

Studi Karakterisasi Tanah Terkontaminasi Minyak Berat

Characterization Study of Heavy Oil Contaminated Soils

NIDA SOPIAH, DWINDRATA BASUKI AVIANTARA

Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 820 (Gedung GEOSTECH) Kawasan Puspiptek Serpong 15314 Tangerang Selatan Banten
Email: nida.sopiah@bppt.go.id

ABSTRACT

The study of the characteristics of hazardous and toxic waste materials from samples of heavy oil contaminated soil containing Total Petroleum-Hydrocarbon (TPH) with a range between 1 - 2%. This study aimed to evaluate the hazard category of heavily oil contaminated soil based on organoleptic test results and Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP). Organoleptic tests carried out include explosive, igniteable, reactive (reactive) and corrosive (corrosive) and potentially toxic through TCLP. Leaching tests performed by using method based of the United States Environmental Protection Agency (US EPA) SW 846-1311. Based on the results of organoleptic observations, the samples contaminated with heavy oil that were studied did not fulfill the elements that were required to be classified as hazardous waste category 1. Meanwhile, based on TCLP test results, there were 5 parameters of heavy metals (As, Be, Cd, Pb and Se) as well as 2 organohalogen parameters (Aldrin + Dieldrin, and Vinyl Chloride) whose results are inconclusive because the quality standard values are below the detection limit of the determination method for the seven parameters.

Keywords: Heavy oil contaminated soil, Organoleptic test, Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TPH 1-2%

ABSTRAK

Telah dilakukan studi karakteristik limbah bahan berbahaya dan beracun dari sampel tanah terkontaminasi minyak berat mengandung TPH dengan kisaran antara 1 – 2%. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi kategori bahaya dari tanah yang terkontaminasi minyak berat berdasarkan data hasil uji organoleptik dan TCLP. Uji organoleptik yang dilakukan meliputi uji kemudahan meledak (*explosive*), menyala (*igniteable*), perilaku reaktif (*reactive*) dan korosif (*corrosive*) serta potensial toksik melalui uji pelindian karakteristik beracun (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure – TCLP*). Uji pelindian dilakukan dengan mengacu kepada *United State Environmental Protection Agency* (US EPA) SW 846-1311. Berdasarkan hasil pengamatan organoleptik sampel tanah terkontaminasi minyak berat yang dikaji tidak memenuhi unsur-unsur yang menjadi persyaratan untuk digolongkan sebagai limbah B3 kategori 1, sedangkan berdasarkan hasil uji TCLP, terdapat 5 parameter logam berat (As, Be, Cd, Pb dan Se) serta 2 parameter organohalogen (Aldrin + Dieldrin, dan Vinyl Chloride) yang hasilnya adalah *inconclusive* dikarenakan nilai baku mutunya berada di bawah limit deteksi dari metode penetapan untuk ketujuh parameter tersebut.

Kata kunci: Tanah terkontaminasi minyak berat, TPH 1-2%, uji organoleptik, uji pelindian karakteristik beracun

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dinyatakan bahwa lingkungan hidup yang baik dan sehat adalah hak asasi setiap warga negara Indonesia.

Dinyatakan pula bahwa pembangunan ekonomi nasional diselenggarakan berdasar kepada prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan⁽¹⁾. Turunan dari undang undang tersebut, yakni Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, telah mengatur tatakelola mengenai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pada BAB XI dari peraturan pemerintah tersebut dijelaskan perihal pengecualian limbah bahan berbahaya dan beracun dari sumber spesifik yang karakteristik limbahnya memenuhi sejumlah kriteria.

Pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 yang mengatur tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun, dinyatakan bahwa setiap orang yang menghasilkan Limbah B3 wajib melakukan Pengelolaan Limbah B3 yang dihasilkannya. Berdasarkan atas tingkat bahayanya, limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dikelompokkan menjadi dua yaitu Kategori 1 dan Kategori 2. Limbah yang tidak masuk ke dalam kedua kategori tersebut, jika memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, dapat dinyatakan sebagai limbah non-B3. Baik limbah B3 Kategori 1 maupun Kategori 2 bila ditinjau dari asal atau sumber limbahnya masih dapat digolongkan menjadi limbah B3 dari sumber spesifik, sumber tidak spesifik, serta limbah B3 yang berasal dari B3 yang telah kadaluwarsa, B3 tumpah, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk sehingga akan dibuang dan bekas kemasan B3. Lebih lanjut limbah B3 yang asalnya adalah dari sumber spesifik masih diklasifikasikan menjadi sumber spesifik umum dan sumber spesifik khusus⁽²⁾.

