

**PEMBUATAN KARBON TERAKTIVASI DARI CANGKANG
LARVA MAGGOT (CLM) SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ZAT
WARNA *METHYLEN BLUE* DAN *CONGO RED***

SKRIPSI

Oleh

Ingga Nurul Antasa

NIM : 06101382126056

Program Studi Pendidikan Kimia



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

Universitas Sriwijaya

**PEMBUATAN KARBON TERAKTIVASI DARI CANGKANG
LARVA MAGGOT (CLM) SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ZAT
WARNA METHYLEN BLUE DAN CONGO RED**

SKRIPSI

Oleh

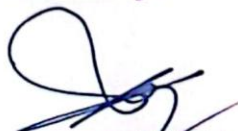
Ingga Nurul Antasa

Nim: 06101382126056

Program Studi Pendidikan Kimia

Mengesahkan

Pembimbing 1



Prof. Dr. Fakhili Gulo, M.Si
NIP. 196412091991021001

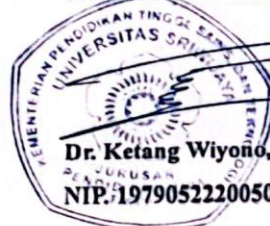
Pembimbing 2



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 dibawah ini:

Nama : Ingga Nurul Antasa

Nim : 06101382126056

Program Studi : Pendidikan Kimia

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul “ Pembuatan Karbon Teraktivasi Dari Cangkang Larva Maggot (CLM) Sebagai Adsorben Untuk Zat Warna *Methylen Blue* dan *Congo Red* ” 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, 11 Maret 2025

Yang membuat pernyataan,



Ingga Nurul Antasa

NIM. 06101382126056

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Pembuatan Karbon Teraktivasi Dari Cangkang Larva Maggot (CLM) Sebagai Adsorben Untuk Zat Warna *Methylen Blue* dan *Congo Red*” 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 GulŌ, 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, S.Pd., M.Si., 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, 11 Maret 2025

Yang membuat pernyataan,



Ingga Nurul Antasa

NIM 06101382126056

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan saya kekuatan, kemampuan, dan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan penuh rasa syukur. Saya menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya atas segala dukungan dan bantuan tersebut. Sebagai bentuk penghargaan, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Ricky Ricardo dan Ibu Rosa yang telah menjadi sumber kekuatan bagi saya, serta telah memberikan saya dukungan dan kesempatan untuk menempuh pendidikan dan menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua saudara saya, Abang Ricardo Izzy Akbar dan Adik Radit Ricardo Putra yang telah menjadi partner dalam suka dan duka, serta telah memberikan saya kekuatan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Fakhili Gulo, M.Si dan Ibu Maefa Eka Haryani, S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada saya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Diah Kartika Sari, M.Si., Selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia dan Penguji Sidang Skripsi, yang telah mempermudah urusan administrasi dalam penyelesaian tugas akhir saya.
5. Seluruh jajaran dosen Pendidikan Kimia FKIP UNSRI yang telah memberikan banyak pengalaman dan ilmu selama proses perkuliahan saya,
6. Mba Nadia Selaku Staf administrasi Program Studi Pendidikan Kimia Palembang yang telah membantu saya dalam penyelesaian administrasi.
7. Kepada Kakak pembimbing Kak Wahyu dan Kak Siska yang telah membimbing saya selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi, terimakasih atas saran serta dukungan yang telah diberikan.
8. Kepada teman seperbimbingan Putri Nurhafizah, Chintia Azzahra, Aninda Putri dan Pratama Setiawan terimakasih telah selalu menyemangati saya

serta membantu saya mulai dari dalam proses penelitian sampai dengan penyelesaian skripsi.

