Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 25, No 3 (2025): Oktober, 1547-1555
DOI: 10.33087/jiubj.v25i3.6331

Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) COD dan BOD dalam Limbah Air Sungai Sleng dengan Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Kopi

Tri Widya Sasnita Amelia, A. Sry Iryani
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar, Indonesia
Correspondence: triwidyasasnita26@gmail.com, andisryani@unifa.ac.id

ABSTRAK
Logam berat seperti Kadmium (Cd) merupakan zat pencemar yang sangat berbahaya bagi kehidupan karena bersifat toksik, tidak dapat diurai (degradasi) dan mudah untuk diserap masuk kedalam tanah. Pencemaran logam sangat berbahaya karena dapat merusak dan menimbulkan masalah global yang serius. Kandungan logam berat seperti Cd dapat merusak lingkungan serta perairan didaerah tersebut. Adanya logam berat dalam jumlah besar dapat mempengaruhi segi ekologis serta biologis. Penelitian ini menganalisis efektivitas arang aktif dari kulit kopi dalam menghilangkan kadmium (Cd) dari limbah air Sungai Sleng. Limbah air Sungai Sleng tercemar Cd dengan konsentrasi 0,0521 mg/L, lima kali lebih tinggi dari ambang batas 0,0100 mg/L yang diizinkan. Penulis membuat arang aktif dari kulit kopi melalui karbonisasi dan aktivasi menggunakan $ZnCl_2$. Hasil menunjukkan bahwa arang aktif dari kulit kopi efektif menurunkan konsentrasi Cd, dengan massa optimum pada 150 mg untuk kedua perlakuan (dengan dan tanpa aktivasi). Untuk parameter COD, arang tanpa aktivasi lebih efektif (menurunkan dari 134,3 mg/L menjadi 86,9 mg/L). Sedangkan untuk BOD, arang aktif yang diaktivasi menunjukkan hasil yang lebih baik (menurunkan dari 20,4 mg/L menjadi 16,6 mg/L).

Kata Kunci: Arang Aktif, Kadmium (Cd), Adsorpsi, Kulit Kopi, Limbah Cair.

ABSTRACT
Heavy metals such as Cadmium (Cd) are pollutants that are very dangerous to life because they are toxic, cannot be degraded, and are easily absorbed into the soil. Metal pollution is very dangerous because it can damage and cause serious global problems. The content of heavy metals such as Cd can damage the environment and waters in the area. The presence of heavy metals in large quantities can affect ecological and biological aspects. This study analyzed the effectiveness of activated charcoal from coffee husks in removing cadmium (Cd) from wastewater from the Sleng River. Wastewater from the Sleng River was contaminated with Cd with a concentration of 0.0521 mg/L, five times higher than the permitted threshold of 0.0100 mg/L. The author made activated charcoal from coffee husks through carbonization and activation using $ZnCl_2$. The results showed that activated charcoal from coffee husks was effective in reducing Cd concentration, with an optimum mass of 150 mg for both treatments (with and without activation). For COD, unactivated charcoal was more effective (reducing it from 134.3 mg/L to 86.9 mg/L). Meanwhile, for BOD, activated charcoal showed better results (reducing it from 20.4 mg/L to 16.6 mg/L).

Keywords: *Activated Charcoal, Cadmium (Cd), Adsorption, Coffee Husk, Liquid Waste.*

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen esensial bagi keberlangsungan kehidupan seluruh makhluk hidup. Selain menjadi kebutuhan dasar manusia, air juga digunakan dalam berbagai sektor, seperti pertanian, industri, transportasi, dan pembangkit energi. Namun, peningkatan aktivitas manusia yang tidak disertai dengan pengelolaan limbah yang baik telah menyebabkan pencemaran kualitas air secara signifikan. Salah satu contoh kasus yang terjadi di berbagai wilayah Indonesia adalah pencemaran air sungai, termasuk Sungai Sleng, yang mulai menunjukkan penurunan kualitas akibat aktivitas domestik, industri kecil, dan pertanian di sekitarnya (Belladona et al., 2020).

Sungai Sleng, yang terletak di wilayah dengan kepadatan aktivitas masyarakat yang cukup tinggi, telah mengalami peningkatan kadar zat pencemar dari tahun ke tahun. Banyaknya limbah cair yang dibuang langsung ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu menyebabkan meningkatnya kandungan zat pencemar berbahaya, baik yang bersifat organik maupun anorganik. Salah satu pencemar anorganik yang berbahaya dan perlu mendapatkan perhatian khusus adalah logam berat, khususnya kadmium (Cd). Kadmium termasuk logam berat yang sangat

toksik dan bersifat bioakumulatif, artinya dapat terakumulasi dalam jaringan makhluk hidup dan menyebabkan efek jangka panjang. Dalam tubuh manusia, paparan kadmium dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, sistem pernapasan, dan bahkan bersifat karsinogenik (Willy & Mukono, 2023).

Selain logam berat, dua parameter penting yang sering digunakan dalam menilai kualitas air adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). COD mencerminkan jumlah oksidan yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dan anorganik dalam air, sedangkan BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik (Bija et al, 2020). Nilai COD dan BOD yang tinggi menjadi indikasi adanya limbah organik dalam jumlah besar di perairan, yang dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dan menyebabkan kerusakan ekosistem akuatik, seperti kematian ikan dan mikroorganisme yang sensitif terhadap perubahan kualitas air (Qomariyah et al., 2022).

Dalam upaya menanggulangi pencemaran air, berbagai metode pengolahan limbah telah dikembangkan. Salah satu metode yang dinilai efektif, ramah lingkungan, dan ekonomis adalah penggunaan adsorben alami. Adsorpsi merupakan proses pemisahan zat terlarut dari suatu larutan menggunakan bahan penyerap. Dalam hal ini, arang aktif menjadi pilihan yang banyak digunakan karena memiliki luas permukaan yang besar, volume pori yang tinggi, dan kemampuan adsorpsi yang baik terhadap logam berat dan senyawa organik. Namun, harga arang aktif komersial relatif mahal, sehingga diperlukan inovasi dalam memanfaatkan bahan baku alternatif yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Salah satu limbah pertanian yang potensial untuk diolah menjadi arang aktif adalah kulit kopi. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia menghasilkan limbah kulit kopi dalam jumlah besar setiap tahunnya (Bakkara & Purnomo, 2022). Kulit kopi mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang apabila melalui proses karbonisasi dan aktivasi, dapat menghasilkan arang aktif dengan porositas tinggi dan daya serap yang baik (Hasibuan & Pardede, 2023). Pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi arang aktif tidak hanya berkontribusi terhadap pengolahan limbah padat pertanian, tetapi juga menjadi solusi alternatif dalam pengendalian pencemaran air (Nasrullah & Rahmayanti, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam kadmium (Cd), COD, dan BOD dalam limbah air Sungai Sleng serta mengevaluasi kemampuan arang aktif dari kulit kopi dalam menurunkan kadar zat pencemar tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi adsorpsi berbasis limbah pertanian, serta menjadi dasar pertimbangan dalam pengelolaan limbah cair secara berkelanjutan di masa depan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah dan masyarakat dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan, khususnya kualitas air sungai yang menjadi sumber kehidupan dan kegiatan ekonomi masyarakat setempat.

METODE

Penelitian yang telah dilakukan bersifat eksperimental, yaitu dengan melakukan pengujian adsorpsi dari kulit kopi terhadap air limbah pada Sungai Sleng dengan variasi pH dan Temprature.Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik ATI Makassar dan Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan jasa Industri hasil Perkebunan, Mineral Logam dan Maritim. Waktu pelaksanaan penelitian selama bulan April 2025. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pipet tetes, cawan porselin, gelas kimia, ayakan ukuran 100 mesh, pH universal, oven, spatula, neraca digital, *shaker*, labu ukur, lumpang dan alu, tanur, erlenmeyer, batang pengaduk, kertas aluminium foil, corong kaca, botol semprot, desikator, *Multiple Stirer* dan spektrofotometer serapan atom (SSA). Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kulit kopi, larutan $ZnCl_2$ 10%, Aquades, kertas saring, Sampel Limbah Cair Sungai Sleng, Arang Aktif Kulit Kopi.

HASIL

Sebelum perlakuan adsorpsi menggunakan arang aktif dari kulit kopi dilakukan, sampel limbah air Sungai Sleng terlebih dahulu dianalisis untuk mengetahui konsentrasi awal logam berat, khususnya Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Analisis ini bertujuan untuk memastikan apakah kadar logam-logam tersebut masih berada dalam ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah atau telah melebihi batas yang diperbolehkan.

