

PENGARUH VARIASI WAKTU TERHADAP PENURUNAN *TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON* (TPH) PADA PROSES BIOREMEDIASI LIMBAH OLI DENGAN METODE BIOSTIMULASI

(diterima 19 Februari 2022, diperbaiki 4 Maret 2022, disetujui 2 Agustus 2022)

Wagiono*, Atmono, Diah Ayu Wulandari

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati

Kota Bandar Lampung, Indonesia

Email korespondensi*: wagionoenv@gmail.com

Abstract. *Bioremediation utilizes microbial activity to reduce the hazard of waste to little or no danger. Waste used oil that is thrown away can cause water pollution and soil pollution. This study was conducted to determine the effect of time variations and the addition of nutrients to the reduction of TPH on soil contaminated with waste oil. The study was conducted on a laboratory scale for 28 days (500 grams) artificially. Bioremediation of soil contaminated with oil waste using biostimulation method with NPK fertilizer and compost as nutrients. Variations made were the application of fertilizers as nutrients to the contaminated soil (combination of 5% NPK fertilizer + 5% compost, 10% NPK fertilizer, 10% compost and control samples) and the time of sample testing (day 0, 7), 14th, 21st and 28th day). The parameter tested is the level of TPH. The results showed that the best decrease on average on day 14 to day 21 with an average decrease of 8.25%, the addition of 22% NPK fertilizer + 19% compost gave the best results in this study, namely a decrease in TPH levels. by 36%.*

Keywords: *Bioremediation; Biostimulation; TPH; NPK Fertilizer; Compost Fertilizer.*

Abstrak. Bioremediasi memanfaatkan aktivitas mikroba untuk mereduksi bahaya limbah menjadi sedikit bahaya atau bahkan menjadi tidak bahaya sama sekali. Limbah oli bekas yang dibuang begitu saja dapat menyebabkan pencemaran air dan pencemaran tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan penambahan nutrisi terhadap penurunan TPH pada tanah tercemar limbah oli. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium selama 28 hari (500 gram) secara buatan. Bioremediasi tanah tercemar limbah oli menggunakan metode biostimulasi dengan pupuk NPK dan pupuk kompos sebagai nutrisi. Variasi yang dilakukan adalah pemberian jenis pupuk sebagai nutrisi kedalam tanah tercemar (kombinasi pupuk NPK 5% + pupuk kompos 5%, pupuk NPK 10%, pupuk kompos 10% dan sampel kontrol) dan waktu pengujian sampel (hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21 dan hari ke-28). Parameter yang diuji adalah kadar TPH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan terbaik rata-rata di hari ke 14-hari ke 21 yaitu dengan rata-rata penurunan sebesar 8,25%, penambahan nutrisi pupuk NPK 22% + pupuk kompos 19% memberi hasil terbaik dalam penelitian ini yaitu penurunan kadar TPH sebesar 36%.

Kata kunci: *Bioremediasi; Biostimulasi; TPH; Pupuk NPK; Pupuk Kompos.*

© hak cipta dilindungi undang-undang

PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia khususnya sepeda motor pada tahun 2018 mencapai 120.101.047 unit dengan asumsi pergantian oli dilakukan setiap dua bulan sekali timbulan limbah oli bekas diperkirakan sedikitnya berjumlah 60.000.000 liter/bulan. Limbah oli bekas yang dihasilkan dari setiap industri kendaraan bermotor berpotensi mengakibatkan pencemaran lingkungan (Tuamano, 2017).

Limbah oli bekas yang dibuang begitu saja tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran, dimana dapat mengakibatkan kematian organisme tanah akibat dari tumpahan oli bekas pada tanah (Zam, 2011). Selain itu, oli bekas mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) yang bersifat mutagenik dan karsinogenik (Basuki, 2016) dan apabila kontaminasi PAH pada manusia terjadi dalam jangka waktu yang lama dan dalam konsentrasi yang besar, dapat menyebabkan penyakit hati, gagal ginjal, kerusakan sumsum tulang belakang, dan meningkatkan resiko kanker (Ahda & Fitri, 2017). Oleh karena itu, dibutuhkan cara penanganan yang efektif untuk memperbaiki kualitas lingkungan yang terkontaminasi limbah. Kualitas lingkungan yang tercemar dapat dipulihkan baik dengan cara fisik, kimia, maupun biologis. Namun, biasanya perbaikan secara fisik maupun kimia membutuhkan biaya yang relatif lebih besar dibandingkan dengan cara biologis (Junaidi et al., 2013).

Bahaya limbah oli bekas pada lingkungan dapat dikurangi, salah satu caranya adalah dengan teknik bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses penguraian limbah organik/anorganik menggunakan bakteri, fungi, tanaman atau enzimnya yang bertujuan untuk mengendalikan pencemaran agar bahan pencemar menjadi suatu bahan yang tidak lagi berbahaya atau mengurangi konsentrasi cemaran menjadi di bawah standar baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan oleh lembaga yang berwenang sehingga aman bagi lingkungan (Puspitasari & Khairudin, 2016).

Salah satu mikroba yang dimanfaatkan dalam proses bioremediasi adalah bakteri. Bakteri yang mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi disebut bakteri hidrokarbonklastik (Yudono, 2013). Bakteri ini memiliki karakteristik yaitu mampu memanfaatkan ion karbon dalam senyawa hidrokarbon sebagai sumber

energi yang diperlukan dalam daur hidupnya sehingga mampu bertahan pada lingkungan tercemar oli (Yolantika, Periadnadi, & Nurmiati, 2015). Metode bioremediasi dikatakan aman dan ramah lingkungan karena menggunakan peranan mikroba dan tidak menggunakan bahan kimia berbahaya sehingga tidak membahayakan lingkungan sekitar. Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Zhyahrial dkk, (2014) tentang bioremediasi dengan teknik biostimulasi tanah tercemar minyak bumi dengan menggunakan kompos kombinasi limbah media jamur tiram putih dan azolla. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil efisiensi pendegradasian *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebesar 77,3% selama 30 hari.

Dari uraian di atas, telah dilakukan penelitian bioremediasi pada skala laboratorium dengan metode biostimulasi menggunakan nutrisi berupa pupuk NPK dan pupuk kompos untuk mengetahui bagaimana kemampuan mikroorganisme asli tanah dalam mendegradasi limbah oli (*Total Petroleum Hydrocarbon*) pada tanah tercemar dilakukan penelitian dengan variasi waktu.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode biostimulasi, yaitu pertumbuhan mikroba pendegradasi minyak asli tanah akan distimulasi dengan penambahan nutrisi dan/atau perubahan dari habitat (Zhu et al., 2001).

Tempat Penelitian

Tempat penelitian atau percobaan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Malahayati, Bandar Lampung.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: oven listrik, cawan petri, desikator, neraca analitik, kertas saring, beker glass, Erlenmeyer, pengaduk kaca, corong kaca dan peralatan laboratorium pendukung lainnya.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: tanah permukaan (*top soil*), pupuk kompos, pupuk NPK, sekam padi, limbah oli bekas sepeda motor, aquades, dan n-heksana.

Skema Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pembuatan sampel tanah tercemar (*spiked soil*). Pencemaran minyak pada sampel tanah akan dibuat secara sengaja dengan konsentrasi limbah oli sebesar 10% terhadap berat sampel tanah tercemar, hal ini mengacu pada KEPMEN LH No 128 Tahun 2003 tentang tata cara persyaratan teknis pengolahan limbah minyak bumi dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis, dikatakan bahwa konsentrasi total petroleum hidrokarbon (TPH) maksimum yang diijinkan untuk mengolah tanah tercemar dengan bioremediasi adalah sebesar 15%.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Biostimulasi yaitu dengan menambahkan nutrisi berupa pupuk NPK dan pupuk kompos. Media tercemar dibuat secara sengaja (*artificial*) dengan mencampurkan 500 gram tanah kering permukaan (*top soil*) dengan 50 gram oli bekas sepeda motor. Media tercemar yang sebelumnya telah dibuat, selanjutnya ditambahkan sekam padi sebanyak 10 gram yang berfungsi untuk membuat ruang udara sehingga memudahkan proses respirasi bakteri, pupuk NPK dan pupuk kompos sebanyak x gram yang berfungsi sebagai nutrisi untuk menunjang pertumbuhan bakteri, dan air secukupnya guna menambah kelembaban sampel mengingat tanah yang digunakan merupakan tanah kering.

Proses degradasi berlangsung dalam suhu ruang dan akan dipantau perkembangannya setiap pekan, yaitu di hari ke-0, 7, 14, 21 dan hari ke-28 serta diberi perlakuan tambahan setiap pekannya berupa penyemprotan sampel menggunakan air guna menjaga kelembaban dan pengadukan sampel secara manual dengan tujuan aerasi.

Pengukuran kadar TPH dilakukan dengan metode gravimetri dengan beberapa tahapan, antara lain pengovenan pertama, penimbangan & pengadukan, penyaringan, pengovenan kedua, penimbangan kedua, dan perhitungan.

Pengukuran konsentrasi TPH pada sampel tanah bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri asli tanah dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam tanah. Hal ini akan dibuktikan dengan terjadinya penurunan konsentrasi TPH selama waktu penelitian berlangsung. Pengukuran dilakukan setiap pekan, yaitu di hari ke-0, 7, 14, 21, dan hari ke-28 menggunakan metode gravimetri, dan pada setiap sampel dilakukan masing-masing sebanyak dua kali pengukuran (*duplo*) kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dilakukan pengukuran sampel penelitian sebanyak 5 gram/perlakuan, dan diperoleh hasil sebagai berikut.

Penambahan Nutrisi Berupa Pupuk NPK 5% + Pupuk Kompos 5%

Sampel dengan variasi penambahan nutrisi berupa kombinasi antara pupuk NPK dan pupuk kompos dengan jumlah masing-masing sebanyak 5% dari berat sampel tanah tercemar (*top soil* + limbah oli). Konsentrasi penurunan TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) pada sampel A dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran TPH dengan Penambahan Pupuk NPK + Pupuk Kompos

Kode Sampel	Hari ke-0		Hari ke-7		Hari ke-14		Hari ke-21		Hari ke-28	
	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%
Aa*	0,5	-	0,45	10%	0,44	12%	0,34	32%	0,33	34%
Ab*	0,5	-	0,47	6%	0,42	16%	0,37	26%	0,31	38%
Rerata	0,5	-	0,46	8%	0,43	14%	0,335	29%	0,32	36%

Sumber : Data Primer, 2021

Keterangan: Kode sampel A (kapital) menunjukkan kode sampel A, yaitu sampel dengan penambahan nutrient berupa pupuk NPK dan pupuk kompos. Sedangkan kode sampel a (bukan kapital) menunjukkan kode cawan petri yang digunakan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan nutrisi berupa kombinasi antara pupuk NPK dan pupuk kompos cukup berpengaruh pada proses degradasi TPH pada sampel, ditandai dengan adanya tren penurunan kandungan TPH yang ditunjukkan tabel di atas. Penurunan kadar TPH terjadi secara bertahap, dengan kandungan awal sebesar 0,5 gram, kemudian pada hari ke-7 sebesar 0,46 gram, pada hari ke-14 sebesar 0,43 gram, pada hari ke-21 sebesar 0,335 gram, dan pada hari ke-28 sebesar 0,32 gram.

Tabel 1 juga memuat data jumlah penurunan TPH yang telah dikonversi dalam satuan persen dan bersifat akumulatif. Penurunan TPH pada sampel dengan penambahan pupuk NPK + pupuk kompos sampai hari ke-28 terjadi sebesar 36%. Terlihat pada tabel di atas presentase penurunan pada hari ke-7 sebesar 8%, hari ke-14 sebesar 14%, hari ke-21 sebesar 29% dan di hari ke-28 sebesar 36%.

Penambahan Nutrisi Berupa Pupuk NPK 10% + Kompos 0%

Sampel dengan penambahan nutrisi berupa pupuk NPK sebesar 10% dari berat sampel tanah tercemar (*top soil* + limbah oli). Setelah dilakukan penelitian, diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Pengukuran TPH dengan Penambahan Pupuk NPK

Kode Sampel	Hari ke-0		Hari ke-7		Hari ke-14		Hari ke-21		Hari ke-28	
	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%
Bc*	0,5	-	0,46	8%	0,45	10%	0,39	22%	0,40	20%
Bd*	0,5	-	0,49	2%	0,46	8%	0,41	18%	0,38	24%
Rerata	0,5	-	0,475	5%	0,455	9%	0,40	20%	0,39	22%

Sumber: Data Primer, 2021

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan nutrisi berupa pupuk NPK berpengaruh pada proses degradasi TPH pada sampel, ditandai dengan adanya tren penurunan kandungan TPH. Penurunan kadar TPH terjadi secara bertahap, dengan kandungan awal sebesar 0,5 gram, kemudian pada hari ke-7 sebesar 0,475 gram, pada hari ke-14 sebesar 0,445 gram, pada hari ke-21 sebesar 0,4 gram, dan pada hari ke-28 sebesar 0,39 gram. Penurunan TPH pada sampel dengan penambahan nutrisi berupa pupuk NPK sampai hari ke-28 terjadi sebesar 22%. Terlihat pada Tabel 2 presentase penurunan pada hari ke-7 sebesar 5%, hari ke-14 sebesar 9%, hari ke-21 sebesar 20% dan di hari ke-28 sebesar 22%.

Penambahan Nutrisi Berupa Pupuk NPK 0% + Pupuk Kompos 10%

Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan nutrisi berupa pupuk kompos berpengaruh pada proses degradasi TPH pada sampel, ditandai dengan adanya tren penurunan kandungan TPH. Penurunan kadar TPH terjadi secara bertahap, dengan kandungan awal sebesar 0,5 gram, kemudian pada hari ke-7 sebesar 0,465 gram, pada hari ke-14 sebesar 0,44 gram, pada hari ke-21 sebesar 0,415 gram, dan pada hari ke-28 sebesar 0,405 gram. Penurunan TPH pada sampel dengan penambahan pupuk kompos sampai hari ke-28 terjadi sebesar 19%. Terlihat pada gambar 6, presentase penurunan pada hari ke-7 sebesar 7%, hari ke-14 sebesar 12%, hari ke-21 sebesar 17% dan di hari ke-28 sebesar 19%.

Tabel 3. Hasil pengukuran TPH dengan Penambahan Pupuk Kompos

Kode Sampel	Hari ke-0		Hari ke-7		Hari ke-14		Hari ke-21		Hari ke-28	
	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%
Ce	0,5	-	0,46	8%	0,45	10%	0,41	18%	0,39	22%
Cf	0,5	-	0,47	6%	0,43	14%	0,42	16%	0,42	16%
Rerata	0,5	-	0,465	7%	0,44	12%	0,415	17%	0,405	19%

Sumber: Data Primer, 2021

Tanpa Penambahan Nutrisi

Variabel ini merupakan sampel kontrol yang tidak diberi nutrisi sama sekali. Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa proses degradasi TPH akan tetap terjadi meskipun tidak dilakukan penambahan nutrisi ke dalam sampel, akan tetapi proses degradasi tidak akan berjalan dengan baik karena jumlah nutrisi dalam sampel tidak terpenuhi dengan baik. Penurunan kadar TPH tetap terjadi secara berahap, dengan kandungan awal sebesar 0,5 gram, kemudian pada hari ke-7 sebesar 0,495 gram, pada hari ke-14 sebesar 0,95 gram, pada hari ke-21 sebesar 0,485 gram, dan pada hari ke-28 sebesar 0,8 gram. Penurunan TPH pada sampel tanpa penambahan nutrisi sampai hari ke-28 terjadi sebesar 4%. Terlihat pada gambar di atas presentase penurunan pada hari ke-7 sebesar 1%, hari ke-14 tetap di angka 1%, hari ke-21 sebesar 3% dan di hari ke-28 sebesar 4%.

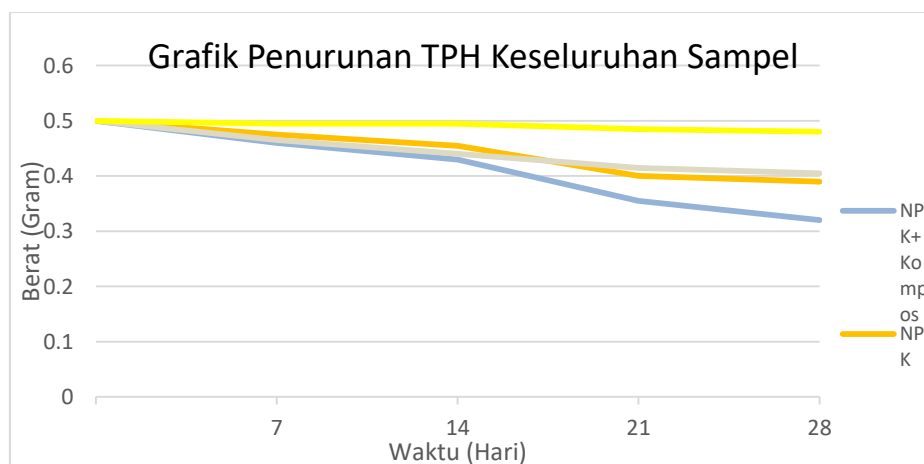
Tabel 4. Hasil Pengukuran TPH Tanpa Penambahan Nutrisi

Kode Sampel	Hari ke-0		Hari ke-7		Hari ke-14		Hari ke-21		Hari ke-28	
	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%	Berat (gram)	%
Dg*	0,5	-	0,50	0%	0,49	2%	0,49	2%	0,47	6%
Dh*	0,5	-	0,49	2%	0,50	0%	0,48	4%	0,49	2%
Rerata	0,5	-	0,495	1%	0,495	1%	0,485	3%	0,48	4%

Sumber: Data Primer, 2021

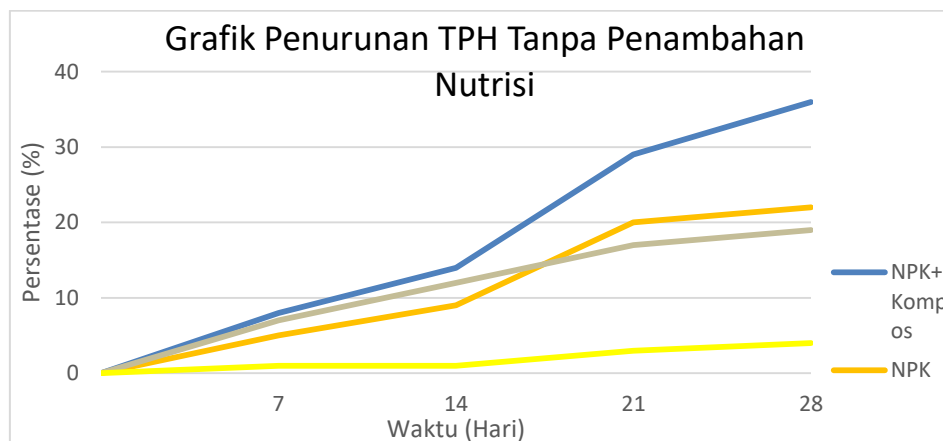
Keseluruhan Sampel

Untuk mengetahui perbandingan penurunan TPH yang paling baik antara sampel dengan penambahan pupuk NPK + pupuk kompos, sampel dengan penambahan pupuk NPK, sampel dengan penambahan pupuk kompos, dan sampel tanpa penambahan nutrisi maka keseluruhan data akan ditampilkan dalam satu data tunggal. Setelah dilakukan olah data, diperoleh hasil yang disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Grafik Penurunan TPH Pada Keseluruhan Sampel dalam Satuan Berat

Pada Gambar 1, terlihat bahwa penurunan TPH paling baik terjadi pada sampel dengan penambahan nutrisi berupa kombinasi NPK + kompos (warna biru) dan penurunan TPH paling rendah terjadi pada sampel tanpa penambahan nutrisi (warna kuning), sedangkan pada sampel dengan penambahan kompos (abu-abu) dan sampel dengan penambahan NPK (jingga) penurunan TPH tidak terpaut jauh dan berada di dekat nilai rata-rata penurunan TPH dari semua sampel.



Gambar 2. Grafik Persentase Penurunan TPH Pada Keseluruhan Sampel dalam Satuan Persen

Hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap nilai TPH dalam tanah memperlihatkan bahwa secara umum nilai TPH pada setiap variasi yang ditambah nutrisi mengalami penurunan (Gambar 2). Penambahan nutrisi kombinasi berupa pupuk NPK dan pupuk kompos menunjukkan hasil yang paling baik, yaitu dengan penurunan kadar TPH sebesar 36%. Sedangkan pada sampel dengan penambahan nutrisi berupa pupuk NPK dan penambahan nutrisi berupa pupuk kompos tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu masing-masing sebesar 22% dan 19%. Pada sampel kontrol yang tidak ditambahkan nutrisi apapun menunjukan penurunan yang tidak signifikan dan pada grafik cenderung landai, dengan hasil akhir penurunan sebesar 4%.

Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme pengurai akan mendegradasi rantai hidrokarbon limbah oli yang bersifat toksik menjadi senyawa yang bersifat non-toksik (Nirmala, dkk. 2005) sehingga pencemaran akibat dari limbah oli dapat dihindari.

Tabel 5. Kandungan N,P, dan K Pada Pupuk Kompos

Jenis Pupuk	N-total (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Good Compost Trubus	1,07	0,74	2,1 2
Standar SNI	>0,40	>0,10	>0,20

(Supadma, dkk., 2016)

Tabel 6. Kandungan N,P, dan K Pada Pupuk NPK

Jenis Pupuk	N-total (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
NPK Mutiara	16	16	16
Standar SNI	15	15	15

(PT. Meroke Tetap Jaya)

Pada sampel dengan penambahan pupuk NPK dan pupuk kompos menunjukkan penurunan kadar TPH yang paling tinggi, hal ini tidak terlepas dari penambahan nutrisi berupa kombinasi antara kedua nutrisi tersebut yang masing-masing sebesar 1/20 bagian (5%). Penambahan pupuk NPK dan pupuk kompos akan menyuplai nutrisi kepada mikroba yang juga merupakan salah satu syarat tumbuh mikroba, yaitu nutrisi. Dengan menambahkan pupuk kompos, secara tidak langsung juga turut serta memperkaya jumlah dan jenis mikroba dari sisa-sisa mikroba yang sebelumnya berperan mendegradasi bahan organik pada saat proses pembuatan kompos.

Pada sampel dengan penambahan pupuk NPK menunjukkan penurunan kadar TPH yang signifikan, yaitu sebesar 22%, hal ini tidak terlepas dari penambahan pupuk NPK yang menunjang pertumbuhan bakteri asli tanah sehingga penguraian rantai hidrokarbon (TPH) dapat terjadi. Terlihat pada grafik, penurunan TPH tertinggi terjadi di pekan ke-3, yaitu antara hari ke-14 menuju hari ke-21 dan terlihat memotong kurva sampel dengan penambahan pupuk kompos.

Pada sampel dengan penambahan pupuk kompos menunjukkan penurunan kadar TPH yang hampir sama dengan yang ditunjukkan pada sampel dengan penambahan pupuk NPK yaitu sebesar 19%. Terlihat pada grafik, pada pekan ke-3 kurva sampel dengan penambahan pupuk NPK memotong kurva sampel dengan penambahan pupuk kompos. Pupuk kompos seperti yang ditambahkan ke sampel merupakan produk dari hasil penguraian bahan organik oleh mikroba, sehingga jumlah nutrisi yang terkandung tidak sebanyak yang ada pada pupuk NPK, hal ini membuat proses degradasi TPH tidak sebaik dengan yang ditunjukkan oleh sampel dengan penambahan pupuk NPK.

Pada grafik sampel tanpa penambahan nutrisi menunjukkan penurunan kadar TPH yang kurang signifikan dan pada grafik terlihat cenderung landai, hal ini terjadi karena sampel ini merupakan sampel kontrol dan tidak ditambahkan nutrisi apapun sehingga pertumbuhan mikroba tidak terjadi dengan baik karena nutrisi yang terkandung pada sampel tanah kurang memadai untuk menunjang daur hidup mikroba dalam sampel.