9. Kepada Keempat teman terbaik saya selama perkuliahan, Dea Dwi Andini, Nadila Nur Safitri, Elda Syaivira dan Meli Noyan Nur'aeni terimakasih telah berteman, mendukung dan selalu menyemangati saya dikala saya kesulitan dalam proses perkuliahan maupun penyelesaian skripsi.
10. Kepada teman saya sedari SMP Kamilatun Nadia dan Aulia Efdea yang telah mendukung serta selalu menyemangati dan mendoakan saya agar bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini.
11. Kepada seluruh teman Pendidikan Kimia Angkatan 2021, terkhusus Salsabila Sifi Erlawina terimakasih atas kebersamaan selama awal perkuliahan sampai dengan akhir perkuliahan ini.
12. Keluarga besar IRMA (Ikatan Remaja Masjid Agung) Palembang terimakasih atas doa dan semangat yang telah diberikan kepada saya.
13. Almamater Universitas Sriwijaya, atas kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk menuntut ilmu.
14. Kepada diri saya sendiri, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas ketekunan, kesabaran, dan semangat yang tak pernah pudar dalam menyelesaikan skripsi ini. Meskipun banyak hambatan, tantangan, dan perkataan yang sering membuat saya sedih dan ragu, saya berhasil melewati semua itu dan mencapai titik akhir ini. Saya bangga dengan diri saya sendiri atas pencapaian ini, dan saya percaya bahwa pengalaman ini akan menjadi fondasi yang kuat untuk kesuksesan saya di masa depan.

MOTTO

“Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik.”

(Ali bin Abi Thalib)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
PRAKATA.....	iii
PERSEMBAHAN	iv
MOTTO.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cangkang Larva Maggot (CLM).....	4
2.2 <i>Methylen Blue</i>	5
2.3 <i>Congo Red</i>	5
2.4 Aktivasi Karbon Adsorben	6
2.4.1 Aktivasi Fisik	6
2.4.2 Aktivasi Kimia	6
2.4.3 Aktivasi Berbantuan Ultrasonikasi	7
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi	7

2.5.1 pH.....	7
2.5.2 Jenis Zat Yang Diserap	7
2.5.3 Luas Permukaan Adsorpsi	8
2.5.4 Suhu	8
2.6 Karakterisasi Adsorben.....	8
2.6.1 Fourier Transform Infra Red (FTIR)	8
2.6.2 X-Ray Diffraction (XRD)	9
2.6.3 Brunauer Emmet Teller (BET).....	9
2.6.4 Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray (SEM–EDX)	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
3.2 Variabel Penelitian.....	10
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	10
3.4 Alur Penelitian	12
3.5 Tahap Penelitian	13
3.5.1 Pembuatan Karbon Aktif	13
3.5.2 Pengujian Kadar Air.....	14
3.5.3 Pengujian Kadar Abu	14
3.5.4 Preparasi <i>Methylen Blue</i>	14
3.5.5 Preparasi <i>Congo Red</i>	14
3.5.6 Proses Aktivasi dengan KOH	14
3.5.7 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi	15
3.5.8 Proses Kinetika Adsorpsi	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16

4.1 Karakterisasi	16
4.1.1 Karakteristik Berdasarkan Uji FTIR.....	16
4.1.2 Karakteristik Berdasarkan Uji XRD	20
4.1.3 Karakteristik Berdasarkan Uji BET	21
4.1.4 Karakteristik Berdasarkan Uji SEM – EDX	22
4.2 Hasil Aktivasi Fisika	24
4.2.1 Kadar Air.....	25
4.2.2 Kadar Abu	27
4.2.3 <i>Yield (%)</i>	28
4.3 Efisiensi Penyisihan	29
4.3.1 <i>Methylen Blue</i>	30
4.3.2 <i>Congo Red</i>	32
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan.....	34
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cangkang Larva Maggot.....	4
Gambar 2. Struktur Methylen Blue.....	5
Gambar 3. Struktur Congo Red.....	5
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif.....	13
Gambar 6. Hasil Uji FTIR pada pengaruh suhu preparasi CLM	16
Gambar 7. Hasil Uji Before - After FTIR	18
Gambar 8. Hasil Uji XRD	20
Gambar 9. SEM (i) 1000x, (ii) 3000x, (iii) 5000x dan (iv) 7000x	23
Gambar 10. Maggot 300 – 800 °C	25
Gambar 11. Grafik CLM KOH Suhu 300 – 800 °C dengan Methylen Blue	30
Gambar 12. Grafik CLM KOH Konsentrasi (a) 0,5 dan (b) 1 dengan <i>Methylen Blue</i>	31
Gambar 13. Grafik CLM Suhu 300 – 800 °C dengan Congo Red.....	32
Gambar 14. Grafik CLM KOH Konsentrasi (a) 0,5 dan (b) 1 dengan Congo Red	33

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Uji BET CLM dengan Karbon lain	21
Tabel 2. Hasil Karakterisasi EDX	24
Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air	25
Tabel 4. Hasil Uji Kadar Abu	27
Tabel 5. Yield %	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Pembimbing.....	42
Lampiran 2. Surat Permohonan Izin Penggunaan Laboratorium.....	44
Lampiran 3. Surat Izin Penggunaan Laboratorium	45
Lampiran 4. Surat Bebas Pustaka.....	46
Lampiran 5. Surat Bebas Laboratorium	48
Lampiran 6. Dokumentasi Cangkang Larva Maggot (CLM).....	49
Lampiran 7. Uji Karakterisasi FTIR	50
Lampiran 8. Uji Karakterisasi XRD.....	52
Lampiran 9. Uji Karakterisasi BET	54
Lampiran 10. Uji Karakterisasi SEM - EDX	59
Lampiran 11. Perhitungan Uji Kadar Air	62
Lampiran 12. Perhitungan Uji Kadar Abu	63
Lampiran 13. Bukti Similarity	64

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan menguji kemampuan karbon aktif cangkang larva maggot (CLM) sebagai adsorben untuk penyerapan methylen blue (MB) dan congo red (CR). Karbon aktif CLM dibuat melalui proses karbonisasi pada suhu 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Karakterisasi CLM dilakukan menggunakan metode FTIR, XRD, BET, dan SEM-EDX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CLM memiliki struktur kristal yang teratur dan stabil, dengan luas permukaan yang cukup besar. Pengujian adsorpsi MB dan CR menunjukkan bahwa CLM memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi dengan efisiensi adsorpsi sebesar 25% untuk MB dan 60% untuk CR, yang dapat ditingkatkan lebih lanjut melalui aktivasi kimia dengan KOH. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa CLM dapat dijadikan sebagai alternatif bahan adsorben yang ramah lingkungan dan efektif untuk menghilangkan polutan dari limbah cair.

Kata Kunci: CLM, *Methylen Blue*, *Congo Red*, Karbon Aktif, Adsorben

ABSTRACT

This study aims to characterize and test the ability of maggot larvae shell (CLM) activated carbon as an adsorbent for the absorption of methylen blue (MB) and congo red (CR). CLM activated carbon was made through carbonization process at 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C and 800°C. Characterization of CLM was carried out using FTIR, XRD, BET, and SEM-EDX methods. The results showed that CLM has a regular and stable crystal structure, with a large enough surface area. Adsorption testing of MB and CR showed that CLM has a high adsorption ability with an adsorption efficiency of 25% for MB and 60% for CR, which can be further improved through chemical activation with KOH. The results of this study indicate that CLM can be used as an alternative adsorbent material that is environmentally friendly and effective for removing pollutants from wastewater.

Keywords: CLM, *Methylen Blue*, *Congo Red*, *Activated Carbon*, *Adsorbent*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Globalisasi telah meningkatkan popularitas produk tekstil serta mempercepat perkembangan industri tekstil global, di mana sebagian besar menggunakan pewarna sintetis (Haryono *et al.*, 2018). Di Indonesia, industri tekstil menunjukkan dinamika yang signifikan. Pada kuartal II 2024, sektor ini mengalami kontraksi 2,63% secara kuartalan dan 0,03% secara tahunan, meski pada triwulan I 2024 mencatatkan pertumbuhan positif. Pada tahun 2022, ekspor tekstil Indonesia turun menjadi 1,19 juta ton (Januari–September), sementara jumlah perusahaan tekstil mencapai 2.027 unit, terdiri dari 1.320 perusahaan skala menengah dan 707 perusahaan skala besar. Selain itu, penggunaan pewarna sintetis seperti *methylen blue* (MB) dan *congo red* (CR) yang umum digunakan dalam industri tekstil, berpotensi menghasilkan limbah berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Pewarna ini dalam konsentrasi tinggi, dapat menurunkan kualitas udara serta mengganggu ekosistem. Toksisitas bahan kimia ini dapat mempengaruhi berbagai makhluk hidup, tidak hanya ikan, tetapi juga organisme akuatik lainnya, serta hewan dan tumbuhan yang bergantung pada ekosistem tersebut. Dampaknya dapat berupa gangguan metabolisme, penurunan kualitas habitat, dan bahkan kematian pada berbagai spesies, yang mengancam keseimbangan secara keseluruhan (Irawati *et al.*, 2022).

Berbagai metode telah dilakukan dalam upaya menangani pencemaran limbah perairan, diantaranya adalah biologi (Muljadi *et al.*, 2005), presipitasi (Komunikasi *et al.*, 2019), fotokatalis (Setiawan *et al.*, 2022) dan elektroflotasi (Evy Ernawati & Rostika Noviyanti, 2021). Selain dari metode tersebut, salah satu metode penanganan pencemaran limbah yang efektif dan efisien untuk mengurangi kontaminan di lingkungan adalah metode adsorpsi (Fitriah & Sa'diyah, 2021). Adsorpsi adalah proses di mana molekul-molekul kontaminan di permukaan limbah terikat oleh adsorben, bahan organik yang umum digunakan dalam metode adsorpsi antara lain, kayu, tempurung kelapa, dan cangkang telur (Fitriah & Sa'diyah, 2021.)

Cangkang Larva Maggot (CLM) mengandung komponen organik seperti kitin, protein, dan lipid yang dapat berpotensi digunakan sebagai bahan adsorben alami. CLM juga dapat mengurangi dampak pencemaran dibandingkan dengan adsorben sintetis, yang beresiko mengandung bahan kimia berbahaya (Bhatnagar Amit & Mika Sillanpaa, 2010). Penggunaan CLM sebagai bahan adsorben memberikan solusi ramah lingkungan dan ekonomis untuk mengurangi polutan seperti limbah pewarna, dan bahan pencemar seperti limbah logam berat. Selain itu, adsorben dari limbah CLM ini berpotensi untuk meningkatkan kemampuan kapasitas adsorpsinya. Lebih lanjut, struktur pori yang luas dan permukaan yang besar pada CLM memungkinkan untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi, sehingga membuat CLM menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Dengan demikian, penggunaan CLM sebagai bahan karbon aktif dapat menjadi solusi yang inovatif dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah lingkungan (Yulia Akhsanti & Ariadi Lusiana, 2010). Oleh karena itu, penelitian mengenai adsorben dari cangkang larva maggot perlu dilakukan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Penjelasan diatas, maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif CLM?
2. Bagaimana pengaruh suhu dan waktu terhadap karakteristik karbon dari limbah CLM?
3. Berapa kapasitas karbon aktif dalam penyisihan *methylene blue* dan *congo red*?
4. Bagaimana pengaruh aktivasi KOH karbon CLM terhadap kapasitas adsorpsinya?

I.3 Tujuan

Berdasarkan dengan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan.

1. Untuk mengetahui karakteristik karbon Aktif CLM

2. Mengetahui pengaruh suhu dan waktu terhadap karakteristik karbon dari limbah CLM
3. Mengetahui kapasitas karbon aktif dalam penyisihan *methylene blue* dan *congo red*.
4. Mengetahui peningkatan kapasitas karbon aktif dengan aktivasi KOH.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini, diharapkan untuk memberikan kontribusi sebagai berikut.

1. Bagi Peneliti, Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi untuk penelitian dengan metode adsorpsi.
2. Bagi Mahasiswa, Penelitian ini dapat menjadi landasan pembelajaran dalam rangka memahami proses kimiawi dan fisik yang ada dalam adsorpsi.
3. Bagi Masyarakat, Penelitian ini memberikan solusi alternatif yang tidak berbahaya bagi lingkungan dalam hal polusi udara di industri tekstil, terutama dalam pencemaran yang disebabkan oleh zat warna *methylene blue* dan *congo red*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfi, R., Lubis, F., Nasution, H. I., & Zubir, M. (2020). Production of activated carbon from natural sources for water purification.
- Ayu, G., Saraswati, A., Diantariani, N. P., & Suarya, D. P. (2015). Fotodegradasi zat warna tekstil congo red dengan fotokatalis Zn O-arang aktif dan sinar ultraviolet (UV).
- Bhatnagar Amit, & Mika Sillanpaa. (2010). Utilization of agro-Industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water Treatment - A review. *Chemical Engineering Journal*, 157, 277–296.
- Dewa, I., Subamia, P., Widiasih, N., Ayu, G., Wahyuni, N. S., Lilik, P., Kristiyanti, P., Biologi, J., Kelautan, P., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2023). Optimasi kinerja alat fourier transform infrared (FTIR) melalui studi perbandingan komposisi dan ketebalan sampel-KBr. In *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan* (Vol. 5, Issue 2).
- Eko Rustanto, M., Yudita, Y., Ilcham, A., Teknik Kimia UPN, J., & Jl Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta, Y. (2022). Jurnal rekayasa, Teknologi proses dan sains kimia manufacture of capacitors from activated carbon from used batteries, chicken bones and banana skins. *REPROKIMIA*, 2.
- Evy Ernawati, E., & Rostika Noviyanti, A. (2021). Kinerja metode elektroflotasi pada pengolahan air limbah pewarna tekstil dispersi. In *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* (Vol. 05, Issue 02).
- Fahmi Abdul Jabbar, M., Rahmawati, R., & Prasdianto, R. (2020). Seminar nasional pengabdian masyarakat LP UMJ lalat tentara hitam (black soldier fly) sebagai pengurai sampah organik (black soldier fly as an organic waste decomposer).
- Farina Nury, D., Jesika Adelia, P., Ningrum, A., Luthfi, M. Z., Ryacudu, J. T., Huwi, W., Selatan, L., Program, B., Kimia, S. T., Nabati, B., Ati, P., Jalan, P., Pasang,

- B., & Barat, S. (2023). Aplikasi ekstrak pupa black soldier fly (BSF) sebagai sumber produksi kittin. In *JTKM* (Vol. 2, Issue 2).
- Febriyanto, P., Wisnu Satria, A., & Devianto, H. (2019). Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif berbahan baku limbah kulit durian sebagai elektroda superkapasitor. In *Jurnal Integrasi Proses* (Vol. 8, Issue 1). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Fitriah, D., & Sa'diyah, K. (2021). Adsorpsi logam nikel menggunakan adsorben serbuk gergaji kayu. 170–178. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Haryono, M., Faizal, D., Liamita, C., & Rostika, A. (2018). Pengolahan limbah zat warna tekstil terdispersi dengan metode elektroflotasi. 3(1).
- Hidayu, A. R., Mohamad, N. F., Matali, S., & Sharifah, A. S. A. K. (2013). Characterization of activated carbon prepared from oil palm empty fruit bunch using BET and FT-IR techniques. *Procedia Engineering*, 68, 379–384. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.195>
- Irawati, W., Timotius, V. A. C., Adhiwijaya, R. P., & Marvella, E. B. (2022). Karakterisasi resistensi dan dekolonisasi berbagai pewarna oleh bakteri indigen indonesia escherichia coli strain CN5. *Jurnal Biologi Papua*, 14(2), 109–117. <https://doi.org/10.31957/jbp.2202>
- Januariawan, W., Wayan, I., Suyasa, B., & Gunawan, G. (2019). Biodegradasi congo red menggunakan biofilm yang ditumbuhkan dengan inoculum suspensi aktif pada permukaan batu vulkanik. In *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)* (Vol. 7, Issue 1).
- Komunikasi, M., Pengembangan, D., Lingkungan, T., Utami, A., Nugroho, N. E., Febriyanti, S. V., Anom, T. N., & Muhaimin, A. (2019). Jurnal Presipitasi Evaluasi Air Buangan Domestik Sebagai Dasar Perancangan Rehabilitasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Komunal Kampung Kandang, Desa Condongcatur, Yogyakarta. 16(3), 172–179.

- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 70). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- Minah Faidliyah Nilna, Septani Cindy Mutiara, & Hudha M Istnaeny. (2023). Porositas biochar tempurung kelapa. *Seminar Nasional*, 106–111.
- Muhammad Ali zulfikar, Dahyu Maulina, Muhammad Nasir, Nurrahmi Handayani, & Marisa Handajani. (2020). Removal of methylen blue from aqueous solution using poly 9acrylic acid)/SiO₂ Composite nanofibers. *Environmental Nanotechnology Monitoring & Management*, 14.
- Muljadi, W., Agung, W., Triyoko, S., Wicaksono, E., Kurniawan, J., Rudi, W., & Sriyono, A. (2005). Penurunan kadar bod limbah cair secara proses biologi dengan tipe rotating biological contactors (RBCs). (Vol. 4, Issue 2). www.yahoo.com
- Muryanto, M., & Siahaan, F. (2021). Adsorption of congo red dye using kenaf core. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* (Vol. 5, Issue 2).
- Muttaqin, R., Sakti, W., Prayitno, W., Nurbaiti, U., Semarang, K., 50229, K. :, Fisika, K. J., D7, G., Sekaran, K. U., & Gunungpati, K. (2023). Pengembangan buku panduan teknik karakterisasi material: X-ray Diffractometer (XRD) panalytical Xpert3 Powder. In *JOURNAL OF LABORATORY ISSN* (Vol. 6, Issue 1). Online.
- Neolaka, Y. A. B. (2020). Studi optimasi pH dan massa adsorpsi ion logam pb (II) dari sampel air menggunakan karbon aktif dari kayu kesambi (*Schleccera oleosa*). Prosiding webinar nasional Pendidikan dan sains kimia 3.
- Prihartini, E. (2022). Financial analysis of business feasibility and maggot Black Souldier Fly cultivation development strategy. *Journal of Economics, Finance And Management Studies*, 05(01). <https://doi.org/10.47191/jefms/v5-i1-03>

- Ramadhani, L. F., Nurjannah, I. M., Yulistiani, R., & Saputro, E. A. (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. In *Jurnal Teknik Kimia* (Vol. 26, Issue 2).
- Sahdiah, H., & Kurniawan, R. (2023). Optimasi tegangan akselerasi pada Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk pengamatan morfologi sampel biologi. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 6(2), 117–123. <https://doi.org/10.24246/juses.v6i2p117-123>
- Sahraeni, S., Syahrir, I., Bagus, D., Jurusan, M., Kimia, T., & Samarinda, P. N. (2019). Prosiding seminar nasional penelitian & pengabdian kepada masyarakat.
- Setiawan, A., Mahfudz, L. I. L., Ramadani, T. A., Muthi'ah, S., Nizam, M. A., & Dermawan, D. (2022). Efektifitas penyisihan fosfat pada air limbah menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan fotokatalis dengan kaolin-TiO₂. *Metana* 18(2), 105–113. <https://doi.org/10.14710/metana.v18i2.49639>
- Setya Wardhana, B., Ardelia Musnamar, A., & Esti Rahayu, D. (2024). Pengolahan air limbah industri: pendekatan metode adsorpsi dalam perspektif islam berkemajuan.
- Shi, M. yu, Li, A., Ji, T. hao, Jv, D. jian, & Xu, Z. mi. (2025). Color change mechanism and application of oxidized carbon dots/I₂O₄ composite (OCDs/I₂O₄) in alcoholic beverages. *Carbon Trends*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.cartre.2024.100440>
- Suprpto, S., Wahyuningtyas, A., Madurani, K. A., & Ni'mah, Y. L. (2025). Predicting ash content and water content in coal using full infrared spectra and machine learning models. *South African Journal of Chemical Engineering*, 51, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2024.11.006>
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., & Sukarjo, D. (2018). Indonesian journal of chemical science adsorpsi logam Cr (VI) dan Cu (II) pada tanah dan

- pengaruh penambahan pupuk organik. In *J. Chem. Sci* (Vol. 7, Issue 3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Wirawan, W., Leanon, R., & Masyithah, Z. (2015). Pengaruh suhu adsorpsi dan jumlah penambahan karbon aktif terhadap kecerahan surfaktan decyl poliglikosida dari d – glukosa dan dekanol. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 4, Issue 3).
- Wulandari, D. D., Koesnarpadi, S., & Hindryawati, N. (2024). Adsorption of Methylene Blue using Composite Fe₃O₄-Activated Charcoal Cassava Skin (*Manihot esculenta* C.). *21*(2), 103–115. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM>
- Yulia Akhsanti, R., & Ariadi Lusiana, R. (2010). Pemanfaatan karbon aktif serbuk gergaji kayu jati untuk menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) limbah cair industri tekstil. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, *13*(2), 66–70. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>
- Zhang, B., Ye, X., Wang, J., Zhang, Y., & Zhang, Z. (2024). Surface patterning for multi-scale strain analysis of in-situ SEM mechanical experiments. *Journal of Materials Research and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.11.188>
- Zulichatun, S., Ella Kusumastuti Jurusan Kimia, dan, & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2018). Pembuatan karbon aktif ampas tahu dan aplikasinya sebagai adsorben zat warna crystal violet dan congo red. In *J. Chem. Sci* (Vol. 7, Issue 3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>