

ARTIKEL RISET

ZnCl₂ - Activation of Coffee Grounds-Derived Carbon: Optimalization of Pore Structure and Effectiveness of Adsorption Performance on Household Waste Parameters

Fadhya Chania¹, Rina Afifah¹, Inna Sri Utami², Dzaki Maulana Ashif³ and Ari Dwi Nugraheni^{2*}

Received: Oct 21, 2023 | Accepted: Mar 18, 2025 | Published: Aug 11, 2025 | DOI: 10.22146/jfi.v29i2.90001

Ringkasan

Ampaskopi dapat dijadikan bahan baku pembuatan karbon aktif untuk mengurangi limbah cair rumah tangga. Ampas kopi diekstraksi dengan heksana dan etanol, kemudian dilakukan pencucian dan pengeringan. Aktivasi ampas kopi secara kimia, dilakukan dengan 15% larutan ZnCl₂ dan metode impregnasi selama 24 jam. Sedangkan aktivasi secara fisika, dilakukan dengan proses karbonisasi pada suhu 500 °C yang kemudian dilakukan perendaman dengan larutan 5% HCl untuk mengurangi kandungan abu pada karbon aktif. Karbon aktif dinetralkan serta diikuti dengan proses pengeringan dan pengayakan. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan beberapa tahap yaitu, SEM, FTIR, PSA, COD, BOD, TSS, dan TDS. Hal ini bertujuan untuk mengetahui morfologi, gugus fungsi, ukuran partikel, dan mengetahui nilai penurunan masing – masing parameter uji sebelum dan sesudah dikontakkan dengan karbon aktif. Uji adsorpsi juga dilakukan dengan mengamati pengaruh jumlah polutan dan karbon aktif yang ditambahkan. Melalui hasil penelitian, didapatkan karbon aktif dengan bentuk morfologi yang dipengaruhi oleh penambahan ZnCl₂ diikuti dengan adanya sifat polar serta mendapatkan ukuran karbon aktif yakni 1-100 nm. Selain itu, karbon aktif yang dihasilkan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik serta memenuhi standar mutu limbah dan aman dibuang ke lingkungan.

Kata Kunci : adsorpsi, aktivasi, ampas kopi, karakterisasi, karbon aktif.

Abstract

Coffee grounds can be used as a raw material for producing activated carbon to reduce household wastewater. The coffee grounds are extracted with hexane and ethanol, followed by washing and drying. Chemical activation of the coffee grounds is carried out using a 15% ZnCl₂ solution and impregnation method for 24 hours. Meanwhile, physical activation is performed through carbonization at a temperature of 500 °C, followed by immersion in a 5% HCl solution to reduce ash content in the activated carbon. The activated carbon is neutralized and then subjected to drying and sieving processes. The activated carbon is characterized through several stages, including SEM, FTIR, PSA, COD, BOD, TSS, and TDS. This is done to understand each test parameter's morphology, functional groups, particle size, and reduction values before and after contact with activated carbon. Adsorption tests are also carried out by observing the influence of the amount of pollutants and activated carbon added. Through the research results, activated carbon with a morphology influenced by the addition of ZnCl₂ is obtained, along with polar properties and a particle size ranging from 1-100 nm. Additionally, the produced activated carbon exhibits good adsorption capacity and meets wastewater quality standards, making it safe for disposal into the environment.

Keywords: adsorption; activation; coffee grounds; characterization; activated carbon

1 PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman yang populer disebabkan rasa dan aromanya yang unik serta keterkaitannya dengan warisan budaya dan adat istiadat di berbagai negara. Selain itu, kopi mengandung senyawa

*Correspondence: ari.dwi.n@ugm.ac.id

² Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia, Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

antioksidan dan efek stimulan pada sistem saraf pusat yang menyebabkan konsumsi kopi meningkat [1]. Menurut *International Coffee Organization* (ICO, 2021), konsumsi kopi pada tahun 2021/2022 meningkat dari 4,2% menjadi 175,6 juta karung [2]. Peningkatan konsumsi kopi akan menyebabkan limbah yang dihasilkan meningkat. Rajesh Banu et al. (2020) menyebutkan bahwa 1 kg olahan minuman kopi dapat menghasilkan 2 kg ampas kopi [3]. Limbah kopi yang dihasilkan umumnya langsung dibuang ketempat sampah tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menjadikannya sebagai polutankarena banyaknya zat organik dalam ampas kopi yang membutuhkan oksigen agar dapat terurai [4].

