



UJI EFEKTIVITAS KOTORAN SAPI DALAM REMEDIASI TANAH *TOP SOIL* YANG TERCEMAR OLI

Tuti Marlina¹, Husnawati Yahya¹, dan Abd Mujahid Hamdan¹

¹Prodi Teknik lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh

Email: tutimarlina97@gmail.com

Abstract

*Oil waste that enters the soil will cause damage to the soil. Bioremediation is an alternative to hazardous waste treatment which is relatively more economical, easy and environmentally friendly. This technology utilizes microbial activity to treat polluted soil. Cow dung is an organic material that contains many microbes and also contains good nutrition for microbial growth. Cow dung contains several microorganisms such as bacteria (*Bacillus sp*, *Lactobacillus sp* and *Corynebacterium sp*), fungi (*Trichoderma sp* and *Aspergillus sp*), protozoan and yeast species (*Candida sp* and *Saccharomyces sp*). Cow dung in this study acts as a bioactivator and a source of nutrients for microbes in degrading Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in oil-contaminated soil. This study aims to determine the effect of adding cow dung on bioremediation of oil-contaminated soil. This study consisted of six (6) treatments, namely the concentration of cow dung with variations in concentrations of 0 gr, 20 gr, 40 gr, 60 gr, 80 gr, and 100 gr on each soil of 300 gr and processing time for 30 days and analyzed 2 times a day. In this study, measurements of pH and TPH values were carried out. The results of the analysis showed that the addition of cow dung with a concentration of 100 gr on 300 gr of soil was able to reduce the TPH value from 3.6% to 0.2%, with the effectiveness of reducing TPH by 86.66% within 30 days. Based on the results of the analysis using the Simple Linear Regression Test, it was stated that the bioremediation time and the addition of the concentration of cow dung had an effect on the decrease in the TPH value.*

Keywords: Cow Dung, Bioremediation, Total Petroleum Hydrocarbon (TPH).

A. Pendahuluan

Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor dapat mempengaruhi besarnya permintaan oli sebagai pelumas agar kendaraan dapat digunakan dengan baik (Dahlan, 2014). Beberapa bengkel di Kota Banda Aceh, drum penampungan limbah oli diletakkan diluar bengkel, dengan *housekeeping* bengkel yang kurang diperhatikan. Sehingga dikhawatirkan rembesan air hujan yang mengenai ceceran limbah oli akan mengalir dan meresap ke permukaan tanah (Putri, 2020). Kegiatan usaha bengkel juga dapat memberi dampak negatif pada lingkungan seperti pencemaran tanah, pencemaran air dan berdampak bagi kesehatan manusia. Susunan limbah oli ini terdiri dari campuran senyawa hidrokarbon 90% dan komponen non-hidrokarbon 10% (Yahya, 2019). Salah satu kandungan yang sulit diurai pada limbah oli merupakan senyawa hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon akan menjadi zat pencemar apabila masuk ke dalam tanah dan dapat

mengganggu pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah (Aliyanta, 2011). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi Secara Biologis menyatakan bahwa Konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) memiliki baku mutu yaitu 1%.

Salah satu alternatif penanggulangan lingkungan yang tercemar limbah oli yaitu dengan teknik bioremediasi. Bioremediasi yaitu suatu pengolahan lingkungan yang ekonomis, ramah lingkungan dan efektif dengan memanfaatkan aktivitas mikroba seperti bakteri (Aliyanta, 2011). Bakteri mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon dengan cara memotong rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek. Salah satu bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon adalah *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus sp.* (Junaidi, 2013). Mikroba yang terdapat pada kotoran sapi yaitu bakteri (*Bacillus sp*, *Lactobacillus sp* dan *Corynebacterium sp*), jamur (*Trichoderma sp* dan *Aspergillus sp*), spesies protozoa dan ragi (*Candida sp* dan *Saccharomyces sp*) (Bai, 2012). Selain terdapat bakteri, kotoran hewan juga memiliki unsur hara nitrogen, fosfor dan kalium yang berfungsi untuk menyediakan nutrisi bagi aktivitas bakteri. Kotoran hewan yang digunakan untuk menyediakan nutrisi bagi bakteri adalah kotoran sapi, kotoran sapi sangat potensial digunakan sebagai sumber nitrogen bagi sistem bioremediasi untuk menguraikan hidrokarbon pada tanah tercemar oli (Suryatmana, 2019).