Tabel 1
Hasil Analisis Air Sungai Sleng

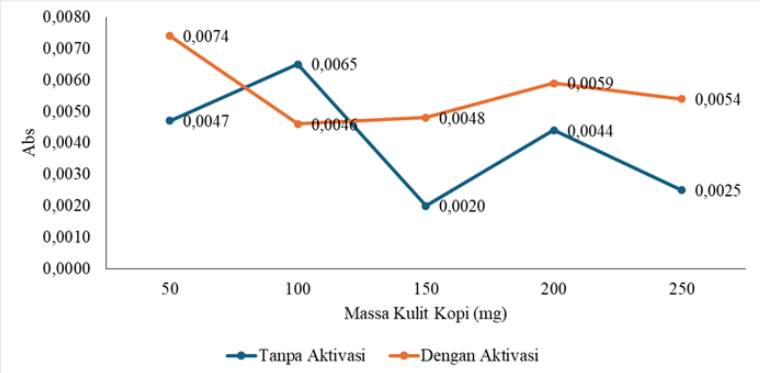
Parameter	Hasil (mg/L)	Ambang Batas (mg/L)
Cd	0,0521	0,0100
Pb	0,0105	0,0500

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 1 hasil analisis awal, kandungan kadmium (Cd) mencapai 0,0521 mg/L, yang berarti telah melebihi lima kali lipat dari batas maksimum yang diizinkan, yakni 0,0100 mg/L. Kondisi ini mengindikasikan tingkat pencemaran yang signifikan oleh logam Cd, mengingat sifat toksiknya yang tinggi meskipun dalam konsentrasi rendah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang aktif berukuran 100 mesh yang berasal dari kulit kopi arabika sebagai alternatif bahan penyerap untuk menurunkan kadar Cd dalam air limbah Sungai Sleng, untuk logam Pb hasil analisis menujukkan 0,0105 mg/L masih dibawah ambang batas yaitu 0,0500 mg/L. (Syauqiah et al, 2020); (Zaini, 2019).

Hasil Analisis Adsorpsi Arang Aktif Limbah Kulit Kopi

Dalam penelitian ini dilakukan dua skema perlakuan, yakni menggunakan arang dari kulit kopi tanpa proses aktivasi (tanpa bahan kimia) serta arang dari kulit kopi yang telah melalui proses aktivasi, yang masing-masing berperan sebagai media adsorben untuk logam Kadmium (Cd).



Sumber: data olahan

Gambar1
Hasil Analisis Adsorpsi Arang Aktif Limbah Kulit Kopi

Gambar 1 menunjukkan pengaruh variasi massa kulit kopi terhadap nilai absorbansi larutan yang mengandung logam kadmium (Cd), dengan dua perlakuan berbeda: arang kulit kopi tanpa aktivasi dan arang kulit kopi yang telah diaktivasi. Secara umum, terjadi penurunan nilai absorbansi pada kedua jenis adsorben seiring bertambahnya massa kulit kopi, yang menandakan semakin banyaknya ion Cd yang terserap oleh adsorben. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar adsorpsi, di mana semakin besar massa adsorben, semakin banyak permukaan aktif yang tersedia untuk menangkap ion logam.

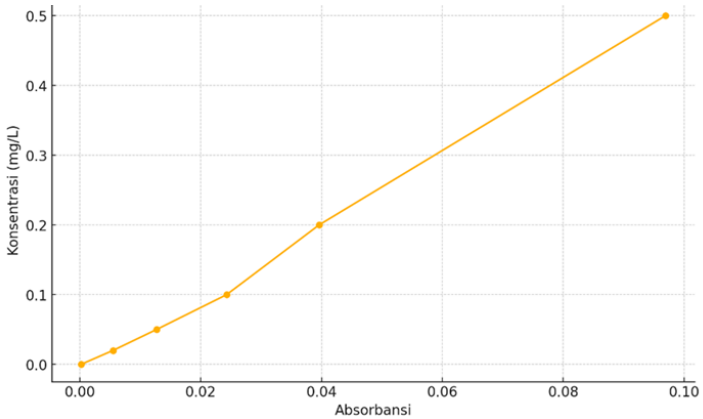
Namun, efektivitas adsorpsi bervariasi antara kedua perlakuan:

1. Pada massa 50 mg, adsorben dengan aktivasi menunjukkan absorbansi tertinggi (0,0074) dibanding tanpa aktivasi (0,0047), menandakan efisiensi adsorpsi masih rendah karena jumlah adsorben yang minim. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan aktif yang terbuka pada adsorben belum cukup menangkap ion Cd secara efektif.
2. Pada massa 100 mg, absorbansi menurun untuk keduanya, dan menariknya nilai untuk dengan aktivasi (0,0046) sedikit lebih rendah dibanding tanpa aktivasi (0,0065). Ini menunjukkan bahwa aktivasi mulai meningkatkan kemampuan adsorpsi.
3. Massa 150 mg menunjukkan nilai absorbansi terendah untuk adsorben tanpa aktivasi (0,0020) dan tetap rendah untuk yang diaktivasi (0,0048). Penurunan signifikan pada adsorben tanpa aktivasi menunjukkan bahwa pada titik ini adsorpsi berlangsung cukup efektif meskipun tanpa aktivasi.
4. Massa 200 mg, absorbansi kembali meningkat pada keduanya: 0,0044 (tanpa aktivasi) dan

0,0059 (dengan aktivasi). Kenaikan ini kemungkinan disebabkan oleh terjadi saturasi atau desorpsi ulang, di mana kapasitas maksimum permukaan aktif mulai tercapai dan ion Cd mulai tidak terserap sempurna.