Ampas kopi mengandung karbon sekitar 47,8% - 58,9% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif atau bahan yang digunakan sebagai zat penyerap (adsorben). Karbon aktif dari ampas kopi mempunyai daya serap yang baik disebabkan pori-porinya mempunyai tekstur yang padat [5]. Ampas kopi mempunyai luas permukaan sebesar 300-2000 m²/g dengan kandungan polisakarida serta lignoselulosa tinggi yang berpotensi dijadikan sebagai karbon aktif [6]. Karbon aktif dari ampas kopi memiliki potensi dapat menyerap zat warna dan ion logam berat khususnya pada limbah rumah tangga [7].

Limbah rumah tangga ini semakin meningkat seiring peningkatan aktivitas manusia. Menurut laporan Statistik Lingkungan Indonesia tahun 2020, sebanyak 57,42% orang Indonesia membuang limbah rumah tangga ke sungai, got, atau selokan dan sebanyak 18,71 dialirkan ke got tanah. Selain itu, 10,26% membuang limbah dibuang ke tangki septik dan 1,67% membuang ke sumur resapan, (Instalasi Pengolahan air Limbah) dan SPAL (Saluran Pembuangan Air Limbah) [8]. Sumber utama limbah rumah tangga berasal dari penggunaan deterjen yang mengandung senyawa organik yang dapat mencemari perairan [9]. Untuk mengatasi hal tersebut, karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben menjadi solusi sebagai material penyerap zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air. Karbon aktif dari ampas kopi berperan sebagai biokoagulan dan bioflokulan untuk menurunkan pH, kesadahan, total padatan tersuspensi dan kekeruhan [10]. Pemanfaatan karbon aktif yang beragam dapat menjadi solusi terkait pengelolaan limbah cair rumah tangga sehingga diharapkan air yang sudah dikelola dapat digunakan kembali (*reuse*) atau dibuang dengan aman serta tidak mencemari badan air.

2 METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi, Prodi Fisika, FMIPA

UGM, Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM, dan Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Kulit, Karet dan Plastik (BBSPJIKKP) Kementerian Perindustrian RI. Penelitian dilakukan dalam waktu 4 bulan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *magnetic stirrer*, *furnace*, gelas beaker, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, botol semprot, botol vial, mortar, corong, tabung erlenmeyer, cawan petri, *crucible*, desikator, timbangan analitik, saringan 100 mesh, dan pH meter. Bahan digunakan dalam penelitian ini berupa ampas kopi robusta, n-heksana, alkohol 70%, akuades, ZnCl 15%, HCl 17%, larutan standar timbal dan limbah cair rumah tangga yang diperoleh dari daerah Yogyakarta.

Metode Pengumpulan Data

Pembuatan Karbon Aktif

Ampas kopi dengan jenis robusta dikeringkan dalam furnace pada suhu 105 °C selama 8 jam. Tahapan ekstraksi dilakukan melalui pembersihan dengan heksana, pengestrakkan ampas kopi dengan alkohol 70% dan pencucian larutan ekstraksi menggunakan aquades. Sampel ampas kopi yang benar-benar bersih dikeringkan dengan furnace pada suhu 100 °C. Pembuatan karbon aktif menggunakan aktivator ZnCl₂ 15% selama 24 jam. Ampas kopi yang telah diaktivasi kembali dikarbonisasi dengan temperatur 500 °C. Karbon aktif direndam dengan HCL 5% dan dicuci hingga pH ampas kopi 6-7. Ampas kopi yang telah diaktivasi dipanaskan pada furnace selama 8 jam dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Karbon aktif kemudian dikarakterisasi dengan FTIR, SEM, dan PSA.

