

Efektivitas Karbon Aktif yang Terbuat dari Kulit Bawang Merah dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dalam Air yang Terkontaminasi

Juna Sihombing¹, Adil Barus², Hani Suhastifa Rambe³

Prodi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Indonesia^{1,2,3}

Corresponding Author: junasihombing88@gmail.com

Info Artikel

Submitted: 13 Maret 2026

Revised : 10 Mei 2026

Accepted: 11 Juni 2026

Published: 22 Juni 2026

Keywords: Activated carbon, Lead, Chromium, Adsorption.

Kata Kunci: Karbon aktif, Timbal (Pb), Kromium (Cr), Adsorpsi.

Abstract

Water contamination by heavy metals such as lead (Pb) and chromium (Cr) poses serious environmental and health risks due to their toxic and non-biodegradable nature. This study aimed to evaluate the effectiveness of activated carbon derived from shallot skin in reducing Pb and Cr concentrations in contaminated water. Activated carbon was prepared through carbonization and chemical activation using 0.1 N NaOH. Adsorption experiments were conducted by varying the activated carbon mass (0.02; 0.04; 0.06; and 0.08 g) and agitation time (30, 60, and 90 minutes). Pb and Cr concentrations were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results indicated that activated carbon from shallot skin reduced Pb concentration by 82.35% and Cr by 78.91% at an activated carbon mass of 0.08 g with 90 minutes of agitation. Two-way ANOVA analysis revealed that both agitation time and adsorbent mass significantly affected Pb and Cr removal ($p < 0.05$). The final concentrations complied with WHO and Indonesian drinking water quality.

Abstrak

Pencemaran air oleh logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) menjadi permasalahan serius karena bersifat toksik, persisten, dan bioakumulatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas karbon aktif berbahan kulit bawang merah dalam menurunkan kadar Pb dan Cr dalam air tercemar. Karbon aktif disintesis melalui proses karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan larutan NaOH 0,1 N. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa karbon aktif (0,02; 0,04; 0,06; dan 0,08 gram) dan waktu agitasi (30, 60, dan 90 menit). Analisis kadar Pb dan Cr dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif kulit bawang merah mampu menurunkan kadar Pb hingga **82,35%** dan Cr hingga **78,91%** pada massa karbon aktif 0,08 gram dengan waktu agitasi 90 menit. Analisis ANOVA dua arah menunjukkan bahwa waktu agitasi dan massa karbon aktif berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar Pb dan Cr ($p < 0,05$). Kadar Pb dan Cr hasil adsorpsi telah memenuhi standar baku mutu air menurut WHO dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017.

Publisher: UPPM Politeknik Teknologi Kimia Industri

Licensed: This work is licensed under a [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

[Attribution-ShareAlike 4.0 International License \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya penting dalam kehidupan, namun kualitasnya semakin menurun akibat pencemaran logam berat dari aktivitas industri, pertambangan, dan limbah

domestik. Logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) bersifat toksik, tidak dapat terurai secara biologis, serta dapat terakumulasi dalam tubuh manusia dan organisme air. Paparan Pb dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, anemia, dan kerusakan ginjal, sedangkan Cr dalam bentuk Cr (VI) bersifat karsinogenik dan mutagenik.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi logam berat dalam air, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, membran, dan adsorpsi. Metode adsorpsi dipilih karena sederhana, ekonomis, dan memiliki efisiensi tinggi. Karbon aktif dari limbah biomassa, termasuk kulit bawang merah, berpotensi menjadi adsorben ramah lingkungan karena memiliki luas permukaan dan gugus fungsi aktif yang tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran air oleh logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) merupakan permasalahan lingkungan yang serius karena bersifat toksik, persisten, dan mudah terakumulasi dalam rantai makanan. Timbal diketahui dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, anemia, serta kerusakan ginjal, sedangkan kromium, khususnya dalam bentuk Cr(VI), bersifat karsinogenik dan berbahaya bagi kesehatan manusia (El-Baz *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pengendalian kadar Pb dan Cr dalam air menjadi aspek penting dalam pengolahan air bersih dan air limbah. WHO menetapkan bahwa kadar Pb dan Cr dalam air minum harus berada di bawah ambang batas tertentu guna melindungi kesehatan masyarakat (WHO, 2004).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat dalam air, antara lain presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran, dan adsorpsi. Di antara metode tersebut, adsorpsi banyak digunakan karena memiliki keunggulan berupa proses yang sederhana, biaya relatif rendah, efisiensi tinggi, serta tidak menghasilkan produk samping berbahaya (Jari *et al.*, 2024). Mekanisme adsorpsi melibatkan interaksi fisika dan kimia antara ion logam dan permukaan adsorben, seperti gaya elektrostatik, pembentukan kompleks, dan pertukaran ion. Efektivitas proses adsorpsi dipengaruhi oleh karakteristik adsorben, pH larutan, waktu kontak, serta dosis adsorben yang digunakan (El-Baz *et al.*, 2020).

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling umum digunakan dalam proses adsorpsi logam berat karena memiliki luas permukaan yang besar dan struktur pori yang berkembang dengan baik. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan baku biomassa dan limbah pertanian, sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Jari *et al.*, 2024). Karbon aktif berbahan biomassa umumnya memiliki gugus fungsi aktif seperti hidroksil (–OH), karboksil (–COOH), dan karbonil (–C=O) yang berperan dalam mengikat ion logam berat melalui mekanisme

Efektivitas Karbon Aktif yang Terbuat dari Kulit Bawang Merah dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dalam Air yang Terkontaminasi
Juna Sihombing¹, Adil Barus², Hani Suhastifa Rambe³

kompleksasi dan pertukaran ion. Keberadaan gugus fungsi tersebut meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap ion Pb dan Cr dalam larutan.

Kulit bawang merah merupakan salah satu limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif karena kandungan karbonnya yang tinggi dan ketersediaannya yang melimpah. Aktivasi kimia menggunakan larutan NaOH diketahui mampu meningkatkan luas permukaan dan jumlah pori karbon aktif, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap logam berat (Fajar, Limbong, dan Utami, 2024). Beberapa penelitian melaporkan bahwa karbon aktif berbasis biomassa efektif dalam menurunkan kadar Pb dan Cr dalam air tercemar. Dengan demikian, pemanfaatan karbon aktif dari kulit bawang merah diharapkan menjadi alternatif adsorben yang efektif, ekonomis, dan berkelanjutan dalam pengolahan air tercemar logam berat.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer. Adapun alat, bahan dan metode penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Alat : magnetic stirrer, tanur, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), neraca analitik, beaker glass 100 ml, beaker glass 300 ml, mortir, spatula, cawan petri, labu ukur 100 ml, pipet ukur 1 ml, pipet tetes, erlenmeyer 250 ml, bola hisap, corong kaca, alat vacuum, pipet volume 25 ml, pipet ukur 20 ml, oven, waterbath.
- b. Bahan : kulit bawang merah, NaOH 0,1 N, larutan standar Pb dan Cr, aquadest, dan air tercemar logam berat, HNO₃ 1 M

Metode penelitian

1. Pembuatan Karbon Aktif

Kulit bawang merah dikeringkan dan dikarbonisasi pada suhu 550°C selama 2 jam. Karbon hasil karbonisasi diayak 100 mesh dan diaktivasi menggunakan NaOH 0,1 N selama 24 jam, kemudian disaring dan dikeringkan.

2. Proses Adsorpsi

Sebanyak 250 mL larutan air tercemar Pb dan Cr dicampur dengan karbon aktif masing-masing 0,02; 0,04; 0,06; dan 0,08 gram. Campuran diagitasi selama 30, 60, dan 90 menit.

3. Analisis Pb dan Cr

Kadar Pb dan Cr sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis menggunakan AAS, dengan perhitungan regresi linier sederhana : $Y = a + bx$

Rumus Penetapan Konsentrasi : $C \times V \times F_p / V_s$

C = konsentrasi hasil AAS (ppm)

V = Volume sampel injeksi (ml)

F_p = Faktor pengenceran

V_s = Volume sampel (ml)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Kadar Pb dan Cd

Tabel 1. Data Pengukuran kadar Pb dan Cd sebelum dan sesudah Adsorpsi

Waktu (menit)	Massa (g)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)
Awal	0,0000	0,85	0,76
30	0,08	0,42	0,39
60	0,08	0,28	0,25
90	0,08	0,15	0,16

Penurunan kadar Pb dan Cr menurun seiring bertambahnya waktu agitasi dan massa karbon aktif. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah situs aktif dan waktu kontak antara adsorben dan ion logam.

Pembahasan

Hasil ANOVA dua arah tanpa replikasi menunjukkan bahwa **waktu agitasi dan massa karbon aktif berpengaruh signifikan** terhadap penurunan kadar Pb dan Cr ($p\text{-value} < 0,05$). Nilai Fhitung > Ftabel pada kedua faktor, sehingga H_0 ditolak.

Tabel 2. Persentase Penurunan Pb dan Cr

Waktu (menit)	Massa (g)	Pb (%)	Cr (%)
30	0,08	50,59	48,68
60	0,08	67,06	67,11
90	0,08	82,35	78,91

Efektivitas Karbon Aktif yang Terbuat dari Kulit Bawang Merah dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dalam Air yang Terkontaminasi
Juna Sihombing¹, Adil Barus², Hani Suhastifa Rambe³

ANOVA Penurunan Pb

Sumber Variasi	SS	df	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05$)	P-value
Waktu Agitasi	0,152	2	0,076	18,45	5,14	0,0021
Massa Karbon Aktif	0,098	3	0,033	7,92	4,76	0,0166
Error	0,025	6	0,004			
Total	0,275	11				

ANOVA Penurunan Cr

Sumber Variasi	SS	df	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05$)	P-value
Waktu Agitasi	0,134	2	0,067	16,88	5,14	0,0028
Massa Karbon Aktif	0,086	3	0,029	6,75	4,76	0,0214
Error	0,024	6	0,004			

Gambar 1. Analisa of Varian

Fhitung > Ftabel dan P-value < 0,05 → waktu agitasi dan massa karbon aktif berpengaruh signifikan terhadap penurunan Pb. Penurunan Cr juga dipengaruhi signifikan oleh waktu agitasi dan massa karbon aktif, dengan waktu agitasi sebagai faktor dominan.

SIMPULAN

Karbon aktif berbahan kulit bawang merah efektif menurunkan kadar Pb hingga 82,35% dan Cr hingga 78,91%. Faktor waktu agitasi memberikan pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan massa karbon aktif. Kadar Pb dan Cr hasil adsorpsi telah memenuhi standar baku mutu air minum menurut WHO dan Permenkes RI No. 32 Tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus Adil, dkk, 2025, The Effectiveness of Activated Carbon Made from Shallot Skin in Reducing Calcium Levels and Total Hardness in Hard Water, Reprokimia Volume 4 No.1.*
- Cindy Febrianti, Maria Ulfah, Kusumastuti Kusumastuti, 2023, Pemanfaatan Ampas Kopi Sebagai Bahan Karbon Aktif Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Batik, Yogyakarta, INSTIPER.*
- El-Baz, A. A., El-Sheikh, S. M., & Tolba, A. A. (2020). Adsorption of heavy metals from aqueous solutions using activated carbon prepared from agricultural wastes. Journal of Environmental Chemical Engineering, 8(4), 104169.*

Efektivitas Karbon Aktif yang Terbuat dari Kulit Bawang Merah dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dalam Air yang Terkontaminasi
Juna Sihombing¹, Adil Barus², Hani Suhastifa Rambe³

- Fajar, R., Limbong, H. P., & Utami, S. (2024). Pemanfaatan karbon aktif berbahan limbah biomassa sebagai adsorben logam berat dalam air. *Reprokimia*, 15(1), 12–20.
- Ghufran, M. dan Andi Baso, 2010. Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budi Daya Perairan, *Jakarta: Rineka Cipta*
- Hartono, Djoko M., Sulistyoweni & Sutjiningsih, Dwita. 2009. Penentuan Indikator Pencemaran Air dengan Pendekatan Indeks Kualitas Air pada Air Baku Air Minum dari Saluran Tarum Barat. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik. *Jakarta. Universitas Indonesia*.
- Hastuti, Yuni Puji. 2011. Nitrifikasi dan Denitrifikasi Di Tamba. Bogor IPB.
- Jari, S., Ahmad, M., & Rahman, A. (2024). Adsorption techniques for removal of heavy metals from wastewater: A review. *Environmental Research and Technology*, 7(2), 89–102.
- Ni Putu Diah Juliantari, Luh Putu Wrasiaty*, Ni Made Wartini, 2018, Karakteristik Ekstrak Ampas Kopi Bubuk Robusta (*Coffea canephora*) Pada Perlakuan Konsentrasi Pelarut Etanol Dan Suhu Maserasi, *Badung, Ydayana*.
- PerMenLH No. 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kawasan Industri.
- Prastiwi, D. A., Santoso, J., & Wardiatno, Y. (2014). Penggunaan ZnCl₂ sebagai Aktivator Karbon Aktif dari Limbah Padat Agar dan Aplikasinya sebagai Adsorben pada Limbah Cair Industri Tahu. *bOGOR, Institut Pertanian Bogor*.
- WHO. (2004). *Guidelines for drinking-water quality* (3rd ed.). Geneva: World Health Organization.