5. Massa 250 mg, adsorben tanpa aktivasi menurun menjadi 0,0025, sedangkan dengan aktivasi tetap tinggi pada 0,0054. Ini mengindikasikan bahwa pada massa besar, adsorben tanpa aktivasi justru menunjukkan efisiensi lebih baik, sementara aktivasi mungkin memerlukan rasio massa yang tepat agar efektif.

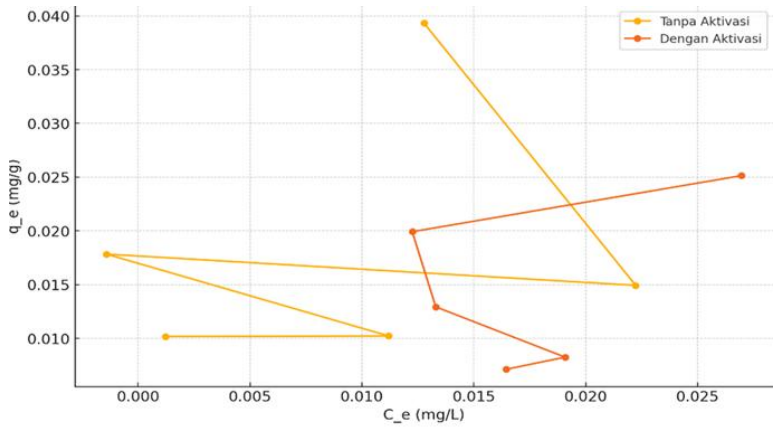
Penurunan absorbansi terhadap massa awal 50 mg menunjukkan bahwa pada tanpa aktivasi terjadi fluktuasi, dengan kenaikan sebesar 38,30% di 100 mg dan penurunan tertinggi 57,45% di 150 mg, sedangkan dengan aktivasi terjadi penurunan stabil berkisar 20,27–37,84% pada semua massa di atas 50 mg. Aktivasi arang kulit kopi tidak selalu menghasilkan efisiensi adsorpsi yang lebih baik secara konsisten dibanding tanpa aktivasi. Efektivitas adsorpsi dipengaruhi oleh keseimbangan antara massa adsorben dan luas permukaan aktif, serta kemungkinan terjadinya saturasi. Massa optimal untuk adsorben dengan aktivasi berada di 100 mg dan tanpa aktivasi berada di 150 mg.



Sumber: data olahan

Gambar 2
Kurva Kalibrasi

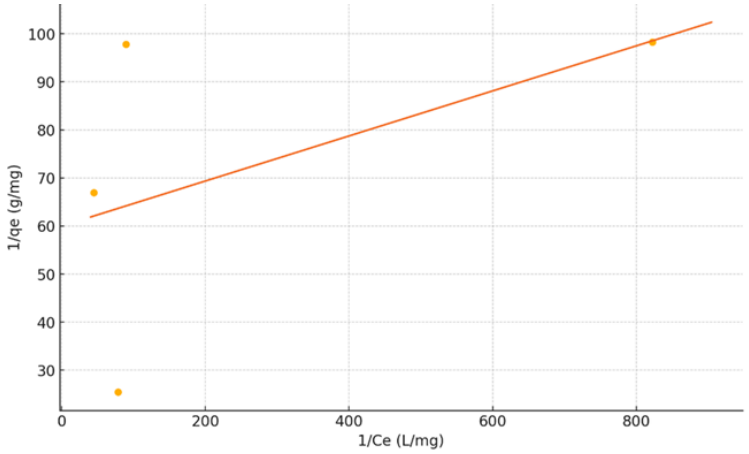
a. Fungsi : Menunjukkan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan Cd standar.
b. Keterangan: Hubungan bersifat linear dengan persamaan C (mg/L) = 5,25398 × A − 0,011919. Garis regresi digunakan untuk mengonversi nilai absorbansi sampel menjadi konsentrasi Cd.
c. Makna: Semakin tinggi absorbansi, semakin besar konsentrasi Cd dalam larutan. Kalibrasi ini menjadi dasar perhitungan C_e.



Sumber: data olahan

Gambar 3
Grafik Isoterm Eksperimental (q_e vs C_e)

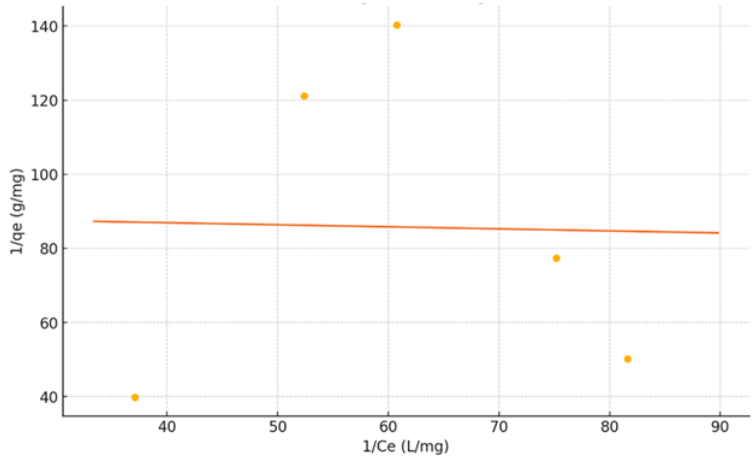
a. Fungsi: Menunjukkan hubungan antara konsentrasi Cd pada keadaan setimbang (C_e) dan jumlah Cd yang teradsorpsi per massa adsorben (q_e).
b. Keterangan: Garis biru mewakili perlakuan tanpa aktivasi, garis oranye mewakili dengan aktivasi. Terlihat fluktuasi q_e terhadap C_e, tidak membentuk tren yang sesuai dengan model isoterm ideal.
c. Makna: Kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada C_e yang relatif rendah, menandakan situs aktif lebih cepat terisi pada konsentrasi awal rendah.



Sumber: data olahan

Gambar 4
Grafik Linearized Langmuir – Tanpa Aktivasi

a. Fungsi: Menguji kesesuaian data dengan model Langmuir yang mengasumsikan adsorpsi monolayer pada permukaan homogen.
b. Keterangan: Sumbu X adalah $1/C_e$, sumbu Y adalah $1/q_e$. Garis regresi dipakai untuk menghitung q_m dan b. $R^2 = 0{,}263$ menunjukkan kecocokan model rendah.
c. Makna: Adsorpsi Cd oleh arang tanpa aktivasi tidak sepenuhnya mengikuti pola monolayer homogen.

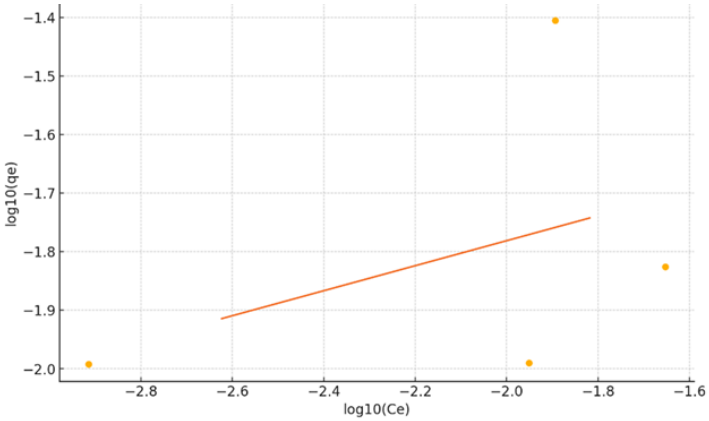


Sumber: data olahan

Gambar 5
Grafik Linearized Langmuir – Dengan Aktivasi

a. Fungsi: Sama seperti sebelumnya, untuk perlakuan dengan aktivasi.
b. Keterangan: Nilai b yang negatif dan R^2 sangat rendah (0,0005) menunjukkan model Langmuir tidak sesuai.

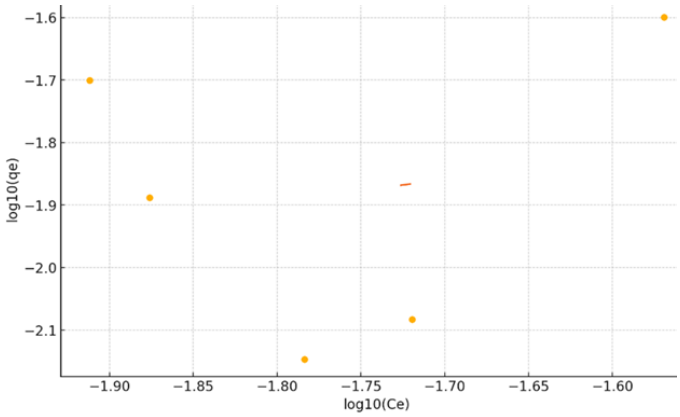
c. Makna: Permukaan adsorben dengan aktivasi kemungkinan sangat heterogen, atau proses adsorpsi tidak murni monolayer.



Sumber: data olahan

Gambar 6
Grafik Linearized Freundlich – Tanpa Aktivasi

a. Fungsi: Menguji kesesuaian data dengan model Freundlich, yang menggambarkan adsorpsi pada permukaan heterogen dan multilayer.
b. Keterangan: Sumbu X adalah log(C_e), sumbu Y adalah log(q_e). Nilai n = 4,68 (n > 1) mengindikasikan adsorpsi menguntungkan. Namun R^2 hanya 0,184.
c. Makna: Meskipun parameter menunjukkan proses fisik yang menguntungkan, rendahnya R^2 menandakan model kurang mampu menjelaskan data.



Sumber: data olahan

Gambar 7
Grafik Linearized Freundlich – Dengan Aktivasi

a. Fungsi: Sama seperti sebelumnya untuk perlakuan dengan aktivasi.
b. Keterangan: Nilai n = 2,97 (n > 1) juga mengindikasikan adsorpsi menguntungkan, namun R^2 sangat rendah (0,038).
c. Makna: Data kurang sesuai dengan model Freundlich, kemungkinan karena variasi nilai q_e yang tidak konsisten terhadap C_e.

Berdasarkan hasil konversi absorbansi menjadi konsentrasi ekuilibrium (C_e) menggunakan kurva kalibrasi Cd, nilai q_e (jumlah Cd teradsorpsi per satuan massa adsorben) pada perlakuan tanpa aktivasi berkisar antara 0,010177–0,039325 mg/g, sedangkan pada perlakuan dengan aktivasi berkisar antara 0,007129–0,025139 mg/g. Nilai ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Cd oleh arang aktif kulit kopi relatif rendah pada konsentrasi awal 0,0521 mg/L.

Model isoterm Langmuir menunjukkan bahwa perlakuan tanpa aktivasi memiliki kapasitas maksimum teoritis (q_m) sebesar 0,01667

mg/g dengan nilai konstanta b sebesar $7{,}82\times10^{-4}$ L/mg dan R^2 0,263, sedangkan pada perlakuan dengan aktivasi nilai b yang diperoleh negatif ($-6{,}19\times10^{-4}$ L/mg) dan R^2 sangat rendah (0,0005), mengindikasikan model Langmuir kurang sesuai untuk menjelaskan data adsorpsi ini. Hal tersebut dapat disebabkan oleh heterogenitas permukaan adsorben, keberadaan situs aktif yang tidak merata, dan kemungkinan interaksi lain selain monolayer adsorption.

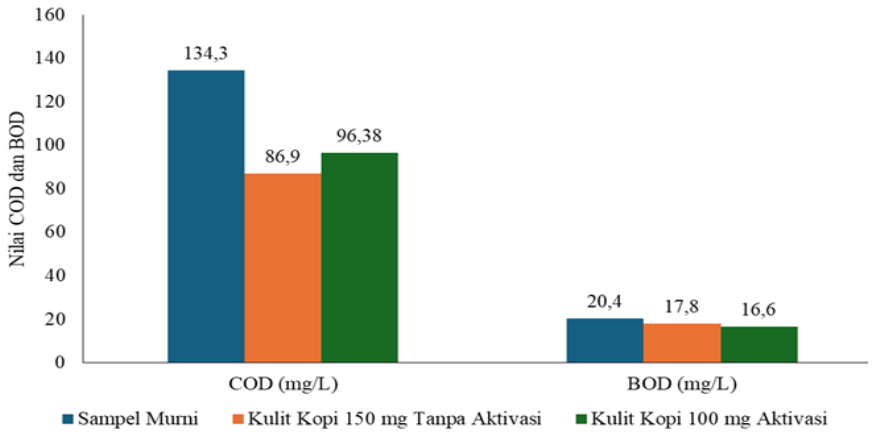
Hasil fitting model Freundlich memperlihatkan bahwa untuk perlakuan tanpa aktivasi diperoleh K_F 0.0442 dan nilai n 4,68 (R^2 0,184), sedangkan pada perlakuan dengan aktivasi K_F sebesar 0,0516 dan n 2,97 (R^2 0,038). Nilai n > 1 pada kedua perlakuan mengindikasikan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara fisik (physisorption) dan bersifat menguntungkan, meskipun rendahnya nilai R^2 menunjukkan kecocokan model yang kurang baik.