Adsorbsi Karbon Aktif dengan Limbah Cair Rumah Tangga

Pengaruh karbon aktif pada polutan limbah rumah tangga dilakukan dengan 0.1 gram sampel karbon aktif pada setiap variasi model polutan limbah. Sabun pembersih piring digunakan sebagai cairan model limbah penelitian ini. Karbon aktif ini dimasukkan pada larutan model dengan volume 10-40 mL menggunakan variasi polutan 1:2, 2:3, 3:4, dan 4:1 kemudian ditambahkan aquades hingga volume larutan 50 mL. Sampel dan polutan di kontrakan selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan yang konstan. Selanjutnya efektivitas karbon aktif diuji melalui variasi massa karbon aktif dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif 0.5, 0.75, dan 1 gram dengan larutan 50 mL. Perbandingan volume larutan sebesar 2:3 polutan dengan waktu perlakuan 1 jam. Faktor-faktor yang akan mempengaruhi aktivitas proses adsorpsi seperti pH dan konduktometri ikut ditentukan pada penelitian ini.

Kajian adsorpsi dengan limbah hasil pencucian pencucian rumah tangga juga digunakan sebagai parameter standar pembuangan limbah cair ke badan bair. Limbah cair 1500 mL dikontrakan menggunakan 1.5 gram karbon aktif dan diaduk selama 24 jam. Kontak ini diujikan dengan parameter seperti nilai COD, BOD, TSS, TDS, dan pH dari limbah cair sebelum dan sesudah mengalami interaksi dengan karbon aktif.

Kinerja Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Logam Berat

Pengujian kinerja karbon aktif dilakukan dengan mengontakkan 30 mL larutan timbal variasi konsentrasi 50, 100 dan 150 ppm dengan penambahan karbon aktif sebanyak 0,1 gram. Larutan logam berat dikontrakan selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Hasil larutan di analisis konsentrasi logam berat menggunakan SSA.

Metode Analisis

Analisis data meliputi hasil karakterisasi FTIR, SEM, PSA, pengaruh pemodelan limbah, identifikasi adsorpsi kadar timbal pada limbah dan pengujian parameter limbah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Kopi

Karbon aktif merupakan senyawa senyawa yang memiliki derajat porositas besar akibat tersusun dari banyaknya unsur karbon. Sifat yang menonjol dari karbon aktif ini mampu untuk membentuk karbon aktif sebagai salah satu adsorben yang efektif dalam menyerap senyawa organik maupun anorganik pada limbah rumah tangga. Karbon aktif mampu untuk mengadospsi logam logam seperti Pb, Cd, Cr, Zn, dan Mg serta juga dapat menghilangkan bau, warna, dan konsentrasi polutan yang terdapat dalam limbah cair [11]. Penggunaan zat aktivator sendiri akan menentukan luas permukaan dan ukuran pori karbon aktif dan akan berpengaruh pada nilai serapan konsentrasi sampel. Menurut Bempa dan Kusuna (2020), karbon aktif teraktivasi ZnCl_2 memiliki luas permukaan tinggi 1500 m^2 mampu mengadsorpsi Ni^{2+} (66.4%, 2.99 mg/g) < Cu^{2+} (90.0%, 13.24 mg/g) < Pb^{2+} (99.9%, 19.3 mg/g). Pembuatan karbon aktif juga melibatkan pencucian menggunakan HCl dengan penetralan aquades. Larutan HCl digunakan untuk menghilangkan pengotor hasil reaksi yang tersimpan selama proses pembuatan karbon karbon aktif, dan menghilangkan sisa-sisa aktivator yang mungkin masih terperangkap dalam karbon aktif. Penambahan HCl terjadi dengan munculnya gelembung sebagai gas hasil reaksi yang mampu menempati pori-pori saat proses aktivasi sehingga saat pencucian terbut gas-gas yang terjebak dapat untuk keluar. Aquades ditambahkan

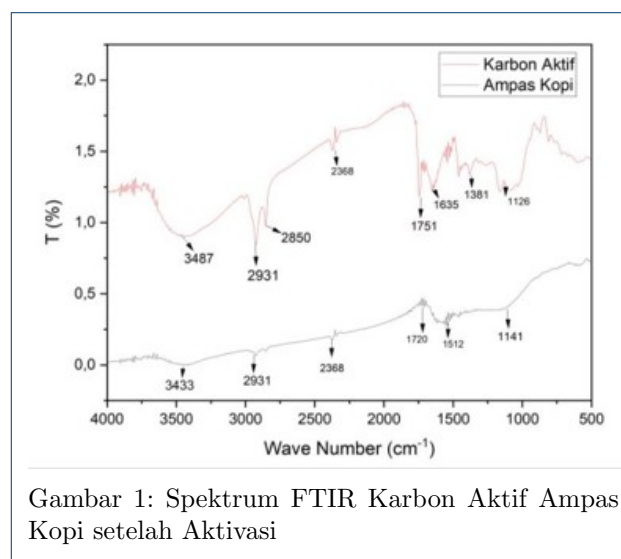
untuk menetralkan pH akibat penambahan HCl sebelumnya hingga didapatkan pH netral.

Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Tabel 1: Identifikasi gugus fungsi hasil FTIR

Panjang Gelombang (nm^{-1})	Gugus Fungsi
1381	C-H Bending
1635	C=C
2931	C-H
3487	OH

Pada penelitian ini pengukuran FTIR dilakukan pada spektrum inframerah pada rentang panjang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Uji FTIR menghasilkan grafik antara panjang gelombang pada sumbu x dan absorbansi pada sumbu y dapat diidentifikasi terdapat beberapa gugus fungsi yang digambarkan melalui titik puncak yang spesifik.



Gambar 1: Spektrum FTIR Karbon Aktif Ampas Kopi setelah Aktivasi

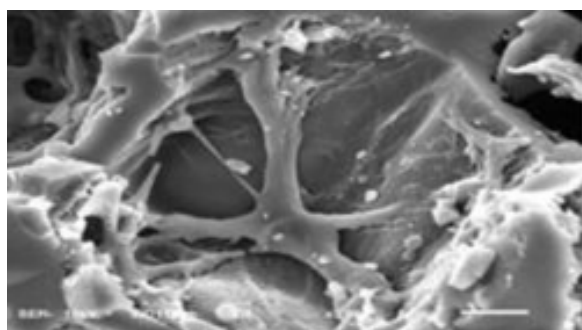
Terdapat gugus fungsi gerakan vibrasi cincin aromatik (C=C) pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 3487 cm^{-1} teridentifikasi terbentuknya gugus OH. Selain itu adanya gugus alkana (C-H) pada bilangan 2931 cm^{-1} . Karakteristik gugus fungsi dari hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C=C, C-H, dan C-O. Gugus hidroksil -OH memiliki ikatan hidrogen dari alkohol, gugus fungsi C=C menggambarkan peningkatan konsentrasi karbon yang terlibat, serta gugus C-O dan O-H yang menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan memiliki sifat polar yang dapat digunakan untuk adsorben polar seperti penjernihan air limbah [12]. Spektrum hasil FTIR terlihat pada Gambar 1.

Selain hasil karbon aktif, terdapat perbedaan dari gugus fungsi yang ditemukan pada raw material ampas

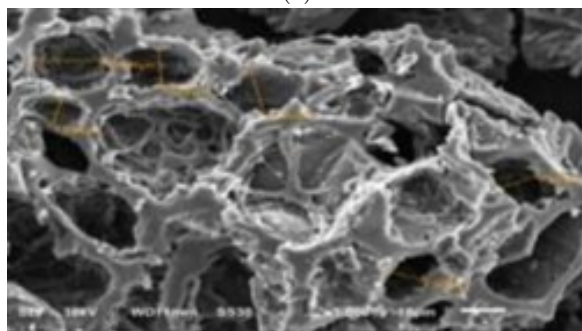
kopi. Perbedaan gugus fungsi ini terjadi karena adanya penambahan senyawa seperti aktivator ZnCl_2 , pelarut alkohol dan larutan pencuci berupa HCl dan aquades.

Karakterisasi Morfologi Karbon Aktif

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dan struktur morfologi permukaan pada karbon aktif. Bentuk morfologi yang teridentifikasi melalui pembesaran 1000, 3000, dan 5000 kali pembesaran. Penambahan ZnCl dapat memperbesar pori – pori permukaan adsorben karbon aktif. Aktivator ZnCl_2 15% akan menggambarkan permukaan eksternal dari partikel karbon aktif sehingga memiliki celah, lubang besar, ataupun retakan. Kristal dalam makropori kemungkinan besar adalah senyawa oksida dengan zat pengaktivasi ZnCl_2 yang terbentuk selama proses karbonisasi.



