

REMEDIASI TANAH TERKONTAMINASI MINYAK DAN PROSES PENGOLAHAN LIMBAH BERMINYAK DI LINGKUNGAN INDUSTRI MINYAK

(Remediation of Oil Contaminant Soil and Treatment Process of Oily Sludge in the Oil Industry)

Zulkifiani

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: zulkifiani@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 18 Agustus 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 9 Oktober 2017;
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2017.

ABSTRAK

Pemulihan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah berminyak di industri minyak diperlukan *oil separation technology* yang tepat dan tidak menimbulkan masalah lain. Dalam beberapa kasus, tanah yang terkontaminasi banyak mengandung minyak dan dalam pengelolaannya hanya dikirimkan ke unit pengolahan limbah B-3. Salah satu teknik yang dikembangkan oleh LEMIGAS adalah menggunakan teknik yang terintegrasi yaitu menggabungkan pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Minyak yang masih terdapat dalam tanah dipisahkan dari impuritasnya, seperti tanah, pasir, dan padatan lainnya. Melalui proses pemulihan ini diharapkan minyak yang masih terdapat dalam tanah dapat direduksi sampai batas yang diizinkan oleh peraturan. Di samping itu untuk pengolahan limbah berminyak masih dapat diambil kembali minyaknya sebanyak mungkin (*oil recovery*). Dari hasil uji coba skala *demo plant unit* pada lokasi yang mengandung tanah terkontaminasi, TPH 24,71% dapat direduksi menjadi 0,91%. Selain itu unit tersebut mampu memulihkan limbah berminyak lebih dari 95%.

Kata Kunci: remediasi, TPH, limbah berminyak

ABSTRACT

Remediation of oil contaminated soil and oily wastewater treatment in the oil industry requires proper oil separation technology and does not cause any other problems. In some cases, contaminated soil still contains much oil and in the management is only delivered to the B-3 waste treatment unit. One of the techniques developed by LEMIGAS is to use an integrated technique that combines physical, chemical, and biological processing. Oil still in the soil is separated from the impurities, such as soil, sand, and other solids. Through this recovery process it is expected that the oil still present in the soil can be reduced to the extent permitted by the regulation. In addition to the treatment of oily waste can still be recovered as much oil (oil recovery). From the results of a demonstration scale of demo plant unit on a site containing contaminated soil, TPH 24.71% can be reduced to 0.91%. In addition the unit is able to recover oily waste more than 95%.

Keywords: remediation, TPH, oily waste

I. PENDAHULUAN

Kilang minyak merupakan fasilitas proses pengolahan minyak bumi menjadi produk-produk bahan bakar minyak (BBM) dan non bahan bakar minyak (Non-BBM). Dalam prosesnya, dihasilkan material sisa dalam bentuk limbah padat, cair, dan gas yang dapat mencemari tanah, air, atau udara. Pencemaran tanah oleh limbah minyak umumnya ditemukan di area kilang minyak, yang dapat berasal dari tumpahan atau bocoran pipa saat pengolahan, transportasi dari tanker ke unit pengolahan atau tangki penimbunan, dan ceceran sewaktu pembersihan tangki (*tank cleaning*) (M.E.R. Gutierrez dan E.R. Bandala 2017). Teknologi pengolahan limbah yang ada di industri migas saat ini sudah berkembang pesat dengan menggunakan peralatan modern dan sistem monitoring yang kontinyu, tetapi pada dasarnya teknik pengolahan limbah tersebut tetap dilakukan secara fisik/mekanik, kimia, dan biologi (U.E.Ezeji, dkk. 2007). Teknologi pengolahan limbah tersebut dapat diaplikasikan secara terpisah atau dapat dikombinasikan satu dengan lainnya sehingga diperoleh hasil yang maksimal tergantung pada kualitas, kuantitas, dan teknik pengolahan yang digunakan (F.P. de Franca 2012).

Beberapa metode yang dilakukan untuk memulihkan tanah terkontaminasi antara lain adalah pengolahan secara fisika kimia berupa *soil washing*, *soil flushing*, *soil vapour extraction*, pengolahan secara termal berupa desorpsi termal dan insinerasi serta pengolahan secara biologi meliputi biodegradasi, bioremediasi, dan *phytoremediation* (U.E.Ezeji, dkk. 2007). Dari metode-metode tersebut, teknologi yang banyak digunakan untuk membersihkan tanah yang terkontaminasi limbah minyak di area kilang adalah dengan teknik *soil washing* (E.Koshlaf dkk. 2016) (Devgun, J.S. dkk.). Teknik ini merupakan proses pemulihan secara *ex-situ* yang dapat diaplikasikan untuk pemulihan pencemaran tanah oleh bahan organik, anorganik dan radioaktif (U.E.Ezeji, dkk. 2007)(Devgun, J.S. dkk.). Teknik *soil washing* dapat memisahkan kontaminan-kontaminan yang besar menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan ukuran partikel (A.Bhandari dkk. 2000). Dengan teknik ini, minyak yang terdapat dalam tanah dapat diambil kembali sebanyak mungkin (*oil recovery*) dan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah hasil olahan menjadi rendah sehingga aman untuk dikembalikan ke lingkungan semula. Teknik *soil washing* ini merupakan salah satu teknik yang praktis dalam pemulihan pencemaran tanah oleh minyak di lingkungan industri migas.

Keunggulan lain dari teknik *soil washing* ini adalah memiliki efisiensi ekstraksi yang baik terhadap kontaminan, bersifat spesifik (N.Karthika dkk. 2016), diperolehnya kembali minyak dalam jumlah yang maksimal, tanah hasil olahan dapat dikembalikan kembali ke lingkungan (*backfill*), berkurangnya volume limbah tanah yang terkontaminasi, dan waktu proses pengolahan limbah relatif lebih cepat dibandingkan dengan teknik yang lain.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Urum (2005), dilaporkan bahwa proses *soil washing* yang dilakukan di dalam *reactor tank* yang dilengkapi dengan pengaduk dapat menghilangkan kontaminasi minyak mentah pada tanah (K.Urum dkk. 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Gan et al. (2009) melaporkan bahwa teknik *soil washing* menggunakan pelarut berupa air dan ko-pelarut atau ko-surfaktan dapat diimplementasikan untuk pengolahan tanah terkontaminasi pada kondisi suhu yang rendah (S.Gan dkk. 2009). Penelitian selanjutnya melaporkan bahwa teknik *soil washing* menggunakan ekstrak EDTA sebagai agen pengkelat adalah baik untuk mengolah tanah yang terkontaminasi oleh limbah logam berat (N.Karthika dkk. 2016). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh penulis, dilaporkan bahwa penggunaan teknik *soil washing* dengan kapasitas reaktor 200 kg (skala pilot) telah berhasil memulihkan tanah yang terkontaminasi limbah minyak dengan rerata TPH awal sebesar 33,59% dapat diturunkan menjadi 0,98%. Di samping itu berdasarkan analisis laboratorium, minyak yang berhasil diambil kembali (*oil recovery*) masih dapat digunakan kembali di kilang minyak. (Zulkifiani 2004) (Zulkifiani 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi oleh minyak di area industri migas menggunakan unit reaktor multiguna berkapasitas 1 ton dengan teknik *soil washing*. Unit reaktor yang digunakan bersifat *mobile*, mempunyai efisiensi tinggi dalam mengekstrak minyak, dan teknik ini terintegrasi dengan beberapa teknik remediasi yang lain. Dari penelitian ini diharapkan tanah yang terkontaminasi minyak dapat dipulihkan dan dikembalikan ke lingkungan, selain itu minyak yang terdapat dalam limbah berminyak dapat diekstrak sebagai nilai tambah perolehan minyak (*oil recovery*).

II. BAHAN DAN METODE

A. Tujuan/Objektif

Implementasi unit demo plant pemulihan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah

berminyak menggunakan reaktor multifungsi dengan kapasitas reaktor 1 ton di lingkungan industri migas.

B. Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam kegiatan skala *demo plant* unit pemulihan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah berminyak di lingkungan pengolahan migas adalah: a) Sampel tanah terkontaminasi minyak dan limbah berminyak diambil di *area* industri migas, b) Sampel yang telah dikumpulkan, diolah dalam reaktor multiguna seperti

terlihat pada Gambar 1. Proses pengolahan meliputi tahap pencampuran BIOS (*biosolvent*) dengan sampel, pengadukan dan pemanasan, pemberian air, serta pengambilan minyak. Selanjutnya dilakukan analisis TPH terhadap tanah hasil proses pengolahan (*solid treated*) secara gravimetri.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pemulihan tanah yang terkontaminasi oleh limbah minyak dan pengolahan limbah berminyak dilakukan pada kondisi yang relatif sama dengan kondisi uji



Gambar 1
Unit pemulihan tanah terkontaminasi dan pengolahan limbah berminyak dengan kapasitas reaktor 1 ton.



Gambar 2
Jenis sampel dan kondisi tanah terkontaminasi minyak di area industri migas.

pada skala laboratorium, hanya saja berbeda dari kapasitas reaktor dan jumlah sampel yang dianalisis. Contoh kondisi tanah terkontaminasi minyak yang berada di lingkungan industri migas secara visual dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

Dalam kegiatan ini telah dilakukan ujicoba menggunakan unit *demo plant* dengan kapasitas reaktor 1 ton untuk pemulihan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah berminyak di area industri migas. Sampel yang diujicoba berasal dari tanah terkontaminasi limbah minyak dan limbah berminyak (*Underground/Drinase, Sludge Pond, dan Separator Tank*). Hasil ujicoba pemulihan tanah terkontaminasi minyak ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Sampel tanah terkontaminasi yang diolah dengan unit *demo plant* ini berasal dari sekitar *tank cleaning* (Batch-3.A), tanah timbunan *sludge pit* (Batch-4.A), dan Batch-6.A yang merupakan

campuran dari Batch-3.A dan Batch-4.A. ketiga sampel tersebut berada dalam lokasi di salah satu industri migas. Kandungan TPH ketiga sampel tersebut tinggi, yaitu berkisar antara 46,1% sampai dengan 56,0%. Dengan penambahan biosolven (BIOS) sebesar 3% dapat mereduksi TPH berturut-turut dari 46,1%, 56,0%, dan 49,2% menjadi 9,3%, 6,1%, dan 5,6%. Setelah dilakukan evaluasi yang seksama terhadap hasil yang diperoleh diketahui bahwa kemampuan penurunan TPH ketiga sampel tersebut belum maksimal disebabkan oleh sistem pemanasan yang belum mencapai suhu reaksi ekstraksi yang diharapkan, yaitu 70 - 80°C, sehingga ekstraksi minyak dalam tanah tidak berlangsung dengan baik. Berdasarkan kondisi ini, dilakukan modifikasi sistem pemanasan yang semula menggunakan *hot air system* menjadi menggunakan *thermal oil*. Mekanisme sistem pemanas ini dengan cara *thermal oil* (Bio Oil-400) dipanaskan

Tabel 1
Implementasi unit *demo plant* untuk pemulihan tanah terkontaminasi minyak di *area* industri migas

No.	Kode Sampel	Konsentrasi BIOS (%)	TPH (%)		Nilai Reduksi TPH (%)
			Sebelum	Sesudah	
1	Batch-3.A	3	46,1	9,3	87,6
2	Batch-4.A	3	56,0	6,1	83,7
3	Batch-6.A	3	49,2	5,6	73,9
4	Batch-3.B	3	25,4	3,9	84,6
5	Batch-3.B	5	25,4	2,8	89,0
6	Batch-3.B	7	25,4	0,9	96,3



Gambar 3
Unit *demo plant* sebelum dan sesudah modifikasi pada sistem pemanasnya.

dengan *heater element* dan terjadi kontak panas langsung dengan reaktornya, sehingga suhu dalam reaktor bisa berkisar antara 70-80°C (Gambar 3).

Selanjutnya unit *demo plant* dengan sistem pemanasan menggunakan *thermal oil* ini untuk mengolah sampel tanah terkontaminasi yang berasal dari *scrubbing* di sekitar tangki (Batch-3.B). Dengan penambahan konsentrasi biosolven sebesar 3% dapat mereduksi TPH yang semula 25,4% menjadi 3,9%, nilai ini masih harus diturunkan lagi menjadi di bawah 1%. Sehubungan dengan itu, konsentrasi biosolven ditingkatkan menjadi 5% dan 7%, penambahan biosolven ini mampu menurunkan TPH menjadi 2,8% dan 0,9%. Hasil TPH pada Batch-3.B ini sudah di bawah 1% dan sesuai dengan aturan Kepmen LH No. 128 Tahun 2003, sehingga sisa padatan hasil pengolahan dapat dikembalikan ke lingkungan (*backfill*). Variasi konsentrasi biosolven ini ternyata berpengaruh signifikan terhadap penurunan TPH pada tanah yang terkontaminasi minyak dan didukung oleh unit *demo plant* yang mampu memanaskan reaktor pada suhu optimal ekstraksi. Sehingga dengan melakukan simulasi pemberian konsentrasi biosolven yang berbeda dapat diperoleh hasil yang lebih optimal, hal ini merupakan acuan yang sangat berharga untuk aplikasi secara komersial. Selain itu juga dipengaruhi oleh jenis dan kondisi tanah terkontaminasi, seperti kandungan hidrokarbon, *wettability*, dan senyawa ikutan lainnya. Uji coba *demo plant* yang dilengkapi sistem pemanas termodifikasi dalam memulihkan tanah terkontaminasi minyak dengan beragam jenis sampel dan TPH secara umum menunjukkan hasil yang baik dan berhasil.

Selanjutnya ujicoba unit *demo plant* untuk mengolah limbah berminyak, seperti, *bottom tank oil* pada saat *tank cleaning*, *separator tank*, dan *off spec product*. Sampel-sampel ini berasal dari 2 area industri migas yang berbeda (Tabel 2).

Pada Tabel 2 di atas terlihat bahwa efisiensi ekstraksi pada pengolahan limbah berminyak menggunakan unit *demo plant* mencapai 99,2%. Pada sampel Batch-5.A yang berasal dari limbah berminyak yang terdapat di dasar tanki *crude oil* pada saat *tank cleaning* berbentuk material solid yang lunak (*oil sludge*). Dari pengolahan dengan unit *demo plant* berhasil diperoleh efisiensi ekstraksi sebesar 99,2% dan sisa minyaknya adalah 0,8% dan pasir 1,75%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar minyak berhasil diambil kembali dan kemampuan ini mempunyai prospek yang baik dalam proses *tank cleaning*. Selanjutnya sampel Batch-5.B merupakan jenis *oil sludge* yang berasal dari *Off-Spec Product Treatment* dengan kondisi cenderung basah. Kandungan minyak (TPH) pada jenis sampel ini masih tinggi yaitu 61,6%. Setelah proses ekstraksi dengan konsentrasi biosolven sebanyak 3% memberikan hasil yang baik, yaitu perolehan efisiensi ekstraksi mencapai 96,3%. Sampel Batch-6.B merupakan jenis sampel *oily sludge* yang berasal dari *Separator Tank* yang merupakan tempat pemisahan fasa air, minyak, gas, dan padatan lainnya. TPH sampel sebelum diolah tidak tinggi hanya 6,8%. Setelah diolah dengan konsentrasi biosolven sebanyak 3% dapat menurunkan minyak sampai 1,5% dengan efisiensi ekstraksi mencapai 78,3%.

Dari semua sampel yang digunakan memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap capaian efisiensi ekstraksinya. Hal ini disebabkan perbedaan jenis dan konsentrasi kandungan minyak dan waktu kontaminasi limbah yang sudah berlangsung lama, sehingga memberi pengaruh terhadap struktur hidrokarbon dan memerlukan kondisi khusus untuk mengambil minyaknya kembali (*oil recovery*). Secara umum pengujian ini bisa berlangsung dengan baik, dan akan lebih baik jika waktu uji coba *demo plant* ini bisa berlangsung lebih lama, sehingga banyak simulasi perlakuan konsentrasi yang bisa

Tabel 2
Implementasi unit *demo plant* untuk pengolahan limbah berminyak di area industri migas

No.	Kode Sampel	Jenis Sampel	TPH (%)		Efisiensi Ekstraksi (%)
			Sebelum	Sesudah	
1	Batch-5.A	BT	98,3	0,8	99,2
2	Batch-5.B	OPT	61,6	2,3	96,3
3	Batch-6.B	ST	6,8	1,5	78,3

Note: BT = Bottom Tank
OPT = Off Spec Product Treatment
ST = Separator Tank

diperoleh. Tetapi semua ini dibatasi oleh waktu uji yang sangat terbatas karena alasan kondisi operasi unit industri yang tidak boleh terganggu terlalu lama dan lokasi ujicoba unit *demo plant* ini berada di daerah terbatas dan berbahaya (*restricted area*).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum implementasi unit *demo plant* dengan kapasitas reaktor 1 ton per siklus dalam memulihkan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah berminyak di area industri migas bisa dikerjakan dengan baik dan hasil yang memuaskan. Untuk pemulihan tanah terkontaminasi mampu menurunkan nilai TPH sampai 0,91% dan untuk efisiensi ekstraksi pengolahan limbah berminyak mencapai 99,2%.

Unit *demo plant* dalam pemulihan tanah terkontaminasi minyak dan pengolahan limbah berminyak sudah berjalan dengan baik dan yang diperlukan adalah pembuatan unit yang lebih besar dengan proses yang terintegrasi. Diharapkan teknologi pemulihan tanah terkontaminasi dan pengolahan limbah berminyak menggunakan reaktor multi fungsi dapat diimplementasikan secara komersial di lingkungan industri minyak, baik di PT PERTAMINA (*Refinery Unit*) dan KKKS yang ada di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan perekayasa di Kelompok Bioteknologi dan KP3 Teknologi Proses PPPTMGB "LEMIGAS" atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan sukses.

KEPUSTAKAAN

A. Bhandari, J. T. Novak, D. C. Dove, and V. Tech, 2000, "Effect Of Soil Washing On Petroleum-Hydrocarbon Distribution On Sand Surfaces," pp. 1-13.

Devgun, J.S., Beskid, N.J., Natsis, M.E., Walker J.S. "Soil Washing as Potential Remediation Technology for Contaminated Doe Sites."

E. Koshlaf, E. Shahsavari, A. Aburto-medina, M. Taha, N. Haleyur, T. H. Makadia, P. D. Morrison, and A. S. Ball, 2016, "Ecotoxicology and Environmental Safety Bioremediation Potential of Diesel-Contaminated Libya Soil," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 133, pp. 297-305.

F. P. De França, 2012, "Waste Management & Research Petroleum Refineries," no. July, 2012.

K. Urum, T. Pekdemir, D. Ross, and S. Grigson, 2005, "Crude Oil Contaminated Soil Washing In Air Sparging Assisted Stirred Tank Reactor Using Biosurfactants," vol. 60, pp. 334-343.

M. E. R. Gutierrez and E. R. Bandala, 2017, *Industry Effluents*, no. 1. Elsevier B.V.

N. Karthika, K. Jananee, and V. Murugaiyan, 2016, "Remediation of Contaminated Soil Using Soil Washing-a review," vol. 6, no. 1, pp. 13-18.

S. Gan, E. V Lau, and H. K. Ng, 2009, "Remediation Of Soils Contaminated With Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)," vol. 172, pp. 532-549.

"**Survey of Technology for Remediation of Oil-Contaminated Soil in Kuwait,**" 1999, pp. 1-15.

U. E. Ezeji, S. O. Anyadoh, and V. I. Ibekwe, 2007, "Clean up of Crude Oil-Contaminated Soil".

Zulkifliani, "Penanggulangan Tanah Terkontaminasi Oleh Limbah Minyak Dari Kilang/Unit Pengolahan Dengan Bios Oil Removal Pada Skala Laboratorium (Tahap-I)," *LEMBARAN PUBLIKASI LEMIGAS* vol. 038, no. 3, 2004.

Zulkifliani, 2011, "Penanggulangan Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Menggunakan Teknik Bios (Skala Pilot)," *LEMBARAN PUBLIKASI LEMIGAS* vol. 045, no. 1, pp. 11-16.