan penulis pada setiap keputusan yang penulis ambil.
5. Abangku Diki Rahmat Jayadi. Terima kasih karena telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan penulis. Teruslah berada di sisi penulis dan berikan arahan kepada penulis. Bagi penulis sosok Abang akan terus dibutuhkan oleh penulis.

6. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Prof. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
9. Ibu Dr. Nova Yuliasari, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir. Terima kasih telah memberikan ilmu, nasehat, bantuan dan banyak membimbing penulis selama perkuliahan, menyelesaikan penelitian, hingga penulisan skripsi. Semoga kebaikan Ibu mendapat balasan yang terbaik.
10. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua penulis. Terima kasih atas ilmu, bantuan, bimbingan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menyelesaikan penelitian dan tugas akhir.
11. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T. dan Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si. selaku dosen penguji seminar dan sidang yang turut andil memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi serta persiapan menuju sarjana kimia.
12. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
13. Kepada seorang yang tak kalah penting kehadirannya bagi penulis Mira Yulianti. Terima kasih karena telah menemani penulis baik dikala duka maupun suka, terima kasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan penulis dalam menyusun skripsi dan menjadikan perjalanan ini menjadi lebih berwarna dan harapan ke depannya hal ini tidak akan pernah berubah.
14. Teman-teman “Hidup Seperti Larry” (Niko, Auzan, Uni Via dan Ara). Terima kasih sudah menjadi teman dekat yang lawak namun terus mendukung penulis dari awal perkuliahan hingga selesai. Teruslah menjadi orang-orang yang kocak dan beriman. Banyak-banyak berzikir.
15. Teman-teman “Mukhlis Geng” (Bagus, Raihan, Niko, Tristan, Angga dan Auzan). Terima kasih karena menjadi teman dekat yang sangat menghibur penulis selama perkuliahan. Teruslah jaga kerandoman kalian. Sehat terus.

16. Teman-Teman “Analisis Geng” (Bagus, Nisa, Andin, Sodif, Puan, Dey, Devi, Cingka, Adel dan Zahra). Terima kasih karena telah menemani dan membantu penulis ketika melakukan penelitian di laboratorium analisis.
17. Tim NIM 057, Kak Lidia, Kak Melanie, Raihana dan Hadifah yang membantu penulis, mensupport penulis di jurusan kimia.
18. Kakak dan Adik tingkat Jurusan Kimia FMIPA yang selalu mendukung dan menjadi teman.
19. Yuk Yuniar, Yuk Nur, dan Yuk Yanti selaku Analisis Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan kesempatan untuk magang dan belajar di LKAIP.
20. Kak In dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam mengurus jadwal dan proses administrasi penulis hingga lulus.
21. Keluarga besar BGA (Bumitama Gunajaya Agro). Terima kasih atas pelajaran hidup yang berharga dan pengalaman kerja yang nyata kepada penulis.
22. Dan terakhir kepada diri saya sendiri, Aditya Anandika terima kasih karena terus bertahan pada kapal yang telah berlayar ini. Tegakkan pandangan mu, busungkan dada mu, karena kita akan menghadapi dunia yang sebenarnya. Gelar ini bukan hanya sekedar gelar biasa tapi ini cerita tentang seorang anak buruh pabrik yang meraih gelar sarjana pertama di keluarganya. Jangan sombong dan teruslah langkahkan kakimu ke depan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua orang dan bermanfaat untuk pengembangan kimia di masa depan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Indralaya, 13 Maret 2025

Penulis



Aditya Anandika

NIM. 08031282126057

SUMMARY

APPLICATION OF SONICATION IN ADSORPTION OF CONGO RED BY MODIFIED SUGARCANE BAGASSE HYDROCHAR WITH COBALT HYDROXIDE

Aditya Anandika : Supervised by Dr. Nova Yuliasari, M.Si.

Chemistry, Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xviii + 70 Pages, 15 pictures, 5 tables, 13 appendices.

The textile industry in Indonesia generates a significant amount of dye waste, leading to substantial pollution. One of the dyes produced is Congo Red, which is highly hazardous to living organisms. This is because Congo Red contains two azo (-N=N-) chromophores that can decompose into benzidine in the form of amines with highly carcinogenic properties. Additionally, this dye is difficult to degrade naturally, necessitating a method to reduce its presence. One such method is adsorption using hydrochar as an adsorbent. Adsorption is known to be a superior method due to its cost-effectiveness, environmental friendliness, ease of use, and higher efficiency in treatment processes. The adsorbent used is hydrochar derived from sugarcane bagasse, produced through the hydrothermal carbonization (HTC) process, which is known for its energy efficiency. The adsorption capacity of hydrochar is further enhanced using sonication techniques, activation with 10% H_3PO_4 , and modification with $Co(OH)_2$.

XRD and FTIR analyses confirmed the successful synthesis of hydrochar- $Co(OH)_2$. The surface area determined from the SAA test was $2.064\text{ m}^2/\text{g}$, and the pH point of zero charge (PZC) was 7.59. The adsorption effectiveness of hydrochar- $Co(OH)_2$ reached 49.09%, which is higher than that of unmodified hydrochar, which had an adsorption effectiveness of 45.48%. The adsorption process using sonication was more efficient, achieving an adsorption effectiveness of 49.09 %, compared to the shaker method, which resulted in an adsorption effectiveness of 43.64 %. The optimal adsorption conditions for hydrochar- $Co(OH)_2$ in removing Congo Red were obtained at a concentration of 20 mg/L, with a maximum adsorption capacity of 14.662 mg/g and an optimum contact time of 12 minutes.

The adsorption isotherm model tends to follow the Langmuir equation, indicating that the adsorption process occurs through chemisorption. This is evidenced by the regression value of the Langmuir isotherm model, which is closer to one (0.981) compared to the Freundlich isotherm model, which has a regression value of 0.9714. Furthermore, the Freundlich intensity value is below 1, suggesting that the adsorption process predominantly occurs through chemical interactions. The pseudo-first-order kinetic model has a calculated q_e value of 2.765 mg/g, while the pseudo-second-order model has a calculated q_e value of 4.299 mg/g. Since the experimental q_e value is 4.179 mg/g, the pseudo-second-order model shows a calculated q_e value that is closer to the experimental value. This confirms that the adsorption mechanism occurs through chemisorption.

Keywords : Congo Red, Hydrochar, Co(OH)_2 , Adsorption.

Citations : 94 (2014-2024)

RINGKASAN

PENERAPAN SONIKASI PADA ADSORPSI *CONGO RED*
OLEH HIDROCHAR AMPAS TEBU TERMODIFIKASI
KOBALT HIDROKSIDA

Aditya Anandika : Dibimbing oleh Dr. Nova Yuliasari, M.Si.

Kimia, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xviii + 70 Halaman, 15 gambar, 5 tabel, 13 lampiran.

