

KARBON AKTIF AMPAS KOPI HOUSE BLEND TERAKTIVASI H₂SO₄ UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY

Amalia Zahra¹, Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu², Ilma Fadlilah³
^{1,2,3}Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Jurusan Rekayasa Mesin
dan Industri Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap
amaliazahraaa151@gmail.com

ABSTRACT

Direct discharge of laundry wastewater without treatment causes negative environmental impacts due to high levels of Methylene Blue Active Substances (MBAS), phosphate, and ammonia. This study aims to utilize house blend coffee ground waste as a raw material for activated carbon activated with sulfuric acid (H₂SO₄) to reduce these pollutants. Coffee grounds were pyrolyzed at 200°C for 2 hours and activated with varying H₂SO₄ concentrations of 10% (AK10), 20% (AK20), and 30% (AK30). The activated carbon was characterized according to SNI 06-3730-1995, including moisture content, ash content, iodine number, functional groups (FTIR), and total carbon content, then applied to laundry wastewater in a batch system (dose 4 g/L, 200 rpm, 60 minutes). The results show that moisture content (0.1477-0.3751%) and ash content (8.9970-9.2211%) of all samples met the SNI standard, while the iodine number (116.96-132.735 mg/g) and total carbon content (43.26-60.27% w/w) did not meet the SNI minimum thresholds (750 mg/g and 65% w/w). FTIR analysis confirmed successful surface sulfonation, indicated by a sharp S-O absorption peak after activation. In the application stage, the highest reduction effectiveness for MBAS was achieved by AK20 at 58.86% (from 30.51 to 12.55 mg/L), for phosphate by AK30 at 29.20% (from 1.736 to 1.229 mg/L, meeting the 2 mg/L quality standard), and for ammonia by AK30 at 11.79% (from 10.94 to 9.650 mg/L, meeting the 10 mg/L quality standard). An activator concentration of 20-30% proved to be the optimum range, although the MBAS parameter did not reach the discharge standard due to the high initial pollutant load. This study demonstrates that H₂SO₄-activated house blend coffee ground activated carbon has potential as an environmentally friendly adsorbent for the pretreatment of laundry wastewater, with further optimization needed in pyrolysis temperature and contact time.

Keywords: activated carbon; coffee grounds; house blend; H₂SO₄; laundry wastewater

ABSTRAK

Pembuangan limbah laundry secara langsung tanpa pengolahan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat tingginya kadar polutan Methylene Blue

Active Substances (MBAS), fosfat, dan amonia. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah ampas kopi house blend sebagai bahan baku karbon aktif teraktivasi asam sulfat (H_2SO_4) untuk menurunkan ketiga polutan tersebut. Ampas kopi dipirolisis pada suhu $200^\circ C$ selama 2 jam, kemudian diaktivasi dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 10% (AK10), 20% (AK20), dan 30% (AK30). Karbon aktif diuji karakteristiknya mengacu SNI 06-3730-1995 meliputi kadar air, kadar abu, bilangan iodin, gugus fungsi (FTIR), dan kadar total karbon, kemudian diaplikasikan pada limbah laundry melalui sistem batch (dosis 4 g/L, 200 rpm, 60 menit). Hasil penelitian menunjukkan kadar air (0,1477-0,3751%) dan kadar abu (8,9970-9,2211%) seluruh sampel memenuhi standar SNI, sedangkan bilangan iodin (116,96-132,735 mg/g) dan kadar total karbon (43,26-60,27% b/b) belum memenuhi ambang minimum SNI (750 mg/g dan 65% b/b). Analisis FTIR mengonfirmasi keberhasilan sulfonasi permukaan karbon melalui munculnya puncak serapan gugus S-O yang tajam setelah aktivasi. Pada tahap aplikasi, efektivitas penurunan tertinggi untuk MBAS dicapai oleh AK20 sebesar 58,86% (dari 30,51 menjadi 12,55 mg/L), untuk fosfat oleh AK30 sebesar 29,20% (dari 1,736 menjadi 1,229 mg/L, telah memenuhi baku mutu maksimal 2 mg/L), dan untuk amonia oleh AK30 sebesar 11,79% (dari 10,94 menjadi 9,650 mg/L, memenuhi baku mutu maksimal 10 mg/L). Konsentrasi aktivator 20-30% terbukti menjadi rentang optimum, meskipun parameter MBAS belum mencapai baku mutu akibat tingginya beban pencemar awal. Penelitian ini membuktikan bahwa karbon aktif ampas kopi house blend teraktivasi H_2SO_4 berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan awal air limbah laundry, dengan optimasi lanjutan pada suhu pirolisis dan waktu kontak.

Kata Kunci: karbon aktif; ampas kopi; house blend; H_2SO_4 ; limbah laundry

A. Pendahuluan

Air limbah laundry mengandung berbagai bahan kimia pencemar seperti fosfat, surfaktan, minyak dan lemak, Methylene Blue Active Substances (MBAS), amonia, nitrogen, padatan terlarut, kekeruhan, BOD, dan COD (Pratama et al., 2025). Di antara polutan tersebut, MBAS, fosfat, dan amonia mendominasi dengan konsentrasi yang sering berada di atas ambang batas baku

mutu, berkisar 20-150 mg/L, terutama akibat penggunaan deterjen berbasis amina dan pemutih klorin (Alala et al., 2017). MBAS merupakan indikator surfaktan anionik yang menimbulkan busa berlebih dan bioakumulasi senyawa xenobiotik, kadar fosfat yang tinggi memicu eutrofikasi perairan (Prihatin et al., 2023), sedangkan amonia bersifat toksik akut terhadap ikan (LC_{50} 0,5-2 mg/L) dan menghambat kinerja bakteri pengolah

limbah hingga 70% (Braga & Varesche, 2014).

Adsorpsi terbukti efektif menurunkan polutan yang sukar diuraikan melalui pengolahan primer dan sekunder. Mafliah et al. (2021) melaporkan bahwa karbon aktif ampas kopi teraktivasi H₂SO₄ mampu menurunkan metilen biru sebesar 26,13% dalam 120 menit. Febrianti et al. (2023) menggunakan karbon aktif ampas kopi robusta dan buah ketapang teraktivasi H₃PO₄ untuk menurunkan kadar fosfat limbah laundry sebesar 87,10%, sedangkan Alfian (2021) berhasil menurunkan kadar amonia limbah industri sebesar 99,30% melalui adsorpsi. Sementara itu, Sokolov et al. (2021) menemukan bahwa aktivasi H₂SO₄ belum efektif menurunkan amonia (hanya sekitar 30%) sehingga memerlukan variasi konsentrasi aktivator, dan Pratama (2024) melaporkan bahwa aktivasi H₂SO₄ 1,5 M pada karbon aktif sabut pinang berhasil menurunkan fosfat tetapi gagal menurunkan MBAS pada limbah laundry.

Indonesia sebagai produsen kopi terbesar keempat dunia dengan produksi 774.960 ton pada 2022 menghasilkan limbah ampas kopi dalam jumlah besar, termasuk jenis

house blend (campuran 50% arabika dan 50% robusta) yang kaya selulosa, hemiselulosa, lignin, alkaloid, dan tanin (Tiffany et al., 2025). Tanpa pengolahan, limbah ini menyumbang emisi gas rumah kaca (CH₄ dan CO₂) hingga 48% dari total emisi sektor pengolahan kopi serta berpotensi mencemari air dan tanah melalui leaching. Kandungan karbon organik dan gugus fungsional hidroksil-karboksil pada ampas kopi berpeluang dioptimalkan melalui aktivasi kimia menjadi adsorben berpori tinggi (Andamari, 2022). H₂SO₄ dipilih sebagai aktivator karena efektif mendehidrasi selulosa pada suhu 180°C, membentuk mikropori melalui reaksi sulfonasi, serta menghasilkan gugus fungsi oksigen (karboksil, karbonil, hidroksil) dan sulfonat yang meningkatkan afinitas adsorben terhadap senyawa polar (Tabacum, 2020), dengan konsumsi energi lebih rendah dibanding aktivasi fisik (Pasaribu, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis pengaruh variasi konsentrasi aktivator H₂SO₄ terhadap karakteristik fisikokimia karbon aktif ampas kopi house blend, (2)

menentukan konsentrasi terbaik aktivator dalam menurunkan MBAS, fosfat, dan amonia, serta (3) mengetahui efektivitas penurunan ketiga parameter tersebut pada konsentrasi aktivator terbaik, sebagai upaya valorisasi limbah ampas kopi menjadi adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan awal limbah laundry.

B. Metode Penelitian

Penelitian bersifat eksperimental laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. Bahan baku berupa ampas kopi house blend (50% arabika, 50% robusta) diperoleh dari coffee shop Nara Curated Compound, Cilacap, sedangkan sampel limbah laundry diambil dari Ayyu Laundry dan Salon, Cilacap.

Pembuatan dan Aktivasi Karbon

Ampas kopi house blend dipirolisis pada suhu 200°C selama 2 jam (Hadiasyah et al., 2021), kemudian hasil karbonisasi digerus dan diayak hingga ukuran 150 mesh (Billah et al., 2024). Karbon dicampur dengan H₂SO₄ pada tiga variasi konsentrasi (10%, 20%, 30%) yang

menghasilkan kode sampel AK10, AK20, dan AK30, dengan AK0 sebagai kontrol tanpa aktivasi. Campuran dipanaskan kembali pada suhu 200°C selama 60 menit (Wahyuni et al., 2025), kemudian didinginkan dan dicuci hingga pH netral.

Karakterisasi Karbon Aktif

Karakterisasi mengacu SNI 06-3730-1995 meliputi kadar air (pemanasan 115± 5°C, 3 jam), kadar abu (pembakaran 850°C, 2 jam), dan bilangan iodin melalui titrasi iodometri dengan natrium tiosulfat 0,1 N. Gugus fungsi dianalisis menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus polar seperti O-H, C=O, C-O, dan S-O (sulfonat). Kadar total karbon dianalisis untuk mengevaluasi pemenuhan standar minimum 65% b/b.

Aplikasi pada Limbah Laundry

Mengacu Tiffany et al. (2025), sebanyak 200 mL limbah laundry dicampur dengan 0,4 g karbon aktif (dosis 4 g/L) sesuai kode sampel, diaduk pada 200 rpm selama 60 menit pada suhu 28°C, kemudian disaring untuk analisis. Kadar MBAS dianalisis melalui kompleksometri metilen biru (SNI 06-6989.51-2005) pada panjang

gelombang 650-653 nm, kadar fosfat melalui spektrofotometri molybdenum blue (SNI 06-2460-1991) pada 880 nm, dan kadar amonia melalui metode Nessler (SNI 06-6989.15-2004) pada 425 nm. Baku mutu MBAS dan fosfat mengacu Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 (maksimal 3 mg/L dan 2 mg/L), sedangkan amonia mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 (maksimal 10 mg/L). Efektivitas penurunan dihitung menggunakan persamaan (%) Efektivitas = $[(C_0 - C_e)/C_0] \times 100\%$, dengan C_0 sebagai konsentrasi awal dan C_e sebagai konsentrasi akhir (mg/L). Variabel tetap penelitian meliputi massa karbon aktif (4 g), volume limbah (200 mL), kecepatan dan waktu pengadukan (200 rpm, 60 menit), serta ukuran partikel karbon (150 mesh); variabel bebas berupa konsentrasi aktivator H₂SO₄ (10%, 20%, 30%); dan variabel terikat berupa karakteristik fisikokimia karbon aktif serta penurunan kadar MBAS, fosfat, dan amonia.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Karakteristik Fisikokimia Karbon Aktif

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Ampas Kopi House Blend

Karakteristik	Satuan	AK10	AK20	AK30	Standar SNI 06-3730-1995
Kadar Air	%	0,1715	0,3751	0,1477	Maks. 15
Kadar Abu	%	9,2211	8,9970	9,0215	Maks. 10
Bilangan Iodin	mg/g	116,96	123,95	132,735	Min. 750

Sumber: Data primer hasil uji laboratorium, 2026.

Kadar air seluruh sampel (0,1477-0,3751%) dan kadar abu (8,9970-9,2211%) berada jauh di bawah ambang maksimum SNI 06-3730-1995 (15% dan 10%), yang menunjukkan efektivitas pirolisis suhu tinggi dan pengeringan awal dalam menghilangkan kandungan air, serta rendahnya kandungan mineral bawaan ampas kopi house blend (Qurniawan et al., 2025; Tabacum, 2020). Variasi konsentrasi H₂SO₄ pada rentang 10-30% tidak berpengaruh signifikan terhadap kedua parameter tersebut karena penghilangan air dan pembentukan abu lebih ditentukan oleh proses pirolisis dan pengeringan termal dibandingkan tingkat keasaman aktivator (Sibarani et al., 2022; Zhao et al., 2025).

Bilangan iodin meningkat seiring kenaikan konsentrasi aktivator, dari 116,96 mg/g (AK10) menjadi 132,735 mg/g (AK30), namun seluruh sampel belum memenuhi ambang minimum SNI sebesar 750 mg/g. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa

konsentrasi H₂SO₄ yang lebih tinggi membuka pori mikro secara lebih optimal (Tabacum, 2020), tetapi suhu dan durasi pirolisis pada penelitian ini (200°C, 2 jam) belum cukup untuk membentuk jaringan mikropori yang matang sebagaimana disyaratkan standar mutu karbon aktif teknis.

Tabel 2. Hasil Uji Analisis Total Karbon

Kode Sampel	Total Karbon (% b/b)	Keterangan (SNI 06-3730-1995, Min. 65%)
AK0 (kontrol)	70,46	Memenuhi
AK10	43,26	Belum Memenuhi
AK20	60,27	Belum Memenuhi
AK30	46,98	Belum Memenuhi

Sumber: Data primer hasil uji laboratorium, 2026.

Kadar total karbon sampel teraktivasi (AK10, AK20, AK30) lebih rendah dibandingkan kontrol (AK0) dan belum memenuhi ambang minimum SNI (65% b/b). Pada AK10 dan AK20, penurunan disebabkan oleh terlarutnya sebagian fraksi karbon organik selama proses aktivasi dan pencucian asam (Bhakti et al., 2018), sedangkan penurunan tajam pada AK30 disebabkan oleh reaksi oksidasi berlebihan (over-activation) akibat konsentrasi H₂SO₄ yang terlalu tinggi, yang merusak kerangka karbon (Purba, 2023). Hasil ini menunjukkan perlunya optimasi konsentrasi aktivator agar peningkatan porositas tidak disertai kehilangan massa karbon yang berlebihan.

Analisis FTIR pada seluruh sampel menunjukkan konsistensi gugus fungsi polar (hidroksil O-H, karbonil

C=O, eter C-O) dan nonpolar (aromatik C=C) sebelum dan sesudah aktivasi, dengan temuan penting berupa munculnya puncak serapan gugus sulfonat/sulfoksida (S-O) pada bilangan gelombang sekitar 1320-1400 cm⁻¹ yang semakin tajam pada sampel teraktivasi H₂SO₄ dibandingkan kontrol. Temuan ini mengonfirmasi keberhasilan reaksi sulfonasi permukaan karbon oleh H₂SO₄ (Alfauziah et al., 2020), yang meningkatkan sifat polar permukaan dan berpotensi memperkuat interaksi elektrostatik dengan polutan bermuatan dalam limbah laundry.

Aplikasi Karbon Aktif pada Limbah Laundry

Tabel 3. Hasil Uji Aplikasi Karbon Aktif pada Limbah Laundry

Parameter	Satuan	Inlet	AK10	AK20	AK30	Baku Mutu
MBAS	mg/L	30,51	14,205	12,55	16,75	Maks. 3 (Perda Jaring No. 5/2012)
Eosfat	mg/L	1,738	1,456	1,428	1,229	Maks. 2 (Perda Jaring No. 5/2012)
Amonia	mg/L	10,94	9,932	10,577	9,650	Maks. 10 (Permen LHK No. P.68/2016)

Sumber: Data primer hasil uji laboratorium, 2026.

Tabel 4. Efektivitas Penurunan MBAS, Eosfat, dan Amonia

Parameter	AK10	AK20	AK30	Sampel Terbaik
MBAS	53,44%	58,86%	48,39%	AK20
Eosfat	16,13%	17,74%	29,20%	AK30
Amonia	9,21%	3,32%	11,79%	AK30

Sumber: Dihitung dari Tabel 3 menggunakan persamaan (%) Efektivitas = [(C₀-C_t)/C₀] × 100%.

Seluruh variasi karbon aktif mampu menurunkan kadar MBAS, dengan efektivitas tertinggi dicapai oleh AK20 sebesar 58,86% (dari 30,51 menjadi 12,55 mg/L). Namun, konsentrasi akhir seluruh sampel masih berada di atas baku mutu Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 (maksimal 3 mg/L). Penurunan pada AK10 dan AK20 terjadi melalui

fisisorpsi rantai hidrofobik surfaktan pada mikropori dan mesopori karbon aktif (Ridhuan et al., 2019), sedangkan kenaikan kembali kadar MBAS pada AK30 (15,75 mg/L) mengindikasikan terjadinya desorpsi akibat kejenuhan permukaan adsorben pada konsentrasi aktivator berlebih (Purba, 2023). Tingginya konsentrasi awal MBAS pada limbah mentah (30,51 mg/L) menjadi penyebab utama belum tercapainya baku mutu, sehingga diperlukan perpanjangan waktu kontak atau pengenceran awal limbah pada penelitian lanjutan.

Kadar fosfat seluruh sampel telah memenuhi baku mutu (maksimal 2 mg/L) sejak kondisi inlet (1,736 mg/L), dengan efektivitas penurunan tertinggi pada AK30 sebesar 29,20% (menjadi 1,229 mg/L). Peningkatan konsentrasi aktivator memperluas permukaan kontak dan mendorong protonasi gugus fungsi permukaan karbon, sehingga afinitas terhadap ion fosfat bermuatan negatif meningkat (Sibarani et al., 2022). Meskipun demikian, efektivitas persentase penurunan fosfat tergolong rendah pada seluruh sampel karena kecilnya gradien konsentrasi (driving force) akibat kadar awal fosfat yang memang

sudah rendah, sehingga kapasitas serap maksimum adsorben belum terutilisasi penuh (Rini et al., 2024).

Kadar amonia menunjukkan pola tidak linear terhadap peningkatan konsentrasi aktivator: AK10 dan AK30 berhasil menurunkan amonia hingga di bawah baku mutu (maksimal 10 mg/L), dengan efektivitas tertinggi pada AK30 sebesar 11,79% (menjadi 9,650 mg/L), sedangkan AK20 justru gagal memenuhi baku mutu (10,577 mg/L, efektivitas hanya 3,32%). Keberhasilan AK10 dan AK30 dijelaskan oleh mekanisme adsorpsi fisik ion amonium melalui gaya Van der Waals dan interaksi elektrostatis pada rongga mikropori (Aleph et al., 2023), sedangkan kegagalan AK20 diduga disebabkan oleh fenomena aglomerasi (penggumpalan) partikel adsorben yang menyempitkan luas permukaan kontak efektif secara mendadak. Pengadukan yang konstan dan optimal pada pengujian berikutnya diperlukan untuk mencegah sedimentasi atau aglomerasi partikel sebelum amonia terserap sempurna.

Secara keseluruhan, konsentrasi aktivator H₂SO₄ 20-30% memberikan kinerja optimum, dengan AK20 unggul pada penurunan MBAS dan AK30

unggul pada penurunan fosfat dan amonia sekaligus memenuhi baku mutu untuk kedua parameter tersebut. Parameter MBAS menjadi tantangan utama karena bilangan iodin (116,96-132,735 mg/g) dan kadar total karbon (43,26-60,27%) yang belum memenuhi standar SNI 06-3730-1995 mengindikasikan keterbatasan luas permukaan dan jumlah situs aktif adsorben, sehingga kejenuhan permukaan terjadi sebelum seluruh beban polutan MBAS yang tinggi terserap sempurna (Sholikhah, 2020). Optimasi suhu dan durasi pirolisis, penggunaan aktivator alternatif seperti KOH atau aktivasi fisik uap, serta perpanjangan waktu kontak berpotensi meningkatkan bilangan iodin dan memperbanyak jaringan mikropori, sehingga efektivitas penurunan ketiga parameter dapat ditingkatkan pada penelitian selanjutnya.

D. Kesimpulan

Variasi konsentrasi aktivator H₂SO₄ (10-30%) tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan kadar abu karbon aktif ampas kopi house blend, yang tetap berada di bawah ambang batas SNI 06-3730-1995, tetapi meningkatkan bilangan

iodin (116,96-132,735 mg/g) dan mempertegas puncak gugus fungsi sulfonat (S-O) pada analisis FTIR, meskipun bilangan iodin dan kadar total karbon (43,26-60,27%) belum memenuhi ambang minimum standar. Konsentrasi aktivator 20% (AK20) memberikan kinerja terbaik dalam menurunkan MBAS (58,86%, menjadi 12,55 mg/L), sedangkan konsentrasi 30% (AK30) memberikan kinerja terbaik dalam menurunkan fosfat (29,20%, menjadi 1,229 mg/L) dan amonia (11,79%, menjadi 9,650 mg/L), dengan kedua parameter terakhir telah memenuhi baku mutu yang berlaku. Karbon aktif ampas kopi house blend teraktivasi H₂SO₄ terbukti berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan awal limbah laundry, khususnya untuk parameter fosfat dan amonia, sementara penurunan MBAS memerlukan optimasi lebih lanjut pada suhu pirolisis, jenis aktivator, dan waktu kontak agar dapat memenuhi baku mutu lingkungan secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

Alala, P. S., Ramadhani, S., & Tama, A. (2017). Kajian pengolahan limbah laundry: Studi kasus industri laundry Hancabarasih

- di Kota Malang. *Jurnal Sains Institut Teknologi*, 20(18), 437–442.
- Alep, C., Ayu, N., & Martono, Y. (2023). Penurunan kadar Chemical Oxygen Demand dan kekeruhan pada limbah laundry menggunakan karbon aktif daun eceng gondok. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 6(2), 164–175. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol6.iss2.art8>
- Alfauziah, F. V., Mardhiyah, F. J., Nadia, A., & Wijaya, K. (2020). Synthesis of coconut oil-based sodium methyl ester sulfonate for the application of enhanced oil recovery. *Journal of the Indonesian Chemical Society*, 3(1), 59–65. <https://doi.org/10.34311/jics.2020.03.1.68>
- Andamari. (2022). Pengaruh komposisi ampas kopi dan cascara terhadap karakteristik karbon aktif. *Agroteknika*.
- Bhakti, C. P., Ghafur, A. L., Setiawan, R. A., & Widodo, A. (2018). Utilization of rice husk waste as a basic material. *Jurnal Sains Terapan*, 4(1), 315–318.
- Billah, A., Prayogo, H., & Ady Nugroho, H. (2024). Pemanfaatan kelimpahan biomassa eceng gondok Rawapening sebagai bahan baku briket arang campuran tempurung kelapa. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 13(1), 91–96. <https://doi.org/10.31186/naturalis.13.1.33286>
- Braga, J. K., & Varesche, M. B. A. (2014). Commercial laundry water characterisation. *Journal of Environmental Science*, 2014(1), 8–16.
- Febrianti, C., Ulfah, M., & Kusumastuti, K. (2023). Pemanfaatan ampas kopi sebagai bahan karbon aktif untuk pengolahan air limbah industri batik. *Jurnal Pertanian Institut Pertanian Stiper (INSTIPER)*, 43(1), 1–10.
- Pasaribu, J., Nurlaila, R., & Ibrahim, I. (2024). Biosorben. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 4(Agustus), 570–583.
- Prihatin, S., & Sugiharto, A. (2021). Pengaruh variasi dosis kapur terhadap penurunan kadar COD dan fosfat pada limbah usaha laundry. *Jurnal Kimia Universitas Brawijaya*, 4(2), 58–63.
- Purba, E. (2023). Adsorption in traditional gold mining liquid waste with activated carbon from coffee ground. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(1).
- Qurniawan, N. D., Saleh, A. R., & Dewi, R. P. (2025). Pengaruh variasi temperatur proses pirolisis terhadap karakteristik biopellet berbahan baku arang limbah ampas tebu dan kulit kopi. *Jurnal Kimia Universitas November*, 15(5), 66–70.
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses pembakaran pirolisis dengan jenis biomassa dan karakteristik asap cair yang dihasilkan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1), 69–78.
- Rini, D. S., Pusparini, F., Aulya, N. R., Ramadhani, A., & Hikmah, A. N. (2024). Pemanfaatan sampah ampas kopi sebagai media pembelajaran dalam bentuk coffee clay. *Jurnal SOLMA*, 13(3), 2965–2975. <https://doi.org/10.22236/solma.v13i3.16530>

- Sholikhah, H. I., & Putri, H. R. (2020). Pengaruh konsentrasi aktivator asam fosfat (H_3PO_4) pada pembuatan karbon aktif dari sabut kelapa terhadap adsorpsi logam kromium. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(1), 3–8.
- Sibarani, S. T., Widarti, B. N., & Meichayanti, I. (2022). Pengaruh suhu dan jenis aktivator pada karbon aktif limbah daun nanas terhadap kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 34–43.
- Tabacum, N. (2020). Analisis variasi konsentrasi asam sulfat sebagai aktivasi arang aktif berbahan batang tembakau. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 99–108.
- Tiffany, T., Sujatmiko, G., & Universitas Surabaya. (2025). Pengaplikasian material limbah ampas kopi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(128), 220–235.
- Zhao, F., Yang, Z., Zhang, L., Zhang, C., Wang, T., & Zhang, H. (2025). The effect of temperature on pyrolysis products during oil shale thermal decomposition. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1–14.