Minyak mentah merupakan campuran beragam senyawaan hidrokarbon. Di dalamnya termasuk bahan organik yang mengandung belerang, oksigen, dan nitrogen. Hidrokarbon yang ada dalam sumur pengeboran minyak mentah didominasi oleh bahan organik dari golongan alkana, yang terdiri dari senyawa karbon dengan jumlah atom C₁ hingga di atas C₄₀. Senyawa alkana tersebut dapat merupakan rangkaian atom karbon dengan rantai lurus, bercabang atau rantai siklik. Terdapat pula hidrokarbon yang mempunyai cincin benzena tunggal, misal toluena, atau paduan dua atau lebih cincin benzena, seperti *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs). Senyawa *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) tersebut merupakan bahan yang sulit untuk dirombak oleh mikroorganisma karena bersifat toksik, walaupun mikroba dapat pula mendegradasi sejumlah besar *xenobiotik* organik dengan proses biokimia spesifik di bawah kondisi anaerob atau aerob^(3,4). Demikian pula dengan fraksi minyak berat dengan panjang rantai atom karbon di atas 15⁽⁵⁾, keberadaannya di lingkungan dapat terakumulasi seiring dengan kegiatan *antropogenik* yang pada akhirnya dapat menimbulkan persoalan lingkungan. Selain itu juga terdapat bahan anorganik berupa logam seperti nikel, besi dan tembaga yang merupakan penyusun geologik di mana pengeboran minyak mentah dilakukan⁽⁶⁾.

Setiap kegiatan penambangan minyak bumi akan selalu dihasilkan limbah. Limbah, bergantung kepada karakteristiknya, bila tidak dikelola dengan baik dan benar dapat memicu terjadinya persoalan lingkungan. Limbah lumpur minyak bumi misalnya, merupakan hasil samping

yang tidak mungkin dihindari dalam proses penambangan minyak bumi yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan⁽⁷⁾ dikarenakan bahan organik dan anorganik di dalamnya dapat bersifat toksik bagi biota.

Dalam evaluasi dampak dari suatu bahan terhadap lingkungan hidup, khususnya biota, sangat ditentukan oleh komposisi kimia dari bahan tersebut. Secara umum semakin tinggi tingkat polutan dan toksisitas suatu polutan kepada biota maka semakin besar pula potensi dampaknya terhadap perubahan kualitas lingkungan hidup. Itulah sebabnya dalam kajian karakteristik limbah B3 diperlukan analisis komposisi kimia dari limbah yang dimaksud. Komposisi kimia dari limbah B3 yang diperlukan dalam evaluasi karakteristik adalah mencakup bahan organik dan anorganik.

Beberapa penelitian uji toksisitas terhadap limbah B3 telah dilakukan antara lain terhadap potensi pemanfaatan *fly ash*, yang dihasilkan pembangkit listrik menggunakan batu bara, sebagai bahan campuran semen⁽⁸⁾, pemanfaatan limbah padat industri peleburan baja (*iron slag*) sebagai bahan campuran dalam konstruksi prasarana jalan⁽⁹⁾, evaluasi pengelolaan limbah B3 hasil insinerasi^(10,11,12).

Tanah terkontaminasi minyak berat (*heavy oil contaminated soil*) merupakan salah satu matriks lingkungan yang diatur dalam peraturan pemerintah tersebut yang bentuknya dapat merupakan limbah B3 hasil dari kegiatan eksplorasi, eksploitasi serta tumpahan minyak mentah (*crude oil*) di tanah maupun tumpahan pada saat proses pengangkutan (transportasi).

Untuk limbah B3 yang berasal dari sumber spesifik (baik umum maupun khusus) memiliki peluang dapat dikecualikan dari pengelolaan limbah B3. Agar dapat dikecualikan dari pengelolaan limbah B3 maka karakteristik dari limbah B3 yang akan dikecualikan tersebut harus memenuhi kriteria yang dijelaskan dalam peraturan pemerintah di atas. Terdapat 3 hal yang harus dikaji untuk tujuan pengecualian tersebut yaitu sifat organoleptik, komposisi kimia limbah B3, serta potensial toksisitas. Sifat organoleptik yang dimaksud adalah:

- Evaluasi kemudahan meledak (*explosive*)
- Evaluasi kemudahan menyala (*igniteable*)
- Evaluasi perilaku reaktif (*reactive*)
- Evaluasi perilaku korosif (*corrosive*)
- Evaluasi potensi sifat menginfeksi (*infectious*)

Untuk sifat organoleptik yang terakhir, yakni potensi sifat menginfeksi, hanya diberlakukan untuk limbah medik. Dengan demikian untuk limbah B3 yang ditimbulkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak mentah tidak

memerlukan jenis evaluasi yang terakhir tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi karakterisasi tanah terkontaminasi minyak berat adalah untuk mengevaluasi apakah limbah B3 tanah yang terkontaminasi oleh minyak berat dengan rentang konsentrasi TPH antara 1-2% termasuk ke dalam kategori 1 atau 2 berdasarkan data hasil uji organoleptik dan TCLP.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam karakterisasi limbah B3 yaitu sampel tanah terkontaminasi minyak berat diperoleh dari lapangan penimbunan matriks tanah, yang telah ditimbun sejak tahun 1970 dari hasil eksploitasi minyak bumi, dengan rentang konsentrasi TPH antara 1 – 2%

Peralatan yang digunakan dalam uji karakteristik limbah tercemar minyak berat ini adalah peralatan gelas, bunsen, oven, neraca analitis, *shaker*, *pH meter*, *rotary agitator*, *sieving*, *Spektrofotometri UV-Vis*, *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)* dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*.

2.2 Prosedur Kerja

- Uji Organoleptik sampel tanah terkontaminasi minyak berat meliputi:

a) Karakteristik mudah meledak (*explosive – E*)

Pengujian untuk mengetahui apakah sampel bersifat mudah meledak (*Explosive-E*) dilakukan dengan beberapa cara yaitu sampel dibiarkan berkontak dengan udara terbuka pada suhu dan tekanan standar (25°C, 1 atm) atau dengan mereaksikannya dengan air atau dengan cara dibanting atau dijatuhkan. Selanjutnya diamati secara visual apakah terjadi perubahan yang diindikasikan dengan timbulnya ledakan atau menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

b) Karakteristik mudah menyala (*ignitable - I*)

Pengujian untuk mengetahui apakah sampel bersifat mudah menyala pada temperatur dan tekanan standar (25°C, 1 atm) dilakukan secara visual melalui pengamatan gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan yang dapat menyebabkan nyala terus menerus.

c) Karakteristik reaktif (*reactive - R*)

Dalam melaksanakan pengujian untuk mengetahui apakah sampel bersifat reaktif

diperlukan uji kestabilan dengan melihat secara langsung apakah terjadi reaksi yang ditandai dengan adanya gelembung gas, asap, dan perubahan warna. Sementara itu, uji lain dilakukan dengan mereaksikan dengan air. Bila sampel tersebut bersifat reaktif, maka akan terjadi perubahan yang ditunjukkan adanya reaksi seperti gelembung gas, uap, asap atau perubahan warna yang dapat diamati secara langsung.

d) Korosif (*corrosive - C*)

Dalam melaksanakan pengujian untuk mengetahui apakah sampel bersifat korosif atau tidak, diperlukan uji korosivitas dengan melakukan pengukuran pH tanah. Sebelum dilakukan pengukuran pH tanah, terlebih dahulu sampel dipreparasi dengan 2 (dua) perlakuan yaitu: sampel dilarutkan dalam *aquadest* dan yang lainnya dilarutkan dalam larutan KCl 1M dengan rasio 1:5, selanjutnya dikocok menggunakan alat *shaker* selama 45 menit. Sebelum dilakukan pengukuran pH pada larutan yang akan diukur dilakukan kalibrasi pH meter terlebih dahulu untuk memastikan keakuratan data yang dihasilkan. Bila pH larutan yang dihasilkan mempunyai pH kurang dari 2 (dua) atau lebih besar dari 12,5 (dua belas koma lima) maka sampel tersebut bersifat korosif.