Industri tekstil di Indonesia menghasilkan limbah zat warna dalam jumlah yang sangat besar dengan dampak polusi yang signifikan. Salah satu zat warna yang dihasilkan adalah *congo red*. *Congo Red* sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena zat warna *congo red* memiliki dua kromofor azo (-N=N-) yang dapat terurai menjadi benzidine berupa amina dengan sifat yang sangat karsinogenik. Zat warna ini juga sulit terdegradasi secara alami sehingga perlu suatu metode untuk mengurangi zat warna tersebut. Metode yang dapat digunakan adalah metode adsorpsi dengan hidrochar sebagai adsorbennya. Metode adsorpsi dikenal sebagai metode yang lebih unggul dalam aspek pengolahan yang lebih ekonomis, ramah lingkungan, mudah digunakan dan lebih efisien. Adsorben yang digunakan berupa hidrochar dari ampas tebu yang dibuat menggunakan proses *hydrothermal carbonization* (HTC) yang dikenal lebih hemat energi. Daya serap hidrochar juga ditingkatkan dengan menggunakan teknik sonikasi, aktivasi dengan H₃PO₄ 10% dan modifikasi dengan Co(OH)₂.

Hasil analisis XRD dan FTIR menunjukkan sintesis hidrochar-Co(OH)₂ telah berhasil dilakukan. Luas permukaan dari hasil uji SAA sebesar 2,064 m²/g dan nilai pH *point of zero charge* (PZC) sebesar 7,59. Efektivitas adsorpsi hidrochar-Co(OH)₂ mencapai 49,09 % yang mana lebih tinggi dibandingkan efektivitas adsorpsi hidrochar biasa yaitu sebesar 45,48 %. Proses adsorpsi dengan menggunakan sonikasi lebih efisien dengan efektivitas adsorpsi sebesar 49,09 % dibandingkan metode shaker yang hanya 43,64 %. Kondisi optimum adsorpsi oleh hidrochar-Co(OH)₂ terhadap zat warna *congo red* tercapai pada konsentrasi 20 mg/L dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 14,662 mg/g dan waktu kontak optimum selama 12 menit.

Model isoterm adsorpsi cenderung mengikuti persamaan *Langmuir* yang artinya proses adsorpsi terjadi secara kemisorpsi dibuktikan dari nilai regresi model isoterm *Langmuir* yang lebih mendekati satu yaitu sebesar 0,981 dibandingkan dengan model isoterm *Freundlich* yang memiliki nilai regresi sebesar 0,9714. Nilai intensitas *Freundlich* dibawah 1 yang artinya adsorpsi cenderung terjadi secara kimia. Model kinetika orde satu semu memiliki nilai q_e perhitungan sebesar 2,765 dan orde dua semu sebesar 4,299. Nilai q_e eksperimen sebesar 4,179 yang mana orde dua semu memiliki nilai q_e perhitungan yang lebih mendekati nilai q_e eksperimen sehingga hal tersebut menandakan mekanisme adsorpsi terjadi secara kemisorpsi.

Kata Kunci : *Congo Red*, Hidrochar, $Co(OH)_2$, Adsorpsi.

Sitasi : 94 (2014-2024)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
SUMMARY	ix
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ampas Tebu.....	5
2.2 Zat Warna <i>Congo red</i>	6
2.3 Adsorpsi	7
2.3.1 Kinetika Adsorpsi	8
2.3.2 Isoterm Adsorpsi.....	9
2.4 Karbonisasi Hidrotermal.....	10
2.5 Kobalt Hidroksida.....	11
2.6 Sonikasi.....	11
2.7 Karakterisasi Hydrochar-Co(OH) ₂	11
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	11
2.7.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	12
2.7.3 <i>Surface Area Analyser</i> (SAA).....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14

3.2.1	Alat.....	14
3.2.2	Bahan	14
3.3	Prosedur Penelitian	14
3.3.1	Preparasi Sampel.....	14
3.3.2	Pembuatan Hydrochar.....	14
3.3.3	Aktivasi Hydrochar.....	15
3.3.4	Sintesis Hydrochar-Co(OH) ₂	15
3.3.5	Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pH _{PZC}).....	15
3.3.6	Pembuatan Larutan Induk <i>Congo red</i>	15
3.3.7	Pembuatan Larutan Standar <i>Congo red</i>	16
3.3.8	Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum	16
3.3.9	Penentuan Kurva Kalibrasi Larutan Standar.....	16
3.3.10	Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
3.3.11	Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	16
3.3.12	Karakterisasi <i>Surface Area Analyser</i> (SAA).....	16
3.3.13	Perbandingan Efektivitas adsorpsi Hydrochar dan Hydrochar-Co(OH) ₂	17
3.3.14	Perbandingan Efektivitas adsorpsi Hydrochar-Co(OH) ₂ Menggunakan Metode Shaker dan Metode Sonikasi.....	17
3.3.15	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Hydrochar -Co(OH) ₂ Terhadap <i>Congo Red</i> Menggunakan Sonikasi	17
3.3.16	Pengaruh Waktu Kontak	17
3.3.17	Pengaruh Konsentrasi <i>Congo Red</i>	17
3.3.18	Analisis Data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		20
4.1	Preparasi Sampel.....	20
4.2	Sintesis Hydrochar – Co(OH) ₂	20
4.3	Perbandingan Efektivitas Adsorpsi Hydrochar dan Hydrochar – Co(OH) ₂	21
4.4	Perbandingan Konsentrasi <i>Congo red</i> yang Teradsorpsi oleh Hydrochar – Co(OH) ₂ Menggunakan Metode Shaker dan Metode Sonikasi	22
4.5	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna <i>Congo red</i>	23
4.6	Penentuan pH PZC (<i>Point of Zero Charge</i>).....	24
4.7	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Congo red</i>	25
4.7.1	Pengaruh Waktu Kontak	25

4.7.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna <i>Congo red</i>	26
4.8	Kinetika Adsorpsi	26
4.9	Isoterm Adsorpsi.....	28
4.10	Hasil Karakterisasi.....	30
4.10.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	30
4.10.2	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	32
4.10.3	<i>Surface Area Analyser (SAA)</i>	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		34
5.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN.....		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ampas tebu (Dokumen Pribadi).....	5
Gambar 2. Struktur zat warna <i>congo red</i> (Rasilingwani <i>et al.</i> , 2024).....	6
Gambar 3. Bentuk fisik hidrochar (Wei <i>et al.</i> , 2022).....	10
Gambar 4. Hasil sintesis hidrochar-Co(OH) ₂	21
Gambar 5. Diagram perbandingan efektivitas adsorpsi hidrochar dan hidrochar-Co(OH) ₂	22
Gambar 6. Diagram batang perbandingan efektivitas adsorpsi hidrochar-Co(OH) ₂ dengan metode shaker dan sonikasi	23
Gambar 7. Grafik pH _{pzc} hidrochar-Co(OH) ₂	24
Gambar 8. Diagram batang waktu kontak optimum hidrochar-Co(OH) ₂	25
Gambar 9. Diagram batang konsentrasi optimum hidrochar-Co(OH) ₂	26
Gambar 10. Grafik orde satu semu	27
Gambar 11. Grafik orde dua semu	27
Gambar 12. Grafik Isoterm <i>Langmuir</i>	29
Gambar 13. Grafik Isoterm <i>Freundlich</i>	29
Gambar 14. Difraktogram Hidrochar-Co(OH) ₂	31
Gambar 15. Hasil karakterisasi FTIR hidrochar-Co(OH) ₂	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data perhitungan kinetika adsorpsi hidrochar-Co(OH) ₂ terhadap zat warna <i>congo red</i>	27
Tabel 2. Perbandingan daya serap <i>congo red</i> dari berbagai material.....	28
Tabel 3. Data perhitungan isotherm adsorpsi.....	29
Tabel 4. Data puncak difraktogram.....	31
Tabel 5. Daerah serapan dan jenis ikatan hidrochar-Co(OH) ₂	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Prosedur Penelitian	46
Lampiran 2. Spektrum Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i> pada konsentrasi 20 mg/L	51
Lampiran 3. Spektra XRD Hydrochar – Co(OH) ₂	52
Lampiran 4. Spektrum FTIR Hydrochar – Co(OH) ₂	54
Lampiran 5. Data Kurva Kalibrasi Congo red	55
Lampiran 6. Perbandingan Jumlah Hydrochar dan Co(OH) ₂	57
Lampiran 7. Perbandingan Efektivitas Adsorpsi Hydrochar dan Hydrochar – Co(OH) ₂ Terhadap Adsorpsi Zat Warna <i>Congo red</i>	58
Lampiran 8. Perbandingan Efektivitas adsorpsi <i>Congo red</i> oleh Hydrochar Co(OH) ₂ Menggunakan Metode Shaker dan Metode Sonikasi.....	59
Lampiran 9. Data Pengaruh Waktu Kontak Hydrochar - Co(OH) ₂ Terhadap Adsorpsi <i>Congo red</i>	60
Lampiran 10. Data Pengaruh Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> Terhadap Kemampuan Adsorpsi Hydrochar–Co(OH) ₂	63
Lampiran 11. Data Perhitungan Isoterm Adsorpsi	64
Lampiran 12. Gambar Penelitian	66
Lampiran 13. Pengujian <i>Surface Area Analyser</i> (SAA).....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi tekstil menghasilkan limbah dalam jumlah yang besar dan dampak polusi yang disumbangkan sekitar 70% (S. Rani & Jamal, 2018). Indonesia memproduksi lebih dari 700.000 ton pewarna dari 10.000 jenis yang berisiko mencemari lingkungan akibat sifatnya yang mutagenik, karsinogenik dan toksik (Lestari *et al.*, 2021). Salah satu zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil berupa *congo red* (Chahid *et al.*, 2024). *Congo red* merupakan zat warna azo yang sering digunakan karena mempunyai warna yang terang dan tahan lama (Herlina *et al.*, 2017). *Congo Red* berbahaya karena memiliki dua kromofor azo (-N=N-) yang dapat terurai menjadi benzidine berupa amina dengan sifat yang sangat karsinogenik (Altaie *et al.*, 2023). Proses alami juga tidak mampu mendegradasi *congo red* karena memiliki struktur yang kompleks dan kelarutannya yang tinggi (Lestari *et al.*, 2021). Metode adsorpsi dapat menjadi salah satu cara untuk menghilangkan zat warna tersebut (Jasim & Salman, 2024). Metode adsorpsi dipilih karena lebih unggul dalam aspek pengolahan yang ekonomis, ramah lingkungan, mudah digunakan dan lebih efisien (Mobarak *et al.*, 2023). Adsorpsi terjadi ketika molekul menempel pada permukaan adsorben melalui interaksi kimia atau fisika (Karim *et al.*, 2017). Salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam metode adsorpsi adalah hidrochar (Ighalo *et al.*, 2022).

Hidrochar dibuat dari bahan biomassa dengan proses *hydrothermal carbonization* (HTC) pada suhu relatif lebih rendah sekitar 180 – 240 °C dibandingkan dengan metode lainnya (Masoumi *et al.*, 2021). Waktu hidrotermal yang digunakan pada penelitian ini selama 5 jam mengikuti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Khoo *et al.*, (2020). Terdapat penelitian lain yang menggunakan waktu hidrotermal yang lebih singkat yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Yusuf *et al.*, (2020) dengan waktu hidrotermal selama 3 jam. Penelitian ini menggunakan waktu yang tidak terlalu singkat dan tidak terlalu lama yaitu selama 5 jam agar hidrochar yang didapat memiliki efektivitas adsorpsi yang cukup besar dengan penggunaan energi yang rendah. Hidrochar dihasilkan dari suhu yang lebih rendah dibandingkan metode konvensional lainnya sehingga

hydrochar menjadi adsorben alternatif berbiaya relatif rendah (Fitasari & Ramadani, 2022). Hydrochar yang dihasilkan dari proses hidrotermal memiliki permukaan yang kaya akan oksigen sehingga memiliki afinitas yang tinggi dalam proses adsorpsi (Askaputra & Yuliansyah, 2020). Salah satu biomassa yang dapat dijadikan sebagai adsorben adalah ampas tebu yang merupakan salah satu biomassa yang melimpah dan banyak ditemukan di Indonesia khususnya di Provinsi Sumatera Selatan, Kabupaten Ogan Ilir (Adiguna & Wahyudi, 2020). Ampas tebu terdiri dari 32-45% selulosa, 20-32% hemiselulosa, 17-32% lignin, 1,0-9,0% abu dan beberapa komponen lainnya (Alokika *et al.*, 2021). Komponen pada ampas tebu tersebut dapat diubah menjadi adsorben untuk mengadsorpsi limbah zat warna (Istikowati *et al.*, 2020). Ampas tebu memiliki keunggulan dimana ampas tebu sendiri telah memiliki struktur pori lamelar alami yang dapat menyerap adsorbat (Adila *et al.*, 2024). Proses pembuatan serbuk lebih diinginkan material dengan kekerasan yang lebih rendah agar lebih homogen ketika diayak dengan ayakan 100 mesh. Pengayakan dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam tabung hidrotermal. Ampas tebu merupakan bahan yg cukup mudah dihancurkan untuk menjadi serbuk.