Menurut Holifah (2017), tentang analisis penambahan kotoran kambing dan kuda pada proses bioremediasi *oil sludge* di pertambangan Desa Wonocolo menyatakan bahwa dengan menggunakan kotoran kambing dan kuda dalam mendegradasi limbah minyak bumi (*oil sludge*) dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses bioremediasi dan mampu menurunkan nilai TPH sebesar 68,83%. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai "Uji Efektivitas Kotoran Sapi dalam Remediasi Tanah *Top Soil* yang Tercemar Oli". Diharapkan dalam hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam bioremediasi tanah tercemar oli.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan pengujian biodegradasi hidrokarbon pada tanah tercemar oli dengan metode *composting* menggunakan kotoran sapi. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan perlakuan pupuk kotoran sapi terdiri dari 6 taraf yang terdiri dari: P0 (tanah tercemar oli), P1 (tanah tercemar oli + 20 gram kotoran sapi), P2 (tanah tercemar oli + 40 gram kotoran sapi), P3 (tanah tercemar oli + 60 gram kotoran sapi), P4 (tanah tercemar oli + 80 gram kotoran sapi), P5 (tanah tercemar oli + 100 gram kotoran sapi), masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi 300 gram tanah tercemar oli. Proses *composting* dilakukan selama 30 hari dan analisis Laboratorium yang terdiri dari uji nilai pH, dan nilai TPH dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, UIN Ar-Raniry.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh waktu *composting* menggunakan kotoran sapi terhadap parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH)

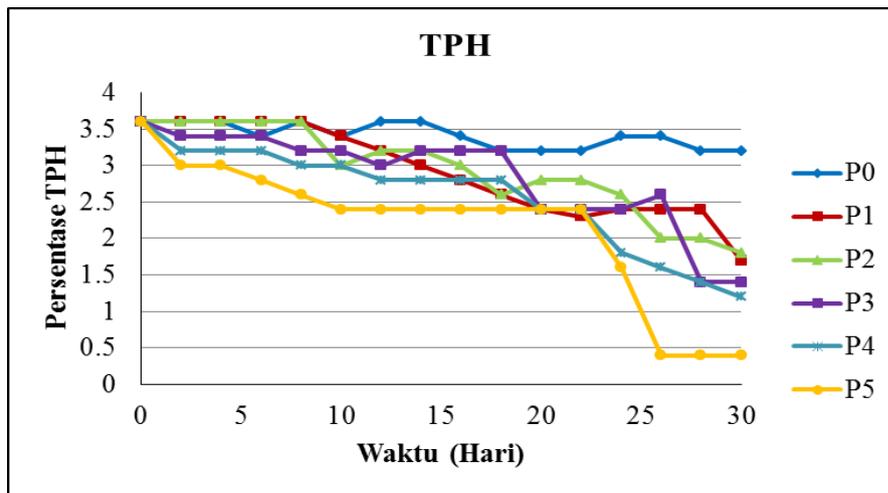
Tabel 1 Hasil pengujian TPH pada sampel tanah tercemar oli dengan beberapa perlakuan.

Waktu (Hari)	TPH (%)						Baku Mutu
	P0 (0 gr)	P1 (20 gr)	P2 (40 gr)	P3 (60 gr)	P4 (80 gr)	P5 (100 gr)	
0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	1%
2	3,6	3,6	3,6	3,4	3,2	3,0	
4	3,6	3,6	3,6	3,4	3,2	3,0	
6	3,4	3,6	3,6	3,4	3,2	2,8	
8	3,6	3,6	3,6	3,2	3,0	2,6	
10	3,4	3,4	3,0	3,2	3,0	2,4	
12	3,6	3,2	3,2	3,0	2,8	2,4	
14	3,6	3,0	3,2	3,2	2,8	2,4	
16	3,4	2,8	3,0	3,2	2,8	2,4	
18	3,2	2,6	2,6	3,2	2,8	2,4	
20	3,2	2,4	2,8	2,4	2,4	2,4	
22	3,2	2,3	2,8	2,4	2,4	2,4	
24	3,4	2,4	2,6	2,4	1,8	1,6	
26	3,4	2,4	2,0	2,6	1,6	0,4	
28	3,2	2,4	2,0	1,4	1,4	0,4	
30	3,2	1,7	1,8	1,4	1,2	0,4	

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai TPH terus mengalami penurunan seiring bertambahnya massa kotoran sapi dan lamanya waktu pengolahan (*composting*). Namun, penurunan nilai TPH per 2 hari tidak terlalu berbeda jauh dikarenakan penurunan nilai TPH dalam tanah membutuhkan waktu yang lama dalam memutuskan rantai hidrokarbon. Menurut Putri (2020), degradasi limbah oli memerlukan waktu yang sangat lama. Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan bahwa ada keterkaitan antara waktu *composting* dengan nilai TPH yang memiliki nilai $\text{sig} < \text{probabilitas}$ yaitu 0,00. Besarnya pengaruh antara waktu *composting* terhadap nilai TPH yaitu sebesar 78,4%.

Pada perlakuan P5 yaitu penambahan 100 gram kotoran sapi dengan waktu pengolahan 26 hari, nilai TPH sebesar 0,4% dapat dilihat pada Gambar 1, yang berarti kotoran sapi mencapai batas optimal dalam menurunkan nilai TPH yang berada pada sampel tanah yang tercemar oli. Selain itu, pada Gambar 1 juga terlihat bahwa dengan menambahkan kotoran sapi seperti pada perlakuan P2, P3 dan P4 penurunan hidrokarbon sudah mulai terlihat, meskipun terjadinya fase fluktuatif. Hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri dalam kotoran sapi mengalami fase logaritmik (perbanyak jumlah bakteri). Degradasi hidrokarbon terjadi karena bakteri sudah mulai tumbuh dalam media *composting*. Sehingga bakteri ini sudah mulai beradaptasi dengan limbah hidrokarbon dan menjadikan karbon sebagai sumber nutrisinya. Menurut Nugroho (2006), bakteri dalam

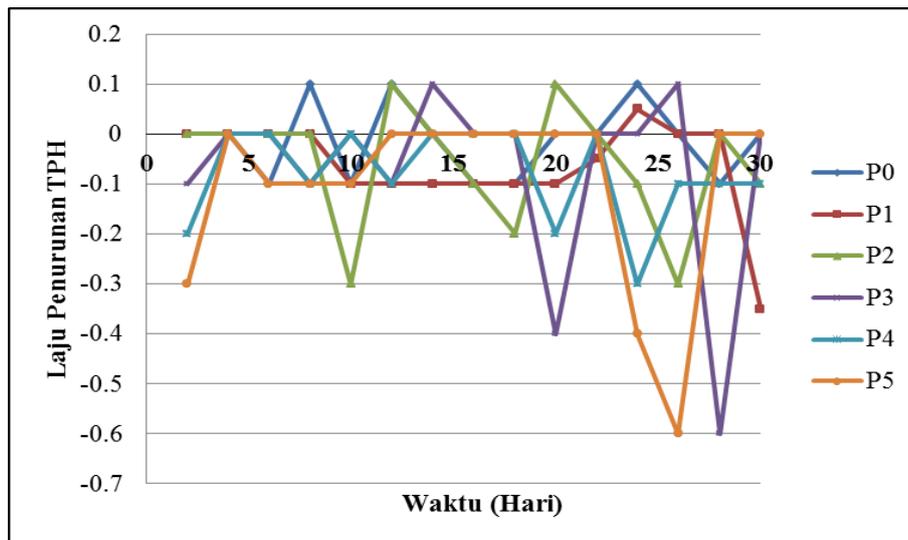
aktivitas hidupnya memerlukan molekul karbon sebagai salah satu nutrisi dan energi untuk melakukan metabolisme dan perkembangbiakannya.



Gambar 1. Grafik nilai persentase TPH

Selain nutrisi yang berperan dalam proses penurunan rantai hidrokarbon, bakteri juga mampu menghasilkan enzim yang dapat memutuskan rantai hidrokarbon. Setiap mikroorganisme memiliki metabolisme dalam siklus kehidupannya, metabolisme ini selalu berkaitan dengan kerja enzim. Hal ini sesuai dengan pernyataan Susanti (2017), yang menjelaskan bahwa berkurangnya hidrokarbon terjadi karena adanya pemecahan rantai hidrokarbon oleh bakteri melalui reaksi enzimatik. Kebanyakan bakteri memproduksi enzim oksigenase sehingga dapat mendegradasi hidrokarbon dan menjadikan hidrokarbon sebagai donor elektronnya serta mengubah hidrokarbon menjadi air (H_2O) dan karbondioksida (CO_2).

Jenis mikroba yang terdapat dalam kotoran sapi terdiri dari beberapa jenis yaitu *Bacillus* sp., *Aspergillus* sp., dan *Candida*. Menurut Charlena (2010) dan Wignyanto (2020), bakteri yang mampu hidup di lingkungan hidrokarbon yaitu bakteri seperti *Bacillus* sp. dan kapang seperti *Aspergillus* sp. Menurut Sudrajat (2016), selain bakteri dan kapang, jamur seperti *Candida* juga mampu mendegradasi hidrokarbon dan menggunakan komponen organik sebagai sumber makanan. Pada penelitian Sudrajat (2016), menyatakan bahwa adanya penurunan TPH terbesar dicapai oleh isolat kapang *Aspergillus niger* yaitu sebesar 78% dengan waktu inkubasi selama 30 hari. Pada penelitian Pratama (2017) waktu inkubasi selama 30 hari dengan menambahkan isolat bakteri *Bacillus* sp., memperoleh hasil degradasi TPH mencapai 93,66%. Hal ini kemungkinan disebabkan *Bacillus* sp. merupakan mikroba yang berkemampuan enzimatik lebih lengkap untuk penguraian hidrokarbon, sehingga mampu menguraikan komponen minyak karena dapat mengoksidasi hidrokarbon yang digunakan sebagai donor elektronnya dibandingkan *Aspergillus* sp., dan *Candida*. Laju degradasi TPH per 2 hari selama 30 hari pengolahan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik laju degradasi TPH

Berdasarkan Gambar 2, laju degradasi terlihat adanya gradien nilai positif dan negatif, nilai positif menandakan bahwa tidak terjadinya penurunan nilai TPH pada tanah tercemar oli sedangkan nilai negatif menandakan bahwa adanya penurunan nilai TPH pada tanah tercemar oli. Pada perlakuan P1, laju degradasi nilai TPH meningkat pada hari ke-28 hingga hari ke-30, pada perlakuan P2 laju degradasi meningkat pada hari ke-22 hingga hari ke-26. Laju degradasi pada perlakuan P1, dan P2 lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan P3, P4 dan P5. Hal ini menandakan bahwa bakteri dalam kotoran sapi membutuhkan waktu lebih lama untuk beradaptasi dan mendegradasi nilai TPH pada tanah tercemar oli. Lamanya waktu yang dibutuhkan mikroorganisme dalam mendegradasi nilai TPH pada tanah tercemar oli dipengaruhi oleh tingginya hidrokarbon yang terdapat di dalam tanah. Menurut Putri (2020), degradasi limbah oli memerlukan waktu yang sangat lama. Jadi semakin lama waktu *composting*, penurunan TPH juga semakin menurun yang menandakan bahwa bakteri sudah mampu bertahan dalam media tanah.

2. Pengaruh konsentrasi kotoran sapi terhadap parameter (*Total Petroleum Hydrocarbon*) TPH

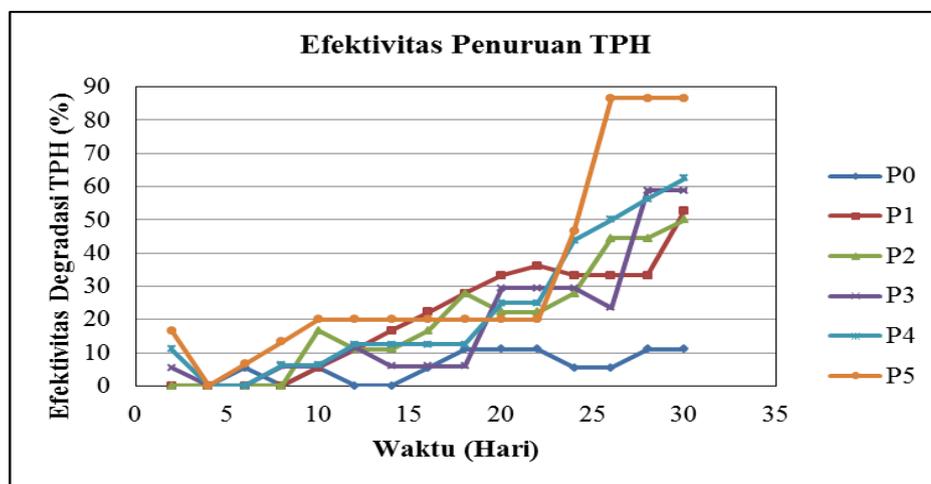
Penambahan kotoran sapi dapat menjadi sumber nutrisi bagi bakteri karena terdapat unsur nitrogen dan fosfor. Ketersediaan nutrisi yang semakin tinggi akan memicu pertumbuhan bakteri, sehingga dengan penambahan kotoran sapi yang semakin banyak maka jumlah nilai nitrogen dan fosfor juga semakin tinggi. Semakin banyak sumber nutrisi maka aktivitas bakteri semakin meningkat dan laju degradasi juga meningkat. Oleh karena itu, semakin banyak sumber nutrisi dalam tanah maka pertumbuhan bakteri juga semakin bagus dalam menguraikan hidrokarbon dalam tanah tercemar oli. Menurut Bhaktinagara (2015), penambahan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor akan digunakan mikroba untuk hidup dan mensintesis enzim pendegradasi hidrokarbon selama fase lag. Nutrien yang dibutuhkan dan digunakan dalam aktivitas metabolisme selama fase lag harus lebih tinggi agar mikroba dapat bertahan hidup dan beradaptasi pada tanah yang tercemar oli.

Menurut Pratama (2017), tentang pengaruh isolat *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. dengan biostimulasi kompos jerami padi (*Oryza sativa* L.) terhadap penurunan total petroleum hidrokarbon tanah tercemar oli bekas menyatakan bahwa dengan menambahkan bakteri *Bacillus* sp. dan konsentrasi kompos sebanyak 20 gram mampu

menurunkan nilai TPH sebesar 93,66%. Sedangkan dengan menggunakan metode *composting* dengan penambahan kotoran sapi hanya mampu menurunkan nilai TPH sebesar 86,66%.

3. Pengaruh penambahan konsentrasi kotoran sapi dan waktu *composting* terhadap efektivitas penurunan TPH

Efektivitas degradasi TPH yang optimum terjadi pada perlakuan P5 dengan waktu 26 hari yaitu sebesar 86,66%. Peningkatan % efisiensi degradasi TPH ini disebabkan adanya reaksi biologis dari konsorsium inokulan yang ditandai dengan penggunaan substrat secara optimum dan didukung dengan penambahan kotoran sapi yang berfungsi sebagai pengatur porositas. Sebaliknya, % efisiensi degradasi TPH pada perlakuan kontrol berjalan sangat lambat. Hal ini disebabkan laju penurunan konsentrasi TPH yang bersifat alamiah dengan adanya reaksi biologis dari mikroorganisme dalam tanah. Mikroorganisme ini juga mempunyai kemampuan dalam proses pemanfaatan substrat untuk dijadikan sumber makanan.



Gambar 3. Grafik efektivitas TPH

Penurunan nilai TPH yang kurang baik pada proses bioremediasi tanah terkontaminasi limbah oli selain sulitnya didegradasi dugaan lain yaitu kurangnya nutrisi dalam media tanah. Faktor nutrisi yang diperlukan adalah karbon yang didapat dari hidrokarbon minyak pelumas. Oleh karena itu, bakteri yang hidup di lingkungan hidrokarbon minyak pelumas dan tidak mampu memecah hidrokarbon maka tidak akan memperoleh karbon sebagai sumber energinya dan tidak mampu bertahan hidup sehingga proses degradasi hidrokarbon akan berjalan sangat lambat. Junaidi (2013), menyatakan efektivitas seluruh proses bioremediasi tergantung pada penambahan pupuk dan total mikroba. Penambahan konsentrasi kotoran sapi dapat mempengaruhi aktivitas dan perkembangan mikroorganisme sehingga meningkatkan total mikroorganisme dalam tanah.

Selain karbon, pertumbuhan bakteri juga memerlukan unsur lain yaitu nitrogen, fosfor, belerang, kalium, magnesium dan besi. Dari deretan unsur tersebut, nitrogen dan fosfor merupakan unsur esensial untuk mendukung biodegradasi hidrokarbon minyak bumi. Pada perlakuan P1, P2, P3 dan P4 diduga unsur nitrogen dan fosfor yang terdapat dalam kotoran sapi berjumlah lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan P5, sehingga proses degradasi terhadap nilai hidrokarbon juga lebih sedikit. Perlakuan P0 (kontrol) juga mengalami penurunan nilai TPH diduga dalam tanah tercemar oli terdapat bakteri yang berpotensi mendegradasi hidrokarbon. Menurut Holifah (2018) mikroba indigenus dalam tanah

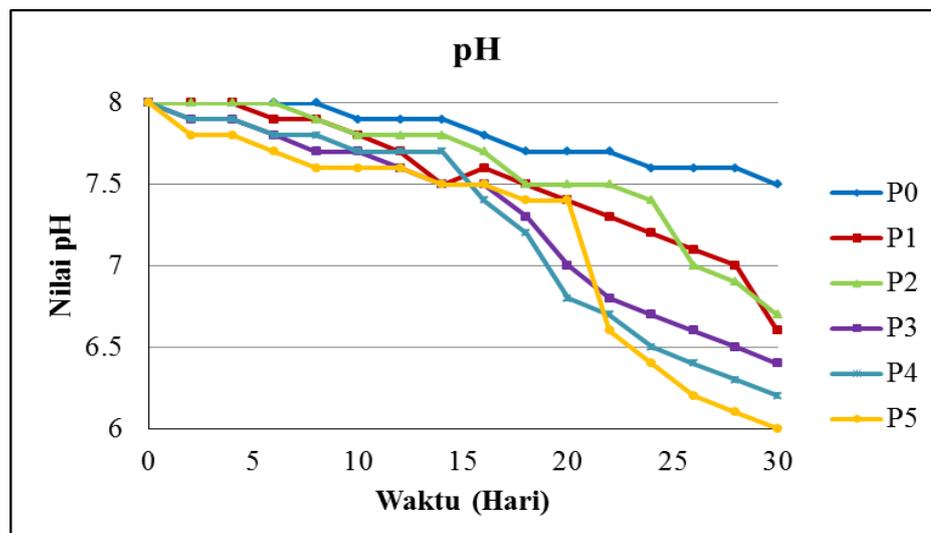
tercemar oli mempunyai kemampuan dalam menurunkan TPH walaupun tanpa penambahan kotoran hewan.

Naik turunnya nilai efektivitas nilai TPH dikarenakan bakteri yang ada dalam kotoran sapi belum mampu mendegradasi tanah tercemar oli secara menyeluruh. Peristiwa ini diduga karena tanah yang diambil pada saat pengujian adalah bagian tanah yang masih mengandung limbah oli yang belum terdegradasi oleh bakteri. Menurut Hafiluddin (2011), sampel tanah yang diambil pada saat pengujian yang kurang merata akan berpengaruh terhadap hasil TPH. Oleh karena itu perlunya pengadukan dan penggemburan tanah agar porositas tanah lebih tinggi, karena porositas berpengaruh terhadap hasil TPH. Sehingga sampel yang terambil pada bagian tanah yang menggumpal akan terperangkap minyak di dalamnya dan mengandung TPH yang tinggi.

Bakteri mampu menurunkan nilai TPH pada tanah tercemar oli. Dilihat dari visualisasi grafik Gambar 3, menunjukkan bahwa setiap perlakuan mengalami penurunan persentase TPH. Menurut Manalu (2013), penurunan nilai TPH dapat terjadi karena pertumbuhan bakteri berada pada fase puncak dan bakteri terus melakukan degradasi pada tanah tercemar oli. Fase pertumbuhan secara cepat dari fase lag menuju fase log ini terjadi pada hari ke 24 dan bakteri sudah mampu menurunkan nilai TPH sebesar 86,66%. Sedangkan pada perlakuan lain, bakteri belum mampu mencapai fase log sehingga penurunan nilai TPH masih sedikit. Nilai TPH pada tanah yang tercemar oli dengan penambahan kotoran sapi sebanyak 100 gram pada 300 gram tanah sudah mampu menurunkan nilai TPH dari 3,6% menjadi 0,4% dan sudah sesuai dengan baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128/2003 dengan nilai TPH pada tanah yaitu 1%.

4. Pengaruh penambahan konsentrasi kotoran sapi dan waktu *composting* terhadap nilai pH

Hasil uji pH dapat dilihat pada Gambar 4, keadaan awal pH yaitu 8 yang berarti pH tersebut termasuk basa. Namun setelah perlakuan dan proses komposting dengan menambahkan kotoran sapi maka pH mengalami penurunan menjadi pH 6, yang menunjukkan bahwa mikroorganisme sudah mulai beradaptasi dalam memutuskan rantai hidrokarbon. Menurut Aliyanta (2011), kebanyakan bakteri akan tumbuh pada pH netral atau sedikit alkali dan bakteri lebih cepat mendegradasi limbah oli pada pH netral dibandingkan dengan pH asam atau basa.



Grafik 4. Grafik nilai pH

Terjadi penurunan nilai pH pada setiap perlakuan dan penurunan yang paling signifikan terjadi pada perlakuan P5 (100 gram kotoran sapi pada 300 gram tanah). Hal ini diduga

bakteri pengurai hidrokarbon yang terdapat pada perlakuan P5 memiliki jumlah koloni yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Selain itu, penurunan tersebut menunjukkan bahwa akumulasi asam-asam organik sebagai hasil akhir metabolisme meningkat seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi (Sudrajat, 2016). Menurut Pranajaya (2015), penurunan pH yang sedikit akan berpengaruh terhadap laju degradasi TPH. Besarnya penurunan pH bergantung pada besarnya persentase degradasi. Semakin besar aktivitas mikroba pendegradasi maka semakin besar penurunan pH yang dihasilkan. Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi kotoran sapi dengan nilai pH yang memiliki nilai sig < probabilitas 0,05 yaitu 0,005 yang berarti bahwa konsentrasi kotoran sapi berpengaruh terhadap penurunan nilai pH. Besarnya pengaruh antara waktu *composting* terhadap nilai pH yaitu sebesar 89,1%.

Bakteri yang mendegradasi hidrokarbon pada tanah tercemar oli awalnya terjadi karena penambahan oksigen membentuk alkohol primer dengan bantuan enzim oksigenase yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus sp.* kemudian oksidasi dilanjutkan terhadap alkohol primer sehingga membentuk aldehid yang menghasilkan asam lemak dan akan membentuk asam asetat. Asam asetat inilah yang menyebabkan penurunan pH pada tanah tercemar oli (Mujab, 2011).

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

Penambahan konsentrasi dan waktu *composting* tanah tercemar oli dengan penambahan kotoran sapi berpengaruh terhadap efektivitas penurunan nilai TPH sebesar 86,66% pada perlakuan P5 (100 gr kotoran sapi + 300 gr tanah tercemar oli) dan penambahan konsentrasi dan waktu *composting* berpengaruh terhadap penurunan pH pada sampel.

Saran

Diperlukan uji *Total Plate Count* (TPC), analisa *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui senyawa hidrokarbon apa yang dapat diputuskan oleh bakteri dalam kotoran sapi, dan diperlukan uji unsur nitrogen dan fosfor setelah penambahan kotoran sapi pada tanah tercemar oli.

Daftar Pustaka

- Aliyanta, B., Sumarlin, L. O., dan Mujab, A. S. (2011). Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi. *Valensi Vol. 2 No. 3*, Hal: 430-442.
- Bai, S., Kumar, M. R., Kumar, D. M., P. B., Kumaran, M. B., dan Kalaichelvan, P. (2012). Cellulase Production by *Bacillus Subtilis* Isolated from Cow Dung. *Archives Of Applied Science Research.*, 4 (1), Hal:269-279.
- Bhaktinagara, R. A., Supriyadi, A., dan Raharjo, B. (2015). Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon oleh Strain *Bacillus Cereus* (VIC) pada Kondisi Salinitas yang Berbeda. *Jurnal Biologi, Volume 4 No 3*, , Hal. 62-71.
- Charlena. (2010). *Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Berat Menggunakan Konsorsium Bakteri*. Bogor: Skripsi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Dahlan, M. H., Setiawan, A., dan Rosyada, A. (2014). Pemisahan Oli Bekas dengan Menggunakan Kolom Filtrasi dan Membran Keramik Berbahan Baku Zeolit dan Lempung. *Teknik Kimia No. 1, Vol. 20*, 38-45.
- Hafiluddin. (2011). Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Teknik Bioaugmentasi dan Biostimulasi. *EMBRYO Vol. 8 No 1*, Hal: 47-53.
- Holifah, S. (2017). Analisis Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda pada Proses Bioremediasi Oil Sludge Di Pertambangan Desa Wonocolo. *Skripsi Jurusan Kimia*, Hal: 1-43.
- Junaidi, Muyassir, dan Syafruddin. (2013). Penggunaan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan Pupuk Kandang dalam Bioremediasi Inceptisol Tercemar Hidrokarbon. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan Vol 1, No. 1*, Hal: 1.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan. Teknis Pengolahan Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi secara Biologis*. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup.
- Mujab, A. S. (2011). Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi. *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi*, Hal: 1-105.
- Nugroho, A. (2006). Biodegradasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *MAKARA, TEKNOLOGI, Vol. 10, NO. 2*, Hal: 82-89.
- Pranajaya, D., Hatiningrum, W. R., dan Raharjo, M. S. (2015). Bioremediasi pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Jurnal ESDM, Volume 7, Nomor 2*, Hal: 61-70.
- Pratama, S. F., dan Handayani, D. (2017). Pengaruh Isolat *Pseudomonas* Sp. dan *Bacillus* sp. dengan Biostimulasi Kompos Jerami Padi (*Oryza Sativa* L.) Terhadap Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon Tanah Tercemar Oli Bekas. *Journal Biosains Volume 1 Nomor 2* , Hal: 322-328.
- Putri, N. M. (2020). *Uji Efektivitas EM4 dalam Mendegradasi Total petroleum Hydrocarbon pada Limbah Oli*. Banda Aceh: Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Sudrajat, D., Mulyana, N., dan DI, D. T. (2015). Isolasi dan Aplikasi Mikroba Indigen Pendegradasi Hidrokarbon dari Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir Issn 0216 - 3128*, Hal: 101-109.
- Suryatmana, P., Gunawan, R. A., Herdiyantoro, D., dan Setiawati, M. R. (2019). Potensi Inokulan Petrofilik dan Kompos Kotoran Ayam dalam Bioremediasi Limbah Minyak Bumi Sistem Land Treatment. *Soilrens, Volume 17 No. 1*, Hal: 2-8.

Susanti, W. I., dan Trinanda, R. (2017). Potensi Bakteri Asal Tanah Rizosfer, Sedimen Tanah, dan Pupuk Kandang Sapi untuk Biodegradasi Minyak Berat dan Oli Bekas. *Jurnal Tanah dan Iklim Vol. 41 No. 1*, Hal: 37-44.

Wignyanto. (2020). *Bioremediasi dan Aplikasinya*. Malang, Indonesia: UB Press.

Yahya, H. (2019). Analisis Kadar Air dan Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dari Proses Bioremediasi Limbah Oli dengan Metode Pengomposan. *Serambi Engineering, Volume IV, No.1*, Hal: 372-375.