

Analisis Pengaruh Surfaktan Terhadap Penyisihan Logam Tanah Tercemar Minyak Bumi

Hadrah⁽¹⁾, Anggrika Riyanti, Febbi Widyatama Pratiwi
e-mail : hadrah@unbari.ac.id

⁽¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jambi

Abstrak

Logam Timbal (Pb) merupakan bahan pencemar berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup sehingga akan terakumulasi di lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas *soil washing* dengan metode *leaching column* dalam menurunkan konsentrasi logam Timbal (Pb) pada tanah tercemar minyak bumi. Metode ini menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebagai variabel dengan variasi konsentrasi 0, 0,5 g/l, 1 g/l, dan variasi pengulangan. Tanah tercemar minyak bumi yang dianalisis berjenis loamy sand dengan kandungan logam Timbal (Pb) awal 5,17 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam Timbal (Pb) setelah dilakukan *soil washing* mengalami penurunan. Dengan efisiensi penyisihan 94,33% untuk konsentrasi 0, 98,36% pada konsentrasi 0,5 g/l, 98,47% untuk konsentrasi 1 g/l. Sedangkan variasi pengulangan *leaching* 1 kali, 2 kali dan tanpa pengulangan efisiensi penyisihannya sebesar 98,67%, 98,88%, dan 98,36%. Penyisihan tertinggi terjadi pada pengulangan *leaching* 2 kali dengan konsentrasi surfaktan 0,5 g/l yaitu 98,88%.

Kata kunci: logam timbal (Pb), *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS), *Soil Washing*

Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia mengakibatkan meningkatnya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi bahan bakar minyak, kegiatan tersebut jika dilakukan secara berlebihan akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu limbah. Salah satu limbah kegiatan tersebut adalah tanah tercemar minyak. Tanah tercemar minyak bisa dikategorikan sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena membahayakan makhluk hidup dan lingkungannya seperti tertuang dalam PP No. 22 Tahun 2021 pada lampiran IX.

Minyak bumi mengandung komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Komponen non-hidrokarbon dalam minyak bumi dapat berupa unsur-unsur logam berat. Beberapa logam berat tergolong berbahaya seperti, merkuri (Hg), kadmium (Cd), argon (Ag), timbal (Pb), arsen (As), copper (Cu), dan cromium (Cr) (Sudarmaji, 2006).

Penelitian sebelumnya oleh Panich-pat 2 dkk. (2004) menunjukkan kadar timbal (Pb) sebesar 266,7 mg/kg terdapat pada tanah bekas penambangan minyak bumi. Upaya yang dilakukan untuk menyisihkan kontaminan pada tanah adalah dengan melakukan remediasi. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu mencuci tanah (*Soil Washing*) yang merupakan teknologi yang menjanjikan menghilangkan kontaminasi logam berat dari tanah dengan penambahan surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) dengan efisiensi kurang lebih 76% untuk menyisihkan logam dalam tanah (Chaiyaraksa et al., 2004).

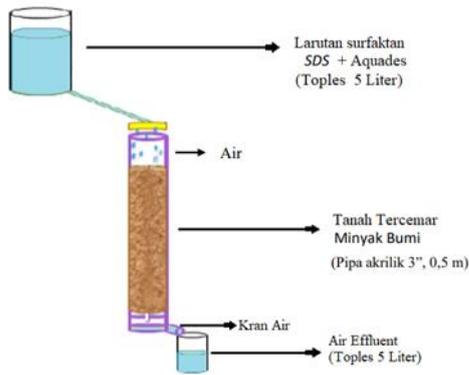
Penelitian ini akan menganalisis efisiensi pengaruh surfaktan terhadap penyisihan logam timbal (Pb) tanah tercemar minyak bumi menggunakan surfaktan Sodium Dodecyl Sulfat (SDS).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Eksperimen *soil washing* dilakukan menggunakan sampel tanah tercemar minyak bumi. Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Batanghari. Waktu penelitian berlangsung selama 6 bulan yaitu dari bulan Juni 2022 sampai Desember 2022.

Metode yang digunakan adalah *Soil washing* menggunakan *leaching column* dengan variabel yang digunakan adalah surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dengan variasi konsentrasi 0, 0,5 g/l, 1 g/l, dan variasi pengulangan sebanyak 0, 1, serta 2 kali pengulangan.

Penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut: reactor *leaching column* seperti pada gambar 1 yang digunakan sebagai percobaan *soil washing* untuk penyisihan logam tanah yang tercemar minyak bumi, gelas piala, cawan, oven, neraca analitik, spatula, dan desikator. Bahan yang digunakan sebagai indikator penyisihan logam pada tanah yang tercemar minyak bumi yaitu surfaktan Sodium Dodecyl Sulfat (SDS).



Gambar 1. Reaktor Leaching Column

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Logam Timbal (Pb) Tanah Tercemar Minyak bumi

Proses eksplorasi yang menyebabkan tingginya kandungan timbal pada tanah karena, minyak bumi merupakan senyawa kimia yang terdiri dari unsur-unsur Karbon, Hidrogen, Sulfur, Oksigen, Halogenida, dan logam. Hasil uji logam awal pada sampel tanah tercemar minyak bumi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Konsentrasi logam Timbal (Pb) awal pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Sampel	Konsentrasi Logam Pb (mg/kg)
Awal	5,17

Tabel 1 menunjukkan hasil uji konsentrasi logam Pb (Timbal) pada tanah tercemar minyak bumi pada sampel awal sebesar 5,17 mg/kg. Menurut Widowati (2008), rata-rata Timbal (Pb) yang terdapat pada tanah adalah sebesar 5-25 mg/kg. Sebenarnya penetapan ambang batas konsentrasi logam di tanah sulit dilakukan, dikarenakan faktor-faktor seperti sifat tanah dan kondisi tanah yang berbeda-beda setiap wilayah. Konsentrasi timbal pada tanah dapat dipengaruhi oleh lamanya polutan berada diatas tanah atau mencemari tanah sehingga senyawa organik mengalami degradasi

Setelah melakukan uji kandungan logam awal , dilakukan uji kadar air yang pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang berada pada sampel tanah saat pengujian parameter logam sebelum proses *soil washing* dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar Air pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

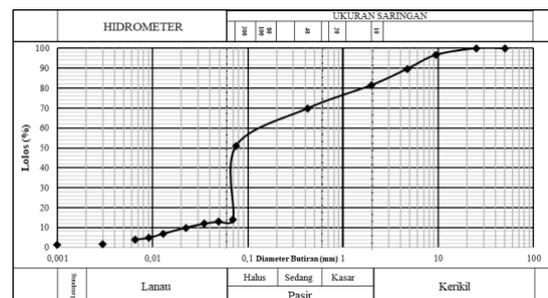
Sampel	Awal	C1	C2	C3	R1	R2	R3
Kadar Air (%)	4,68	4,47	0,980	0,26	0,98	0,14	0,19

Tabel 2 menunjukkan hasil uji kadar air pada sampel tanah tercemar minyak bumi sebelum proses *soil washing*

(sampel awal) telah relatif kecil (dibawah 5%). Tesktur tanah yang tergolong *loamy sand* dimana persentase pasir (*sand*) yang cukup besar sehingga tanah tidak mengikat air cukup besar yang menyebabkan hal tersebut. Kadar air sampel tanah tercemar minyak bumi setelah proses *soil washing* (sampel C1-R3) relatif kecil (dibawah 5%) sehingga pengujian kandungan logam Pb (Timbal) dapat dilakukan.

Analisis Tekstur Tanah Tercemar Minyak Bumi

Soil washing merupakan metode pemisahan tanah dari kontaminan pencemar secara kimia-fisik sehingga efektifitasnya juga akan dipengaruhi oleh karakteristik fisik tanah dan kandungan kontaminan pada tanah secara spesifik. Pada penelitian ini, uji tekstur tanah dilakukan untuk mengetahui komposisi ukuran butiran pada tanah karena kontaminan logam pada umumnya akan banyak terkandung pada ukuran butiran tanah yang kecil (fraksi liat). Untuk itu perlu dilakukan uji tekstur tanah tercemar minyak bumi melalui pengujian grain size yang meliputi komposisi pasir (*sand*); lanau (*silt*) dan lempung (*clay*), pengujian kadar air dan parameter lainnya juga dilakukan seperti kandungan pencemar berupa logam Pb (timbal). Hasil uji saringan dan hidrometer disajikan daam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Distribusi Ukuran Tanah

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah gambar 2 menunjukkan hasil uji saringan dan hidrometer pada sampel tanah tercemar minyak bumi. Grafik distirbusi ukuran partikel pada sampel menunjukkan bahwa sampel tanah mengandung 18,41% kerikil (*gravel*), 67,65% pasir (*sand*), 12,52% lanau (*silt*) dan 1,42% lempung (*clay*).

Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan

Surfaktan SDS bersifat anionik sehingga tidak mudah teradsorb ke permukaan tanah yang pada umumnya bermuatan negatif, yang memiliki sifat amphifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel mengandung gugus polar. SDS memiliki Konsentrasi Kritik Misel (KKM) sebesar 400 mg/l sehingga pada penelitian ini konsentrasi terkecil yang digunakan adalah 0,5 g/l. Penggunaan surfaktan dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan mengakibatkan teradsorpsinya surfaktan ke permukaan tanah.

Hasil uji logam awal pada sampel tanah tercemar minyak bumi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Konsentrasi Surfaktan menggunakan leaching column

Sampel	Konsentrasi Surfaktan (g/l)	Konsentrasi Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal	-	5,17	-
C1 (Blanko)	0	0,293	94,33
C2	0,5	0,085	98,36
C3	1	0,079	98,47

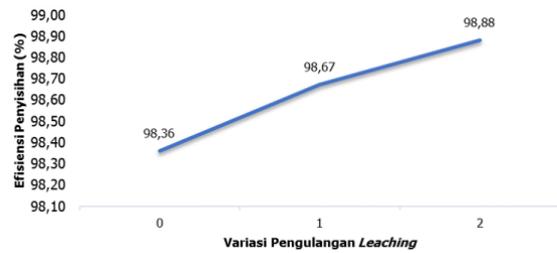
Dari tabel diatas terjadi penyisihan timbal (Pb) yang optimal dari tanah *loamy sand*, tanah dengan tekstur ini memiliki luas permukaan minimal, sehingga sulit untuk menahan air dan menyerap unsur-unsur yang ada pada tanah (Hardjowigeno, 2010). Hal ini yang menyebabkan penurunan logam Pb pada konsentrasi surfaktan 0 sebesar 94,33%, yang juga sejalan dengan logam berat Pb yang memiliki sifat larut dalam air dan tingkat kelarutannya rendah dengan beberapa anion (Darmono, 2001). Sehingga logam Pb pada tanah dapat tersisihkan tanpa menggunakan surfaktan. Pada konsentrasi 0,5 g/l, dan 1 g/l dengan persentase penyisihan masing-masing konsentrasi adalah 98,36% dan 98,47%. Hoseinian et al. (2018) melakukan penelitian mengenai kondisi optimum dan mekanisme penyisihan logam Zn dengan menggunakan surfaktan sodium dodecyl sulfat (SDS). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan memiliki efek yang besar terhadap penyisihan logam. Hasil penelitian didapatkan kondisi optimum untuk penyisihan logam adalah pada konsentrasi SDS sebesar 0,1765 ppm dengan persen penyisihan sebesar 76%.

Analisis Pengaruh Variasi Pengulangan Leaching

Pada variasi pengulangan *leaching* jumlah konsentrasi surfaktan yang digunakan, yaitu sebanyak 0,5 g/l. Penyisihan Timbal (Pb) dengan variasi pengulangan *leaching* menunjukkan peningkatan penyisihan yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Efisiensi Penyisihan Timbal (Pb) Variasi Pengulangan soil washing

Sampe l	Konsentra si Surfaktan (g/l)	Pengulangan	Konsentra si Pb (mg/kg)	Efisiensi Penyisihan (%)
Awal	-	-	5,17	-
R1	0,5	0	0,085	98,36
R2	0,5	1	0,069	98,67
R3	0,5	2	0,058	98,88

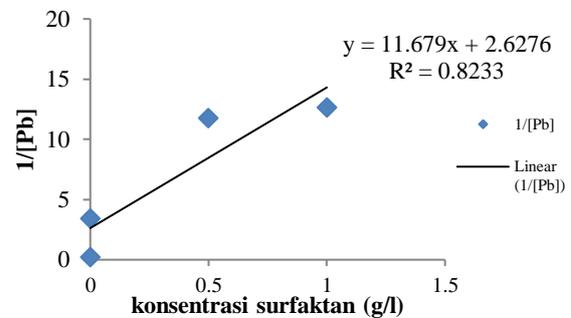


Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi pengulangan soil washing terhadap Penyisihan Timbal (Pb) pada Tanah Loamy Sand

Variasi pengulangan pada penyisihan logam mengakibatkan waktu kontak yang cukup diperlukan surfaktan agar dapat mengikat logam secara maksimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang terikat karena semakin banyak kesempatan larutan surfaktan bersinggungan dengan logam. Penambahan variasi pengulangan menyebabkan kontak menjadi lebih maksimal.

Kinetika Reaksi Soil Washing

Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan dimana molekul harus bertumbukan supaya terjadi reaksi. Semakin banyak jumlah tumbukan per detik, maka semakin besar laju reaksi. Konsentrasi molekul reaktan semakin besar dapat meningkatkan jumlah tumbukan yang juga dapat mempercepat laju reaksi (Espension dalam Vincent, 2012).



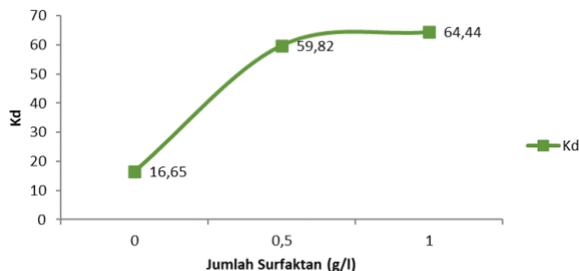
Gambar 4. Grafik 1/[Pb] terhadap konsentrasi (kinetika reaksi) untuk Soil Washing

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa orde reaksi yang terjadi pada proses penyisihan logam Pb pada tanah mengikuti kinetika orde dua. Kinetika reaksi yang mengikuti orde 2 menunjukkan bahwa laju dari reaksi ini bergantung pada konsentrasi reaktan yang dengan dua atau laju reaksi berjalan 2x lipat dengan konsentrasi surfaktan. Nilai konstanta laju reaksi, yaitu sebesar 11,679. Nilai konstanta laju reaksi (k) ini dapat digunakan untuk menghitung tingkat pencemaran pada waktu tertentu maupun untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk menurunkan pencemar pada tingkat tertentu.

Koefisien Distribusi Logam Pb

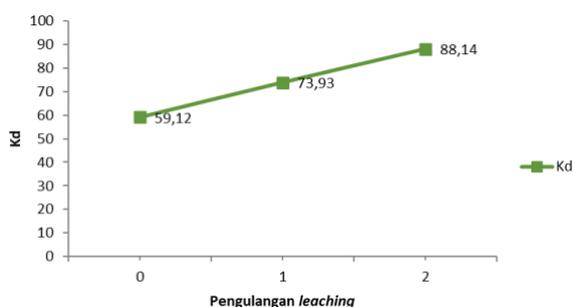
Penyebaran dua zat pelarut yang tidak saling melarutkan disebut dengan koefisien distribusi (Kd), hukum distribusi

adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan aktivitas zat terlarut dalam suatu pelarut jika aktivitas zat terlarut dalam pelarut lain yang diketahui, asalkan kedua pelarut tidak bercampur sempurna satu sama lain. Hukum distribusi digunakan agar dapat menentukan konstanta kesetimbangan suatu pelarut yang tidak bercampur (Amalia, 2016).



Gambar 5. Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (KD) Logam Pb terhadap Variasi Konsentrasi Surfaktan pada Tanah Loamy Sand

Gambar diatas merupakan nilai koefisien distribusi (Kd) logam Pb pada konsentrasi surfaktan 0,5 g/l dan 1 g/l masing-masing ialah sebesar 59,82 dan 64,44. Dapat diketahui bahwa pelepasan logam dalam tanah paling baik berada pada konsentrasi surfaktan 1 g/l, yang menandakan semakin besar nilai koefisien distribusi (Kd) maka penyisihan logam Pb yang dihasilkan semakin sempurna. Penambahan surfaktan pada *soil washing* bertujuan untuk meningkatkan hasil penyisihan. Hal ini dikarenakan penambahan surfaktan akan memperbesar terikatnya logam oleh surfaktan dikarenakan pada volume yang sama jumlah misel surfaktan yang meningkat akan meningkatkan jumlah kontaminan yang terikat dan diikuti oleh peningkatan nilai Kd.



Gambar 6. Grafik Perubahan Nilai Koefisien Distribusi (Kd) Logam Timbal (Pb) terhadap Variasi Pengulangan leaching pada Tanah Loamy Sand

Gambar 5 menunjukkan peningkatan nilai koefisien distribusi (Kd) dengan koefisien distribusi (Kd) logam Pb adalah 59,12 untuk tanpa pengulangan, 73,93 untuk pengulangan 1 kali, dan 88,14 untuk pengulangan 2 kali. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara fase cair dengan fase padat akan

mempengaruhi distribusi surfaktan ke dalam fase padat, dimana semakin lama waktu kontak antara fase cair dan fase padat selama proses *soil washing* maka semakin banyak pula kontaminan yang terikat oleh surfaktan.

Kesimpulan

Soil Washing menggunakan surfaktan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) pada tanah tercemar minyak bumi menunjukkan terjadinya penurunan kandungan logam Timbal (Pb) pada tanah jenis pasir bertanah liat (*loamy sand*). Variasi konsentrasi larutan surfaktan dapat berpengaruh terhadap penyisihan logam Timbal (Pb), dimana semakin tinggi konsentrasi surfaktan akan menyisihkan logam Timbal (Pb) yang semakin besar. Persen penyisihan logam Timbal (Pb) terbesar terjadi pada pengulangan *leaching* 2 kali dengan konsentrasi surfaktan 0,5 g/l yaitu 98,88%. Sedangkan penyisihan pada konsentrasi 0, 0,5g/l, 1g/l dan pengulangan *leaching* 0 serta 1 kali adalah 94,33% ,98,36%, 98,47% dan 98,36% serta 98,67%.

Daftar Pustaka

- Amalia, R. 2016. Analisis Hubungan Kadar Timbal (Pb), Zinc Protoporphyrin dan Besi (Fe) dalam Sampel Darah Operator SPBU di Kota Semarang. Skripsi. tersedia di: <https://lib.unnes.ac.id/28032/1/4411412038.pdf>. diakses tanggal : 12 November 2019.
- Chaiyaraksa, C., Sriwiryanyuphap, N. (2004): Batch washing of cadmium from soil and sludge by a mixture of Na₂S₂O₅ and Na₂EDTA. *Chemosphere*. 56, 1129-1135.
- Darmono, 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran: Hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hardjowigeno. S., 2010. Ilmu Tanah. Madiyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Hoseinian, Fatemeh Sadat; Bahram, Rezai; Elaheh, Kowsari; and Mehdi, Safari. 2018. Kinetic study of Ni(II) removal using ion flotation: Effect of chemical interactions, *Minerals Engineering*, 119, 212–221.
- Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Vincent, O. A., Steven, O., Felix, E., Weltime, O. M., Imohimi, O. A., & Osaro, K. I. (2012). Surfactant Enhanced Soil Washing Technique and Its Kinetics on the Remediation of Crude Oil Contaminated Soil. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 13, 443-456.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Rumampuk, R. J. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta: Percetakan Andi.