

Analisa Pengaruh Surfaktan Terhadap Reduksi Polutan Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Hadrah¹, Anggrika Riyanti¹, Syafira Aulia Fitri¹
email: hadrah.hasan@gmail.com

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

Abstrak

Pecemaran tanah oleh limbah minyak ditemukan di area pengeboran minyak bumi, yang berasal dari tumpahan atau kebocoran pipa saat pengolahan. *Soil washing* adalah salah satu teknologi pengolahan untuk mereduksi limbah berdasarkan proses fisik atau kimia. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektifitas *soil washing* dengan metode *mixing* dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi surfaktan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) sebesar 0 mg/l, 500 mg/l dan 1000 mg/l pada kecepatan 150 rpm dalam menurunkan konsentrasi *total petroleum hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi. Tanah dengan tekstur *loamy sand* mengandung TPH awal 851,92 mg/kg akan diolah dengan teknik *soil washing* metode *mixing* menggunakan surfaktan SDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TPH setelah dilakukan perlakuan mengalami penurunan. Peningkatan penambahan konsentrasi surfaktan memberikan efek positif terhadap penyisihan TPH. Hasil variasi konsentrasi larutan surfaktan menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan optimal dalam penyisihan TPH adalah 1000 mg/l menyisihkan 86,17% konsentrasi TPH sehingga TPH akhir 117,83 mg/kg.

Kata-kunci : pencemaran tanah, *soil washing*, *sodium dodecyl sulfate* (SDS), *total petroleum hydrocarbon* (TPH)

Abstract: Petroleum drilling activities can produce products with fuel oil and non-oil. In the process, other products are produced in the form of solid, liquid and gaseous waste that can pollute the soil, water and air. Soil pollution by waste oil is commonly found in petroleum drilling areas and comes from pipe spills or leaks during processing. Soil washing is one of the treatment technologies to reduce waste based on physical or chemical processes. This study aims to determine the effectiveness of soil washing by mixing method and analyze the effect of variations in the concentration of sodium dodecyl sulfate (SDS) surfactant by 0 mg / l, 500 mg / l and 1000 mg / l and variations in stirring time for 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes at a speed of 150 rpm in reducing the concentration of total petroleum hydrocarbons (TPH) on petroleum polluted soils. Soil with loamy sand texture containing an initial TPH of 851.92 mg/kg will be processed by soil washing technique mixing method using SDS surfactant. The results showed that the concentration of TPH after treatment decreased. Increased increase in surfactant concentration and time has a positive effect on TPH removal. The results of variations in the concentration of surfactant solutions show that the optimal surfactant concentration in TPH removal is 1000 mg / l set aside 86.17% TPH concentration so that the final TPH is 117.83 mg/kg.

Keywords: *Soil Washing*, *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS); *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH).

Pendahuluan

Soil washing adalah salah satu teknik yang digunakan untuk memulihkan tanah terkontaminasi secara fisik dan kimia. Teknik ini merupakan proses pemulihan secara ex-situ yang dapat diaplikasikan untuk pemulihan pencemaran tanah oleh bahan organik, anorganik (Ezeji, 2007).

Pada penelitian sebelumnya oleh Vincent (2012), kajian awal yang perlu dilakukan untuk menerapkan teknik *soil washing* pada tanah tercemar minyak bumi adalah penggunaan surfaktan sebagai senyawa yang mampu melepaskan ikatan kontaminan organik hidrofobik dari tanah dengan menurunkan tegangan permukaan antar fase. Karena itu, untuk penerapan *soil washing* memerlukan variasi perlakuan seperti penggunaan surfaktan yang akan menentukan efisiensi penerapan *soil washing* sebagai upaya remediasi tanah tercemar minyak bumi dan variasi waktu pengadukan dimana dengan waktu yang lebih lama

akan memungkinkan penyisihan kontaminan yang besar pula.

Surfaktan merupakan suatu zat yang memiliki kemampuan suatu zat yang memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan, dikarenakan memiliki gugus hidrofilik (polar) dan hidrofobik (nonpolar). *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) merupakan surfaktan anionik. Surfaktan SDS memiliki sifat lebih dominan hidrofilik sehingga lebih larut pada pelarut polar dan memungkinkan kelarutan surfaktan pada air lebih besar (Cullum dalam Dewanti 2018).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengkajian teknik *soil washing* pada tanah tercemar minyak bumi menggunakan metode *mixing* dan mempelajari bagaimana pengaruh variasi konsentrasi dan variasi waktu pengadukan terhadap efisiensi penyisihan kontaminan TPH.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang mengamati penyisihan kontaminan TPH dengan teknik *soil washing* metode *mixing* pada tanah tercemar minyak bumi menggunakan surfaktan SDS.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dokumentasi, pengujian tekstur tanah tercemar minyak bumi berupa pengujian *grain size* dan pengujian kadar air, serta pengujian sampel parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebelum dan setelah melalui proses *soil washing* dengan metode *mixing* pada tanah tercemar minyak bumi menggunakan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS).

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Oktober-Desember 2022

Metode Analisis Data

Pada penelitian ini menggunakan metode *mixing* (pengadukan) dengan rasio *solid/liquid* yang digunakan yaitu 1:5 (b/v) dan kecepatan pengadukan yang digunakan pada penelitian ini adalah 150 rpm. Variasi konsentrasi surfaktan SDS sebesar 0 mg/l, 500 mg/l 1000 mg/l dan 1500 mg/l.

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel terikat dan variabel bebas sebagai berikut :

Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar air, parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi

Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) dengan variasi konsentrasi 0 mg/l, 500 mg/l 1000 mg/l dan 1500 mg/l.

Tabel 1. Variasi Konsentrasi Surfaktan

Sampel	Jumlah Tanah (g)	Jumlah Aquades (ml)	Konsentrasi Surfaktan (mg/l)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (menit)
C ₁	100	500	0	150	60
C ₂	100	500	500	150	60
C ₃	100	500	1000	150	60
C ₄	100	500	1500	150	60

Tabel 1. menunjukkan terdapat 4 (empat) sampel pada variasi konsentrasi surfaktan dengan jumlah konsentrasi yang berbeda yaitu sampel C₁ sebesar 0 mg/l yang merupakan larutan blanko dimana tidak ada penambahan surfaktan, C₂ sebesar 500 mg/l, C₃ sebesar 1000 mg/l, C₄ sebesar 1500 mg/l.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dapat menampilkan data-data berupa tabel maupun gambar. Hasil harus didukung oleh referensi terkait ataupun dapat membandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Karakteristik Tanah Tercemar Minyak Bumi

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Hasil uji saringan dan hidrometer berdasarkan pada persentase butir mengandung, pasir (*sand*) 81,92%, lanau (*silt*) 15,34% dan lempung (*clay*) 1,74% sistem klasifikasi USDA menunjukkan bahwa tanah termasuk jenis *loamy sand* (pasir bertanah liat) (Barja dalam Hadrah, 2015)

Soil washing akan lebih sulit dilakukan jika tanah yang akan diolah mengandung butiran halus yang lebih tinggi (30%-35%). Hal ini dikarenakan kontaminan akan lebih banyak berikatan dengan partikel yang lebih kecil yaitu lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) yang berbutir halus, selanjutnya partikel-partikel kecil tersebut akan berkaitan dengan partikel yang lebih besar yaitu tanah berbutir kasar kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*) (Mulyono, 2006). Dari hasil uji yang didapat bahwa tanah sampel penelitian ini berjenis *loamy sand* (pasir bertanah liat) yang mengandung persentase tanah butiran kasar lebih tinggi (81,92%) sehingga baik untuk dilakukan *soil washing*.

Kadar air pada sampel tanah tercemar minyak bumi sebelum proses *soil washing* (sampel awal) sebesar 4,85%, dimana nilai ini relatif kecil (di bawah 5%). Hal tersebut dimungkinkan karena tekstur tanah yang tergolong *loamy sand* dimana persentase pasir (*sand*) yang tidak mengikat air cukup besar. Kadar air sampel tanah tercemar minyak bumi setelah perlakuan juga relatif kecil di bawah 5% dengan rata-rata 3,88% sehingga pengujian kandungan TPH dapat dilakukan.

Hasil uji konsentrasi TPH pada tanah tercemar minyak bumi pada sampel awal sebesar 851,02 mg/kg diatas 100mg/kg. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, kandungan TPH dengan jenis C₆-C₉ petroleum hidrokarbon yang berada pada konsentrasi diatas 100 mg/kg, wajib dikelola sesuai dengan pengelolaan limbah non B3 atau dilakukan pengelolaan tanah terkontaminasi dengan metode *soil washing* untuk kandungan sebesar 15% > TPH > 0,1%.

Sampel awal diketahui mengandung konsentrasi TPH tidak terlalu besar yang diindikasikan karena sampel tanah memiliki tekstur *loamy sand* (pasir bertanah liat) merupakan tanah berbutir kasar memiliki pori yang sangat besar sehingga mudah dilalui air dan sampel tanah tidak homogen. Usia lahan bekas pengeboran minyak bumi jika usia semakin lama ada kemungkinan kontaminan TPH

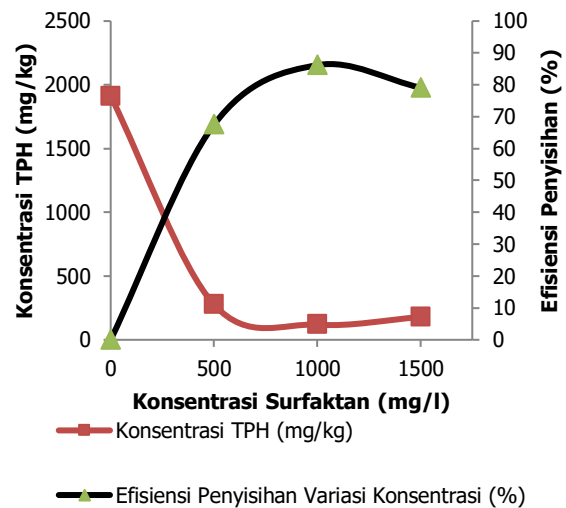
sudah *leaching* ke bagian bawah tanah. Titik pengambilan sampel terhadap lokasi sumur juga berdampak terhadap kandungan TPH pada sampel dikarenakan jika jarak pengambilan sampel semakin jauh dari sumur bor minyak maka kandungan TPH semakin kecil. Namun dengan adanya kandungan TPH di tanah menunjukkan bahwa terdapat pencemaran pada tanah akibat aktivitas pengeboran minyak. Oleh karena itu sampel tanah yang diambil dapat digunakan sebagai bahan uji *soil washing* untuk menurunkan parameter TPH sebagai pencemar dengan target pengelolaan akhir di bawah 0,1% yang dapat digunakan sebagai tanah pelapis dasar.

Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan Terhadap Konsentrasi TPH Akhir

Surfaktan SDS bersifat anionik yang memiliki sifat amphifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel mengandung gugus polar. Pada saat larutan surfaktan bereaksi dengan tanah terkontaminasi minyak, surfaktan akan berakumulasi pada permukaan (antar fasa minyak dan fasa air). Gugus hidrofobik larut dalam fasa minyak (non-polar) dan gugus hidrofilik akan larut didalam fasa air (polar), sehingga surfaktan akan menyebabkan tegangan permukaan antara dua fasa yang tidak bercampur tersebut menurun. Hal ini mengakibatkan kandungan pada permukaan tanah terlepas dan larut dalam air (Ismanto,2017)

Apabila konsentrasi surfaktan terlalu kecil menyebabkan tidak terbentuknya misel sehingga surfaktan tidak mampu melarutkan kontaminan hidrofobik ke dalam air maupun menurunkan tegangan permukaan. SDS memiliki *critical micelle concentration* (CMC) sebesar 400 mg/l sehingga pada penelitian ini konsentrasi terkecil yang digunakan adalah 500 mg/l. Ketika monomer surfaktan terakumulasi pada antarmuka kontaminan tanah, terjadi peningkatan area kontak antar koloid tanah dan kontaminan. Pembentukan misel pada atau diatas CMC meningkatkan kelarutan kontaminan, karena kontaminan terperangkap di dalam inti hidrofobik misel oleh gaya hidrofobik dan akibatnya kelarutannya dalam fasa air meningkat. Penggunaan surfaktan dengan konsentrasi yang terlalu kecil akan mengakibatkan teradsorpsinya surfaktan ke permukaan tanah.

Pengaruh variasi konsentrasi surfaktan terhadap konsentrasi TPH akhir dapat dilihat pada Gambar 1. sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan TPH pada Tanah *Loamy Sand*

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada konsentrasi surfaktan yang berbeda menghasilkan penyisihan yang berbeda pula. Konsentrasi surfaktan 0 mg/l merupakan larutan blanko yang digunakan sebagai larutan perbandingan, dimana tidak adanya penambahan surfaktan sehingga menunjukkan tidak adanya penyisihan kontaminan (konsentrasi TPH). Konsentrasi surfaktan 500 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 67,50%, konsentrasi surfaktan 1000 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 86,17% dan konsentrasi surfaktan 1500 mg/l mampu menyisihkan konsentrasi TPH sebesar 79,10%.

Penyisihan kontaminan dengan penambahan konsentrasi surfaktan dimulai dengan 500 mg/l menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut telah memenuhi jumlah pembentukan misel efektif karena berada di atas *critical micelle concentration* (CMC). Penambahan konsentrasi surfaktan dari 1000 mg/l ke 1500 mg/l pada penyisihan konsentrasi TPH mengalami penurunan. Hal ini diindikasikan dengan adanya monomer agregat yang terbentuk secara spontan dan tidak terarah dikarenakan peningkatan konsentrasi surfaktan yang besar. Penggunaan dosis surfaktan yang jauh di atas CMC dapat mengakibatkan terjadinya emulsi balik (*remulsification*) yang mana akan berpengaruh pada tegangan permukaan. Penurunan juga memungkinkan terjadi dikarenakan konsentrasi surfaktan yang terlalu tinggi sehingga surfaktan yang juga turunan minyak bumi mengakibatkan pencemaran dimana surfaktan SDS merupakan turunan minyak bumi yang diindikasikan terhitung sebagai TPH.

Penambahan konsentrasi surfaktan mempengaruhi penyisihan kontaminan optimal dimana penggunaan larutan surfaktan dengan konsentrasi 1000 mg/l yaitu menyisihkan 86,17% konsentrasi TPH sehingga TPH akhir 117,83 mg/kg. *Soil washing* metode *mixing* dengan jumlah konsentrasi larutan surfaktan yang paling efektif untuk digunakan dalam penyisihan kontaminan pada tanah jenis *loamy sand* adalah 1000 mg/l.

Kesimpulan

Aplikasi teknik *soil washing* pada tekstur tanah terkontaminasi minyak bumi menunjukkan terjadinya penurunan TPH pada tanah *loamy sand* setelah dilakukan pengadukan dan menggunakan larutan surfaktan *sodium dodecyl sulfate (SDS)*. Variasi konsentrasi dapat mempengaruhi penyisihan TPH, dimana konsentrasi surfaktan yang berbeda akan menghasilkan penyisihan yang berbeda pula. Penambahan konsentrasi surfaktan mempengaruhi penyisihan kontaminan TPH optimal dengan larutan konsentrasi 1000 mg/l yaitu 86,17% konsentrasi TPH sehingga kandungan TPH akhir 117,83 mg/kg.

Daftar Pustaka

- Barja, M.D. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Penerbit Erlangga
- Cullum, D.C. (1994). *Introduction To Surfactant Analysis*. Glasgow: Blackie Academic & Professional.
- Dewanti, N. (2018). Studi Pemisahan Bitumen Dari Asbuton Menggunakan Media Air Panas Dengan Penambahan Solar, Surfaktan Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate (SDBS) Dan Natrium Tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). (Skripsi Sarjana, Intitut Teknologi Sepuluh November Surabaya).
- Ezji, U., Anyadoh, S.O., & Ibekwe, V.I. (2007). Clean Up Of Oil Contaminated Soil. *Journal of American Science*, 54-59
- Hadrah. (2015) Optimasi Rasio Solid/Liquid Pada Teknik Soil Washing Tanah Terkontaminasi Minyak dari Proses Eksplorasi Minyak Bumi. *Jurna Teknik Lingkungan*, 57-65
- Ismanto, W. (2017). *Industri MIGAS Prospek dan Tantangan PengelolaanLingkungan*. Bogor: Penerbit IPS Press.
- Mulyono, M. (2006). Teknik Cuci Lahan (Soil Washing) untuk Remediasi Lahan Tercemar Minyak Bumi. *Lembaran Publikasi Lemigasi*, 3-8
- Vincent, O.A., Steven, O., & Felix E. (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, 442-456.