Sifat Termodinamika (Eksotermis atau Endotermis)

Data ini, belum dilakukan variasi suhu sehingga tidak dapat dihitung parameter termodinamika secara langsung (ΔH, ΔS, ΔG). Namun, berdasarkan karakteristik adsorpsi Cd pada arang aktif biomassa dan nilai n > 1 pada model Freundlich, proses yang terjadi cenderung berupa adsorpsi fisik melalui gaya van der Waals dan interaksi elektrostatik. Adsorpsi fisik pada umumnya bersifat eksotermis, karena proses penempelan molekul atau ion pada permukaan adsorben melepaskan energi (panas) akibat terbentuknya ikatan lemah. Sehingga, secara teoritis, adsorpsi Cd oleh arang aktif kulit kopi pada penelitian ini diperkirakan bersifat eksotermis. Hal ini berarti peningkatan suhu biasanya akan menurunkan kapasitas adsorpsi, sedangkan penurunan suhu dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Sari et al, 2022).

Hasil Analisis COD dan BOD

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Gambar 8, massa kulit kopi sebesar 150 mg menunjukkan kinerja adsorpsi yang paling optimal, baik pada sampel tanpa aktivasi maupun yang telah diaktivasi. Oleh karena itu, kedua sampel tersebut dipilih untuk dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap parameter kualitas air, yaitu nilai COD dan BOD. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai COD dan BOD dari sampel awal yang belum mengalami perlakuan adsorpsi. Berikut disajikan hasil analisis selengkapnya:



Sumber: data olahan

Gambar 8
Hasil Analisis COD dan BOD

Gambar 8 yang ditampilkan memperlihatkan hasil analisis terhadap nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dari sampel limbah air, dengan tiga kondisi perlakuan yang berbeda: tanpa perlakuan (kontrol), perlakuan dengan arang kulit kopi tanpa aktivasi (150 mg), dan perlakuan dengan arang kulit kopi yang telah melalui proses aktivasi (100 mg). Data ini memberikan gambaran mengenai efektivitas penggunaan arang kulit kopi sebagai media adsorben dalam menurunkan kadar senyawa organik dalam air limbah.

Berdasarkan hasil analisis pada grafik, perlakuan penambahan adsorben kulit kopi menunjukkan kemampuan menurunkan nilai COD dan BOD dibandingkan kondisi tanpa perlakuan. Pada parameter COD, penggunaan kulit kopi 150 mg tanpa aktivasi mampu

menurunkan konsentrasi sebesar 35,29% dari nilai awal 134,3 mg/L menjadi 86,9 mg/L, sedangkan penggunaan kulit kopi 100 mg dengan aktivasi menurunkan COD sebesar 28,24% menjadi 96,38 mg/L. Untuk parameter BOD, kulit kopi 150 mg tanpa aktivasi memberikan penurunan sebesar 12,75% dari nilai awal 20,4 mg/L menjadi 17,8 mg/L, sedangkan kulit kopi 100 mg dengan aktivasi menunjukkan penurunan lebih besar, yaitu sebesar 18,63% menjadi 16,6 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas penurunan COD lebih tinggi pada perlakuan kulit kopi 150 mg tanpa aktivasi, sedangkan untuk BOD, penurunan lebih optimal terjadi pada perlakuan kulit kopi 100 mg dengan aktivasi.

Pada sampel yang diperlakukan dengan kulit kopi yang telah diaktivasi, nilai COD tercatat sebesar 96,38 mg/L. Meskipun nilai ini lebih rendah dibandingkan sampel tanpa perlakuan, namun justru lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi tidak selalu menjamin peningkatan efisiensi adsorpsi terhadap semua jenis kontaminan. Kemungkinan hal ini terjadi karena aktivasi dapat mengubah karakteristik pori atau gugus fungsional pada permukaan arang, sehingga kurang cocok untuk senyawa COD yang bersifat kompleks atau tahan oksidasi.

BOD menggambarkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam air secara biologis. Semakin tinggi nilai BOD, semakin besar pula beban pencemaran yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme patogen dan merusak ekosistem akuatik. Sampel tanpa perlakuan memiliki nilai BOD sebesar 20,4 mg/L, yang sudah menunjukkan tingkat pencemaran yang cukup serius jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik atau industri yang umumnya di bawah 10 mg/L.

Perlakuan menggunakan kulit kopi tanpa aktivasi berhasil menurunkan BOD menjadi 17,8 mg/L, sementara kulit kopi dengan aktivasi memberikan nilai yang sedikit lebih rendah yaitu 16,6 mg/L. Penurunan BOD ini mencerminkan keberhasilan adsorben dalam mengurangi zat organik yang mudah terurai secara biologis, seperti senyawa karbon sederhana atau zat organik terlarut. Menariknya, pada parameter BOD, proses aktivasi justru memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan tanpa aktivasi. Hal ini dapat dijelaskan oleh adanya peningkatan luas permukaan dan perubahan gugus aktif pada arang yang diaktivasi, yang lebih efektif mengadsorpsi senyawa organik kecil dan larut air yang menjadi target utama dalam pengukuran BOD.

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa efektivitas arang kulit kopi dalam menurunkan COD dan BOD bervariasi tergantung pada jenis perlakuannya. Untuk parameter COD, arang tanpa aktivasi justru lebih efektif, sedangkan untuk BOD, arang dengan aktivasi menunjukkan hasil yang lebih baik. Ini menunjukkan bahwa masing-masing jenis perlakuan adsorben memiliki karakteristik tersendiri yang dapat lebih cocok untuk jenis kontaminan tertentu.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa: (1) penggunaan arang kulit kopi sebagai media adsorben efektif dalam menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair. Penurunan signifikan terjadi dibandingkan sampel tanpa perlakuan, yang menunjukkan bahwa arang kulit kopi mampu mengadsorpsi senyawa organik, baik yang dapat teroksidasi secara kimia (COD) maupun yang dapat terurai secara biologis (BOD). Ini membuktikan bahwa limbah kulit kopi memiliki potensi sebagai alternatif adsorben ramah lingkungan dalam pengolahan air limbah; dan (2) efektivitas penurunan parameter COD dan BOD bervariasi tergantung pada jenis perlakuan. Arang kulit kopi tanpa aktivasi lebih efektif dalam menurunkan COD, sedangkan arang kulit kopi yang diaktivasi lebih unggul dalam menurunkan BOD. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi memodifikasi karakteristik permukaan adsorben, yang dapat mempengaruhi afinitasnya terhadap jenis senyawa tertentu dalam limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

Bakkara, C. G., Purnomo, A., 2022. Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, *11*(3).

Belladona, M., Nasir, N., Agustomi, E., 2020. Perancangan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Industri Batik Besurek di Kota Bengkulu. *Jurnal Teknologi*, *12*(1), 6–13.

Bija, S., Yulma, Imra, Aldian, Maulana, A., Rozi, A., 2020. Biochoagulant Synthesis Based on Chitosan from Bandeng Fishing Waste and Its Application of Reduction of BOD and COD Value of Tofu Waste In Tarakan City. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *23*(1), 86–92.

Hasibuan, R., Pardede, H. M., 2023. Pengaruh

Suhu dan Waktu Pirolisis terhadap Karakteristik Arang dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *12*(1), 46–53.

Nasrullah, Z., Rahmayanti, A., 2024. Kerja Praktek Teknik Lingkungan Eksploitasi Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik : Pendekatan Teknologi Ramah Lingkungan. *Kerja Praktek Lingkungan*, *1*(1), 37.

Qomariyah, A., Susanto, M. A. A., Apritanti, N., Retno, K. T., Putri, T. Y., 2022. Analisis Kadar Klorida Air Sumur Sekitar Kawasan Industri Muncar Banyuwangi dengan Metode Titrasi Argentometri. *Professional Health Journal*, *3*(2), 131–137.

Sari, F., Fitriyano, G., Syamsudin, Redjeki, A. S., Hadikusuma, H., 2022. Pengaruh pH dan Waktu Terhadap Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Arang Aktif dari Gambas (Luffa acutangula) atau Oyong Kering. *Jurnal Konversi*, *11*(1), 31–38.

Syauqiah, I., Nurandini, D., Prihatini, N. S., Simanjuntak, R. A., 2020. Analisis Pengaruh Dosis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi Pada Adsorpsi Logam Kadmium (CD) dari Limbah Cair Sasirangan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, *5*(April), 84–87.

Willy, T. A. E. D., Mukono, J., 2023. Pengolahan Air Limbah Proses Utama Menggunakan Wastewater Treatment Plant pada PT. Indonesia Power Grati POMU. *Media Gizi Kesmas*, *12*(1), 66–74.

Zaini, H., 2019. Study Efektifitas Penyerapan Pb (II) di Dalam Air Tercemar pada Bioadsorben Kulit Kacang Tanah dan Ampas Tebu. *Jurnal Vokasi*, *3*(1), 12.