Pori-pori dari ampas tebu akan bertambah banyak jika dilakukan aktivasi, sehingga akan meningkatkan daya serap adsorpsi. Asam phospat (H_3PO_4) dapat digunakan untuk aktivasi hydrochar tersebut (Verayana *et al.*, 2018). Luas permukaan dan kapasitas penyerapannya juga perlu ditingkatkan karena metode hidrotermal menggunakan suhu yang relatif lebih rendah sehingga daya serap yang dihasilkan belum cukup besar (Yusuf *et al.*, 2020). Hydrochar dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kapasitas penyerapannya yaitu menggunakan logam hidroksida (Ardekani *et al.*, 2017). Salah satu logam hidroksida yang bisa digunakan adalah $Co(OH)_2$. Logam $Co(OH)_2$ digunakan karena material ini telah digunakan dalam penelitian sebelumnya oleh Li *et al.*, (2016), yang menunjukkan bahwa logam hidroksida $Co(OH)_2$ memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan logam oksida CoO . Beberapa penelitian terkait modifikasi karbon aktif dengan logam hidroksida telah dilakukan seperti penelitian yang dilakukan Saputra *et al.*, (2019) tentang karbon aktif- $Mg(OH)_2$ untuk mengadsorpsi uranium dan penelitian yang dilakukan Ardekani *et al.*, (2017) tentang adsorpsi *methylene blue* dengan karbon aktif- $Zn(OH)_2$.

Penelitian ini menggunakan logam Co karena memiliki elektronegativitas yang lebih besar daripada logam Mg dan Zn. Co memiliki elektronegativitas sebesar 1,7 sementara Zn sebesar 1,6 dan Mg sebesar 1,2 (Sulaiman *et al.*, 2022). Semakin tinggi elektronegativitas maka akan semakin kuat suatu atom untuk bersaing mendapatkan elektron dan semakin kuat interaksi antar ikatan yang terbentuk (Sulistiyowati *et al.*, 2018). Elektron yang dimaksud adalah elektron situs teroksidasi dari adsorben. Logam Co(OH)_2 juga dapat diregenerasi sehingga adsorben dapat digunakan kembali untuk menyerap polutan (Ogata *et al.*, 2015). Keunggulan lain dari logam hidroksida yaitu dapat digunakan dengan baik dibawah pH_{pzc} ataupun diatas pH_{pzc}, sehingga dapat menyerap polutan anionik atau kationik (Li *et al.*, 2016). Sintesis hidrochar- Co(OH)_2 dapat terjadi karena logam Co(OH)_2 berinteraksi dengan permukaan selulosa yang terdiri dari gugus hidroksil (Tasanif *et al.*, 2020). Gugus hidroksil juga terdapat pada lignin (Kusumo *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini menggunakan bantuan metode sonikasi. Sonikasi digunakan ketika proses sintesis hidrochar dan selama proses adsorpsi berlangsung. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan difusi dan dispersi material dalam media cair (Ardekani *et al.*, 2017). Teknik sonikasi digunakan untuk memperbesar luas permukaan adsorben dan mempercepat laju reaksi (Permana *et al.*, 2023). Kinetika laju reaksi pada penelitian ini berupa laju adsorpsi. Metode lain yang dapat digunakan untuk mempercepat laju reaksi adsorpsi adalah metode pengadukan dengan *shaker* (Prमितasari *et al.*, 2021). Akan tetapi, metode sonikasi lebih unggul karena gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi menyebabkan munculnya efek kavitasi yang dapat memperbanyak terjadinya tumbukan antar molekul sehingga proses adsorpsi akan relatif lebih cepat (Sa'bandi *et al.*, 2021). Metode sonikasi dalam penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan proses adsorpsi zat warna *congo red* oleh hidrochar- Co(OH)_2 .

Karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini seperti XRD yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai struktur atom (Ali *et al.*, 2022). FTIR untuk mendeteksi gugus fungsi (Abriyani *et al.*, 2024). SAA untuk mencari luas permukaan suatu material (Putri & Ratnawulan, 2019). Parameter uji kondisi optimum adsorpsi pada penelitian ini meliputi variasi waktu kontak dan variasi

konsentrasi adsorbat (Ibrahim *et al.*, 2024). Terdapat beberapa uji lainnya seperti uji perbandingan metode shaker dengan metode sonikasi dan perbandingan hidrochar dengan hidrochar-Co(OH)₂.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana keberhasilan sintesis hidrochar-Co(OH)₂ berdasarkan hasil XRD, FTIR dan SAA ?
2. Bagaimana hasil perbandingan metode shaker dengan metode sonikasi terhadap kemampuan hidrochar-Co(OH)₂ dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* ?
3. Bagaimana kondisi optimum waktu kontak, konsentrasi adsorbat dan kapasitas maksimum hidrochar-Co(OH)₂ dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* ?
4. Bagaimana kinetika adsorpsi dan model isoterm adsorpsi dari hidrochar- Co(OH)₂ terhadap zat warna *congo red* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi hidrochar-Co(OH)₂ berdasarkan hasil XRD, FTIR dan SAA.
2. Menentukan hasil perbandingan metode shaker dengan metode sonikasi terhadap kemampuan hidrochar-Co(OH)₂ dalam mengadsorpsi zat warna *congo red*.
3. Menentukan kondisi optimum waktu kontak, konsentrasi adsorbat dan kapasitas maksimum hidrochar-Co(OH)₂ dalam mengadsorpsi zat warna *congo red*.
4. Menentukan kinetika adsorpsi dan model isoterm adsorpsi dari hidrochar-Co(OH)₂ terhadap zat warna *congo red*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi zat warna *congo red*, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi sumbangan literatur pemanfaatan limbah biomassa dengan teknik preparasi yang menggunakan temperatur relatif rendah dan prosedur sonikasi dalam waktu adsorpsi yang singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, Z. A. M., Himsar, A., Tulus, B. S., Farel, H. N., & Andianto, P. (2018). Pengujian Kemampuan Adsorpsi Dari Adsorben Alumina Aktif Untuk Mesin Pendingin Tenaga Surya. *Jurnal Dinamis*, 6(1), 57–70.
- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriani, I. P., Puspawati, I., & Adiputra, S. (2024). Pengaruh Pengolahan Termal Terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi Dengan Spektroskopi Ftir. *Journal Of Social Science Research Volume*, 4(1), 3424–3432.
- Adiguna, & Wahyudi, A. (2020). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Limbah Pabrik Gula Cinta Manis Kabupaten Ogan Ilir Sebagai Additive Beton. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(1), 46. <https://doi.org/10.31851/Sainmatika.V17i1.3383>
- Adila, H., Wisnu, W., Handayani, E. T., Fathin, H. R., & Rusdianto, A. S. (2024). Efektivitas Limbah Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Sebagai Adsorben Dengan Metode Pirolisis Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah Industri Gula. *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi Indonesia*, 3(1), 264–269.
- Alam, M. S., Khanom, R., & Rahman, M. A. (2015). Removal Of Congo Red Dye From Industrial Wastewater By Untreated Sawdust. *American Journal of Environmental Protection*, 4(5), 207–213. <https://doi.org/10.11648/J.Ajep.20150405.12>
- Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-Ray Diffraction Techniques For Mineral Characterization : A Review For Engineers of The Fundamentals , Applications , And Research Directions. *Minerals*, 12(2), 1–25.
- Alokika, Anu, Kumar, A., Kumar, V., & Singh, B. (2021). Cellulosic And Hemicellulosic Fractions Of Sugarcane Bagasse: Potential, Challenges And Future Perspective. *International Journal of Biological Macromolecules*, 169, 564–582. <https://doi.org/10.1016/J.Ijbiomac.2020.12.175>
- Altaie, O. T. S., Zeidan, H., Karakaya, N., Karakaya, M. Ç., & Marti, M. E. (2023). Removal of Congo Red From Aqueous Solutions By Adsorption Onto Illite Clay. *Desalination And Water Treatment*, 310(1), 226–227. <https://doi.org/10.5004/Dwt.2023.29941>
- Annisa, N., Muhammad, Masrullita, Zulnazri, & Dewi, R. (2023). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Adsorben Penyerapan Logam Dan Kesadahan Pada Air Sumur. *Chemical Engineering Journal Storage (Cejs)*, 3(1), 139. <https://doi.org/10.29103/Cejs.V3i1.8013>
- Antarisna, N., Mayangsari, N. E., & Nindyapuspa, A. (2023). Studi Kinetika Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Dengan Menggunakan Komposit Hidroksiapatit Tulang Ikan-Karbon Aktif Ampas Tebu. *Conference*

Proceeding On Waste Treatment Technology, 6(1), 238–241.

- Ardekani, P. S., Karimi, H., Ghaedi, M., Asfaram, A., & Purkait, M. K. (2017). Ultrasonic Assisted Removal of Methylene Blue n Ultrasonically Synthesized Zinc Hydroxide Nanoparticles On Activated Carbon Prepared From Wood of Cherry Tree: Experimental Design Methodology And Artificial Neural Network. *Journal of Molecular Liquids*, 229(1), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.12.028>
- Askaputra, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Pengaruh Variasi Suhu Hidrotermal dan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Kemampuan Hydrochar Sebagai Adsorben Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Metilen Biru. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 160–168. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.57394>
- Canra, M., Fadli, A., & Komalasari. (2017). Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺ Menggunakan Tricalciumphosphate Sebagai Adsorben Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan dan Temperatur. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 4(2), 1–11.
- Cendekia, D., & Afifah, D. A. (2023). Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Analisis Daya Serap Iodium. *Journal Applied of Science And Chemical Engineering*, 1(2), 38–43.
- Chahid, A., Chafi, M., Essahli, M., Alrashdi, A. A., & Lgaz, H. (2024). Exploring The Efficacy of Congo Red Dye As A Corrosion Inhibitor For Aluminum In Hcl Solution : An Interdisciplinary Study With Rsm Modeling And Theoretical Simulations. *Arabian Journal of Chemistry*, 17(7), 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2024.105810>
- Chkili, F., & Abderrabba, M. (2015). Decontamination of Olive Mill Wastewater With Tow Natural Materials : Sand And Starch. *Journal of Chemical And Pharmaceutical Research*, 7(1), 600–610.
- Czerwińska, K., Śliz, M., & Wilk, M. (2022). Hydrothermal Carbonization Process : Fundamentals , Main Parameter Characteristics And Possible Applications Including An Effective Method of Sars-Cov-2 Mitigation In Sewage Sludge . A Review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 154(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111873>
- Dio, R. G. R., Bahri, S., Kiswandono, A. A., & Supriyanto, R. (2021). Validasi Metode Fotodegradasi Congo Red Terkatalis Zn/Zeolit Y Secara Spektrofotometri UV-Vis. *Analytical And Environmental Chemistry*, 6(02), 134–144.
- Dompeipen, E. J. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Kitin Dan Kitosan Dari Kulit Udang Windu (Penaeus Monodon) dengan Spektroskopi Inframerah (Penaeus Monodon) With Infrared Spectroscopy. *Jurnal Kementerian Perindustrian*, 13(1).
- Dong, X., Guo, S., Wang, H., Wang, Z., & Gao, X. (2019). Physicochemical Characteristics And Ftir-Derived Structural Parameters of Hydrochar

Produced By Hydrothermal Carbonisation of Pea Pod (*Pisum Sativum* Linn.) Waste. *Biomass Conversion And Biorefinery*, 9(3), 531–540. <https://doi.org/10.1007/S13399-018-0363-1>

- Elizondo, V. P., Gallegos, A. K. C., Morales, B. E., López, J. M. B., Calderón, J. A. U., & Catalán, D. E. P. (2019). Electrochemical Assessment Of As-Deposited $\text{Co}(\text{OH})_2$ By Electrochemical Synthesis : The Effect of Synthesis Temperature On Performance. *Energies*, 12(22), 1–17.
- Fatmawati, S., Syar, N. I., Suhartono, S., Maulina, D., & Ariyadi, R. (2021). Arang Aktif Gambut Sebagai Filter Logam Berat Mercury (Hg). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(1), 63. <https://doi.org/10.35799/Jis.21.1.2021.32908>
- Firdaus, R. (2024). Penerapan Sonikasi Pada Adsorpsi Rhodamine B Oleh Hidrochar Cangkang Buah Karet Termodifikasi Seng Hidroksida. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Fitasari, D., & Ramadani, H. R. (2022). Hidrochar Ampas Kopi Termodifikasi H_2O_2 Sebagai Adsorben Untuk Ion Logam Berat Cd(II). *Indonesian Chemistry And Application Journal*, 5(1), 21–32.
- Guo, S., Dong, X., Liu, K., Yu, H., & Zhu, C. (2015). Chemical, Energetic, And Structural Characteristics of Hydrothermal Carbonization Solid Products For Lawn Grass. *Bioresources*, 10(3), 4613–4625.
- Harmaiyani, R., Amran, A., Oktavia, B., & Kurniawati, D. (2023). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kelengkeng (*Euphoria Longan Lour*) Dengan Metode Batch. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 12(3), 75–77.
- Haryanto, B., Sinaga, W. K., & Saragih, F. T. (2019). Kajian Model Interaksi Pada Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd^{2+}) Dengan Menggunakan Adsorben Dari Pasir Hitam. *Jurnal Teknik Kimia (USU)*, 8(2), 79–84. <https://doi.org/10.32734/Jtk.V8i2.2032>
- He, J., Lu, X., Yu, J., Wang, L., & Song, Y. (2016). Hierarchical $\text{Co}(\text{OH})_2$ Nanostructures/Glassy Carbon Electrode Derived From Co(BTC) Metal–Organic Frameworks For Glucose Sensing. *Journal of Nanoparticle Research*, 18(7), 1–11. <https://doi.org/10.1007/S11051-016-3489-8>
- Herlina, R., Masri, M., & Sudding. (2017). Studi Adsorpsi Dedak Padi Terhadap Zat Warna Congo Red Di Kabupaten Wajo. *Jurnal Chemica*, 18(1), 16–25.
- Holder, C. F., & Schaak, R. E. (2019). Tutorial On Powder X - Ray Diffraction For Characterizing Nanoscale Materials. *Acs Nano*, 13(7), 7359–7365. <https://doi.org/10.1021/Acsnano.9b05157>
- Ibrahim, G. M., Alshahrani, S. M., Alosaimi, E. H., Alshahrani, W. A., El-Gammal, B., Fawzy, A., Alqarni, N., Elhouichet, H., & Safaa, H. M. (2024). Adsorption Mechanism Elucidation of Anionic Congo Red Onto Modified Magnetic Nanoparticle Structures By Quantum Chemical And Molecular Dynamics.

Journal of Molecular Structure, 1298(1), 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.136992>

- Ighalo, J. O., Rangabhashiyam, S., Dulta, K., Umeh, C. T., Iwuozor, K. O., Aniagor, C. O., Eshiemogie, S. O., Iwuchukwu, F. U., & Igwegbe, C. A. (2022). Recent Advances In Hydrochar Application For The Adsorptive Removal of Wastewater Pollutants. *Chemical Engineering Research And Design*, 184, 419–456. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.06.028>
- Istikowati, W. T., Buhang, J. M. A. D., Ridwan, R., & Sunardi. (2020). Preparasi Hidrochar Dari Limbah Pelepah Nipah Dengan Penambahan Asam Oksalat Serta Uji Aplikasinya Untuk Adsorpsi Metilen Biru. *Jurnal Selulosa*, 12(2), 71–80.
<https://scholar.archive.org/work/D2z4xybvpjfj3dxjl7xksacjda/access/wayback/http://jurnalselulosa.org/index.php/jselulosa/article/download/293/284>
- Jasim, R. A., & Salman, R. H. (2024). Case Studies In Chemical And Environmental Engineering Congo Red Removal From Aqueous Solution By Electrocoagulation- Electro-Oxidation Combined System With Al And Cu – Mn – Ni Nano Composite As Efficient Electrodes. *Case Studies In Chemical And Environmental Engineering*, 9, 1.
<https://doi.org/10.1016/j.csee.2024.100747>
- Jedynak, K., & Charmas, B. (2021). Preparation And Characterization of Physicochemical Properties of Spruce Cone Biochars Activated By Co2. *Materials*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/ma14143859>
- Jumaeri, Nadiyya, A., Prasetya, A. T., & Sumarni, W. (2022). Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi Congo Red Dye Adsorption Using Magnesium Hydroxide From Seawater Bittern. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 25(6), 205–211.
- Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, M. F. P. (2017). Adsorpsi Ion Logam Fe Dalam Limbah Tekstil Sintesis Dengan Menggunakan Metode Batch. *Distilasi*, 2(2), 68–81.
- Khoo, C. G., Lam, M. K., Mohamed, A. R., & Lee, K. T. (2020). Hydrochar Production From High-Ash Low-Lipid Microalgal Biomass Via Hydrothermal Carbonization: Effects of Operational Parameters And Products Characterization. *Environmental Research*, 188(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109828>
- Kusumo, P., Biyono, S., & Tegar, S. (2020). Isolasi Lignin Dari Serbuk Grajen Kayu Jati (Tectona Grandis) Dengan Metode Klasson. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 19(2), 130–139.
<https://doi.org/10.26874/jt.vol19no02.158>
- Lestari, N. C., Budiawan, I., & Fuadi, A. M. (2021). Pemanfaatan Cangkang Telur Dan Sekam Padi Sebagai Bioadsorben Metilen Biru Pada Limbah Tekstil. *Jurnal Riset Kimia*, 12(1), 36–37. <https://doi.org/10.25077/jrk.v12i1.396>

- Li, M., Liu, J., Xu, Y., & Qian, G. (2016). Phosphate Adsorption On Metal Oxides And Metal Hydroxides: A Comparative Review. *Environmental Reviews*, 24(3), 319–332. <https://doi.org/10.1139/Er-2015-0080>
- Liu, X., Ma, R., Bando, Y., & Sasaki, T. (2014). High-Yield Preparation, Versatile Structural Modification, And Properties of Layered Cobalt Hydroxide Nanocones. *Advanced Functional Materials*, 24(27), 4292–4302. <https://doi.org/10.1002/Adfm.201400193>
- Maniscalco, M. P., Volpe, M., & Messineo, A. (2020). Hydrothermal Carbonization As A Valuable Tool For Energy And Environmental Applications : A Review. *Energies*, 13(1), 1–26.
- Masoumi, S., Borugadda, V. B., Nanda, S., & Dalai, A. K. (2021). Hydrochar: A Review On Its Production Technologies And Applications. *Catalysts*, 11(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/Catal11080939>
- Mobarak, M. Bin, Sultana, P. N., Chowdhury, F., Hossain, M. S., Mahmud, M., Quddus, M. S., Jahan, S. A., & Ahmed, S. (2023). Environmental Remediation By Hydroxyapatite: Solid State Synthesis Utilizing Waste Chicken Eggshell And Adsorption Experiment With Congo Red Dye. *Journal Of Saudi Chemical Society*, 27(5), 1–2. <https://doi.org/10.1016/J.Jscs.2023.101690>
- Mydin, A. O., Sor, N. H., Bahrami, A., Dulaimi, A., Palanisamy, J., Omar, R., & Abdullah, M. M. A. B. (2024). Application of Treated Sugarcane Bagasse Fiber In Lightweight Foamed Concrete Composites And Its Influence On Strength Properties And Thermal Conductivity. *Journal Of Engineered Fibers And Fabrics*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1177/15589250241273943>
- Neolaka, Y. A. B., Lalang, A. C., & Seran, S. Y. (2022). Adsorpsi Zat Warna Metil Merah Menggunakan Hydrochar Dari Tempurung Kelapa Yantus. *Jurnal Beta Kimia*, 2(1), 63–73.
- Nizamuddin, S., Siddiqui, M. T. H., Baloch, H. A., Mubarak, N. M., Griffin, G., Madapusi, S., & Tanksale, A. (2018). Upgradation of Chemical, Fuel, Thermal, And Structural Properties of Rice Husk Through Microwave-Assisted Hydrothermal Carbonization. *Environmental Science And Pollution Research*, 25(1), 17529–17539. <https://doi.org/10.1007/S11356-018-1876-7>
- Nugraha, T., Pambudi, N. A., & Ranto. (2020). Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif Dengan Teknologi Hydrothermal. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(1), 43–48.
- Nugroho, I., Putri, N., Adji, J. E. P., Nur, S. R., & Sekarningrum, N. A. (2024). Tinjauan Kritis Kemampuan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (Ftir) Dalam Analisis Dan Karakterisasi Senyawa Obat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(15), 332–344.
- Nurbaeti, L., Prasetya, A. T., & Kusumastuti, E. (2018). Arang Ampas Tebu (Bagasse) Teraktivasi Asam Klorida Sebagai Penurun Kadar Ion H₂ Po₄.

Indonesian Journal of Chemical Science, 7(2), 1–8.
[Http://Journal.Unnes.Ac.Id/Sju/Index.Php/Ijcs](http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs).

- Nyahu, Trissan, W., Karelius, & Agnestisia, R. (2021). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Umbut Rotan (*Calamus Sp*) Sebagai Adsorben Metilen Biru. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 15(2), 164.
<https://doi.org/10.20527/jstk.v15i2.8266>.
- Ogata, F., Imai, D., Toda, M., Otani, M., & Kawasaki, N. (2015). Adsorption of Phosphate Ion In Aqueous Solutions By Calcined Cobalt Hydroxide At Different Temperatures. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.05.028>.
- Onwudiwe, D. C., Ravele, M. P., & Elemike, E. E. (2020). Eco-Friendly Synthesis, Structural Properties And Morphology of Cobalt Hydroxide And Cobalt Oxide Nanoparticles Using Extract of Litchi Chinensis. *Nano-Structures And Nano-Objects*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.nanos.2020.100470>
- Oyekanmi, A. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Alshammari, M. B., Jawaid, M., Hanafiah, M. M., Khalif, H. P. S. A., & Vaseashta, A. (2021). Sustainable Durio Zibethinus-Derived Biosorbents For Congo Red Removal From Aqueous Solution : Statistical Optimization , Isotherms And Mechanism Sustainability Sustainable Durio Zibethinus -Derived Biosorbents For Congo Red Removal From Aqueous Solution. *Sustainable*. 13(23), 1-19.
<https://doi.org/10.3390/su132313264>
- Perdana, A., Zarkasi, A., Hamdani, D., Natalisanto, A. I., & Munir, R. (2023). Karakteristik Adsorben Ampas Teh Dalam Menyerap Ion Logam Timbal Menggunakan Model Isoterm Langmuir. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 07(01), 90–97.
- Permana, E., Sumarna, O., & Anwar, S. (2023). Penyusunan Bahan Ajar Laju Reaksi Berbasis Konteks Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Rebung Bambu Dengan Metode 4stmd. *Jurnal Riset Dan Praktik Pendidikan Kimia*, 11(2), 42–64.
- Phan, K. A., Phihusut, D., & Tuntiwiwattanapun, N. (2022). Preparation Of Rice Husk Hydrochar As An Atrazine Adsorbent: Optimization, Characterization, And Adsorption Mechanisms. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107575>
- Pramitasari, N., Dhokhikah, Y., Sukarmawati, Y., & Kartini, A. M. (2021). Analisis Pengaruh Adsorben Limbah Kulit Kopi Pertanian Jember Pada Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 66–73.
- Putri, A. Z., & Ratnawulan. (2019). Analisis Teoristik Nanopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO_2). *Pillar Of Physics*, 12(1), 70–76.
- Rani, S., & Jamal, Z. (2018). Recycling of Textiles Waste For Environmental Protection. *International Journal of Home Science* 4(1),164-168.

Www.Homesciencejournal.Com

- Rani, S. R. A. (2022). Studi Analisis Data Difraksi Sinar-X Pada Material Zircon Pasir Alam Melalui Metode Rietveld. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 9(1), 16–22. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.25470>
- Rasilingwani, T. E., Gumbo, J. R., Masindi, V., & Foteinis, S. (2024). Removal Of Congo Red Dye From Industrial Effluents Using Metal Oxide-Clay Nanocomposites : Insight Into Adsorption And Precipitation Mechanisms. *Water Resources And Industry*, 31(1), 100253. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100253>
- Rezaei, B., Reza, A., Jahromi, T., & Ensafi, A. A. (2017). Facile Synthesis Of Co (OH) 2 Magnetic Nano Flake Deposited On Reduced Graphene Oxide Nano Flake As An Efficient Bi-Functional Electrocatalyst For Oxygen Evolution / Reduction Reactions In Alkaline Media. *Journal Of Electroanalytical Chemistry*, 805(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2017.10.014>
- Riyanto, A., Sembiring, S., Megawati, M., Mabarroh, N., Junaidi, J., & Ginting, E. (2019). Analisis Transisi Fasa dan Sifat Dielektrik Pada Li₂CoSiO₄ Yang Dipreparasi Dari Silika Sekam Padi Dan Produk Daur Ulang Katoda Baterai Ion Litium Bekas. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 15(1), 89–103. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.1.24622.89-103>
- Rusdiana, I. A., Hambali, E., & Rahayuningsih, M. (2018). Pengaruh Sonikasi Terhadap Sifat Fisik Formula Herbisida Yang Ditambahkan Surfaktan Dietanolamida Penelitian Ini Menggunakan Formula Herbisida Berbahan Aktif Isopropilamina Glifosat Dengan Penambahan Surfaktan Dietanolamida Dari Metil Ester Minyak Kelapa. *Agroradix*. 1(2), 34–41.
- Sa'bandi, F., Aini, S., Nizar, U. K., & Khair, M. (2021). Preparasi Karbon Aktif Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Ultrasonik Sebagai Adsorben Rhodamin B. *Chemistry Journal Of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 59–63.
- Saputra, A., Swantomo, D., Ariyanto, T., & Sulisty, H. (2019). Uranium Removal From Wastewater Using Mg(OH)₂-Impregnated Activated Carbon. *Water, Air, And Soil Pollution*, 230(9). <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4269-8>
- Sari, I. H., Maksuk, & Amin, M. (2023). Penambahan Ampas Tebu Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Fe Pada Air Sumur. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, 3(2), 61–66. <https://doi.org/10.36086/jsl.v3i2.2000>
- Sari, M. F. P., Loekitowati, P., & Mohadi, R. (2017). Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(1), 37–40. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.37>
- Sari, R. A. K., Wirawan, T., & Sitorus, S. (2024). Adsorpsi Zat Warna Dari Air Limbah Industri Dengan Menggunakan Adsorben Dari Arang Aktif Serbuk Kulit Buah Lai (Durio Kutejensis (Hassk.) Becc.). *Jurnal Atomik*, 9(1), 1–8.

- Setiawan, A. A., Eddy, S., Rangga, & Midia, K. R. (2022). Potensi Limbah Biomassa Sebagai Bioadsorben Dalam Menanggulangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 1(1), 29–38.
- Setyorini, D., Arninda, A., Syafaatullah, A. Q., & Panjaitan, R. (2023). Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich Dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 20(3), 149. <https://doi.org/10.31315/E.V20i3.10835>
- Siswanti, S., Putri, Y., & Oktafiana, A. H. (2024). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben Dari Mahkota Buah Nanas. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 9. <https://doi.org/10.31315/E.V21i1.10669>
- Suharyanto, S., & Prima, D. A. N. (2020). Penetapan Kadar Flavonoid Total Pada Juice Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L.*) Yang Berpotensi Sebagai Hepatoprotektor Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Cendekia Journal Of Pharmacy*, 4(2), 110–119. <https://doi.org/10.31596/Cjp.V4i2.89>
- Sulaiman, A., Silalahi, I. H., Shofiyani, A., Widiyantoro, A., & Harlia, H. (2022). Energi Celah-Pita Material TiO_2 /Kompleks Logam-Klorofil ($\text{M}=\text{Zn}^{2+}$, Co^{2+}) Dari Daun Singkong (*Manihot Esculenta Crant*) (Bandgap Energy Of Material Of TiO_2 /Metal-Chlorophyll Complex ($\text{M}=\text{Zn}^{2+}$, Co^{2+}) From Cassava Leaves (*Manihot Esculenta Crant*)). *Indonesian Journal Of Pure And Applied Chemistry*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.26418/Indonesian.V5i1.49364>
- Sulistyowati, N., Sriyanti, & Darmawan, A. (2018). Effect Of Acid On Natural Zeolite Dealumination On Indigo Carmine Adsorption Capability. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(2), 102–106.
- Tasanif, R., Isa, I., & Kunusa, W. R. (2020). Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd, Cu Dan Cr. *Jambura Journal Of Chemistry*, 2(1), 35–45. <https://doi.org/10.34312/Jambchem.V2i1.2608>
- Tehrani, A. D., Tahriri, F., Najafabadi, A. K., & Arefizadeh, K. (2024). Preparation Of New Green Poly (Amino Amide) Based On Cellulose Nanoparticles For Adsorption Of Congo Red And Its Adaptive Neuro-Fuzzy Modeling. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 281(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.Ijbiomac.2024.136287>
- Tran, T. H., Le, A. H., Pham, T. H., Nguyen, D. T., Chang, S. W., Chung, W. J., & Nguyen, D. D. (2020). Adsorption Isotherms And Kinetic Modeling Of Methylene Blue Dye Onto A Carbonaceous Hydrochar Adsorbent Derived From Coffee Husk Waste. *Science Of The Total Environment*, 725(1), 138325. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2020.138325>
- Tu, W., Liu, Y., Xie, Z., Chen, M., Ma, L., Du, G., & Zhu, M. (2021). A Novel Activation-Hydrochar Via Hydrothermal Carbonization And Koh Activation Of Sewage Sludge And Coconut Shell For Biomass Wastes: Preparation, Characterization And Adsorption Properties. *Journal Of Colloid And Interface Science*, 593(1), 390–407. <https://doi.org/10.1016/J.Jcis.2021.02.133>

- Utami, M. R., Riyani, K., & Setyaningtyas, T. (2024). Pengaruh Perlit Sebagai Adsorben Pada Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru. *Chimica Et Natura Acta*, 12(2), 91–97. [Http://Jurnal.Unpad.Ac.Id/Jcena](http://Jurnal.Unpad.Ac.Id/Jcena)
- Utomo, W. P., Santoso, E., Yuhaneka, G., Triantini, A. I., Fatqi, M. R., Huda, M. F., & Nurfitri, N. (2019). Studi Adsorpsi Zat Warna Naphthol Yellow S Pada Limbah Cair Menggunakan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu. *Jurnal Kimia*, 13(1), 104. <https://doi.org/10.24843/Jchem.2019.V13.I01.P16>
- Verayana, Paputungan, M., & Iyabu, H. (2018). Effect Of Hcl And H₃po₄ Activators On The Characteristics (Pore Morphology) Of Activated Coconut Shell Charcoal And Adsorption Tests On Lead (Pb) Metal. *Jurnal Entropi*, 13(1), 67–75.
- Vignesh, V., & Shanmugam, G. (2023). Removal And Recovery Of Hazardous Congo Red From Aqueous Environment By Selective Natural Amino Acids In Simple Processes. *Process Biochemistry*, 127(1), 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2023.02.009>
- Villabona-Ortíz, Á., Figueroa-Lopez, K. J., & Ortega-Toro, R. (2022). Kinetics And Adsorption Equilibrium In The Removal Of Azo-Anionic Dyes By Modified Cellulose. *Sustainability*, 14(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su14063640>
- Wanta, K. C., Putra, F. D., Susanti, R. F., Gemilar, G. P., Astuti, W., Virdhian, S., & Petrus, H. T. B. M. (2019). Pengaruh Derajat Keasaman (Ph) Dalam Proses Presipitasi Hidroksida Selektif Ion Logam Dari Larutan Ekstrak Spent Catalyst. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 94–105. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.44007>
- Warastuti, Y., Abbas, B., & Suryani, N. (2017). Konversi Korala Laut Menjadi Hidroksiapatit Dengan Metode Sonikasi. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 39(2), 79–86.
- Wei, Y., Fakudze, S., Zhang, Y., Ma, R., Shang, Q., Chen, J., Liu, C., & Chu, Q. (2022). Co-Hydrothermal Carbonization Of Pomelo Peel And Pvc For Production Of Hydrochar Pellets With Enhanced Fuel Properties And Dechlorination. *Energy*, 239(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122350>
- Wirawan, T., Az, I. W., & A, N. H. (2023). Adsorption Of Methylene Blue Using Active Charcoal From Empty Fruit Bunch (Efb). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 21(1), 8–17.
- Xing, X., Alharbi, N. S., Ren, X., & Chen, C. (2022). A Comprehensive Review On Emerging Natural And Tailored Materials For Chromium-Contaminated Water Treatment And Environmental Remediation. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, 10(2), 107325. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107325>
- Yustinah, Hudzaifah, Ab, S., & Aprilia, M. (2019). Kesetimbangan Adsorpsi

Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah. *Jurnal Konversi*, 9(12), 17–28.

Yusuf, I., Flagiello, F., Ward, N. I., Arellano-García, H., Rossa, C. A., & Sotelo, M. F. (2020). ; Valorisation Of Banana Peels By Hydrothermal Carbonisation : Potential Use Of The Hydrochar And Liquid By-Product For Water Purification And Energy Conversion. *Bioresource Technology Reports*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100582>

Zulfania, F., Aribadin, Fathoni, R., & Nur, A. M. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (Zea Mays). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 27. <https://doi.org/10.30872/CMG.V3i2.3581>