

Analisis Variasi Campuran Berat Tanah Humus dan Kompos terhadap Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dengan Konsep Bioremediasi

Pratiwi¹, Mardiyanti Siti¹, Yosephina Adriani¹, Achmad Taufik¹

¹Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Bandung

Abstrak

PT. Aurora World Cianjur merupakan salah industri boneka yang ada di Indonesia, yang di dalam proses produksinya menggunakan 1446 mesin jahit dan 5 mesin *compressor*. Mesin *compressor* digunakan dalam proses *stuffing* dan menghasilkan minyak pelumas bekas ± 70 liter/18 bulan yang belum dilakukan pengelolaan. Minyak pelumas merupakan turunan dari minyak bumi dimana minyak ataupun limbahnya mengandung senyawa hidrokarbon sebagai komponen terbesarnya.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui variasi campuran berat tanah humus dan kompos berpengaruh terhadap penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dengan konsep bioremediasi di PT. Aurora World Cianjur. Jenis penelitian adalah *pretest-posttest* dengan kelompok kontrol. Populasi adalah semua minyak pelumas bekas dari penggunaan mesin jahit dan mesin *compressor*, sampel adalah sejumlah minyak pelumas bekas dari penggunaan mesin *compressor* yang dihasilkan dari penggunaan tahun 2016 sampai dengan April 2017. Metode pengambilan sampel secara *random* dengan menghomogenkan minyak pelumas bekas yang dihasilkan dari mesin *compressor* kemudian menimbang sebanyak 3 kg untuk setiap pengulangan. Analisis data dengan menggunakan uji Kruskall-Wallis.

Konsentrasi awal TPH pada minyak pelumas bekas sebesar 90,47% sedangkan setelah perlakuan dengan berbagai variasi campuran tanah humus dan kompos selama 30 hari dengan variasi 1 (3 kg 6 kg) konsentrasi TPH sebesar 13,295% pada variasi 2 (4.5 kg 4.5 kg) konsentrasi TPH sebesar 12,305% dan konsentrasi TPH pada variasi 3 (6 kg 3 kg) sebesar 9,372%. Berdasarkan hasil uji Kruskall-Wallis diperoleh nilai $p < \alpha$ ($0,001 < 0,005$). Hasil analisis data menunjukkan bahwa variasi campuran berat tanah humus dan kompos berpotensi terhadap penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dengan konsep bioremediasi di PT. Aurora World Cianjur.

Kata Kunci : Bioremediasi, Total Petroleum Hidrokarbon (TPH), limbah minyak pelumas, tanah humus, kompos

Analysis Variation of Weight Mixture of Topsoil and Compost to Reducing Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) with Bioremediation Concept

Abstract

Aurora World Cianjur Inc. is one of the manufacture industries who produce dolls in Indonesia. On the process production they use 1446 sewing machine and 5 compressor machine. Compressor machine used in stuffing process and the outcomes are ± 70 liter/18 month lubricating oil that have not been processed before. Lubricating oil is a derivative from crude oil and the greatest content is hydrocarbon compounds.

The target from this research is to know the variation of weight mixture of topsoil and compost give effect to reducing the concentration of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) with bioremediation concept in Aurora World Cianjur Inc. The type of this research is pretest-posttest with control group. The population is all the lubricating oil of usage sewing machine and compressor machine and the sample is lubricating oil of usage compressor machine from 2016 until April 2017. Technique intake sample with random sampling by homogenizing first the lubricating oil then weighted 3 kg for each repetition. Data processing using SPSS with the Kruskal-Wallis test.

TPH concentration before being treated is 90,47% and then after treatment for 30 days with variation 1 (3 kg 6 kg) the concentration 13,295% on variation 2 (4.5 kg 4.5 kg) TPH concentration is 12,305% and TPH concentration for the last variation or variation 3 (6 kg 3 kg) is 9,372%.

Based on the test with Kruskal-Wallis obtained $p.value < \alpha$ ($0,001 < 0,005$). Data analysis results show the variation of weight mixture of topsoil and compost give effect to decrease the concentration of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) with bioremediation concept in Aurora World Cianjur Inc.

KEYWORDS : Total Petroleum Hydrocarbons (TPH), lubricating oil,
Topsoil, compost

PENDAHULUAN

PT. Aurora World Cianjur merupakan salah satu industri boneka yang ada di Indonesia, dimana boneka yang dihasilkan merupakan boneka-boneka yang memiliki kualitas tinggi hal tersebut dikarenakan boneka-boneka tersebut akan diexport ke beberapa negara yang ada di dunia seperti United Kingdom (UK), United States of America (USA), Hongkong, South Korea dan negara lainnya.¹

Pada proses pembuatan boneka yang dilakukan oleh PT. Aurora World Cianjur digunakan 1446 mesin jahit dan 3 mesin *compressor* yang digunakan pada proses *stuffing* (pengisian) pola-pola boneka dengan *dacron/garon*. Untuk 1 (satu) buah mesin jahit dibutuhkan minyak pelumas ± 1,5 L/unit/ 3bulan dan untuk 1 (satu) buah mesin *compressor* dibutuhkan minyak pelumas ± 56 L/unit/18bulan sehingga minyak pelumas bekas yang dihasilkan oleh PT. Aurora World Cianjur ±542,25 ml/3bulan dan ±70 liter/18 bulan untuk mesin *compressor*.²

Minyak pelumas bekas yang dihasilkan oleh PT. Aurora World Cianjur selama ini belum dilakukan pengelolaan secara menyeluruh. Pengelolaan yang dilakukan hanya mengangkut limbah yang berjenis padat yakni drum bekas oleh PT. Dame Alam Sejahtera.³ Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa di lingkungan PT. Aurora World Cianjur terdapat drum-drum bekas minyak pelumas yang dibiarkan begitu saja dan terdapat beberapa drum yang dijadikan tempat sampah.

Minyak pelumas bekas termasuk kedalam jenis limbah B3 kategori 2 dimana limbah B3 kategori 2 yang memiliki efek tunda (*delayed effect*), dan berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup serta memiliki toksisitas sub-kronis atau kronis. Dalam peraturan tersebut juga dijelaskan bahwa setiap orang yang menghasilkan limbah B3

wajib melakukan Pengelolaan Limbah B3 yang dihasilkannya.⁴

Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/ atau penimbunan. Kegiatan pengelolaan minyak pelumas yang selama ini dilakukan di PT. Aurora World Cianjur hanyalah kegiatan penyimpanan dan pengumpulan saja. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari minyak pelumas bekas yang dihasilkan oleh PT. Aurora World Cianjur yang belum dilakukan pengelolaan, maka peneliti ingin membuat sebuah teknologi yang dapat mengolah minyak pelumas bekas menjadi kurang berbahaya atau menjadi tidak berbahaya lagi.

Banyak sekali teknologi-teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah, salah satunya dengan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan yakni dengan tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak akan menimbulkan masalah baru dan aman bagi lingkungan, teknologi tersebut adalah teknologi bioremediasi. Bioremediasi merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah berbahaya yang relatif lebih ekonomis, mudah dan ramah lingkungan. Teknologi ini memanfaatkan aktivitas mikroba untuk mengolah limbah berbahaya menjadi lebih rendah bahayanya atau bahkan tidak berbahaya sama sekali.⁵

Limbah minyak bumi mengandung TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*), total logam berat, BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, xylene), PAC (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*). Salah satu pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) yakni dengan menggunakan metode bioremediasi.⁶

Bioremediasi merupakan salah satu teknik pengolahan yang dilakukan dengan cara mengeksploitasi

kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Proses biodegradasi hidrokarbon pada umumnya menggunakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mengubah senyawa hidrokarbon yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan hasil akhir berupa karbondioksida, air dan energy.⁷

Minyak pelumas bekas memiliki karakteristik tertentu sehingga di dalam proses bioremediasi perlu dicampur dengan tanah. Pencampuran bertujuan untuk memperbaiki karakteristik minyak pelumas bekas menjadi lebih mudah meresap pada media bioremediasi sehingga pertukaran oksigen dapat berlangsung lebih baik, dimana oksigen akan diperlukan oleh mikroorganisme untuk penguraian hidrokarbon. Selain oksigen mikroorganisme juga memerlukan nutrisi tambahan, dimana nutrisi tambahan dapat diperoleh dari kompos.

Kompos merupakan sumber mikroba yang sangat kaya.⁵ Selain itu penambahan kompos tersebut, selain sebagai sumber inokulan juga sumber nutrisi dalam tanah, yang akan mempercepat terjadinya degradasi bahan pencemar hidrokarbon.⁶ Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbandingan berat tanah liat dengan kompos 1:1 dapat menurunkan total petroleum hidrokarbon sebesar 48%. Hal tersebut terjadi karena tingkat porositas tanah liat sangat rendah.⁸ Sehingga peneliti ingin mengganti tanah liat dengan tanah humus dikarenakan tingkat porositas tanah humus lebih tinggi dibandingkan dengan tanah liat hal itu disebabkan kandungan bahan organik pada tanah humus lebih banyak dibandingkan dengan tanah liat dan salah satu faktor yang mempengaruhi tingginya porositas tanah adalah kandungan bahan organiknya. Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin mengetahui pengaruh campuran berat tanah humus dan kompos terhadap penurunan total

petroleum hidrokarbon (TPH) dengan konsep bioremediasi di PT. Aurora World Cianjur dengan variasi campuran berat yakni 1:2, 1:1 dan 2:1.

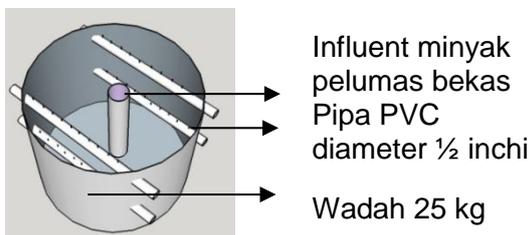
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan desain penelitian yang dilakukan adalah *pretest – posttest* dengan kelompok kontrol untuk eksperimen. Dilakukan pretest (01) pada kedua kelompok dan diikuti perlakuan (X) pada kelompok eksperimen. Setelah beberapa waktu dilakukan posttest pada kedua kelompok tersebut.⁹ Sampel pada penelitian ini adalah sejumlah minyak pelumas bekas dari penggunaan mesin compressor yang dihasilkan dari penggunaan tahun 2016 sampai dengan April 2017 yang belum dilakukan pengelolaan oleh PT. Aurora World Cianjur yang diambil dari populasi yang akan diberikan perlakuan dengan variasi perlakuan yakni variasi 1 (3 kg tanah humus dan 6 kg kompos), variasi 2 (4,5 kg tanah humus dan 4,5 kg kompos) dan variasi 3 (6 kg tanah humus dan 3 kg kompos). Banyaknya minyak pelumas bekas yang dibutuhkan dalam penelitian ini dengan 6 kali pengulangan dan 1 kontrol yaitu 57 kg dengan setiap pengulangan dibutuhkan 3 kg.

Prosedur Kerja

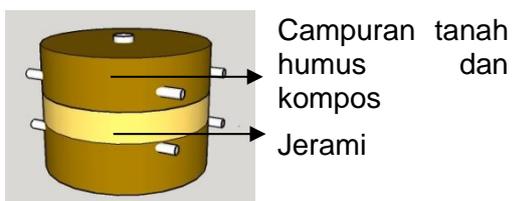
Tahap persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat bioremediasi yakni wadah 25 kg, pipa PVC dengan diameter ½ inchi, bor, solder, botol aqua 1,5 L, pisau, tanah humus, kompos, jerami dan pupuk NPK. Pembuatan alat dimulai dengan menyiapkan wadah yang bervolume 25 kg, menyiapkan botol aqua bervolume 1,5 L, menyiapkan pipa PVC berdiameter ½ inch sebanyak 4 buah dengan panjang masing-masing 30 cm, melubangi pipa PVC tersebut menggunakan bor dengan diameter lubang 0,5 cm dan jarak satu lubang ke

lubang lainnya 1,5 cm dimana satu pipa PVC memiliki 40 lubang sehingga satu alat bioremediator terdapat 160 lubang dan melubangi drum sesuai dengan diameter pipa PVC untuk memasukkan pipa kedalam alat.



Gambar 1
 Desain Alat Bioremediator

Pembuatan media bioremediasi dimulai dengan menyiapkan tanah humus, menimbang tanah humus, menambahkan pupuk NPK kedalam tanah humus, menghomogenkan tanah humus dengan pupuk NPK agar tercampur merata keseluruhan bagian tanah humus, menyiapkan kompos kemudian menimbang kompos sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan, mencampurkan tanah humus dengan kompos dengan variasi campuran 1:2, 1:1 dan 2:1 dan menyiapkan jerami.



Gambar 2
 Media Bioremediasi

Proses bioremediasi dilakukan selama 30 hari dimana setiap hari dilakukan pengukuran terhadap nilai suhu, kelembaban dan pH media bioremediasi. Kemudian pada Hari ke-0 dan hari ke-30 dilakukan pemeriksaan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) untuk mengetahui penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah diberikan perlakuan. Tahap pengolahan data

dilakukan dengan melakukan proses editing, yakni melakukan pengecekan kembali terhadap data hasil pengukuran, proses coding yakni melakukan pengkodean terhadap data hasil pengukuran, proses entry data yaitu memasukkan data hasil pengukuran ke dalam software analisis data yakni SPSS untuk dilakukan analisis lebih lanjut dan proses cleaning yaitu memeriksa kembali data hasil pengukuran yang telah dientry untuk melihat kemungkinan-kemungkinan adanya kesalahan pengkodean, ketidaklengkapan data pengukuran untuk selanjutnya dilakukan proses pengkoreksian.

Analisis data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis univariat dan analisis bivariat. Dalam penelitian ini analisis univariat digunakan untuk mengetahui kenormalan data dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk, nilai mean, nilai minimum dan nilai maksimum dan nilai standar deviasi hasil pengukuran konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dan analisis bivariat dilakukan dengan menggunakan uji kruskal-wallis karena data hasil pengukuran konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) tidak berdistribusi normal.

Pengolahan Data

Data dianalisa dengan cara mengamati persentasi penurunan tiap variasi yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Data disajikan dalam bentuk tabel. Rumus persentasi (%) penurunan:

$$\% \text{ penurunan TPH} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

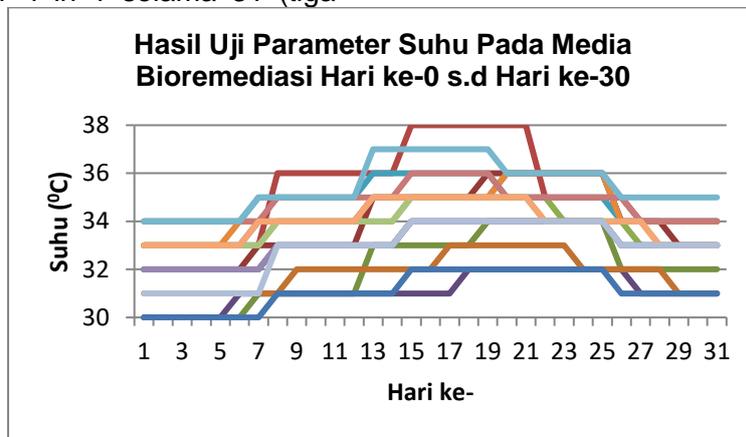
- A = konsentrasi TPH sebelum perlakuan
- B = konsentrasi TPH sesudah perlakuan

HASIL PENELITIAN

1. Hasil Pemeriksaan Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran parameter suhu pada media bioremediasi dengan menggunakan alat soil tester 4 in 1 selama 31 (tiga

puluh) hari berturut-turut mulai dari hari ke-0 sampai hari ke-30 dengan berbagai variasi diperoleh hasil sebagai berikut:

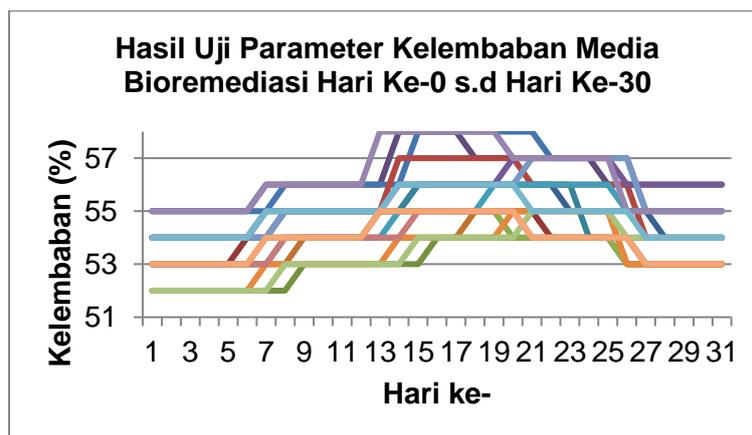


Gambar 3
 Suhu Pada Proses Bioremediasi

2. Hasil Pemeriksaan Kelembaban

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kelembaban pada media bioremediasi dengan menggunakan alat soil tester 4 in 1 selama 31 (tiga

puluh) hari berturut-turut mulai dari hari ke-0 sampai hari ke-30 dengan berbagai variasi diperoleh hasil sebagai berikut:

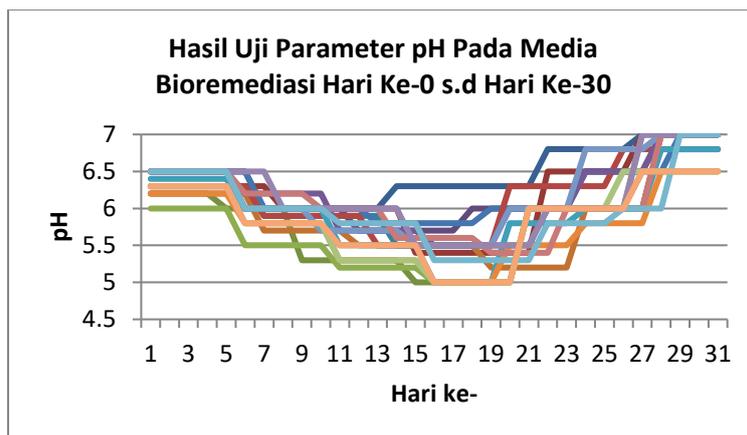


Gambar 4
 Kelembaban Pada Proses Bioremediasi

3. Hasil Pemeriksaan pH

Berdasarkan hasil pengukuran parameter pH pada media bioremediasi dengan menggunakan alat soil tester 4 in 1 selama 31 (tiga puluh) hari

berturut-turut mulai dari hari ke-0 sampai hari ke-30 dengan berbagai variasi diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 5
 pH Pada Proses Bioremediasi

4. Hasil Pemeriksaan TPH

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran Total Petroleum Hidrokarbon yang telah dilakukan pada

minyak pelumas sebelum diberikan perlakuan dan sesudah diberikan perlakuan.

Tabel 1
 Hasil Pengukuran Total Petroleum Hidrokarbon (Tph)

Pengulangan	Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (%)				
	Sebelum Perlakuan	Kontrol	Campuran Berat Tanah Humus dan Kompos		
			Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1			13,05	11,88	8,55
2			13,45	12,52	9,25
3	90,47	90,47	12,71	12,11	8,25
4			13,14	11,80	10,83
5			13,99	12,97	9,65
6			13,43	12,55	9,70

Berdasarkan tabel 1 diperoleh hasil bahwa sebelum diberikan perlakuan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) sebesar 90,47% kemudian setelah diberikan perlakuan yakni campuran berat tanah humus dan kompos konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada setiap perlakuan menunjukkan penurunan nilai dari sebelumnya. Pada variasi 1, dengan campuran tanah humus dan kompos yakni 3 kg dan 6 kg diperoleh hasil bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah diberikan perlakuan yaitu 12,71% sedangkan untuk variasi variasi 2, dengan campuran tanah humus dan kompos yakni 4,5 kg dan 4,5 kg diperoleh hasil bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah

diberikan perlakuan yaitu 11,80% dan pada variasi 3, dengan campuran tanah humus dan kompos yakni 6 kg dan 3 kg diperoleh hasil bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah diberikan perlakuan yaitu 8,25%

PEMBAHASAN

1. Suhu

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya proses degradasi hidrokarbon pada minyak pelumas bekas adalah mikroorganism, dan faktor yang mempengaruhi kemampuan mikroorganism dalam menguraikan hidrokarbon pada minyak pelumas bekas adalah suhu lingkungan. Mikroorganism dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu psikrofilik yang suhu optimumnya 5°C –

15°C, mesofilik 25°C – 40°C dan termofilik 45°C – 60°C. Sedangkan pada umumnya, bioremediasi hidrokarbon limbah minyak menggunakan mikroorganisme mesofilik.¹⁰

Proses biologis umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya suhu sampai suhu maksimal dimana terjadi denaturasi enzim yang akan menghambat dan mematikan sel.¹¹ Suhu optimum untuk proses degradasi hidrokarbon berkisar antara 30°C – 40°C.¹²

Tabel 2 merupakan rentang suhu pada media proses bioremediasi untuk pengulangan ke-1 sampai pengulangan ke-6 setiap variasinya dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2
Suhu Pada Media
Proses Bioremediasi

No	Variasi	Suhu
1	Variasi 1 (1 : 2)	32°C – 38°C
2	Variasi 2 (1 : 1)	30°C – 36°C
3	Variasi 3 (2 : 1)	30°C – 34°C

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa selama 30 hari proses bioremediasi berlangsung media bioremediasi untuk semua variasi baik itu variasi 1 (1:2), variasi 2 (1:1) dan variasi 3 (2:1) masih berada pada rentang suhu yang optimal untuk proses degradasi hidrokarbon yakni 30°C – 38°C.

Suhu media bioremediasi mengalami kenaikan pada akhir minggu kedua sampai minggu ketiga dimana pada minggu ketiga suhu disetiap variasi mencapai suhu tertinggi yakni pada variasi 1 (1:2) suhu media mencapai 38°C, suhu pada variasi 2 (1:1) mencapai 36°C dan suhu pada variasi 3 (2:1) mencapai 34°C. Kisaran suhu tersebut mengindikasikan bahwa terdapat bakteri *hidrokarbonoklastik* pada tanah humus dan kompos yang merupakan media bioremediasi minyak pelumas bekas bekas. Peningkatan suhu dapat terjadi akibat adanya aktivitas mikroorganisme yang

melakukan degradasi terhadap kandungan hidrokarbon pada media bioremediasi yang bersumber dari minyak pelumas bekas.

Penambahan tanah humus dan kompos memberikan dampak yang baik dimana tanah humus dan kompos dapat berperan sebagai penyerap kalor sehingga meningkatkan prositas campuran media yang mengakibatkan hilangnya kalor yang terbentuk. Terutama pada variasi 3 (2:1) dimana pada variasi tersebut kandungan tanah humus lebih besar dua kali lipat dibandingkan dengan kompos sehingga suhu pada media tidak terlalu tinggi ataupun tidak terlalu rendah.

2. Kelembaban

Faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi hidrokarbon yaitu kelembaban pada media bioremediasi. Kelembaban pada media harus berada pada kondisi yang sesuai dengan yang seharusnya agar ketersediaan air tercukupi dan transfer oksigen yang dapat masuk melalui pori-pori media dapat berlangsung dengan baik. Kelembaban yang optimal untuk proses degradasi hidrokarbon yakni 50% – 60%.⁶

Tabel 3 merupakan rentang kelembaban pada media proses bioremediasi baik itu untuk pengulangan ke-1 sampai pengulangan ke-6 setiap variasinya diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3
Kelembaban Pada Media
Proses Bioremediasi

No	Variasi	Kelembaban
1	Variasi 1 (1 : 2)	54% – 58%
2	Variasi 2 (1 : 1)	53% – 57%
3	Variasi 3 (2 : 1)	52% – 55%

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa selama 30 hari proses bioremediasi berlangsung media bioremediasi untuk semua variasi baik itu variasi 1 (1:2), variasi 2 (1:1) dan variasi 3 (2:1) masih berada pada rentang kelembaban yang optimal

untuk proses degradasi hidrokarbon. yakni 53% – 58%.

Kelembaban merupakan salah satu faktor penting dalam mengoptimalkan proses bioremediasi hidrokarbon. Keberadaan air pada media bioremediasi sangat diperlukan oleh mikroorganisme yang berperan sebagai pendegradasi senyawa hidrokarbon. Kelembaban pada semua variasi masih berada pada rentang yang optimum, hal ini disebabkan karena kompos dan tanah humus memiliki kemampuan menyerap air lebih besar sehingga kelembaban pada media bioremediasi dapat dipertahankan pada rentang optimum. Selain itu setiap seminggu sekali semua media selalu diberi air untuk menjaga kelembabannya.

Bakteri yang baik yang dapat digunakan untuk mendegradasi hidrokarbon adalah bakteri yang bersifat aerob, yaitu bakteri yang membutuhkan oksigen untuk menjalankan aktivitasnya sebagai bakteri pendegradasi. Oksigen yang diperlukan oleh bakteri tersebut diperoleh dari udara melalui proses pengadukan dan penyiraman yang dilakukan setiap 3 hari sekali.

Pada kelembaban yang optimum bakteri *hidrokarbonoklastik* dapat secara optimal melakukan proses pendegradasian hidrokarbon sedangkan apabila kadar air terlalu tinggi atau keadaan sangat lembab maka oksigen akan sulit untuk masuk ke dalam media bioremediasi sehingga bakteri aerob yang terdapat pada media bioremediasi akan kesulitan untuk melakukan proses degradasi karena tanpa oksigen bakteri-bakteri tersebut tidak dapat beraktivitas sebagaimana mestinya.⁶

Pada variasi 3 (2:1) dengan kelembaban berkisar 52% – 55% memberikan persentase penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) yang optimal yakni sebesar 89,64%. Hubungan antar persentase penurunan konsentrasi

Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dengan kelembaban yang optimum menunjukkan bahwa kelembaban yang optimum dapat meningkatkan persentase penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH), karena proses transfer nutrisi bagi bakteri berjalan optimal.

3. pH

pH merupakan salah satu faktor lingkungan lainnya yang mendukung kemampuan biodegradasi mikroorganisme dalam proses bioremediasi. pH optimum dalam proses biodegradasi hidrokarbon berkisar antara 6,0 – 8,5.¹¹

Tabel 4 merupakan nilai pH pada media proses bioremediasi baik itu untuk pengulangan ke-1 sampai pengulangan ke-6 setiap variasinya diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4
pH Pada Media Proses Bioremediasi

No	Variasi	pH
1	Variasi 1 (1 : 2)	5,5 – 7
2	Variasi 2 (1 : 1)	5 – 7
3	Variasi 3 (2 : 1)	5 – 7

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa selama 30 hari proses bioremediasi berlangsung media bioremediasi untuk semua variasi baik itu variasi 1 (1:2), variasi 2 (1:1) dan variasi 3 (2:1) tidak berada pada rentang pH yang optimal untuk proses degradasi hidrokarbon yakni 5 – 7 masih berada di bawah nilai pH optimum.

Nilai pH pada media bioremediasi berpengaruh pada kondisi mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Nilai pH akan mempengaruhi reaksi transformasi biotis, kemampuan fungsi-fungsi sel, seperti transportasi melalui membrane sel dan keseimbangan reaksi yang terkatalis oleh enzim.⁶

Pada minggu kedua sampai minggu ketiga nilai pH pada media bioremediasi setiap variasi menunjukkan nilai pH rendah, hal ini

disebabkan karena pada saat itu mikroorganisme sedang melakukan proses pelapukan yakni adanya proses perombakan lignoselulosa dan senyawa organik yang menghasilkan asam-asam organik. Senyawa hidrokarbon memiliki banyak kation bebas, yang menyebabkan minyak pelumas bekas cenderung bersifat asam.⁶

Penurunan pH yang terjadi selama proses bioremediasi disebabkan oleh aktivitas konsorsium bakteri yang membentuk metabolit-metabolit asam. Biodegrasi alkanan yang terdapat dalam minyak bumi akan membentuk alkohol dan selanjutnya menjadi asam lemak. Asam lemak hasil degradasi alkanan akan dioksidasi lebih lanjut membentuk asam asetat dan asam propionate, sehingga dapat menurunkan nilai pH medium.⁶

Pada minggu akhir minggu ketiga sampai minggu terakhir pH media kembali berada pada kondisi netral yakni 6,5 – 7 hal tersebut dimungkinkan karena aktivitas bakteri dalam melakukan proses degradasi hidrokarbon mulai menurun. Peningkatan pH dapat disebabkan adanya perombakan protein oleh sel-sel bakteri yang telah mati atau perombakan gugus-gugus samping rantai hidrokarbon yang berikatan dengan gugus-gugus tertentu yang akan menghasilkan senyawa atau ion yang bersifat basa.¹¹ Selain itu peningkatan pH juga dapat disebabkan oleh adanya kemampuan bakteri dalam melakukan respon toleransi asam dengan mekanisme pompa hidrogen.

4. Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)

Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) merupakan faktor penting untuk melihat keberhasilan degradasi hidrokarbon minyak bumi dimana pada penelitian yang telah dilakukan ini minyak bumi yang dilakukan pengolahan adalah minyak pelumas bekas. PT. Aurora World Cianjur belum pernah melakukan pemeriksaan terhadap kualitas Total Petroleum

Hidrokarbon (TPH) pada minyak pelumas bekas yang dihasilkannya dan setelah dilakukan pemeriksaan diperoleh hasil bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada minyak pelumas bekas tersebut sebesar 90,47%.

Berdasarkan hasil bioremediasi terhadap minyak pelumas bekas selama 30 hari diperoleh hasil bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) secara umum mengalami penurunan. Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada saat sebelum dilakukan proses bioremediasi adalah 90,47% dan setelah dilakukan proses bioremediasi diperoleh hasil untuk variasi 1 (1:2) pada pengulangan ke-1 sampai dengan pengulangan ke-6 yakni 13,05%; 13,45%; 12,71%; 13,14%; 13,99 dan 13,43%. Untuk variasi 2 (1:1) konsentrasi akhir pada pengulangan ke-1 sampai pengulangan ke-6 yakni 11,88%; 12,52%; 12,11%; 11,80%; 12,97% dan 12,55%. Sedangkan untuk variasi 3 (2:1) konsentrasi akhir Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dari pengulangan ke-1 sampai dengan pengulangan ke-6 secara berturut-turut yakni 8,55%; 9,25%; 8,25%; 10,83%; 9,65% dan 9,70%.

Nilai akhir konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada variasi 3 (2:1) rendah diantara yang lainnya disebabkan karena proses degradasi hidrokarbon oleh bakteri yang terdapat pada tanah humus maupun kompos berjalan lebih cepat dibandingkan dengan dua variasi lainnya. Masih tingginya nilai konsentrasi akhir Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada variasi 1 (1:2) dimungkinkan karena bakteri yang terdapat pada kompos tidak bisa beradaptasi secara optimal pada lingkungan tersebut sehingga proses degradasi hidrokarbon lebih lambat.

Sedangkan pada kontrol konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) tidak mengalami penurunan sama sekali, hal tersebut

dimungkinkan karena pada kontrol tidak diberikan perlakuan apapun yakni tidak diberikan media bioremediasi apapun dimana minyak pelumas bekas hanya disimpan pada wadah (ember) saja. Sehingga tidak terdapat bakteri yang dapat mendegrasi kandungan hidrokarbon yang terdapat pada minyak pelumas bekas tersebut.

Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) mengalami penurunan pada variasi 3 (2:1) hal tersebut dimungkinkan karena tanah humus merupakan gudang nutrisi yang baik untuk proses biodegradasi, pengaruh fisik pada tanah humus memberikan efek yang baik karena dengan pengaruh fisiknya tersebut struktur tanah akan menjadi lebih baik, aerasi menjadi lebih baik, membantu tanah mengabsorb panas lebih besar.¹³ Hal itu dapat dilihat dari pengukuran suhu yang dilakukan kepada semua variasi dimana walaupun semua variasi masih berada pada rentang suhu yang

dipersyaratkan tetapi pada variasi 3 (2:1) rentang suhu lebih rendah dibandingkan dengan variasi lainnya, selain itu pengaruh kimia pada tanah humus dapat menetralkan substansi-substansi yang cenderung toksik menjadi kurang toksik atau bahkan tidak toksik. Oleh karena itu pada variasi 3 (2:1) terjadi penurunan yang cukup tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya karena pada variasi 3 campuran tanah humus dua kali lipat dari berat komposnya.

Pengaruh Variasi Campuran Berat Tanah Humus Dan Kompos Terhadap Penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH). Berikut merupakan tabel yang menunjukkan pengaruh variasi campuran berat tanah humus dan kompos terhadap penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) untuk setiap variasi yang telah dilakukan:

Tabel 5
Penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)
Setelah Dilakukan Pengolahan Dengan Variasi Campuran
Tanah Humus Dan Kompos

Pengulangan	Sebelum Perlakuan (%)	Penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) (%)		
		Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1	90,47	77,42	78,59	81,92
2		77,02	77,95	81,22
3		77,76	78,36	82,22
4		77,33	78,67	79,64
5		76,48	77,50	80,82
6		77,04	77,92	80,77
Rata-rata		77,18	78,17	81,10

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa variasi yang memiliki penurunan terbesar konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) sebelum dan sesudah diberikan perlakuan adalah variasi 3, dengan variasi perbandingan tanah humus dan kompos yang digunakan untuk adalah 6 kg dan 3 kg sehingga diperoleh rata-rata penurunan sebesar 81,10.

Sehingga dari ketiga variasi yang ada variasi ke-3 merupakan variasi yang paling memberikan pengaruh besar terhadap penurunan

konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dibandingkan dengan variasi 1 dan variasi 2 karena berdasarkan tabel 5 penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada variasi 1 dan variasi 2 hanya 77,18 dan 78,17.

Angka tersebut masih berada di bawah hasil penurunan yang terjadi pada variasi 3 dimana perbedaan nilai yang ada sekitar 3,92 dengan variasi 1 dan 2,93 dengan variasi 2. Efektivitas Variasi Campuran Berat Tanah Humus Dan Kompos Terhadap Penurunan Konsentrasi Total Petroleum

Hidrokarbon (TPH) dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6
Persentase Penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) Setelah Dilakukan Pengolahan Dengan Variasi Campuran Tanah Humus Dan Kompos

Pengulangan	Persentase Penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) (%)		
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1	85,58	86,87	90,55
2	85,13	86,16	89,78
3	85,95	86,61	90,88
4	85,48	86,94	88,03
5	84,54	85,66	89,33
6	85,16	86,13	89,28
Rata-rata	85,30	86,40	89,64

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa variasi yang memiliki persentase penurunan terbesar terhadap konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) adalah variasi 3, dengan variasi perbandingan tanah humus dan kompos yang digunakan untuk adalah 6 kg dan 3 kg sehingga diperoleh rata-rata persentase penurunan sebesar 89,64%. Sehingga dari ketiga variasi yang ada variasi ke-3 merupakan variasi yang paling efektif dibandingkan dengan variasi 1 dan variasi 2 karena berdasarkan tabel 4.13 persentasi penurunan konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon pada variasi 1 dan variasi 2 hanya 85,30% dan 86,40%. Angka tersebut masih berada di bawah hasil pesentase penurunan yang terjadi pada variasi 3 dimana perbedaan nilai yang ada sekitar 4,34% dengan variasi 1 dan 3,24% dengan variasi 2.

SIMPULAN

Nilai suhu dan kelembaban media pada semua variasi masih berada pada suhu dan kelembaban optimum.

Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah dilakukan proses bioremediasi mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada variasi 3 (2:1) dengan campuran tanah humus 2 (dua) kali lebih lipat daripada kompos sehingga rata-rata konsentrasi akhir Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) yakni 9,37%.

Campuran tanah humus dan kompos berpotensi terhadap penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada minyak pelumas bekas.

Variasi 3 (2:) merupakan variasi paling efektif diantara variasi lainnya karena dapat menurunkan konsentrasi Total Petroleum Hidorkarbon sampai 89,64%.

SARAN

1. Melakukan pengolahan terhadap minyak pelumas bekas yang dihasilkannya dimana pengolahan dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang dirancang oleh penulis yakni bioremediator dan untuk hasil yang lebih baik lagi yakni nilai konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) berada di bawah NAB maka perlu dilakukan penambahan waktu proses bioremediasi.
2. Selain itu disarankan untuk melakukan pemeriksaan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) setelah proses bioremediasi dilakukan hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) pada media bioremediasi telah memenuhi persyaratan, kemudian ciri fisik yang menadakan bahwa pada media tersebut konsntrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) telah

dibawah NAB yakni tumbuh jamur pada media bioremediasi. Apabila hasil pemeriksaan dan telah ditandai dengan tumbuhnya jamur maka media tersebut dapat digunakan sebagai kompos tanaman hias. Sehingga apabila akan dilakukan proses pengolahan minyak pelumas kembali media yang digunakan harus diganti dengan media yang baru.

3. Persentase penurunan Konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) terbesar terjadi pada variasi 3 (2:1) yakni 89,64% dengan campuran tanah humus sebanyak 6 kg dan kompos 3 kg. Meskipun kandungan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) belum memenuhi Nilai Ambang Batas (NAB) yang dipersyaratkan. Oleh karena itu penulis menyarankan untuk memperhatikan dan mengkaji kembali lama waktu dan variasi campuran tanah humus dan kompos yang akan digunakan pada saat akan melakukan proses pengolahan minyak pelumas bekas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Company Profile PT. Aurora World Cianjur
2. Laporan Pengelolaan Lingkungan Semester I dan II Tahun 2015 dan 2016 PT. Aurora World Cianjur.
3. MOU PT. Aurora World Cianjur dengan PT. Dame Alam Sejahtera Tentang Pengangkutan Limbah B3 Tahun 2017.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
5. Juliani, Any dan Fudhola Rahman. Bioremedia Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agents dan Sumber Nutrien Tambahan. Jurnal. Sains dan Teknologi Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 2011. [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=356582&val=8165&title=Bioremediasi%20Lumpur%20Minyak%20\(Oil%20Sludge\)%20dengan%20Penambahan%20Kompos%20sebagai%20Bulking%20Agent%20dan%20Sumber%20Nutrien%20Tambahan](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=356582&val=8165&title=Bioremediasi%20Lumpur%20Minyak%20(Oil%20Sludge)%20dengan%20Penambahan%20Kompos%20sebagai%20Bulking%20Agent%20dan%20Sumber%20Nutrien%20Tambahan) diakses 18 Maret 2017.
6. Retno, Tri dan Nana Mulyana. Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Menggunakan Campuran Bulking Agents yang Diperkaya Konsorsia Mikroba Berbasis Kompos Iradiasi. Jurnal. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi BATAN Jakarta Selatan. 2013. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=468791&val=4544&title=Bioremediasi%20Lahan%20Tercemar%20Limbah%20Lumpur%20Minyak%20Menggunakan%20Campuran%20Bulking%20Agents%20yang%20Diperkaya%20Konsorsia%20Mikroba%20Berbasis%20Kompos%20Iradiasi> diakses 22 Maret 2017.
7. Marshandi, Fenky dan Sri Pertiwi Estuningsih. Asosiasi Konsorsium Bakteri *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Micrococcus Luteus* dengan *Lamtaro* (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) De Wit) dalam Upaya Meningkatkan Bioremediasi Minyak Bumi. Proceeding Biology Education Conference Universitas Andalas Sumatera Barat. 2016. <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/prosbio/article/download/9636/7087> diakses 23 Maret 2017.
8. Charlena, dkk. Bioremediasi Senyawa Hidrokarbon Tanah Tercemar Limbah Minyak Berat Menggunakan Teknik Landfarming. Prosding Seminar Nasional Sains V Departemen

- Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 2012. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/61983/Charlena%20%20Prosiding%20Seminar%20Nasional%20Sains%20V.%20Hal%20673-682.pdf?sequence=1&isAllowed=y> diakses 18 Maret 2017.
9. Notoatmodjo, Seokidjo. 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan Edisi Revisi. Jakarta: Rineka Cipta.
 10. Karwati. Degradasi Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi Dengan Isolat A10 Dan D8. Skripsi. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 2009. http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/13627/G09kar_abstract.pdf;jsessionid=D1097A4D53ABB5C0EEE761E156B212CA?sequence=1 diakses 18 Maret 2017.
 11. Sarasputri, Dwi Ajeng. Perbandingan Biostimulasi dan Bioaugmentasi Dalam Bioremediasi Pantai Tercemar Minyak Bumi. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok. 2011. <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20282732-S747-Perbandingan%20biostimulasi.pdf> diakses 24 Maret 2017.
 12. Lumbanraja, Parlindungan. Mikroorganisme Dalam Bioremediasi. Laporan. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan. 2014. http://perpustakaan.uhn.ac.id/adminarea/dataskripsi/2014_Bioremediasi_USU_MEDAN.pdf diakses 18 Maret 2017.
 13. Sutedjo, Mul Mulyani dkk. 1991. Mikrobiologi Tanah. Jakarta: Rineka Cipta