- Uji Prosedur Pelindian Karakteristik Beracun (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*)

Uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) dilakukan untuk mengetahui kestabilan senyawa organik ataupun anorganik dalam matriks sampel. Uji pelindian ini dilakukan dengan mengacu kepada United State Environmental Protection Agency (US EPA) metode SW 846-1311⁽¹³⁾, yakni prosedur ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan alat *Rotary Agitator*. Hasil ekstraksi ini kemudian dianalisis menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)* untuk menentukan jumlah total logam antimon (Sb), arsen (As), merkuri (Hg), selenium (Se), sedangkan logam lainnya seperti barium (Ba), berilium (Be), boron (B), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timah hitam (Pb), molibdenum (Mo), Nikel (Ni), Perak (Ag), Seng (Zn) menggunakan *Inductively Couple Plasma (ICP)*. Senyawa anorganik ditentukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis adalah Kromium heksavalen (Cr⁶⁺), nitrit (NO-NO₂) nitrat (N-NO₃), serta sianida (CN⁻). Sedangkan senyawa organik dianalisis menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan eksplorasi, eksploitasi serta tumpahan minyak mentah (*crude oil*) di tanah

maupun tumpahan pada saat proses pengangkutan (transportasi) dapat berpotensi menimbulkan pencemaran pada tanah yang ada di sekitar kegiatan tersebut. Tanah tercemar minyak berat tersebut apabila dilakukan proses penimbunan secara terbuka (*open dumping*) bila tidak dikelola dengan baik dan benar, dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Beberapa potensi permasalahan lingkungan adalah mempengaruhi estetika lingkungan, keterbatasan lahan, pencemaran pada tanah, air tanah dan air permukaan. Untuk itu diperlukan langkah-langkah pemulihan pada lahan terkontaminasi tersebut⁽¹⁴⁾. Akan tetapi sebelum limbah tersebut dikatakan sebagai limbah B3 diperlukan identifikasi berupa uji karakteristik dan uji toksikologi atas limbah tersebut⁽¹⁵⁾.

Potensial toksisitas dari limbah B3 diperkirakan dari dua hal yaitu kemudahan polutan yang ada di dalam limbah B3 tersebut untuk melindi (*to leach*) serta hasil penetapan uji toksikologik terhadap biota. Mudah tidaknya suatu polutan melindi dari matriks limbah B3 tersebut menentukan apakah polutan yang terdapat dalam limbah B3 berpotensi untuk bergerak secara spasial di lingkungan.

Semakin mudah suatu polutan melindi dari matriks limbah B3 maka semakin tinggi potensinya untuk bergerak secara spasial. Polutan yang mudah bergerak secara spasial akan menyebabkan terjadinya perpindahan polutan tersebut dari satu zona lingkungan ke zona lingkungan yang lain. Misalnya, apabila gerakan spasial tersebut adalah *vertical* ke bawah maka polutan tersebut berpotensi untuk mengkontaminasi air tanah. Sedangkan bila kontaminasi lingkungan tersebut bergerak secara membidang (*lateral*) maka terdapat peluang bahwa kontaminasi tersebut akan berpindah dari satu titik mendarat (*horizontal*) ke titik mendarat yang lain yang jaraknya bisa jadi cukup jauh dari titik asal di mana kontaminasi lingkungan tersebut melindi.

3.1 Preparasi sampel

Tanah terkontaminasi minyak berat yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari lapangan penimbunan yang mana sebelum dilakukan proses penimbunan terlebih dahulu dilakukan proses pencampuran dengan tanah lempung sedemikian rupa sehingga konsentrasi TPH berada dalam rentang 1 – 2%.

Sampel tanah tercemar minyak bumi tersebut sebelum dilakukan uji laboratorium terlebih dahulu harus diberikan perlakuan pendahuluan. Perlakuan pendahuluan sangat penting dilakukan untuk mendapatkan sampel yang homogen sehingga diharapkan proses pengambilan sampel dapat mewakili sampel

secara keseluruhan. Perlakuan pendahuluan dilakukan dengan melakukan pencacahan sedemikian rupa sehingga ukuran butir partikel matriks tanah menjadi sesuai untuk kebutuhan analisis di laboratorium

Pada Gambar 1 ditunjukkan kondisi awal dari matriks tanah terkontaminasi minyak berat yang diperoleh dari lokasi survei serta hasil perlakuan pendahuluan dari sampel tanah tersebut. Foto paling kanan yang terdapat pada Gambar 1 tersebut adalah sampel tanah yang telah siap dianalisis di laboratorium pengujian.



Gambar 1. Homogenisasi sampel matriks tanah terkontaminasi minyak berat

Untuk analisis laboratorium dilakukan uji yang mencakup pemeriksaan organoleptik dan potensial toksik. Potensial toksik dievaluasi dengan pendekatan TCLP⁽¹¹⁾, yakni mengukur tingkat kemudahan melindinya polutan dari dalam matriks tanah terkontaminasi minyak berat tersebut.

3.2 Uji Organoleptik

Uji organoleptik bertujuan mengetahui secara cepat apakah terdapat tanda-tanda bahwa tanah terkontaminasi oleh minyak berat memiliki sifat mudah terbakar, meledak, reaktif, atau korosif. Sebagai contoh untuk menetapkan bahwa limbah padat memiliki sifat yang mudah meledak atau tidak adalah dengan menyimak perilakunya pada suhu dan tekanan normal (25°C, 1 atm) apakah terdapat tanda-tanda bahwa limbah padat tersebut mengalami perubahan fisika (seperti perubahan fasa atau perubahan suhu) atau reaksi kimia (misalnya timbulnya gas) sehingga secara visual mengindikasikan perubahan keadaan fisik dan kimiawi yang cukup cepat dan berpotensi menimbulkan ledakan.

Sifat mudah meledak. Dengan merujuk kepada metode yang dijabarkan pada Lampiran 1 dari PP101/2014 mengenai karakteristik mudah meledak hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak terdapat gejala yang memperlihatkan bahwa tanah terkontaminasi minyak berat yang dikaji mempunyai kecenderungan mudah meledak. Hal ini ditunjukkan dengan tidak

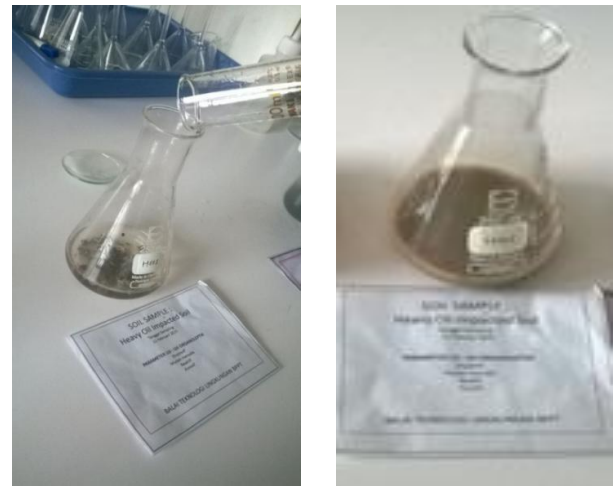
terjadinya perubahan karakter secara visual, dan tidak adanya indikasi bahwa tanah terkontaminasi minyak berat tersebut mengalami reaksi kimia dan/atau fisika yang menghasilkan gas bersuhu dan bertekanan tinggi pada kondisi lingkungan normal (25°C, 1 atm) yang dengan cepat berpotensi merusak lingkungan sekitarnya.



Gambar 2. Pemeriksaan organoleptik untuk sifat mudah menyala. sampel tanah terkontaminasi minyak tanah terkontaminasi minyak berat.

Sifat mudah menyala. Seperti halnya pada pemeriksaan organoleptik terkait dengan sifat mudah meledak pengamatan terhadap sifat kemudahan menyala dari matriks tanah terkontaminasi minyak berat tidak memperlihatkan tanda-tanda bahwa material yang diuji mempunyai sifat mudah menyala. Pemeriksaan organoleptik jenis ini juga dilaksanakan pada kondisi lingkungan normal, yakni suhu 25°C serta tekanan udara 1 atm. Bahkan, uji coba pembakaran terhadap sampel uji tidak menunjukkan tanda-tanda bahwa matriks tersebut memiliki sifat mudah terbakar, hal ini ditunjukkan dengan tidak terjadinya penambahan intensitas nyala api. Pelaksanaan uji pembakaran tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

Sifat reaktif. Sifat ini dievaluasi melalui penambahan air kepada cuplikan (*aliquot*) sampel tanah terkontaminasi minyak berat. Dengan tidak adanya perubahan warna, pelepasan gas atau gelembung atau tanda-tanda eksotermis lainnya maka dapat dinyatakan bahwa matriks uji tersebut bukanlah merupakan bahan yang bersifat reaktif. Kondisi awal dari matriks tanah terkontaminasi minyak mentah sebelum penambahan air ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemeriksaan organoleptik untuk sifat reaktif (sebelum dan sesudah penambahan air) dari sampel tanah terkontaminasi minyak berat.

Pada uji reaktivitas ini sampel tanah direaksikan dengan air dan diamati perubahan yang terjadi. Hasilnya sampel dapat bercampur dengan air tanpa terjadi reaksi seperti yang ditunjukkan diatas.

Sifat korosif. Sifat ini ditetapkan dengan cara menambahkan aquades atau larutan garam KCl kepekatan 1 mol/L dengan nisbah 1:5 kepada matriks tanah terkontaminasi minyak berat. Berdasarkan pH larutan yang diperoleh jika derajat keasamaan atau kebasaaan yang diperoleh kurang dari atau sama dengan 2 maka matriks tanah yang diuji tersebut akan dinyatakan sebagai bahan yang memiliki sifat korosif. Dari hasil pengukuran pH dilarutkan dengan aquadest terhadap tanah terkontaminasi minyak berat diperoleh nilai pH sebesar 7,36 (H₂O) dan 7,54 (KCl). Dari hasil pengukuran tersebut dapat dinyatakan bahwa matriks tanah terkontaminasi minyak mentah tersebut bukan merupakan material yang memiliki sifat korosif.

Dengan demikian, memperhatikan hasil-hasil pemeriksaan organoleptik untuk sifat mudah meledak, mudah menyala, reaktif dan korosif sampel, diperoleh informasi bahwa tidak ada satupun dari sampel matriks tanah terkontaminasi minyak berat (*heavy oil contaminated soil*) yang diuji tersebut memberikan tanda-tanda memiliki sifat mudah meledak, mudah menyala, reaktif maupun korosif maka dapat dinyatakan bahwa, dari sisi organoleptik, sampel tanah terkontaminasi minyak berat tersebut tidak memenuhi unsur-unsur yang menjadi persyaratan untuk digolongkan sebagai limbah B3 kategori 1. Dengan kata lain matriks tanah terkontaminasi minyak berat yang dikaji memiliki potensi untuk digolongkan ke dalam material limbah B3 yang bukan Kategori 1. Namun hal ini masih

memerlukan informasi lanjutan melalui proses penapisan (*screening*) berikutnya yang meliputi uji *toxicity characteristics leaching procedure* (TCLP).

3.3 Uji TCLP

Uji TCLP matriks tanah terkontaminasi minyak berat merupakan simulasi terhadap kemungkinan melindinya polutan dari dalam matriks di mana polutan tersebut semula berada. Adanya peristiwa melindinya polutan menunjukkan bahwa matriks limbah yang disimulasikan menurut prosedur 1311 dari SW-846 tersebut mengindikasikan adanya potensi paparan (*exposure*) polutan yang berasal dari matriks kepada media lingkungan di mana matriks mengandung polutan tersebut berada.

Dalam menetapkan komposisi kimia dari sampel matriks tanah terkontaminasi minyak berat digunakan sejumlah peralatan laboratorium yang sesuai untuk penetapan parameter kimia yang dimaksud. Untuk menetapkan konsentrasi total logam berat, misalnya, dapat digunakan alat Spektrometer Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) atau *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrophotometer* (ICP-AES). Untuk analisis bahan organik yang memiliki gugus kromofor (*chromophore group*), misal senyawa organik dengan cincin benzena, dapat digunakan peralatan Spektrometer Ultra lembayung – Tampak (*Ultraviolet – Visible Spectrophotometer*).

Pada Tabel 1 diperlihatkan hasil penetapan TCLP komponen senyawa anorganik dan organik dari matriks tanah terkontaminasi minyak berat 1-2%, seperti yang dapat disimak dari tabel tersebut, kecuali untuk penetapan arsenik, berilium, cadmium, timbal, selenium, aldrin + dieldrin, dan vinil klorida, seluruh hasil pengukuran parameter anorganik golongan logam berat serta golongan non logam menunjukkan angka di bawah ambang metode pengukuran yang nilainya juga di bawah ambang baku mutu TCLP-B. Hasil yang demikian juga diperoleh untuk penetapan parameter organik yang mengandung cincin benzena maupun senyawa organo klorida. Hal ini terjadi karena konsentrasi dari parameter kimia yang ditetapkan lebih rendah atau lebih kecil dari limit deteksi dari metode pengukuran yang digunakan untuk mendeteksi adanya parameter kimia tersebut. Hasil penetapan ketujuh parameter, yaitu Arsenik (As), Berilium (Be), kadmium (Cd), Timbal (Pb), Selenium (Se), Aldrin+Dieldrin, *Vinyl Chloride* belum dapat menunjukkan apakah ketujuh parameter itu sudah di bawah ambang baku mutu TCLP-B atau belum karena limit deteksi dari metode pengukuran dengan alat yang digunakan masih di atas ambang baku mutu TCLP-B

Tabel 1. Hasil pengujian TCLP* pada sampel matriks tanah terkontaminasi minyak berat 1-2%

Parameter	Baku mutu**	Hasil Pengujian***
Antimoni (Sb)	1	<1
Arsenik (As)	0,5	<1
Barium (Ba)	35	3
Berilium (Be)	0,5	<1
Boron (B)	25	<1
Kadmium (Cd)	0,15	<1
Kromium heksavalen (Cr6+)	2,5	<1
Tembaga (Cu)	10	<1
Timbal (Pb)	0,5	<1
Raksa (Hg)	0,05	<0,01
Molibdenum (Mo)	3,5	<1
Nikel (Ni)	3,5	<1
Selenium (Se)	0,5	<1
Perak (Ag)	5	<1
Seng (Zn)	50	<1
Sianida bebas	3,5	< 0,02
Fluorida	75	<2
Nitrat	2500	<10
Nitrit	150	<1
Klorida	12500	14
Tributiltin oksida	0,05	<0,01
Aldrin + Dieldrin	0,0015	<0,01
Benzena	0,5	<0,005
Karbon tetraklorida	0,2	<0,005
Klordan	0,01	<0,005
Klorobenzena	15	<0,005
Kloroform	3	<0,02
Total-kresol	100	<0,005
2,4-D	1,5	<0,005
1,2-Diklorobenzena	50	<0,005
1,4-Diklorobenzena	15	<0,005
1,2-Dikloroetana	2,5	<0,005
1,1-Dikloroetana	3	<0,005
1,2-Dikloroetana	2,5	<0,005
2,4-Dinitrotoluena	0,065	<0,005
Endrin	0,02	<0,005
Heptaklor + Heptaklor epoksida	0,015	<0,005
Heksaklorobenzena	0,13	<0,005
Heksaklorobutadiena	0,03	<0,005
Heksakloroetana	3	<0,005
Lindan	0,1	<0,005
Metoksiklor	1	<0,005
Metil etil keton	100	<0,05
Nitrobenzena	1	<0,005
Pentaklorofenol	0,45	<0,01
Piridin	5	<0,005
Tetrakloroetana (TCE)	2,5	<0,005
Toksafen	0,5	<0,005
Trikloroetana	0,25	<0,005
2,4-Diklorofenol	10	<0,005
2,4,5-Triklorofenol	200	<0,005

Parameter	Baku mutu**	Hasil Pengujian***
2,4,6-Triklorofenol	1	<0,005
2,4,5-TP (Silvex)	1	<0,005
Vinil klorida	0,015	<0,01
Benzo (α) pirena	0,0005	<0,0005
2-Klorofenol	5	<0,005
Di (2 etilheksil) ftalat	0,4	<0,05
Diklorometana (metilen klorida)	1	<0,005
Etilbenzena	15	<0,005
Fenol	7	<0,005
Stirena	1	<0,005
1,1,1-Trikloroetana	15	<0,005
1,1,2-Trikloroetana	0,6	<0,005
1,1,1,2-Tetrakloroetana	4	<0,005
1,1,2,2-Tetrakloroetana	0,65	<0,005
Toluena	35	<0,005
Triklorobenzena (total)	1,5	<0,005
Ksilena (Total)	25	<0,01
DDT + DDD + DDE	0,05	<0,005
EDTA	30	<5
Formaldehida	25	<0,5

Keterangan :

* Satuan mg/L

** PP101 Tahun 2014 Lampiran III untuk TCLP-B

** Sampel tanah terkontaminasi minyak berat (*heavy oil contaminated soil*) 1-2 %

*** Pengujian TCLP dilakukan oleh Laboratorium pengujian PT ALS Indonesia

Hasil penetapan TCLP di atas menunjukkan bahwa sampel matriks tanah terkontaminasi minyak berat yang diuji, tidak memenuhi unsur-unsur yang menjadi persyaratan untuk digolongkan sebagai limbah B3 kategori 1. Dengan kata lain, sebagaimana hasil yang ditunjukkan dari pemeriksaan organoleptik sebelumnya, matriks tanah terkontaminasi minyak berat yang dikaji bukan merupakan material limbah B3 kategori 1.

Dari hasil uji TCLP, kecuali untuk penetapan arsenik, berilium, cadmium, timbal, selenium, aldrin + dieldrin, dan vinil klorida, seluruh hasil pengukuran parameter anorganik golongan logam berat serta golongan non logam menunjukkan angka di bawah ambang metode pengukuran yang nilainya juga di bawah ambang baku mutu TCLP-B. Hasil yang serupa juga diperoleh pada penetapan untuk parameter organik yang mengandung cincin benzena maupun senyawa organo klorida.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil uji organoleptik dan TCLP pada tanah terkontaminasi minyak berat (*heavy oil contaminated soil*) dengan kisaran konsentrasi antara 1-2 % dapat disimpulkan bahwa hasil pengamatan organoleptik sampel tanah terkontaminasi minyak berat yang dikaji, tidak memenuhi unsur-unsur yang menjadi persyaratan untuk digolongkan sebagai limbah B3 kategori 1, sedangkan berdasarkan hasil uji TCLP, terdapat 5 parameter logam berat (As, Be, Cd, Pb dan Se) serta 2 parameter organohalogen (Aldrin + Dieldrin, dan Vinyl Chloride) yang hasilnya adalah *inconclusive* dikarenakan nilai baku mutunya berada di bawah limit deteksi dari metode penetapan untuk ketujuh parameter tersebut.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Balai Teknologi Lingkungan, Bapak Dr. Ir. Arie Herlambang atas kesempatan dan dukungan yang diberikan sehingga kajian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada tim Laboratorium dan Workshop Balai Teknologi Lingkungan yang telah mendukung dan membantu proses penyiapan sampel tanah terkontaminasi minyak mentah (*heavy oil contaminated soil*) dan persiapan uji organoleptik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun
3. Hussain, I., G. Aleti, R. Naidu, M. Puschenreiter, Q. Mahmood, M.M. Rahman F. Wang, S. Shaheen, J. H. Syed, T.G. Reichenauer. (2018). *Microbe and plant assisted-remediation of organic xenobiotics and its enhancement by genetically modified organisms and recombinant technology: A review*, Science of the Total Environment journal, 628-629: 1582-1599
4. Kumar, M., Philip, L.. (2017). *Remediation of endosulfan contaminated system by microbes. Microbe-Induced Degradation of Pesticides*. Springer International Publishing, pp. 59–81
5. Santos, R.G., W. Loh, A.C. Bannwart & O.V. Trevisan. (2014). *An overview of of heavy oil properties and its recovery and transportation methods*. Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 31(03): 571-590

6. Connel D.W. & G.J. Miller. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerbit Universitas Indonesia. Alih bahasa: Y. Koestoer
7. Sumastri. (2005). *Bioremediasi lumpur minyak bumi secara pengomposan menggunakan kultur bakteri hasil seleksi*. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam
8. Upe, A. (2006). *Pemanfaatan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Pembuatan Portland Pozzolan Cement (PPC)*, J. Manusia dan Lingkungan, Vol 13(3):126-132
9. Moenir, M., N. I. Handayani. (2012). *Recycling Limbah Padat Industri Peleburan Besi (Iron Slag sebagai Bahan Campuran Industri Beton yang Berwawasan Lingkungan*, JRTPPPI, Vol 2(1): 1-10
10. Saragih, J.L. dan W. Herumurti. (2013) *Evaluasi Fungsi Insinerator dalam Memusnahkan Limbah B3 di Rumah Sakit TNI Dr. Ramelan Surabaya*, *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2(2):D138-143
11. Egclesias, V. G., dan W. Herumurti. (2013) *Evaluasi Pengelolaan Limbah Padat B3 Hasil Insinerasi di RSUD Dr Soetomo Surabaya*, *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2(2): D46-50
12. Perdana, P.M., Yulinah T., (2014). *Penilaian Kinerja Lingkungan Dalam Insinerasi Limbah B3 Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp) Di Rsud Dr. Soetomo Surabaya*, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI, Program Studi MMT-ITS: A-15.1-10
13. USEPA. (1994). *Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods: Integrated Manual (SW- 846)*.3rd Ed. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response
14. Hardiani, H., (2008). *Pemulihan lahan terkontaminasi limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas secara Fitoremediasi*, *Jurnal Riset Industri*, Vol. 2(2): 64-75
15. Reny, Y., (2013). *Penggunaan Uji Toksisitas dalam Penentuan dan Evaluasi Limbah B3*, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman