

OPTIMASI RASIO *SOLID/LIQUID* PADA TEKNIK *SOIL WASHING* PASIR TERKONTAMINASI MINYAK DARI PROSES EKSPLORASI MINYAK BUMI

Hadrah¹

Abstract

One of the alternative techniques of processing of soil contaminated with petroleum remediation of physical and chemical soil properties with techniques. Soil washing is the process of the reduction of the volume of waste minimisasi or where the particles of soil which contains the majority of the contaminants are separated from the bulk soil fractions, contaminant or set aside from the ground with a chemical solution and recovery from solution in the form of the solid substrate. Initial studies undertaken to apply the technique of soil washing contaminated soil characteristics is the oil that is analysis of Oil and Grease, TPH, GCMS, grain size, and XRD. Ground with the texture of sand (sand) containing TPH with 2.34% percentage will be treated with the technique of soil washing using surfactant Tween 80 and solid/liquid ratio accordingly. The results of the variation of concentration of surfactant aqueous solution shows that the optimum concentration of surfactants in soils from sand TPH allowance was 0.25%, while the ratio of solid/liquid is the optimum 1:15 (gr/ml). TPH allowance which was reached with stirring for 10 hours off the ground was 85.32% and the distribution coefficient (Kd) of 0.388 TPH g/ml.
Keywords: soil washing, surfactant, the ratio of solid/liquid, stirring tank

PENDAHULUAN

Soil washing adalah teknologi pengolahan untuk reduksi volume atau minimisasi limbah berdasarkan proses secara fisik atau kimia (CLAIRE, 2007). Salah satu 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 dari tanah dengan menurunkan tegangan permukaan antar fase *solid/liquid* (Vincent O. dkk., 2012). Variasi rasio *solid/liquid* yang sesuai perlu diterapkan pada teknik *soil washing* karena ketersediaan *liquid* yang lebih besar akan memungkinkan penyisihan kontaminan yang lebih besar pula namun jika jumlahnya berlebihan akan mengakibatkan besarnya beban pengolahan selanjutnya pada fase cair.

Surfaktan merupakan suatu senyawa yang mengandung rantai

hidrokarbon panjang dengan ujung hirofiliknya netral atau ionik. Ujung hidrokarbon dari surfaktan bersifat hidrofobik dan larut dalam zat non polar sedangkan ujung ion atau netral bersifat hidrofilik dan larut dalam air (Othmer dalam Agustina, 2007). Tween 80 (*polyoxyethylene* (20) sorbitan *monooleate*) merupakan surfaktan nonionik (Moroi, 1992 dalam Agustina, 2007).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengkajian teknik *soil washing* pada tanah tercemar minyak menggunakan tangki berpengaduk dan mempelajari bagaimana pengaruh variasi rasio *solid/liquid* terhadap efisiensi penyisihan kontaminan hidrokarbon (TPH) pada tanah. Tujuan utama pengadukan adalah proses dimana pencampuran antar fase dapat tercapai dan membantu transfer masa antar fase atau antar permukaan.

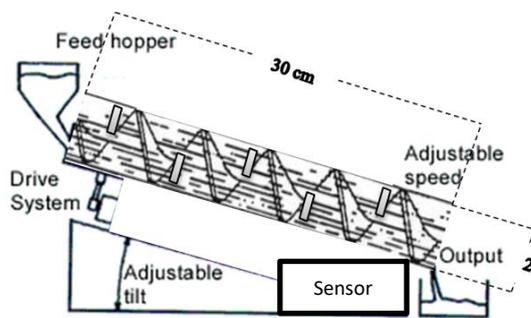
METODOLOGI PENELITIAN

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Reaktor yang digunakan untuk melakukan pencampuran tanah dan larutan surfaktan sebagai percobaan *soil washing* pada penelitian ini adalah tangki berpengaduk (**Gambar 1**).

Bagian-bagian pada reaktor tersebut adalah :

- *Drive System* berupa dinamo dengan kecepatan putar hingga 250 rpm
- *Impeller* berupa *screw*
- Sensor untuk mendeteksi kecepatan putar *impeller* pada reaktor
- Tabung sebagai wadah dalam pencampuran *solid* dan *liquid*
- Penyangga tabung berupa kerangka besi yang dilengkapi dengan pengatur kemiringan



Gambar 1. Denah Reaktor Tangki Berpengaduk

Studi Pendahuluan

Uji *jartest* merupakan salah satu uji pendahuluan yang dapat diterapkan di laboratorium untuk melihat potensi *soil washing* sebagai alternatif teknologi yang akan diterapkan (EPA, 1991) (Edris Madadian dkk., 2013). Tanah terkontaminasi minyak sebanyak 30 gram dicampurkan dengan larutan surfaktan yang terdiri dari 5 variasi konsentrasi yaitu 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% dan 1,25% ke dalam beaker berukuran 1000 ml. Adapun untuk uji awal digunakan perbandingan *solid/liquid* sebesar 1:15. Sampel tanah dan larutan

surfaktan kemudian di aduk dengan menggunakan alat *jartest* yang diatur dengan kecepatan putar sebesar 200 rpm selama 5 jam.

Setelah pengadukan, campuran tanah dan larutan surfaktan di dalam *beaker* diendapkan selama 24 jam dan untuk tanah sampel 2 (*loam*), setelah diendapkan dilakukan pemisahan tanah dari larutan menggunakan *centrifuge* pada kecepatan 6000 rpm selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran kadar TPH dari masing-masing tanah dan dihitung parameter koefisien distribusi (*Kd*) optimum yang dapat dicapai dari penggunaan surfaktan tersebut. Perhitungan koefisien distribusi tersebut menggunakan

Persamaan 1:

$$Kd = \frac{C_l}{C_s} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dimana *Kd* adalah koefisien distribusi, C_l adalah kandungan TPH pada fase *liquid* atau pada larutan surfaktan dan C_s adalah kandungan TPH pada fase *solid* atau pada tanah (EPA, 1991).

Setelah diperoleh parameter koefisien distribusi (*Kd*) dari variasi konsentrasi larutan surfaktan selanjutnya dilakukan pencampuran larutan surfaktan dan tanah terkontaminasi minyak dengan rasio *solid/liquid* yang bervariasi yaitu 1:10; 1:12,5; 1:15; 1:17,5 dan 1:20.

Proses Soil Washing

Setelah diperoleh rasio *solid/liquid* optimum, sampel akan diaduk menggunakan tangki berpengaduk (**Gambar 1**) selama 10 jam dan dilakukan pengambilan sampel setiap satu jam untuk pengukuran TPH kemudian selanjutnya dibuat plot kinetika reaksi dari proses pengolahan tersebut. Campuran *solid/liquid* dari reaktor yang telah diaduk selama 10 jam kemudian didiamkan selama 24 jam

untuk memisahkan padatan dan cairan pelarut.

Untuk mengetahui *removal rate* TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) pada tanah tercemar minyak, dilakukan perhitungan menggunakan rumus:

$$Y = \frac{C_0 - C_{\text{remained}}}{C_0} \quad (\text{Persamaan 2})$$

Dimana Y adalah *removal rate* (%), C_{remained} adalah konsentrasi petroleum (mg/kg) yang masih berada di tanah setelah pengolahan dan C_0 adalah konsentrasi petroleum awal (mg/kg) (Qixing Zhou dkk., 2005). Pengukuran *Oil and Grease* dan TPH pada tanah tercemar minyak dilakukan dengan menggunakan standard EPA 9071B.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Tercemar Minyak

Pengukuran awal kandungan TPH maupun *Oil and Grease* dari tanah tercemar minyak menunjukkan variasi jumlah kontaminan dari ketiga jenis tanah yaitu Oil and Grease sebesar 5,07% pada tanah *sand*, sedangkan TPH sebesar 2,34%.

Dari hasil uji grain size diketahui bahwa tanah tercemar minyak yang akan diolah berjenis *sand*, *loam* dan *sandy loam*.

Hasil uji GCMS pada ketiga jenis sampel menunjukkan bahwa kandungan senyawa organik yang terdapat pada tanah *sand* adalah senyawa organik dengan rantai karbon tunggal (alkana) golongan *saturated*, namun senyawa yang terkandung memiliki rantai karbon yang cukup besar yaitu berjumlah 12 sampai 54. Tanah *loam (heavy oil)* mengandung senyawa sulfur yang mencirikan bahwa polutan yang terkandung merupakan heavy oil dimana kandungan sulfur merupakan senyawa yang paling polar dari

komponen *crude oil* lainnya. Adapun jumlah karbon pada senyawa-senyawanya adalah 10-54. Hasil GCMS tanah *sandy loam (light oil)* juga menunjukkan kandungan senyawa yang memiliki rantai karbon berjumlah 13 sampai 54, namun senyawa-senyawa yang terkandung juga merupakan senyawa dengan ikatan rantai karbon tunggal. Perbedaan dari ketiga jenis sampel ini berupa kandungan *heavy oil* pada sampel *loam*, dimana *heavy oil* adalah jenis *crude oil* yang berkualitas lebih rendah dengan ciri fisik densitas yang lebih besar sehingga resistensi aliran atau viskositas juga lebih besar sehingga memungkinkan kelarutan pada air akan lebih sulit.

Uji XRD menunjukkan bahwa mineral yang terkandung pada masing-masing tanah berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Uji XRD pada Tanah Tercemar

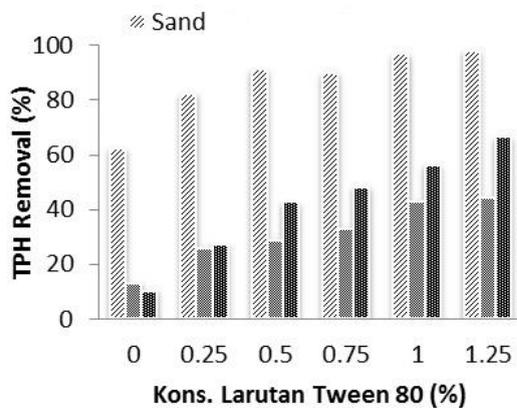
No	Sampel	Komposisi Mineral
1	<i>Sand (Light Oil)</i>	Kuarsa (SiO ₂)

Kuarsa merupakan mineral primer tanah. Mineral primer umumnya mempunyai ukuran butir fraksi pasir (2-0,055 mm). Sedangkan kaolinit adalah mineral sekunder dimana ukuran fraksi mineral sekunder adalah kecil (<2μ). Kaolinit adalah salah satu struktur utama mineral lempung.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan

Penambahan konsentrasi larutan surfaktan menunjukkan adanya peningkatan penyisihan TPH pada masing-masing tanah. Konsentrasi surfaktan selama pembentukan misel disebut Konsentrasi Kritik Misel (KKM). Ketika konsentrasi surfaktan mencapai KKM, molekul surfaktan

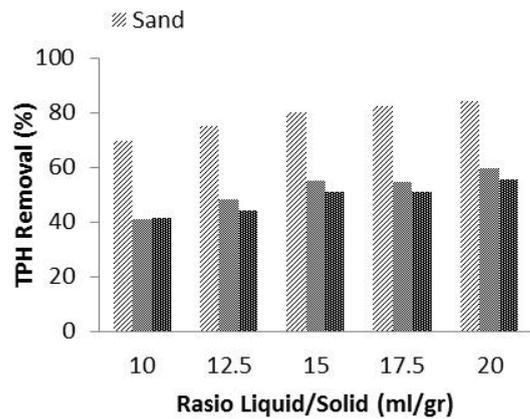
dapat mengalami agregasi dengan cepat untuk membentuk agregasi dengan order koloid berjumlah 20 sampai 200 ion atau molekul (C.C. West dkk., 1992 dalam Dengyu Li dkk., 2015). Kehadiran surfaktan, dengan melekatkan HOC pada lingkup mikro hidrofobik misel, mengakibatkan peningkatan solubilitas TPH sebagai komponen hidrofobik sehingga terjadi pelarutan senyawa organik hidrofobik atau *Hydrophobic organic compounds* (HOCs). Pada variasi awal konsentrasi larutan surfaktan digunakan perbandingan rasio *solid/liquid* sebesar 1:15.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan terhadap Penyisihan TPH Tanah

Pengaruh Variasi Rasio Solid/Liquid

Seperti halnya dengan penambahan konsentrasi surfaktan, penambahan volume *liquid* juga meningkatkan jumlah kontaminan yang terlarut.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Rasio *Solid/Liquid* terhadap Penyisihan TPH Tanah

Peningkatan fase *liquid* menyebabkan transfer masa yang lebih besar karena dua faktor : peningkatan area kontak antar fase dan peningkatan gradien konsentrasi (Aurora S. dkk., 2005). Peningkatan efisiensi berbeda tergantung ukuran partikel tanah dan rasio S/L (Yunhee Lee dkk., 2012). Penggunaan volume larutan surfaktan dengan rasio larutan dan tanah (ml/gr) sebesar 15 seperti pada variasi konsentrasi larutan surfaktan telah optimum seperti terlihat pada grafik (**Gambar 3**).

Pada tanah *sand*, proses desorpsi yang cepat di awal waktu pengadukan dikarenakan jenis mineral pada tanah *sand* merupakan mineral kuarsa yang tidak reaktif sehingga pengikatan kontaminan yang hanya merupakan ikatan van der Waals yaitu dikarenakan kedekatan antarmolekul non-polar dapat terlepas dengan mudah dengan adanya larutan surfaktan yang mengikat sisi non-polar kontaminan dengan bagian hidrofobik molekul surfaktan yang juga non-polar.

Penyisihan yang cukup signifikan di awal waktu dikarenakan dominasi butiran fraksi *clay* dan *silt* yang kecil (<0,075 cm) sehingga pada saat pengadukan terjadi dispersi dan suspensi padatan yang lebih cepat

dibandingkan dengan butiran yang lebih kasar seperti *sand*.

Komponen organik yang tinggi (COD=15%) pada tanah sandy loam dapat mengadsorpsi surfaktan sehingga mengurangi misel yang berperan dalam proses pengikatan kontaminan hidrokarbon dari permukaan tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Teknik *soil washing* pada ketiga tekstur tanah terkontaminasi minyak bumi menunjukkan terjadinya penurunan TPH pada tanah *sand* setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan larutan surfaktan Tween 80. Peningkatan volume liquid pada variasi rasio *solid/liquid* mengakibatkan adanya peningkatan penyisihan TPH pada ketiga jenis tanah namun volume liquid optimum pada ketiga jenis tanah adalah sama yaitu 1:15 (gr/ml) sehingga volume tersebut dianggap cukup untuk penyisihan TPH dari tanah *sand*. Persen penyisihan TPH terbesar dari proses *soil washing* terjadi pada *sand* yaitu 85,32% dengan larutan Tween 80 0,25% (v/v).

Studi untuk memperoleh kajian teknik *soil washing* berdasarkan jenis kontaminan spesifik perlu dilakukan karena sifat kontaminan yang berbeda-beda dan perlu adanya kajian variasi temperatur larutan ataupun kecepatan putar pengadukan sehingga diperoleh kondisi yang lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Fera Tia. (2007) : *Ekstraksi Fe (II)-1, 10-Fenantrolin Menggunakan Metode Cloud Point dengan Surfaktan Tween 80*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, 11-15.
- Aurora Silva, Cristina Delerue-Matos, A. Fiuza. (2005) : Use of Solvent Extraction to Remediate Soils Contaminated with Hydrocarbons, *Journal of Hazardous Materials, Elsevier*, **124**, 224-229.
- CLAIRE (Contaminated Land : Application in Real Environment). (2007) : Understanding Soil Washing, *Technical Bulletin*, **13**, 1-4.
- Dengyu Li, Lina Sun, and Meihua Lian. (2015) : Application of Surfactants in Soil Remediation, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, **3**, 364-366.
- Edris Madadian, Saeid G., Leila A., Masoomah A., and Jafar S. (2012) : The Application of Soil Washing for Treatment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Contaminated Soil : A Case Study in a Petrochemical Complex, University of Tehran, Iran, *Wiley Online Library*, **33**, 107-113.
- Environmental Protection Agency. (1998) : N-Hexane Extractable Material (HEM) for Sludge, Soil and Solid Sample, *US EPA Standard Method 9071 B*.
- Environmental Protection Agency. (1996) : A Citizen's Guide to Soil Washing, *Technology Fact Sheet, EPA*, **2**, 542.
- Qixing Zhou, Fuhong Sun, Rui Liu. (2005) : Joint Chemical Flushing of Soils Contaminated with Petroleum Hydrocarbons, *International Journal of Environment, Elsevier*, **31**, 835-839.
- Vincent O. A., Steven O., Felix E., Weltime O. Medjor, Imohimi O. Asia, 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.

Yunhee Lee, Seong-Wook Oa. (2012)
: Desorption Kinetics and
Removal Characteristics of Pb-
Contaminated Soil by the Soil
Washing Method : Mixing
Ratio and Particle Size,
*Environmental Engineering
Research*, Korea, **3**, 145-150.