

Pengembangan Desain Filter Emisi Karbon Monoksida Berbasis Karbon Aktif Berbahan Ampas Kopi (*Coffea arabica* L.) dan Kulit Durian (*Durio zibethinus* L.)

Alya Rahadatul 'Aisy¹, Azza Ridha Hastuti², Anggitalina Pramilia Dewi³, Susanti Rahayu⁴

^{1,2,3,4}SMA Trensains Muhammadiyah Sragen

*Corresponding author, e-mail: alya.rahadatul@siswa.trensains.sch.id

Diserahkan: 15 Februari 2025; Direvisi: 29 Agustus 2025; Diterima: 30 Agustus 2025

Abstract

Indonesia is experiencing significant economic growth, driven by increased productivity in the industrial and transportation sectors. However, this has an impact on air pollution, carbon monoxide exhaust gas produced from industrial and transportation processes has the potential to reduce air quality. Coffee grounds and durian peels are food waste that are high in carbon content, reaching 43-50%. This increases the potential of utilizing these two materials as raw materials for making activated carbon. Activated carbon is an adsorbent that is designated to absorb organic and inorganic impurities. The purpose of this study was to determine the effect of adding a layer of activated carbon adsorbent made from durian peel on the effectiveness of carbon monoxide emission absorption. This research was conducted with a comparative method and qualitative descriptive techniques were used to explain the process of making filters and testing the water content, ash content and carbon monoxide absorption. Data collection was done through field observations and literature review. The results showed that the manufacture of carbon emission filters with the addition of activated carbon adsorbent made from durian skin proved to be able to increase the effectiveness of carbon monoxide absorption from 53.3% to 75.4%, with a moisture content of 3.9% and ash content of 7.7%. Thus, the addition of activated carbon adsorbent made from durian peel proved to have a significant effect on increasing the effectiveness of carbon monoxide absorption.

Keywords: Adsorben, Carbon, Emmissions, Exhaust gas

Abstrak

Indonesia mengalami pertumbuhan perekonomian yang signifikan, yang didorong oleh peningkatan produktivitas sektor industri dan transportasi. Namun, hal ini berdampak pada pencemaran udara, gas buangan karbon monoksida yang dihasilkan dari proses industri dan transportasi berpotensi menurunkan kualitas udara. Ampas kopi dan kulit durian merupakan salah satu limbah sisa pangan yang tinggi kandungan karbon yang mencapai 43-50%. Hal ini meningkatkan potensi pemanfaatan kedua material tersebut sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Karbon aktif merupakan adsorben yang ditunjukkan untuk menyerap zat pengotor organik maupun anorganik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan lapisan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian terhadap efektivitas penyerapan emisi karbon monoksida. Penelitian ini dilakukan dengan metode komparatif dan teknik deskriptif kualitatif digunakan untuk menjelaskan proses pembuatan filter serta pengujian terhadap kadar air, kadar abu dan penyerapan karbon monoksida. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dan kajian pustaka. Hasil penelitian menunjukan bahwa pembuatan filter emisi karbon dengan penambahan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian terbukti mampu meningkatkan efektivitas penyerapan karbon monoksida yang semula diangka 53,3% menjadi 75,4%, dengan kadar air 3,9% dan kadar abu 7,7%. Dengan demikian, penambahan

adsorben karbon aktif berbahan kulit durian terbukti berpengaruh signifikan terhadap peningkatan performa penyerapan karbon monoksida.

Kata Kunci: Adsorben, Emisi, Gas Buangan, Karbon

PENDAHULUAN

Indonesia mengalami perkembangan perekonomian yang pesat dalam beberapa dekade terakhir, hal ini sebanding dengan meningkatnya pendapatan negara secara signifikan. Salah satu sektor yang menjadi pilar utama dalam upaya mendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia ialah sektor industri. Sektor ini telah menunjukkan pertumbuhan yang kuat, didukung berbagai kebijakan pemerintah yang mendukung industrialisasi, serta kemitraan strategis dengan investor domestik dan asing. Dengan semakin berkembangnya sektor industri, Indonesia tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan pasar domestik tetapi juga memperluas jangkauan ekspornya ke pasar internasional (Isnati, 2024). Perkembangan sektor industri ini juga mempengaruhi berbagai sektor lainnya, termasuk sektor transportasi. Hal ini terjadi seiring dengan meningkatnya aktivitas perekonomian di Indonesia, sehingga kebutuhan akan sistem transportasi yang efisien dan terintegrasi juga mengalami peningkatan.

Pesatnya pertumbuhan ekonomi di Indonesia memberikan berbagai dampak positif, berupa peningkatan kesejahteraan, penciptaan lapangan kerja, dan pembangunan infrastruktur. Namun, pertumbuhan ini juga menghadirkan tantangan besar, terutama dalam hal kelestarian lingkungan. Sektor industri dan transportasi yang berperan besar dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nyatanya juga memberikan kontribusi besar terhadap emisi karbon dan pencemaran udara. Pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan energi dalam proses industri, serta pembakaran bahan fosil pada kendaraan bermotor, menghasilkan gas buangan berupa karbon monoksida (Asri, 2022). Karbon monoksida merupakan gas beracun tidak berwarna yang terbentuk dari sisa pembakaran tidak sempurna dari zat-zat yang mengandung karbon. Karbon monoksida tergolong gas buangan yang sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan, ketika terhirup karbon monoksida dapat mengikat hemoglobin dalam darah, sehingga mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen ke sel-sel tubuh.

Dalam Al-Quran Allah telah menyebutkan mengenai keberadaan angin yang membawa api, dalam konteks ini dapat diartikan sebagai udara yang tercemar oleh kontaminan atau gas yang bersifat merugikan salah satunya ialah pencemaran emisi karbon monoksida, sesuai dengan firman Allah dalam surat Al-Baqarah ayat 266:

فَأَصَابَهَا إِعْصَارٌ فِيهِ نَارٌ فَاحْتَرَقَتْ ۚ كَذَلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ لَكُمْ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ تَتَفَكَّرُونَ

“Lalu, kebun itu ditiup angin kencang yang mengandung api sehingga terbakar, demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepadamu agar kamu memikirkannya”.

Dalam ayat tersebut Allah telah menjelaskan lebih mendalam mengenai dampak negatif dari pencemaran udara, salah satunya akibat dari pencemaran karbon monoksida yang dapat mengganggu proses pertumbuhan tanaman karena terhambatnya proses fotosintesis.

Ampas kopi (*Coffea arabica* L.) merupakan limbah padat sisa proses penyeduhan yang tidak ikut dalam penyajian minuman kopi. Dengan kata lain ampas kopi merupakan produk dari hasil pengolahan kopi yang kurang atau bahkan tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap pengelolaan limbah dan keberlanjutan lingkungan semakin meningkat. Dalam hal ini, ampas kopi menjadi salah satu bahan yang menarik untuk diteliti dan dimanfaatkan lebih lanjut. Ampas kopi memiliki potensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Hal tersebut didukung oleh tinggi kandungan karbon yang dimiliki ampas kopi yang mencapai 47,8–58,9%. Selain itu, ampas kopi juga kaya akan kandungan selulosa yang mencapai 21% (Febrianti, 2023).

Disisi lain, terdapat kulit durian (*Durio zibethius L.*), yang merupakan bagian terluar dari buah durian, dikenal karena baunya yang kuat dan aromanya yang khas. Kulit durian memiliki struktur yang kokoh dan berduri, selain itu kulit durian juga memiliki kandungan tanin yang menjadi pembeda dari jenis limbah organik lainnya (Satri, 2020). Kandungan tanin inilah yang membuat kulit durian sulit terurai secara alami, menjadikannya sebagai limbah yang sulit untuk diolah kembali. Kebanyakan masyarakat enggan untuk mulai memanfaatkan kulit durian karena mengalami kesulitan dalam proses pengolahannya. Namun, penelitian dan inovasi terbaru menunjukkan bahwa kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Didukung oleh tingginya kandungan karbon dan selulosa pada kulit durian mencapai 50-60% (Ruspita, 2024). Selain itu, kulit durian juga kaya akan kandungan lignin mencapai 15-30%, hal ini mampu meningkatkan potensi pemanfaatan kulit durian sebagai produk yang lebih berguna.

Tingginya kandungan karbon yang dimiliki ampas kopi dan kulit durian menjadikan keduanya berpotensi tinggi mampu dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif yang berfungsi mengurangi pencemaran karbon monoksida. Karbon aktif merupakan suatu adsorben yang cukup baik untuk menyerap zat pengotor organik maupun anorganik yang terdapat pada udara yang telah tercemar (Asyiqin, 2023). Dalam proses penyerapannya, karbon aktif bekerja dengan mekanisme adsorpsi, hal ini berarti molekul-molekul karbon monoksida di udara terserap dalam permukaan pori-pori karbon aktif. Oleh karena itu karbon aktif dijadikan sebagai pilihan yang baik untuk digunakan dalam sistem filtrasi dan penyaringan udara guna mengurangi konsentrasi karbon monoksida.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, peneliti memilih menggunakan ampas kopi sebagai material organik dalam pembuatan karbon aktif (Kirani, 2023). Namun menilai keefektifan kulit durian yang kaya akan kandungan karbon mencapai 43%, serta kandungan selulosa mencapai 50-60%, besar kemungkinan kulit durian efektif dijadikan material dalam pembuatan karbon aktif. Hal tersebut didukung penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang memilih kulit durian sebagai material dalam pembuatan karbon aktif (Lestari, 2022). Latar belakang ini dapat dijadikan sebagai dasar hipotesis awal dalam pengembangan inovasi desain filter emisi karbon monoksida berbasis karbon aktif. Inovasi tersebut dilakukan dengan menambah lapisan penyerap karbon monoksida menggunakan dua lapisan adsorben yang berasal dari pemanfaatan ampas kopi dan kulit durian. Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui keefektifan penambahan karbon aktif berbahan kulit durian sebagai adsorben pada lapis kedua dalam penyerapan emisi karbon monoksida.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Oktober sampai November 2024 di Laboratorium Kimia, SMA Trensains Muhammadiyah Sragen. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Metode penelitian yang digunakan adalah komparatif, yakni penelitian yang membandingkan keberadaan satu atau lebih variabel pada dua atau lebih sampel yang berbeda. Fokus uraian ialah membandingkan keefektifan filter emisi karbon dengan satu lapis adsorben dan filter emisi karbon yang menggunakan dua lapis adsorben. Pengumpulan data dilakukan secara observasi dan studi pustaka. Eksperimen ini yang dilakukan untuk mengetahui efektivitas produk dan studi literatur dilakukan untuk menganalisis pengaruh kandungan kulit durian terhadap tingkat keefektifan filter dalam penyerapan emisi karbon monoksida. Indikator efektifitas produk meliputi 1) Uji kadar air 2) Uji kadar abu 3) Uji penyerapan karbon monoksida.

Beberapa alat dan bahan yang dipakai dalam pembuatan filter emisi karbon monoksida berbasis karbon aktif berbahan ampas kopi dan kulit durian tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

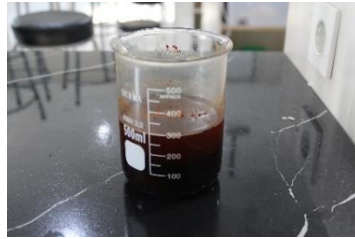
No	Alat dan Bahan	Keterangan
1.	Oven	1 Set
2.	Timbangan Digital	1 Set
3.	Penyaring	1 set
4.	Gelas Beker	3 Set
5.	Pipa Besi	2 Set
6.	Cawan Porselen	2 Set
7.	Ampas Kopi	0,3 Kg
8.	Kulit Durian	0,2 Kg
9.	Tepung Tapioka	0,05 Kg
10.	Air	0,03 L
11.	HNO ₃ 1M	0,4 L

Proses pembuatan filter emisi karbon monoksida berbasis karbon aktif berbahan ampas kopi dan kulit durian adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Haluskan dan keringkan limbah ampas kopi diudara terbuka.
3. Setelah kering, oven ampas kopi selama 3 jam pada suhu 200°C.
4. Ayak ampas kopi dalam pengayak ukuran 40 mesh.
5. Rendam 100 gram ampas kopi dalam 200 ml larutan HNO₃ 1M selama 24 jam.

**Gambar 1.** Pengabuan Ampas Kopi**Gambar 2.** Pengeringan Kulit Durian

6. Oven abu ampas kopi yang telah dipreparasi dengan bahan kimia pengaktif pada suhu 110°C selama 1 jam (Gambar 1).
7. Padatkan endapan yang dihasilkan dengan menambahkan tepung tapioka dan air.
8. Ambil bagian dalam kulit durian dan bersihkan.
9. Haluskan kulit durian dan keringkan dibawah sinar matahari selama 2-3 hari.
10. Haluskan kulit durian, kemudian oven selama 3 jam pada suhu 200°C (Gambar 2).
11. Ayak kulit durian dengan pengayak ukuran 40 mesh.
12. Rendam 100 gram abu kulit durian dalam bahan 200 ml larutan HNO₃ 1M selama 24 jam (Gambar 3).



Gambar 3. Aktifasi Abu Kulit Durian



Gambar 4. Perakitan Filter Emisi

13. Oven abu kulit durian yang telah dipreparasi menggunakan bahan kimia pengaktif pada suhu 110°C selama 1 jam.
14. Padatkan endapan yang dihasilkan dengan menambahkan tepung tapioka dan air.
15. Rakit padatan karbon aktif dalam desain filter emisi karbon monoksida (Gambar 4).

Berikut merupakan tahapan-tahapan dalam pengujian filter emisi karbon monoksida berbasis karbon aktif berbahan ampas kopi dan kulit durian:

A. Uji Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air dari karbon aktif yang dihasilkan, menurut SNI tahun 1995, kadar air maksimal karbon aktif adalah 15% (Purnamawati, 2023). Pengujian dilakukan dengan menimbang cawan porselen kosong, kemudian timbang 10 gram sampel karbon aktif dan masukkan ke dalam cawan porselen. Panaskan cawan berisi karbon aktif di oven dengan suhu 115°C ± 5°C selama 1 jam. Setelah itu, masukkan cawan ke dalam desikator selama 15 menit, lalu timbang kembali. Lakukan proses pengeringan hingga bobot cawan berisi sampel tetap. Penghitungan dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar air} = 100\% \times \frac{W2 - W}{W1}$$

Keterangan:

W = Massa cawan kosong (gram)

$W1$ = Massa cawan dan sampel sebelum dipanaskan (gram)

$W2$ = Massa cawan dan sampel setelah dipanaskan (gram)

B. Uji Kadar Abu

Pengujian dilakukan dengan metode gravimetri untuk mengetahui kadar abu dari karbon aktif yang dihasilkan, berdasarkan SNI Nomor: 06-3730 Tahun 1995 kadar abu karbon aktif maksimal 10% (Oktaviansyah, 2024). Langkah pengujian dimulai dengan menimbang sampel karbon aktif sebanyak 10gr, kemudian sampel dibakar dalam tungku bakar selama 1 jam. Sampel yang telah dibakar kemudian didinginkan dan ditimbang kembali massa akhirnya. Penghitungan kadar abu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar abu} = (W1 - W) \times \frac{100}{W}$$

Keterangan:

W = Massa sampel sebelum pengabuan (gram)

$W1$ = Massa sampel setelah pengabuan (gram)

C. Uji Penyerapan Karbon Monoksida

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan efektifitas kedua desain filter emisi karbon monoksida. Langkah pengujian dilakukan dengan memasang kedua filter pada sumber emisi karbon monoksida, tunggu selama 20 detik, kemudian gunakan alat pendeteksi karbon disekitar sumber emisi untuk mendeteksi kadar karbon monoksida diudara, amati dan catat angka yang ditunjukan alat pendeteksi. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomos 8 tahun 2023, ambang kadar emisi karbon monoksida yang dihasilkan kendaraan bermotor yang digunakan sebagai objek pengujian filter berkisar 0,5% atau setara dengan 5.000 ppm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Uji kadar air dilakukan dengan menimbang massa sampel sebelum dan setelah pemanasan, presentase kadar air didapatkan dengan memasukkan massa sampel pada rumus yang telah tersedia. Sampel pertama menunjukkan kadar air dari karbon aktif berbahan ampas kopi dan sampel kedua menunjukkan kadar air dari karbon aktif berbahan kulit durian. Hasil pengujian kadar air ditunjukan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Air

Sampel	Kadar Air
S1	4.5%
S2	3.9%

Hasil uji kadar abu didapatkan melalui metode gravitemetri, pengujian ini dilakukan menimbang massa sampel sebelum dan sesudah perlakuan. Massa yang didapatkan kemudian dihitung dengan rumus yang tersedia agar mendapat presentase kadar abu. Sampel pertama menunjukkan kadar abu dari karbon aktif berbahan ampas kopi dan sampel kedua menunjukkan kadar abu dari karbon aktif berbahan kulit durian. Data hasil uji kadar abu ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Abu

Sampel	Kadar Abu
S1	7,7%
S2	6,8%

Hasil uji penyerapan karbon monoksida menunjukan keefektifan penambahan lapisan adsorben pada desain filter emisi karbon yang telah dibuat. Pengujian dilakukan tanpa menggunakan filter pada perlakuan pertama (Gambar 5), penggunaan filter emisi karbon monoksida dengan satu lapis adsorben pada perlakuan kedua, dan dua lapis adsorben pada perlakuan ketiga (Gambar 6). Pengujian menunjukan hasil seperti yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penyerapan Karbon Monoksida

Perlakuan	Kadar Karbon Monoksida
P1	>1000 ppm
P2	477 ppp
P3	246 ppm

**Gambar 5.** Pengujian Tanpa Filter**Gambar 6.** Pengujian Dengan Filter

PEMBAHASAN

Produksi filter emisi karbon monoksida berbasis karbon aktif berbahan ampas kopi dengan penambahan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian berpengaruh dalam peningkatan performa penyerapan karbon monoksida. Produk ini memiliki banyak keunggulan, salah satunya bagi kelestarian lingkungan karena material pembuatannya memanfaatkan limbah sisa pangan yang kemudian diolah menjadi bahan baku karbon aktif sebagai adsorben penyerap emisi karbon monoksida. Indikator efektivitas produk didasarkan pada 3 pengujian yang dilakukan, yaitu uji kadar air, uji kadar abu, dan uji penyerapan karbon monoksida.

Hasil uji kadar air menunjukkan bahwa adsorben yang dihasilkan dari karbon aktif berbahan ampas kopi memiliki kandungan air sebesar 4,5%, sedangkan karbon aktif berbahan kulit durian memiliki kandungan air sebesar 3,9%. Rendahnya kandungan air ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan selulosa pada kulit durian yang mencapai 50%, selulosa sendiri merupakan komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan yang bersifat hidrofobik. Hasil pengujian kadar abu menunjukkan bahwa presentase kadar abu dari karbon aktif berbahan kulit durian lebih rendah 0,9% jika dibanding dengan ampas kopi, meskipun begitu kedua hasil tersebut telah sesuai SNI Nomor: 06-3730 Tahun 1995.

Pengujian penyerapan karbon monoksida tanpa penggunaan filter menunjukkan nilai emisi lebih dari 1000 ppm. Namun, hasil ini tidak dapat diketahui secara spesifik karena alat deteksi yang digunakan memiliki batas maksimum pengukuran diangka 1000 ppm. Oleh karena itu, hasil yang tercatat pada pengujian tersebut dijadikan sebagai pembanding untuk menilai efektivitas penyerapan karbon monoksida pada dua perlakuan lainnya. Penambahan lapisan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian mempengaruhi peningkatan efektivitas penyerapan karbon aktif yang semula diangka 53,3% menjadi 75,4%. Peningkatan yang signifikan ini dilatar belakangi kandungan lignin dalam kulit durian. Lignin memiliki sifat pengikat yang dapat memperkuat jaringan karbon aktif serta meningkatkan kestabilan dan daya serap terhadap kontaminan (Zulaechah, 2018). Oleh karena itu, penambahan lapisan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian terbukti efektif meningkatkan kemampuan filter dalam mengurangi emisi karbon monoksida serta memperbaiki kualitas udara sekitar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan lapisan adsorben karbon aktif berbahan kulit durian berpengaruh pada peningkatan efektifitas penyerapan karbon monoksida. Hal ini dapat ditinjau melalui hasil pengujian penyerapan karbon monoksida yang telah dilakukan, filter dengan penambahan lapisan adsorben berbahan kulit durian menunjukkan peningkatan penyerapan karbon monoksida sebesar 22,1% jika dibanding filter yang hanya menggunakan satu lapis adsorben. Hal tersebut juga didukung oleh rendahnya kadar air dan abu yang dihasilkan dari karbon aktif berbahan kulit durian. Rendahnya kadar air dan abu dapat mempengaruhi aspek kinerja dan efisiensi karbon aktif. Karbon aktif dengan kadar air dan abu yang lebih rendah memiliki lebih banyak ruang pori yang tersedia untuk mengadsorpsi kontaminan, sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyerapan emisi karbon monoksida.

UCAPAN TERIMAKASIH

Allhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, hanya atas kehadiran-Nya lah penelitian ilmiah ini dapat terlaksana dengan lancar tanpa halangan suatu apapun. Kami sebagai anggota tim penelitian SMA Trensains Muhammadiyah Sragen mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan serta bimbingan dalam menyelesaikan penelitian ini. Merupakan suatu kehormatan bagi kami dapat melaksanakan penelitian integrasi ini, yang menjadi sarana untuk menggali potensi. Kami harapkan kedepannya penelitian ini dapat memberi kontribusi positif serta menjadi motivasi bagi kami untuk terus berkarya dan mengembangkan potensi di masa yang akan datang.

REFERENSI

- Asri, K. E. (2022). Emisi CO Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Dengan Tingkat Pelayanan. *Planning for Urban Region and Environment Journal(PURE)*, 35.
- Asyiqin, M. (2023). Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Kulit Durian (Durio Zibethinus Murr) Sebagai Adsorben Zat Warna. *UIN Ar Raniry Repository*, 2.
- Febrianti, M. U. (2023). The Use of Coffee Grounds as Precursor of Activated Carbon for Wastewater Treatment of Batik Industry Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian. *Jurnal Universitas Gadjah Mada*, 3.
- Isniati, A. D. (2024). Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Perkembangan Sektor Industri Mebel Dan Logam Di Kota Pasuruan. *Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*, 67.
- Kirani, M. A. (2023). Ampas Bubuk Kopi sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS dalam Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Serambi Mekkah*, 7175.
- Lestari, E. N. (2022). Preparasi Karbon Aktif Kulit Durian dengan Aktivator NaOH serta Penyerapannya terhadap Logam Berat Pb(II). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 54.
- Oktaviansyah, A. Y. (2024). Pengaruh Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Karbon Aktif Industrial Terhadap Parameter Ammonia Pada Danau Sipin. *Jurnal Online Universitas PGRI Palembang*, 137.
- Purnamawati, N. A. (2023). Uji Kualitas Sintesis Karbon Aktif dari Pelepah Aren Teraktivasi Asam Fosfat. *Journal of Research and Education Chemistry*, 120.

Ruspita, A. I. (2024). Adsorben Karbon Aktif dari Kulit Durian untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah Cair Laboratorium Sains. *Jurnal Kartika Klmia*, 26.

Satri, G. O. (2020). Skrining Fitokimia dan Penentuan Kadar Tanin Ekstrak Etanol Limbah Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus* Murray) Dengan Metode Spektrofotometri Visible. *UMN AL-WASHLIYAH 231 FAR 2020*.

Zulaechah, A. Z. (2018). Penggunaan Radiasi Gelombang Mikro untuk Sintesis Karbon Aktif dari Limbah Biomassa dan Aplikasinya dalam Pengurangan Kadar Congo Red 4BS. *Unnes Physics Journal*, 31.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/)