(a)



(b)

Gambar 2: Permukaan Adsorben Karbon Aktif (a) 1000x dan (b) 3000x

Karakterisasi Distribusi Ukuran Karbon Aktif

Particle Size Analysis (PSA) merupakan suatu analisis kuantitatif yang digunakan untuk menentukan distribusi dari ukuran partikel pada sampel karbon aktif. Tujuan analisis partikel digunakan untuk menentukan ukuran partikel dan persentase distribusi sampel tersebut pada larutan secara representative. Hasil PSA pada sampel karbon aktif yang telah diaktivasi menunjukkan bahwa terdapat diameter

partikel rata-rata sebesar 28.98 nm yang tersebar pada 43% volume larutan sampel karbon aktif. Berdasarkan persebaran dan ukuran yang didapatkan pada grafik, diketahui bahwa pembuatan karbon aktif dari ampas kopi telah berhasil dilakukan hingga bentuk nanopartikel yakni 1-1000 μm [3].

Tabel 2: Distribusi Ukuran Karbon Aktif

Peak Summary		
Diameter (nm)	Volume (%)	Width
5340	15,1	1697
972	40,5	777
28,98	43,1	47,8
1,73	1,3	0,5

Pengaruh Jumlah Polutan pada Proses Adsorpsi

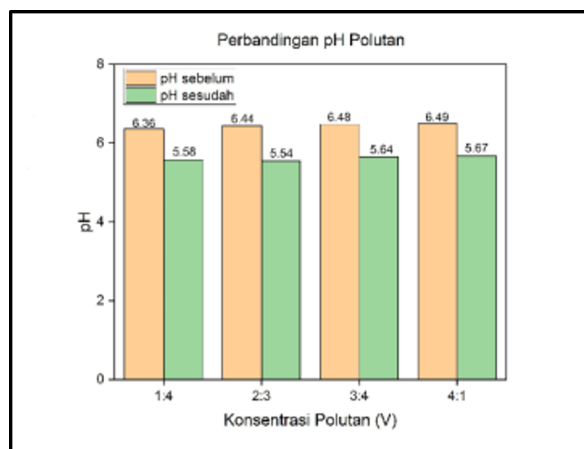
Kinerja adsorpsi model limbah yang mengandung volume pencucian yang berbeda yaitu 10, 20, 30, dan 40 mL. Kajian adsorpsi ini terkait pengaruh nilai pH dan konduktivitas dari penambahan 0.1 gram karbon aktif. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai pH sebelum penambahan adsorben.

pH merupakan jumlah konsentrasi ion hidrogen yang digunakan untuk menyatakan tingkatan keasaman atau keasaman suatu larutan. Nilai pH yang didapatkan dalam pemodelan limbah cair cenderung bersifat sedikit asam. Setelah dilakukannya perlakuan kontak dengan karbon aktif, terlihat bahwa proses adsorpsi mempengaruhi pH limbah cair walaupun tidak terlalu signifikan. Berdasarkan hasil pengujian pH dan konduktivitas dari variasi perbandingan konsentrasi polutan limbah cair, diketahui bahwa penurunan pH dan konduktivitas konstan pada seluruh variasi. Hal ini dikarenakan massa karbon aktif yang digunakan bertindak sebagai variabel tetap. Aktivitas adsorpsi dari karbon aktif dengan konsentrasi polutan rendah massa akan sama dengan aktivitas adsorpsi karbon aktif dengan konsentrasi polutan tinggi.

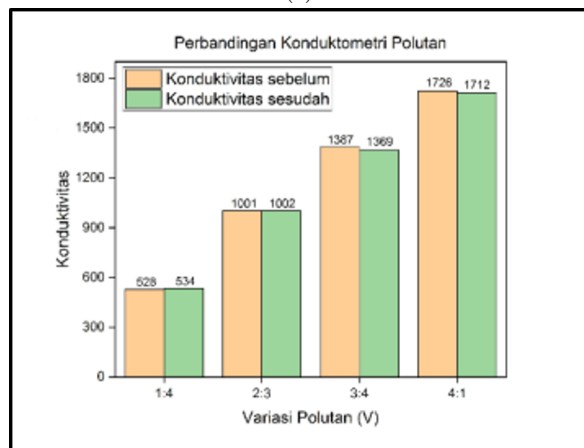
Pengaruh Jumlah Karbon Aktif pada Proses Adsorpsi

Pengaruh jumlah karbon aktif yang berbeda (0.5-1 g/50 mL larutan) karbon aktif dari ampas kopi diidentifikasi dengan parameter nilai pH dan konduktivitas pada konsentrasi polutan tetap ditunjukkan pada Tabel 3.

Data hasil pengujian pH menunjukkan pada variasi massa karbon aktif terjadi penurunan pH yang tidak cukup signifikan. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki gugus OH^- yang mampu berinteraksi pada kondisi pH basa. Semakin banyak massa karbon aktif yang dikontraskan pada limbah maka semakin rendah pH yang didapatkan. Ketika digunakan adsorben karbon aktif sebanyak 0,1 g, kemungkinan besar



(c)



(d)

Gambar 3: Pengaruh Jumlah Polutan Terhadap Kontak dengan Karbon Aktif

terbentuknya lapisan tunggal molekul deterjen pada permukaan karbon, sehingga hal ini akan menghambat adsorpsi lebih lanjut karena tidak adanya situs aktif yang mampu untuk diakses.

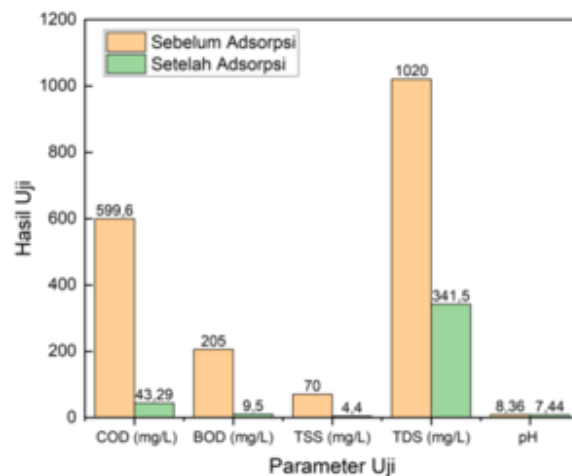
Pengujian Karakterisasi Standar Limbah Cair Rumah Tangga

Pengujian parameter limbah cair rumah tangga dilakukan saat sebelum dan sesudah kontak dengan adsorben karbon aktif. Ini bertujuan untuk mengetahui nilai penurunan masing-masing parameter uji sebelum dan sesudah dikontakkan dengan karbon aktif. Hasil pengujian parameter limbah terlihat pada Gambar 4.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, baku mutu limbah rumah tangga untuk parameter COD, BOD, TSS dan TDS masing-masingnya sebesar 100 mg/L, 30 mg/L, 30 mg/L dan 1000 mg/L. Sedangkan nilai pH larutan ikut

Tabel 3: Hasil Variasi Perbandingan Massa Karbon Aktif

Variasi Massa (g)	pH Sebelum Perlakuan	pH Setelah Perlakuan
0.50	6.44	5.60
0.75	6.44	5.31
1.00	6.44	5.17



Gambar 4: Grafik Karakterisasi Standar Limbah Cair Rumah Tangga

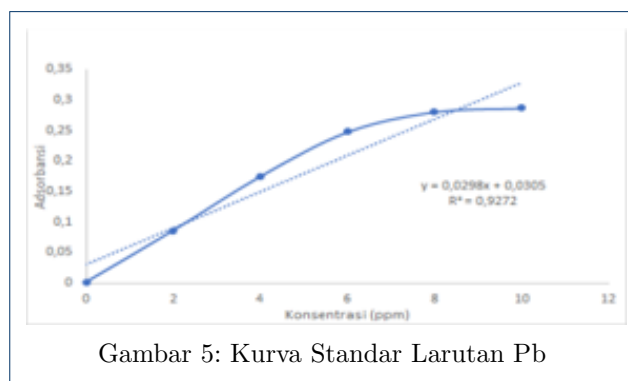
diatur dengan rentang aman dibuang ke lingkungan sebesar 6-9. Limbah cair rumah tangga mengandung COD awal sebesar 599,6 ppm setelah dilakukan adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$, kandungannya mengalami penurunan menjadi 43,29 ppm. Penurunan ini disebabkan oleh sifat aktivator $ZnCl_2$ mengikuti tipe adsorpsi kimia dimana senyawa organik akan terikat kuat dengan adsorben. Nilai BOD linear dengan penurunan COD, terjadi penurunan konsentrasi BOD dari 205 ppm menjadi 9,5 ppm.

Tingginya kadar TDS diakibatkan oleh banyaknya kandungan senyawa organik dan anorganik yang mampu mudah larut dalam air, mineral, maupun garam. Terjadi penurunan kandungan TDS awal 1020 ppm berkurang menjadi 341,5 ppm. Ini membuktikan tingginya kemampuan karbon aktif dari ampas kopi dalam menyerap limbah cair. Linear dengan hasil pemodelan limbah pada Gambar 3, terlihat kontak air limbah dengan karbon aktif tidak berpengaruh besar terhadap perubahan nilai pH air limbah. Pengujian menggunakan limbah cair ini setelah proses adsorpsi terjadi perubahan dari pH 8,36 menjadi pH 7,44. Ini dapat dipaparkan bahwa karbon aktif untuk adsorpsi telah diaktivasi oleh $ZnCl_2$, pada permukaan pori

karbon aktif masih mengandung fungsional asam yang akan terabsorpsi ke dalam air limbah dan mengakibatkan sedikit penurunan pH air limbah. Perbandingan nilai sebelum dengan nilai hasil setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif dapat dinyatakan bahwa pengolahan limbah cair rumah tangga dengan adsorben karbon aktif ampas kopi memenuhi standar mutu limbah dan aman dibuang ke lingkungan.

Pengujian Konsentrasi Adsorpsi Timbal dengan Spektroskopi AAS

Karbon aktif merupakan material mikropori dengan luas permukaan yang besar dan ukuran pori yang dapat dimodifikasi. Sifat fisikokimia, struktur pori, dan luas permukaan karbon aktif dipengaruhi oleh keberadaan gugus fungsi aktif, seperti C–O, N–H, dan O–H [?]. Karbon aktif memiliki gugus aktif yang mampu berinteraksi dengan berbagai polutan, baik anion maupun kation. Gugus aktif tersebut dapat mengadsorpsi anion, seperti NO_3^- , NO_2^- , dan PO_4^{3-} , melalui pembentukan ikatan ion pada permukaan matriks karbon. Selain itu, karbon aktif juga mampu mengadsorpsi kation logam berat, seperti Pb^{2+} , Fe^{2+} , dan Cu^{2+} , melalui mekanisme pertukaran ion.



Gambar 5: Kurva Standar Larutan Pb

Pengujian dilakukan menggunakan larutan blanko (0,0) mg/L diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofometri atom pada panjang gelombang spesifik 217 nm, untuk mengetahui konsentrasi timbal dapat dilakukan dengan menggunakan metode larutan standar yang terlihat pada Gambar 5. Perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali. Hal yang sama dilakukan untuk larutan seri standar 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Berdasarkan pada kurva standar Gambar 5 didapatkan persamaan $y = 0,0298x + 0,0305$ dengan nilai regresi 0,9272. Nilai (R^2) ini mendekati angka 1 menunjukkan bahwa persamaan ini termasuk linear. Pengujian setelah proses absorpsi terlihat mengalami penurunan dibandingkan konsentrasi pemodelan limbah yang digunakan. Pada konsentrasi larutan standar 50, 100, 150 ppm logam Pb dikontakkan dengan 0,1 gram

karbon aktif selama 120 menit mengalami penurunan konsentrasi menjadi 3,1711; 0,755; dan 0,553 ppm. Karbon aktif dapat mengikat Pb karena mempunyai permukaan yang luas dan memiliki gugus aktif karbonil, hidroksil, dan amina melalui ion exchange sehingga konsentrasi Pb dalam larutan berkurang. Melalui penurunan ini terlihat bahwa banyaknya ion logam yang diserap oleh karbon aktif bergantung pada konsentrasi awal kandungan logam dalam limbah dan banyaknya adsorben yang digunakan.

4 KESIMPULAN

Efektivitas karbon aktif dari ampas kopi terhadap limbah rumah tangga dengan parameter COD, BOD, TSS, dan TDS berturut-turut sebesar 43,29; 9,5; 4,4; dan 341,5 ppm Berdasarkan karakterisasi FTIR diketahui bahwa karbon aktif dari ampas kopi mengandung gugus fungsi O–H, C=C, C–H, dan –O serta morfologi permukaan yang luas sehingga mampu efektif dalam menurunkan kadar limbah cair rumah tangga yang mengandung logam berat dan pencemar lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dirjen Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kemenristekdikti, dan seluruh Civitas Akademika Universitas Gadjah Mada serta segala pihak yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

PENULIS

1. Fadhy Chania
Dari :
(1) Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
2. Rina Afifah
Dari :
(1) Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
3. Inna Sri Utami
Dari :
(1) Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
4. Dzaki Maulana Ashif
Dari :
(1) Program Studi Teknologi Rekayasa Internet, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
5. Ari Dwi Nugraheni
Dari :
(1) Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia



Jurnal Fisika Indonesia, its website and the articles published are licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). © Departemen of Physics Universitas Gadjah Mada.

Author details

¹ Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia, Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Indonesia. ² Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia, Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Indonesia. ³ Program Studi Teknologi Rekayasa Internet, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia, Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Indonesia.

Pustaka

1. Mostafa MM, Ali E, Gamal M, Farag MA. How Do Coffee Substitutes Compare to Coffee? A Comprehensive Review of Its Quality Characteristics, Sensory Characters, Phytochemicals, Health Benefits and Safety. *Food Bioscience*. 2021;43:101290.
2. Solomakou N, Anastasia L, Panagiota T, Alexandra-Maria M, Ioannis M, Athanasia MG. Recovery of Phenolic Compounds from Spent Coffee Grounds Through Optimized Extraction Processes. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2022;25:100589.
3. Rajesh BJ, Kavitha S, Yukesh KR, Dinesh KM, Preethi AAE, Kumar G. Biorefinery of Spent Coffee Grounds Waste: Viable Pathway Towards Circular Bioeconomy. *Bioresource Technology*. 2020;302:122821.
4. Franca AS, Oliveira LS. Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry. *Foods*. 2022;11.
5. Maysarah H, Lydia SD, Siti N, Didi NI. Utilization of Spent Arabica Coffee Grounds as Raw Material for Activated Charcoal in Liquid Bath Soap Formulation. *Pharmaceutical Sciences and Research*. 2023;10(1):48-54.
6. Yulisman, Nasruddin, Muhammad KA, Farandy H, Rahmatika AA, Afdhal H, et al. Production of Activated Carbon from Coffee Grounds Using Chemical and Physical Activation Method. *Advanced Science Letters*. 2017;23:5751-5.
7. Pagalan Jr E, Michell S, Shaina G, Sheena JS, Renzey A, Aira JM, et al. Activated Carbon from Spent Coffee Grounds as an Adsorbent for Treatment of Water Contaminated by Aniline Yellow Dye. *Industrial Crops and Products*. 2020;145:112104.
8. Nenohai J, Zelen A, Minata S, Burhanuddin R, Eli H, Sanjaya YU. Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa Lainnya dalam Mengatasi Pencemaran Air: Analisis Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2023;21(1):29-35.
9. Andiese VW. Domestic Liquid Waste Disposal Process with Oxidation Pond Method. *Insfruktur*. 2011;1(2):103-10.
10. Huwae JF, Lawa Y, Sarifudin K. Uji Efektifitas Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) dan Arang Kusambi (*Schleichera oleosa* Merr.) Teraktivasi dalam Proses Penjernihan Grey Water; 2018. Skripsi, Universitas Nusa Cendana.
11. Sulistia S, Septisya AC. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Environmental Engineering*. 2019;12(1):41-57.
12. Rampengan A, Mawuntu V. Fabrikasi Arang Aktif Tempurung Kelapa, Arang Aktif Aleurites moluccana dan Karakterisasinya. *Fullerence Journal of Chemistry*. 2022;7(2):133-6.