Secara keseluruhan, penurunan rata-rata TPH terbaik terjadi di pekan ke-3 yaitu sampel dengan penambahan pupuk NPK + pupuk kompos turun sebanyak 15%, sampel dengan penambahan pupuk NPK turun sebanyak 11%, sampel dengan penambahan pupuk kompos turun sebanyak 5%, dan sampel kontrol turun sebanyak 2% jika dibandingkan pekan sebelumnya.

$$\frac{15\%+11\%+5\%+2\%}{4} = \frac{33\%}{4} = 8,25\%$$

Jika dihitung dengan metode yang sama, maka penurunan rata-rata setiap pekan adalah pekan-1 rerata penurunan sebanyak 5,25%, pekan ke-2 rerata penurunan sebanyak 3,75%, pekan ke-3 rerata penurunan sebanyak 8,25%, dan pekan ke-4 rerata penurunan sebanyak 3%. Hal ini mengindikasikan pada pekan ke-3 mikroba berada dalam fase logaritma, sehingga tingkat degradasi TPH dan jumlah mikroba berada pada puncaknya.

Pada gambar 1, terlihat sampel yang ditambahkan nutrisi (sampel NPK + Kompos, sampel NPK, dan Sampel Kompos) mengalami penurunan yang signifikan bila dibandingkan dengan sampel kontrol yang tidak ditambahkan nutrisi apapun. Penurunan dapat terlihat dimulai dari hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21, dan hari ke-28 hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu mempengaruhi penurunan kadar TPH dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Pada bioremediasi TPH menggunakan metode biostimulasi, variasi waktu mempengaruhi proses penurunan nilai TPH. Penurunan terbaik rata-rata di pekan ke-3 (hari ke 14-hari ke 21) yaitu dengan rata-rata penurunan sebesar 8,25%.
2. Penambahan nutrisi berupa kombinasi antara pupuk NPK dan pupuk kompos, pupuk NPK, dan pupuk kompos pada proses bioremediasi TPH menggunakan metode biostimulasi cukup berpengaruh, hal ini ditandai dengan penurunan TPH yang cukup signifikan yaitu secara berturut-turut terdegradasi sebesar 36%, 22%, dan 19% dalam kurun waktu 28 hari dan merupakan hasil terbaik dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, Y., & Fitri, L. (2017). Karakterisasi Bakteri Potensial Pendegradasi Oli Bekas pada Tanah Bengkel di Kota Padang. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(2), 98-103.
- Basuki, W. (2011). Biodegradasi Limbah Oli Bekas Oleh *Lycinibacillus sphaericus* TCP C 2.1. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(2), 111-119.
- Junaidi, M. Syafruddin 2013, Penggunaan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan Pupuk Kandang dalam Bioremediasi Inceptisol Tercemar Hidrokarbon. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Alam Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 1.
- Lembar Fakta Bioremediasi. (2012). *Bioremediasi dalam Penambangan Minyak Mentah*. Pollicy, Government & Public affairs. Chevron IndoAsia Business Unit
- Nirmala, W. N. W., Saleh, A., & Novianty, I. (2015). Kinetika Biodegradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Biokompos. *Al-Kimia*, 3(2), 52-67.
- Puspitasari, D. J., & Khairuddin, K. (2016). Kajian Bioremediasi pada Tanah Tercemar Pestisida. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 2(3).
- Tuamano, S. R. B. (2017). *Bioremediasi Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor Dengan Lumpur Aktif Dengan Variasi Penambahan Bakteri Lokal Yang Diidentifikasi Dengan Sekuen 16s rDNA* (Doctoral dissertation, UAJY).
- Yolantika, H., Periadnadi, P., & Nurmiati, N. (2015). Isolasi bakteri pendegradasi hidrokarbon di tanah tercemar lokasi perbengkelan otomotif. *Jurnal Biologi UNAND*, 4(3).
- Yudono, B., & Estuningsih, S. P. (2013). Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri Konsorsium (*Micrococcus* sp, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus* sp) dan Rumput *Eleusine Indica* (L.) Gaertn. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1).
- Zam, S. I. (2011). Bioremediasi Tanah yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro Pada Konsentrasi pH Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 1(2), 1-8.
- Zhu, X., Venosa, A. D., Suidan, M. T., & Lee, K. (2001). *Guidelines for the bioremediation of marine shorelines and freshwater wetlands*. Cincinnati, OH: US Environmental Protection Agency.
- Zhyahrial, F. F. (2014). Bioremediasi dengan Teknik Biostimulasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Menggunakan Kompos Kombinasi Limbah Media Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dan *Azolla*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 3(3).

Peraturan Perundang-undangan

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis.