

PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENYISIHKAN KANDUNGAN PB (TIMBAL) LIMBAH OLI

Utilization of Sawdust as Adsorbent in Removing Pb (Lead) Content of Waste Oil

Sri Slamet Mulyati^{1*}, Irmawartini Irmawartini¹, Ade Kamaludini¹, Fatimah Fatimah¹

¹ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung,
Email: srislamet@staff.poltekkesbandung.ac.id

ABSTRACT

Oil was one of the hydrocarbon pollutants. Waste oil generally consists of water, crude oil, and solid particulate matter. Hazardous substances and other toxic materials contained in waste oil make this waste must be treated to reduce its toxicity. Pb or lead was a toxic substance produced from industrial activities using oil, painting, agrochemicals, etc. The study aimed to determine the ability of the sawdust adsorbent to remove the heavy metal lead (Pb) in waste oil. This research method was a laboratory-scale quasi-experiment for field applications. The population was all oil waste taken by the grab sample method, while the sample was part of the waste. Treated and controlled oil. The non-parametric test results showed that there was a difference in the average Pb content in the waste oil after being treated with various doses of sawdust adsorbent (p value=0.008). The amount of removal of Pb content in waste oil was in the range of 66.55-91.24%. It can be concluded that sawdust adsorbent can remove Pb in waste oil.

Keywords: Adsorption capacity, adsorbent

ABSTRAK

Oli merupakan salah satu polutan hidrokarbon. Secara umum limbah oli terdiri atas air, *crude oil*, dan *solid particulate matter*. Substansi bahaya dan bahan toksik lainnya yang terkandung dalam limbah oli, menjadikan limbah tersebut harus diolah untuk mengurangi toksisitasnya. Pb atau timbal merupakan salah satu substansi toksik yang dihasilkan dari kegiatan industri yang menggunakan oli, painting, agrokimia, dan lain-lain. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorben serbuk gergaji dalam menyisihkan logam berat timbal (Pb) dalam limbah oli. Metode penelitian ini adalah eksperimen semu skala laboratorium untuk aplikasi lapangan. Populasi adalah seluruh limbah oli yang diambil dengan metode *grab sample*, sedangkan sampel adalah sebagian limbah oli yang diberikan perlakuan dan kontrol. Hasil uji non parametrik menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata kandungan Pb dalam limbah oli setelah diberi perlakuan berbagai dosis adsorben serbuk gergaji (p -value=0,008). Besar penyisihan kandungan Pb dalam limbah oli pada kisaran 66,55-91,24%. Dapat disimpulkan bahwa adsorben serbuk gergaji mempunyai kemampuan untuk menyisihkan Pb dalam limbah oli.

Kata kunci: Kapasitas adsorpsi, adsorben

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara manufaktur mobil kedua terbesar di Asia Tenggara dan ASEAN setelah Thailand. Banyak perusahaan manufaktur mobil yang memproduksi di negara Indonesia.¹ Konsekuensi dari kondisi ini sudah pasti masalah limbah. Maraknya bengkel-bengkel perawatan kendaraan bermotor seiring dengan penggunaan oli yang meningkat pula. Oli bekas termasuk ke dalam limbah B3. Setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan terhadap limbah B3 yang dihasilkannya.²

Hidrokarbon minyak bumi adalah polutan lingkungan yang paling umum di dunia. Tumpahan minyak ini dapat menimbulkan bahaya besar bagi ekosistem darat dan laut. Pencemaran minyak dapat timbul baik secara tidak sengaja atau operasional setiap kali minyak diproduksi, diangkut, disimpan dan diproses atau digunakan di laut atau di darat.³ Oli merupakan salah satu polutan hidrokarbon. Idealnya bahan yang berbahaya harus melewati uji toksisitas sebelum dibuang ke lingkungan seperti di negara USA, yaitu uji TCLP.⁴

Secara umum limbah oli terdiri atas air, *crude oil*, dan *solid particulate matter*. Substansi bahaya dan bahan toksik lainnya yang terkandung dalam limbah oli, menjadikan limbah tersebut harus diolah untuk mengurangi toksisitasnya. Beberapa contoh penanganan diantaranya adalah pyrolisis, sentrifugasi, flotasi, dan proses kombinasi lainnya.⁵

Pb atau timbal merupakan salah satu substansi toksik yang dihasilkan dari kegiatan industri yang menggunakan oli, painting, agrokimia, dan lain-lain. Toksisitas Pb terhadap lingkungan dan juga manusia, menjadikan para ilmuwan kosen dengan sumber polutan tersebut.⁶

Penggunaan media berpori seperti karbon aktif juga merupakan salah satu

upaya pengolahan limbah oli. Ada proses yang harus dilalui ketika media berpori tersebut akan digunakan untuk mengolah limbah yaitu proses aktivasi. Sebuah penelitian terhadap limbah oli dan lemak telah dilakukan dengan menggunakan cara aktivasi *corn cobs activated carbon*.⁷ Penelitian lainnya juga menunjukkan hasil yang efektif dalam menyisihkan limbah hidrokarbon. Adapun media yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah serbuk gergaji yang sudah diaktivasi dengan luas permukaan $1400\text{m}^2/\text{g}$.⁸

METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimen semu dengan skala laboratorium untuk diaplikasikan di lapangan. Penelitian ini menggunakan desain *Posttest With Control* Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh limbah oli yang diambil dengan metode *grab sample*. Sedangkan sampel adalah sebagian limbah oli yang diberikan perlakuan dengan pembubuhan adsorben serbuk gergaji dan kontrol, selanjutnya diperiksa kandungan Pb nya.

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan aktivasi serbuk gergaji. Serbuk gergaji atau sorben yang sudah bersih dikeringkan pada suhu 80°C sampai diperoleh berat konstan. Selanjutnya serbuk gergaji digunakan sebagai adsorben dengan cara menghaluskan dan menimbang sesuai kebutuhan penelitian (2 gr, 4 gr, 6 gr, 8 gr, dan 10 gr).

Langkah kedua setelah aktivasi media adsorben adalah membuat kurva kalibrasi untuk Pb. Limbah oli sebanyak 1 liter dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Masukkan adsorben serbuk gergaji ke dalam beaker glass @ 2,4,6,8, dan 10 gram. Selanjutnya proses pengadukan menggunakan *jar test* dengan kecepatan

150 rpm selama 2 jam dan kecepatan rendah 60 rpm selama 30 menit. Kontrol hanya diaduk tanpa pembubuhan adsorben. Selanjutnya selanjutnya sampel yang sudah diaduk dimasukkan ke dalam kuvet dan diperiksa dengan spektrofotometer. Hitung persentase penyisihan sesudah perlakuan.

HASIL

Pemeriksaan Logam Berat Timbal (Pb)

Berikut ini hasil pemeriksaan kandungan logam berat timbal (Pb) dalam limbah oli sesudah ditambahkan adsorben serbuk gergaji.

Tabel 1. Kandungan Pb limbah Oli Setelah Pembubuhan Adsorben Serbuk Gergaji

Pengulangan	Baku mg/L	Kandungan Pb setelah pembubuhan adsorben serbuk gergaji (mg/L)				
		2 gr	4 gr	6 gr	8 gr	10 gr
1	47,38	18,55	21,27	18,55	1,86	2,19
2		16,25	19,35	23,53	3,24	3,36
3		21,36	18,34	17,59	3,57	3,07
4		21,10	18,8	17,72	3,07	2,11
Rata-rata		15,85	16,35	16,68	3,95	4,15
Penyisihan		66,55%	65,49	64,79	91,66	91,24

Tabel 1 menunjukkan bahwa besar penyisihan kandungan Pb dalam limbah oli pada kisaran 66,55-91,24%. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa data hasil pengukuran kandungan Pb berdistribusi tidak normal ($p < 0,05$). Atas dasar tersebut uji kemaknaan perbedaan dosis adsorben serbuk gergaji terhadap kandungan Pb limbah oli tersebut menggunakan uji Kruskal Wallis. Hasil uji non parametrik ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata kandungan Pb dalam limbah oli setelah diberi perlakuan berbagai dosis adsorben serbuk gergaji ($p \text{ value} = 0,008$).

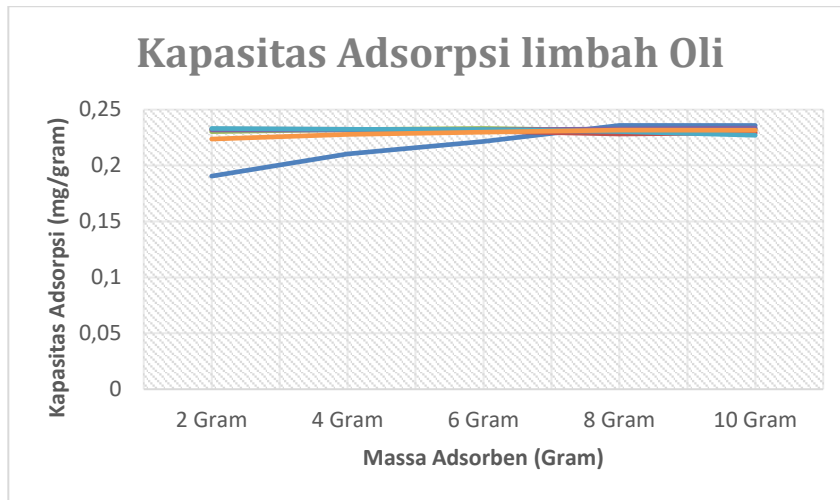
Berdasarkan hasil konsentrasi dan massa adsorben yang digunakan untuk menyisihkan kandungan Pb, dapat dihitung kapasitas adsorpsi dari adsorben serbuk gergaji tersebut. Seperti dikutip dari penelitian yang menguji kemampuan adsorben serbuk gergaji, kapasitas adsorpsi dalam penelitian ini dapat

dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut :⁹

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m \text{ adsorben}} \times V$$

Keterangan :

Q_e : Kapasitas adsorpsi (mg/g)
C_i: Nilai konsentrasi limbah awal (mg/L)
C_e : Nilai konsentrasi limbah akhir (mg/L)
m adsorbe : Massa adsorben (gr)
V : Volume adsorbat (L)



Gambar 1. Kapabilitas Adsorpsi Serbuk Gergaji Terhadap Limbah Oli

Tampak pada gambar 1 di atas bahwa kapasitas adsorpsi limbah oli mengalami penurunan pada massa adsorben 10 gram. Penelitian ini baru skala laboratorium, belum melibatkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi penyisihan limbah Pb dalam oli. Kapasitas adsorpsi terendah sebesar 0,05 mg/gram dan tertinggi sebesar 0,25 mg/gram.

PEMBAHASAN

Penelitian sejenis lainnya sudah memperhitungkan laju alir, menggunakan reaktor dalam proses pewadahan limbahnya, dan sudah diaktivasi adsorbennya, kapasitas adsorpsi tertingginya sebesar 0,0348 mg/gram, dengan laju alir 2 ml/menit. Adapun adsorben yang digunakan pada penelitian tersebut adalah limbah kulit pisang dengan limbah Pb artifisial.¹⁰ Proses aktivasi sampah serbuk gergaji dilakukan secara fisik dengan pemanasan menggunakan peralatan rumah tangga sederhana. Proses aktivasi limbah kulit pisang dilakukan secara kimia menggunakan larutan NaOH 3%. Keduanya termasuk kelompok adsorben non polar, adsorben yang mempunyai kemampuan tinggi

dalam menyerap senyawa yang bersifat basa. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi selain jenis adsorbennya adalah konsentrasi zat, luas permukaan, tekanan, daya larut terhadap adsorben, koadsorpsi, dan pengadukan.¹¹ Luas permukaan sampah serbuk gergaji yang sudah diaktivasi adalah 80 mesh, perlakuan yang diberikan adalah dengan cara membubuhkan media adsorben dan melibatkan proses pengadukan. Limbah pisang kepok hanya dipotong kecil-kecil sampai ukuran 1-2 cm dan tidak ada proses pengadukan. Walaupun keduanya sama-sama sebagai biosorben non polar, kapasitas adsorpsi terbesar ditunjukkan oleh sampah serbuk gergaji yang memiliki luas permukaan yang lebih besar dan ada proses pengadukan di dalamnya..

Apabila dilihat berdasarkan jenis limbah olinya, terdapat perbedaan kapasitas adsorpsi antara jenis *diesel oil* dan *heating oil*. Serbuk gergaji memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap jenis limbah *diesel oil*.¹² Ketika penelitian ini memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian lainnya boleh jadi dikarenakan jenis limbah olinya berbeda

Persentase penyisihan terbesar limbah Pb oli dalam penelitian ini adalah 91,66 %. Kondisi ini dicapai ketika massa adsorben sebesar 8 gram/L, namun ketika konsentrasi adsorben meningkat menjadi 10 gram/L persentase penyisihan mengalami penurunan menjadi 91,24%. Selain karena kapasitas adsorpsinya mengalami penurunan, kondisi ini juga bisa disebabkan oleh permukaan pori adsorben yang sudah jenuh dengan adsorbat. Ketika kondisi ini terjadi ada 2 kemungkinan yaitu terbentuknya lapisan adsorpsi kedua, ketiga, dan seterusnya atau tidak terbentuknya lapisan adsorpsi sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi akan terus berdifusi keluar pori.¹³ Ketika konsentrasi dinaikkan menjadi 10 gram/L, sebagian kecil limbah Pb oli dalam penelitian ini ada kemungkinan berdifusi keluar pori ketika permukaan adsorbennya jenuh.

Proses pengadukan merupakan salah satu faktor yang juga mempengaruhi kapasitas adsorben dalam mengadsorpsi. Sebuah penelitian lain menunjukkan penyisihan Pb sebesar 99% dengan perlakuan adsorben serbuk gergaji, melibatkan variasi laju alir, ketebalan media, pengaturan pH, dan pengadukan. Kapasitas adsorpsi mencapai 1,25-2 gram/Kg massa adsorben serbuk gergaji.¹⁴ Pengaturan pH dalam penelitian tersebut berada pada kisaran 5-5,5. Tampak bahwa kapasitas adsorpsi serbuk bergaji dengan perlakuan pengadukan lebih tinggi dari kapasitas adsorpsi limbah kulit pisang tanpa pengadukan ketika sama-sama digunakan untuk menyisihkan logam berat Pb. Namun demikian kapasitas adsorpsi limbah kulit pisang masih lebih tinggi dari kapasitas adsorpsi serbuk gergaji ketika berada pada kondisi pH cenderung asam. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa senyawa yang terlarut dalam keadaan basa akan teradsorpsi lebih besar oleh biosorben.

Idealnya untuk mengetahui kemampuan adsorben dalam menyisihkan logam berat dapat ditempuh melalui uji laboratorium terlebih dahulu. Seperti dilakukan dalam penelitian lain sebelumnya, kadar air, kelarutan dalam air, kelarutan dalam asam, luas permukaan, diameter pori, dan total volume pori menjadi karakteristik yang pertama kali diidentifikasi. Serbuk gergaji yang diaktivasi dengan perlakuan asam dan pemanasan dalam oven mempunyai luas permukaan 1400 m²/gram dan rerata diameter pori 42,6Å. Kedua parameter tersebut yang dapat menjadi indikator *performance* CSRD (*Chemically Carbonized Rubber Wood Sawdust*) sebagai adsorben yang efisien. Kapasitas adsorpsi dalam penelitian tersebut sebesar 38,56 mg/g.¹⁵ Sementara penelitian kami belum melakukan uji CSRD seperti penelitian sebelumnya hanya sudah mengupayakan adsorben yang digunakan dalam bentuk serbuk yang sangat halus dengan tujuan untuk memperluas bidang penyerapan.

Kombinasi media adsorben yang digunakan dalam penyisihan logam berat Pb juga telah dilakukan dalam penelitian lainnya. Media adsorben yang digunakan juga berbasis bahan lokal yaitu ampas teh dan kitosan. Penyisihan logam berat Pb dalam penelitian tersebut mencapai 90,6% dengan dosis kombinasi adsorben 1,4 g/L.¹⁶ Penyisihan logam berat Pb menggunakan satu media adsorben serbuk gergaji masih lebih besar dibandingkan dengan adsorben kombinasi. Kondisi ini bisa saja disebabkan oleh daya larut yang berbeda antara Pb dalam limbah cair PT X dengan Pb dalam limbah oli terhadap adsorben. Kedua penelitian tersebut sama-sama belum melakukan uji kelarutan dari masing-masing adsorbennya dan menggunakan jenis adsorben yang berbeda.

Proses aktivasi media adsorben serbuk gergaji secara kimia menggunakan asam nitrat juga terbukti menyisihkan logam berat Pb. Diameter media yang digunakan berukuran 70 mesh. Persentase penyisihan logam berat Pb sebesar 97,97% dengan kapasitas adsorpsi 0,15 mg/mg.¹⁷ Kapasitas adsorpsi serbuk gergaji terhadap Pb dalam limbah oli lebih besar dari penelitian tersebut walaupun penyisihannya sedikit rendah yaitu 91,66%. Kondisi ini bisa saja disebabkan oleh cepat jenuhnya adsorben serbuk gergaji dalam penelitian kami walaupun permukaan bidang serapnya lebih luas (80 mesh). Logam berat Pb masih memungkinkan keluar dari pori adsorben ketika media tersebut jenuh sehingga konsentrasi Pb yang terukur lebih tinggi. Proses aktivasi media adsorben keduanya juga berbeda. Secara keseluruhan dapat dicermati bahwa perbedaan jenis adsorben menghasilkan kapasitas adsorpsi logam berat Pb yang berbeda-beda pula. Proses aktivasi ganda (fisik dan kimia) menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan aktivasi *single*. Ketika perlakuan aktivasi sama-sama *single* namun menunjukkan perbedaan kapasitas adsorpsi sehingga persentase penyisihannya juga berbeda, ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu luas permukaan, daya larut adsorben, proses pengadukan, ketebalan media, laju alir, dan pH optimum.

SIMPULAN

Adsorben serbuk gergaji mempunyai kemampuan untuk menyisihkan Pb dalam limbah oli. Terdapat rata-rata kandungan Pb dalam limbah oli setelah diberi perlakuan berbagai dosis adsorben serbuk gergaji (p-value=0,008). Kapasitas adsorpsi mengalami penurunan ketika konsentrasi adsorben sebesar 10mg/L limbah oli.

DAFTAR RUJUKAN

1. Nurhidayanti N, Arinih C. Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Pt. Ytk Indonesia. *J Ilm Inform Arsit dan Lingkungan*. 2019;14(2):93-102.
2. Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009*. Published online 2009:12-42.
3. Bayat Z, Hassanshahian M, Cappello S. Immobilization of Microbes for Bioremediation of Crude Oil Polluted Environments: A Mini Review. *Open Microbiol J*. 2015;9:48-54. doi:10.2174/1874285801509010048
4. Vicharana Intrakamhaeng, Kyle A. Clavier TGT. Hazardous waste characterization implications of updating the toxicity characteristic list. *J Hazard Mater*. 2020;383(121171).
5. Hui K, Tang J, Lu H, Xi B, Qu C, Li J. Status and prospect of oil recovery from oily sludge:A review. *Arab J Chem*. Published online 2018;13(8): 6523-6543. doi:10.1016/j.arabjc.2020.06.009
6. Kumar A, Kumar A, Cabral-Pinto M, et al. Lead toxicity: Health hazards, influence on food Chain, and sustainable remediation approaches. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(7):1-33. doi:10.3390/ijerph17072179
7. Igwegbe CA, Umembamalu CJ, Osuagwu EU, Oba SN, Emembolu LN. Studies on Adsorption Characteristics of Corn Cobs Activated Carbon for the Removal of Oil and Grease from Oil Refinery Desalter Effluent in a Downflow Fixed Bed Adsorption Equipment. *Eur J Sustain Dev Res*. 2020;5(1):1-14. doi:10.29333/ejosdr/9285
8. Kumar A, Gupta H. Activated carbon from sawdust for naphthalene removal from contaminated water. *Environ Technol Innov*.

- 2020;20(1):101080.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101080>
9. Widi Astuti BK. Adsorpsi Pb²⁺ dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *J Bahan Alam Terbarukan*. 2015;4(1):27-33.
doi:10.15294/jbat.v4i1.3769
 10. Nisak K. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata L.) Sebagai Bioadsorben Timbal (Pb) Dengan Sistem Kontinyu.*; 2022. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
 11. Widayatno T, Yuliatwati T, Susilo AA, et al. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *J Teknol Bahan Alam*. 2017;1(1):17-23.
 12. Meez E, Hosseini-Bandegharai A, Rahdar A, Thysiadou A, Matis KA, Kyzas GZ. Synthetic oil-spills decontamination by using sawdust and activated carbon from aloe vera as absorbents. *Biointerface Res Appl Chem*. 2021;11(4):11778-11796.
doi:10.33263/BRIAC114.1177811796
 13. Irawan C. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Fe Dengan Menggunakan Fly Ash Sebagai Adsorben. *Seminastika*. Published online 2018:291-293.
 14. Taty-Costodes VC, Fauduet H, Porte C, Ho YS. Removal of lead (II) ions from synthetic and real effluents using immobilized *Pinus sylvestris* sawdust: Adsorption on a fixed-bed column. *J Hazard Mater*. 2005;123(1-3):135-144.
doi:10.1016/j.jhazmat.2005.03.032
 15. Biswas S, Mishra U. Continuous Fixed-Bed Column Study and Adsorption Modeling: Removal of Lead Ion from Aqueous Solution by Charcoal Originated from Chemical Carbonization of Rubber Wood Sawdust. *J Chem*. 2015;2015:1-9.
doi:10.1155/2015/907379
 16. Suwazan D, Nurhidayanti N. Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Teh Sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal Pada Limbah Cair PT PXI. *J Ilmu Lingkung*. 2022;20(1):37-44.
doi:10.14710/jil.20.1.37-44
 17. Intan D, Said I, Abram H. Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal (The Utilization of Sawdust Biomass as Adsorbent for Lead Metal). *J Akad Kim*. 2016;5(4):166-171.