

PENGGUNAAN KOMPOS TANAMAN DAN PUPUK HAYATI YANG MENGANDUNG *PSEUDOMONAS* UNTUK BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

Aussie Amalia¹, Filantropi Saka Nugraha¹ dan Munawar Ali¹

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
"Veteran" Jawa Timur,

E-mail: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Limbah minyak bumi dapat terjadi di semua lini aktivitas perminyakan mulai dari eksplorasi sampai ke proses pengilangan dan berpotensi menghasilkan limbah berupa lumpur minyak bumi (Oily Sludge). Salah satu kontaminan minyak bumi yang sulit diurai adalah senyawaan hidrokarbon. Tambang Minyak Bumi dan Gas Alam di Kabupaten Bojonegoro yang terdapat di wilayah kecamatan Kadewan adalah 74 unit sumur. Pada setiap kegiatan penambangan di sumur bor (cutting) Tersebut, terdapat tumpahan minyak pada lahan sekitar akibat proses pengakutan minyak, baik melalui pipa, alat angkut, maupun ceceran akibat proses pemindahan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kompos dan pupuk hayati terhadap tingkat penurunan kandungan Total Petroleum Hydrocarbons. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioremediasi dengan menggunakan penambahan kompos dan pupuk hayati mengalami penurunan yang terbaik bila dibandingkan dengan hanya pupuk kompos dan hanya pupuk hayati saja. Penurunan nilai TPH tersebut di akhir penelitian sebesar 0,729% dengan persen penyisihan sebesar 86,36%. Nilai tersebut sesuai baku mutu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128 tahun 2003 dimana hasil akhir dari nilai TPH setelah pengolahan kurang dari 1%.

Kata Kunci : *Bioremediasi, Tanah Terkontaminasi, Total Petroleum Hydrocarbons.*

ABSTRACT

Petroleum waste can occur in all petroleum activity lines from exploration to refining and potentially produce waste in the form of oil sludge (Oily Sludge). One of the petroleum contaminants that is difficult to decompose is hydrocarbon compounds. The Petroleum and Natural Gas Mine in Bojonegoro District which is located in the Kadewan sub-district is 74 wells. In each mining activity in the drilling well (cutting), there is an oil spill on the surrounding land due to the oil extraction process, either through pipes, conveyances, or spills due to the transfer process. This study was conducted to determine the effect of adding compost and biofertilizers to the level of reduction in the total Petroleum Hydrocarbons content. The results showed that bioremediation using the addition of compost and biological fertilizers had the best decline when compared to only compost and only biofertilizers. The decline in the TPH value at the end of the study was 0, 729% with an allowance percentage of 86.36%. This value is in accordance with quality standards in the Decree of the Minister of Environment No. 128 of 2003 where the final result of the TPH value after processing was less than 1%.

Keywords: *Bioremediation, Contaminant Soil, Total Petroleum Hydrocarbons.*

PENDAHULUAN

Limbah minyak bumi dapat terjadi di semua lini aktivitas perminyakan mulai dari eksplorasi sampai ke proses pengilangan dan berpotensi menghasilkan limbah berupa lumpur minyak bumi (*Oily Sludge*). Salah satu kontaminan minyak bumi yang sulit diurai adalah senyawaan hidrokarbon. Ketika senyawa tersebut mencemari permukaan tanah, maka zat tersebut dapat menguap, tersapu air hujan, atau masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat beracun. Akibatnya, ekosistem dan siklus air juga ikut terganggu (Karwati, 2009).

Lumpur limbah minyak bumi merupakan produk yang tidak mungkin dihindari oleh setiap perusahaan pertambangan minyak bumi dan menyebabkan Pencemaran terhadap lingkungan (Sumastri, 2005). Sebab lumpur limbah minyak bumi mempunyai komponen hidrokarbon atau *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yaitu senyawa organik yang terdiri atas hydrogen dan karbon contohnya *benzene*, *toluene*, *ethylbenzene* dan isomer *xylema* (Nugroho, 2006).

Tambang Minyak Bumi dan Gas Alam di Kabupaten Bojonegoro yang terdapat di wilayah kecamatan Kadewan adalah 74 unit sumur meliputi desa wonocolo 44 sumur dengan kapasitas produksi 25.771 liter/hari, desa hargomulyo 18 sumur dengan kapasitas produksi 12.771 liter/hari dan desa Beji 12 sumur dengan kapasitas produksi 8.249 liter/hari. Pada setiap kegiatan penambangan di sumur bor (*cutting*) tersebut, terdapat tumpahan minyak pada lahan sekitar akibat proses pengangkutan minyak, baik melalui pipa, alat angkut, maupun ceceran akibat proses pemindahan (Nugroho, 2006).

Pada tanah yang tercemar minyak bumi di daerah pertambangan bojonegoro mengandung unsur makro yaitu karbon (C) 8,53% (sedang), Fosfor (P) 0,01% (sangat rendah), Kalium (K) 0,22% (sedang) dan kadar TPH yaitu 41.200 mg/kg. Dari hasil analisis ini, tanah tidak baik untuk pertanian karena unsur hara N tergolong rendah dan senyawa hidrokarbon tergolong tinggi (Hardjowigeno, 2003).

Penambahan nutrient khususnya kadar hara N, P, K pada tanah tercemar minyak bumi akan menambahkan konsentrasi kadar hara pada tanah. Sehingga kadar hara pada tanah menjadi

tercukupi. Meningkatnya konsentrasi kadar hara tanah dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba salah satunya bakteri hidrokarbonoklastik (Udiharto, 1999). Tercukupinya kebutuhan nutrisi untuk perkembangbiakan bakteri ini akan menambahkan jumlah bakteri tersebut. Pertambahan jumlah dari bakteri ini akan memaksimalkan proses degradasi hidrokarbon minyak bumi, dengan demikian penurunan konsentrasi hidrokarbon lebih optimal (Suharni, 2008).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Tang., *et al* (2010) tentang bioremediasi pada tanah yang tercemar minyak menggunakan kombinasi tanaman *ryegrass* dan kelompok mikroba yang efektif dilakukan dengan "*pot experiment*". Hasilnya menunjukkan degradasi sebesar 58% menggunakan perlakuan dari kombinasi tanaman dan mikroorganisme setelah 162 hari dengan meningkatkan nilai degradasi total hidrokarbon minyak (THM/TPH) sebesar 17% dibandingkan kontrol.

Mikroorganisme hidrokarbonoklastik mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Mikroorganisme ini mampu menguraikan komponen minyak bumi karena kemampuannya mengoksidasi hidrokarbon dan menjadikan hidrokarbon sebagai donor elektronnya. Mikroorganisme ini berpartisipasi dalam pembersihan tumpahan minyak dengan mengoksidasi minyak bumi menjadi gas karbon dioksida (CO₂), bakteri pendegradasi minyak bumi akan menghasilkan bioproduk seperti asam lemak, gas, surfaktan, dan biopolimer yang dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas batuan reservoir formasi klastik dan karbonat apabila bakteri ini menguraikan minyak bumi.

Keberhasilan biodegradasi minyak bumi tergantung kepada keaktifan mikroba dan kualitas serta kondisi lingkungannya. Mikroba yang sesuai adalah bakteri atau kapang yang mempunyai kemampuan fisiologi dan metabolik untuk mendegradasi pencemar. Dalam beberapa hal, pada lingkungan yang akan dilakukan bioproses sudah terdapat mikroba. Namun untuk mendapatkan bioproses yang lebih baik masih perlu ditambahkan

mikroba dari luar yang lebih sesuai sehingga yang aktif dalam bioproses adalah kultur campuran (Noegroho, 1999).

Penelitian ini akan menggunakan kompos dan pupuk hayati yang mengandung *Pseudomonas* untuk dapat menurunkan TPH pada tanah yang terkontaminasi tumpahan minyak bumi bekas pengeboran minyak. Hasilnya akan didapatkan besar penyisihan TPH dengan meninjau berat pupuk kompos dan volume pupuk hayati serta waktu yang diperlukan dalam meremediasi tanah yang terkontaminasi TPH.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan proses, yaitu tahap pembuatan media, pengukuran pH, pengukuran suhu, pengukuran TPC, dan pengukuran TPH dimana pengukuran dilakukan mulai tahap persiapan hingga proses bioremediasi berakhir.

Tahap awal pembuatan media dilakukan dengan mengambil tanah terkontaminasi minyak bumi dari desa Wonocolo kecamatan Kedewan kabupaten Bojonegoro menggunakan sekop dan setelah terkumpul dimasukkan ke dalam kantong plastik besar. Selanjutnya, tanah terkontaminasi minyak bumi tersebut dihaluskan menggunakan cangkul dandiaduk agar sampel homogen. Jika telah homogen, diukur pH, suhu, dan TPH-nya. Terdapat Sembilan perlakuan terhadap penambahan kompos dan pupuk hayati yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel -1 Perlakuan penambahan pupuk kompos dan pupuk hayati

Nama Pot	Tanah (kg)	Kompos (kg)	Pupuk Hayati (mL)
A	2	-	-
B	2	1	-
C	2	2	-
D	2	-	(10 mL x 3)
E	2	1	(10 mL x 3)
F	2	2	(10 mL x 3)
G	2	-	(20 mL x 3)
H	2	1	(20 mL x 3)
I	2	2	(20 mL x 3)

Penambahan pupuk hayati kedalam media dilakukan secara bertahap dimaksudkan agar tidak terjadi dosis pupuk hayati yang berlebihan pada media uji karena akan berpengaruh negatif terhadap proses biodegradasi. Proses bioremediasi dilakukan selama 28 hari dengan melakukan pengadukan dan menambahkan air secara berkala untuk menjaga kelembapan media sebesar 50% - 70%. Setelah itu pengambilan sampel tanah dan pengujian kandungan TPH dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, 21, dan 28 hari. Selain itu dilakukan juga uji pH, Suhu, dan *Total Plate Count* (TPC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Tanah Tercemar Hidrokarbon

Pengukuran konsentrasi pencemar senyawa hidrokarbon dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam tanah yang tercemar minyak bumi yang terbiodegradasi. Penyisihan beban pencemar dalam persen menunjukkan degradasi yang terjadi. Sampling untuk pengukuran TPH yang dilakukan setiap 7 hari sekali selama 28 hari. Sebelum dilakukan perlakuan, terlebih dahulu dilakukan analisis awal untuk mengetahui kandungan yang terdapat didalamnya. Hasil analisis awal tanah yang tercemar minyak bumi ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel -2 Karakteristik Awal Tanah Tercemar Minyak Bumi

Parameter uji	Satuan	Hasil Uji
TPH	%	5,343
pH	-	8,8
Suhu	°C	28

Dari Tabel 2 didapatkan hasil analisis awal pengukuran senyawa hidrokarbon menunjukkan bahwa tanah yang di ambil pada tanah di pinggiran sumur pengeboran minyak bumi di Bojonegoro mempunyai kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* yang tinggi yaitu sebesar 5,343%. *Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)* sendiri termasuk dalam senyawa alifatik. Hal ini menunjukkan banyaknya kandungan senyawa hidrokarbon yang terkandung di tanah sekitar sumur pengeboran minyak bumi di Bojonegoro. Sedangkan pH tanah sangat berpengaruh terhadap aktivitas pertumbuhan bakteri

pendegradasi. Kebanyakan bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral sampai dengan pH basa, umumnya mikroorganisme tumbuh pada pH sekitar 6-9. Sedangkan pH awal pada tanah terkontaminasi minyak bumi sebesar 8,8.

Suhu memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap keberlangsungan bioremediasi tanah, karena proses ini memanfaatkan mikroorganisme yang memiliki peran utama pada saat proses bioremediasi tanah. Hal ini dikarenakan suhu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri pengurai sehingga akan mempengaruhi laju pendegradasi senyawa-senyawa kontaminan. Kemampuan pendegradasi senyawa-senyawa kontaminan berupa *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) oleh bakteri dapat terjadi secara optimal pada suhu pertumbuhan bakteri yakni 25-35°C. Pada suhu ini bakteri akan tumbuh dan mampu mendegradasi senyawa kontaminan secara optimal (Ali, 2012).

Pada saat proses degradasi berlangsung, suhu yang digunakan adalah suhu ruangan. Suhu tetap terjaga karena adanya suplai udara dari proses aerasi. Ketersediaan oksigen pada proses bioremediasi secara Landfarming ini didapatkan dari proses aerasi dengan cara pengadukan dan membolak-balikkan tanah dilakukan setiap hari. dengan adanya oksigen dari enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme, senyawa-senyawa hidrokarbon tersebut akan di degradasi menjadi CO₂ dan H₂O serta energi yang dihasilkan dari mikroorganisme itu sendiri.

2. Pengaruh Penambahan Kompos dan Pupuk Hayati Terhadap pH

Hasil penelitian menunjukkan pH sampel awal tanah terkontaminasi minyak bumi sebesar 8,8. pH sampel awal mendekati nilai pH optimum sampel tanah untuk bioremediasi adalah mendekati 6 sampai dengan 8. kebanyakan bakteri dapat tumbuh asam mendekati alkali (Mujab, 2011). Hal ini disebabkan karena degradasi senyawa hidrokarbon berlangsung lebih cepat pada pH diatas 7 jika dibandingkan dengan degradasi pada pH 5. Setelah dilakukan berbagai perlakuan selama pengujian, nilai pH mengalami penurunan mendekati pH netral dengan hasil pada tabel 3.

Tabel -3 Pengaruh penambahan kompos dan pupuk hayati terhadap kondisi pH

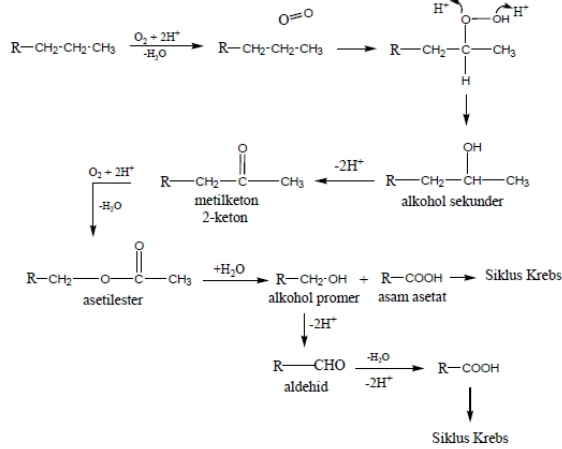
Nama Pot	Hari Ke-				
	0	7	14	21	28
A	8,8	8,7	8,7	8,5	8,4
B	8,8	8,2	7,4	7,3	6,8
C	8,8	8,3	7,8	7,2	6,6
D	8,8	8,7	8,4	8,4	7,8
E	8,8	8,4	8,3	8,2	7,1
F	8,8	8,2	7,3	6,9	6,5
G	8,8	8,5	8,3	8,1	7,5
H	8,8	8,3	7,8	7,2	6,6
I	8,8	8,2	7,3	6,6	5,9

Berdasarkan hasil pada tabel 3 menunjukkan bahwa pot A (tanpa penambahan kompos dan pupuk hayati) mengalami penurunan pH yang sangat kecil dari pH 8,8 menjadi 8,4. penurunan pH terbesar pada perlakuan pot I (2 kg tanah terkontaminasi minyak bumi, 2 kg kompos, 20 ml pupuk hayati atau perbandingan kompos dan tanah terkontaminasi minyak bumi sebesar 1:1), yaitu dari pH 8,8 menjadi 5,9.

Penurunan pH yang terjadi pada pot A menunjukkan bahwa dalam sampel tanah terdapat bakteri dalam jumlah sedikit sehingga tidak bisa mendegradasi bahan hidrokarbon dengan cepat. Akibatnya, penurunan nilai pH menjadi lambat (Prananjaya, 2015). Penurunan pH terbesar pada perlakuan sampel pot I disebabkan pada sampel tersebut diberikan tambahan kompos dan pupuk hayati dalam jumlah maksimum sehingga mengalami penurunan pH yang menunjukkan bahwa mikroorganisme beraktifitas (Mujab, 2011).

Pada umumnya semua perlakuan mengalami penurunan pH jika dilihat dari tabel hasil analisis. Penurunan pH tersebut disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang membentuk metabolit-metabolit asam dimana prosesnya dapat dilihat pada Gambar 1. Biodegradasi alkana yang terdapat dalam minyak bumi akan membentuk alkohol dan selanjutnya menjadi asam lemak. Asam lemak hasil degradasi alkane akan dioksidasi lebih lanjut membentuk asam asetat dan asam

propionat (gambar 1), sehingga dapat menurunkan nilai pH medium (Nugroho, 2006).



Gambar -1 Oksidasi n-alkana melalui jalur sub terminal (Atlas, 1992 dalam Nugroho, 2006)

Selain oksidasi terminal, mikroorganisme juga dapat mengoksidasi hidrokarbon alifatik melalui oksidasi subterminal (Gambar 1). pada jalur ini molekul oksigen dimasukan ke dalam rantai karbon membentuk alkohol sekunder yang selanjutnya dioksidasi menjadi keton dan akhirnya ester. Kemudian ikatan ester dipecah membentuk alkohol primer dan asam lemak. Selanjutnya alcohol dioksidasi melalui aldehyd membentuk asam lemak dan kedua fragmen asam lemak akan di metabolisme lebih lanjut melalui β -oksidasi (Atlas, 1992 dalam Nugroho, 2006).

3. Pengaruh Penambahan Kompos dan Pupuk Hayati Terhadap Suhu

Hasil pengukuran suhu media dapat dilihat pada Tabel 4. Pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 umumnya stabil antara 26°C – 28°C. kondisi ini masih dalam batas rentang suhu dimana proses biodegradasi bisa berlangsung secara optimum direntang suhu 10°C – 40°C. Hasil tersebut tidak menunjukkan ada peningkatan suhu yang signifikan, meskipun dari proses degradasi dapat menghasilkan energi yang dapat menyebabkan suhu pada media uji meningkat. Pada beberapa sampel mengalami peningkatan suhu disebabkan karena aktifitas metabolisme dari bakteri yang mendegradasi polutan menghasilkan energi yang membuat suhu sampel meningkat (Prananjaya, 2015).

Tabel -4 Pengaruh waktu (hari) dan penambahan kompos serta pupuk hayati terhadap suhu (°C)

Nama Pot	Hari Ke-				
	0	7	14	21	28
A	28	28	27	28	28
B	28	26,5	27	27	27
C	28	27	26	27	26
D	28	27	27	26	27
E	28	27	26	26	26
F	28	26	27	27	26
G	28	28	26	27	27
H	28	26	26	26,5	26
I	28	27	26	27	27

4. Pengaruh Penambahan Kompos dan Pupuk Hayati Terhadap Penyisihan TPH

Hasil pengukuran sampel awal dengan metode Gravimetri diperoleh nilai TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) sebesar 5,343%. Nilai TPH sampel awal tanah Terkontaminasi minyak bumi telah sesuai dengan persyaratan dalam keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi dengan Cara Biologi, yaitu < 15%. Dengan demikian uji coba bioremediasi dapat dilakukan. Hasil pengukuran TPH setiap sampel uji dihasilkan pada Tabel 5.

Tabel -5 Pengaruh waktu (hari) dan berbagai penambahan perlakuan di tanah tercemar terhadap persentase penyisihan TPH (%)

Nama Pot	Hari Ke-				
	0	7	14	21	28
A	0	5,78	8,50	12,91	16,10
B	0	53,10	63,99	73,05	77,48
C	0	59,70	75,07	77,00	81,28
D	0	9,10	20,19	35,88	39,77
E	0	54,61	64,96	73,10	80,85
F	0	62,04	77,05	81,94	82,31
G	0	13,57	23,75	40,93	42,00

H	0	57,53	67,75	74,12	81,15
I	0	62,89	77,00	81,40	86,36

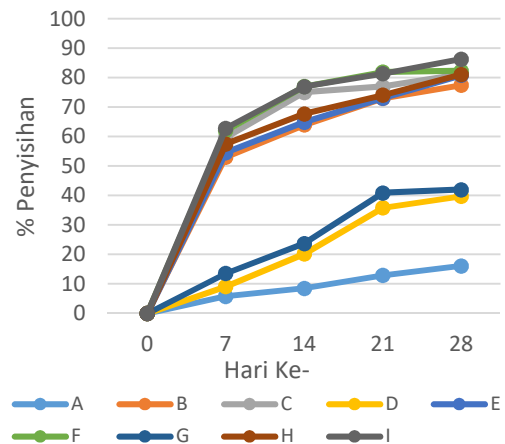
Berdasarkan Tabel 5 penyisihan nilai TPH dengan hanya ditambahkan pupuk hayati didapatkan persentase penyisihan TPH terbesar yaitu dengan penambahan pupuk hayati sebesar 20 ml (pot G). Besar presentase penyisihan yang didapatkan sebesar 42% dari nilai awal kandungan TPH 5,343% menjadi 4,483% di hari ke 28. Hasil analisis ini memperlihatkan bahwa pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon yang mampu hidup dan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang ada di tanah tercemar minyak bumi. Yang berkerja sama dengan mikroorganisme indigenous untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon atau mampu mendegradasi lebih baik lagi.

Pupuk hayati merupakan bahan alami dan akan memberikan efisiensi biodegradasi TPH lebih besar dibandingkan dengan bahan sintetik. Pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon yang dimasukkan ke dalam reaktor diharapkan mampu menggantikan fungsi bakteri indigenous dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon bahkan mampu mendegradasi lebih baik lagi (Prananjaya, 2015).

Penyisihan TPH terbesar dicapai oleh penambahan kompos dan pupuk hayati dengan penambahan kompos sebanyak 2 kg dan penambahan pupuk hayati sebesar 20 ml (pot I) dengan persentase degradasi penyisihan nilai TPH mencapai 86,36%. Hal ini disebabkan karena nutrisi (kompos) yang ditambahkan mendukung terjadinya proses degradasi TPH. Selain itu keberadaan kompos juga meningkatkan porositas tanah, porositas tanah yang baik akan memaksimalkan suplai udara yang masuk ke dalam reaktor dan dapat memudahkan pergerakan bakteri (Ali, 2012). Lalu penambahan pupuk hayati yang merupakan bahan alami akan memberikan efisiensi biodegradasi TPH lebih besar dibandingkan dengan bahan sintetik. Pupuk hayati yang mengandung bakteri pendegradasi hidrokarbon yang dimasukkan ke dalam reaktor diharapkan mampu menggantikan fungsi bakteri indigenous dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon bahkan mampu

mendegradasi lebih baik lagi (Prananjaya, 2015).

Biodegrasi hidrokarbon minyak bumi dilakukan dengan menambahkan kompos dan pupuk hayati dalam tanah yang tercemar minyak bumi. Hubungan dari masing-masing perlakuan penambahan tersebut terhadap penyisihan TPH lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 1.

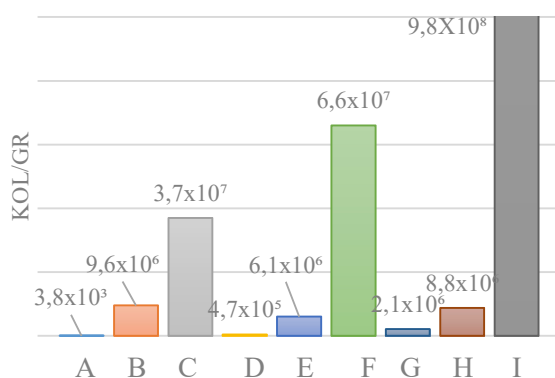


Grafik -1 Hubungan Antara Waktu (hari) Dengan Presentase Penyisihan TPH (%) Pada Berbagai Perlakuan Penambahan Kompos dan Pupuk Hayati

Berdasarkan Grafik 1 penyisihan TPH terbesar yang dapat dicapai dengan hanya ditambahkan kompos sebesar 2 kg (pot C) yaitu sebesar 81,28% dari kandungan awal TPH sebesar 5,343% menjadi 1% pada hari ke-28. Hasil analisis ini memperlihatkan bahwa kompos yang digunakan mampu meningkatkan porositas tanah dan meningkatkan kualitas tanah agar bakteri indigenous bisa berkembang dan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang ada di tanah tercemar minyak bumi yang membuat bakteri indigenous dalam tanah tercemar lebih dominan menurunkan nilai TPH. Hal ini disebabkan karena nutrisi (kompos) yang ditambahkan mendukung terjadinya proses degradasi TPH (Ali, 2012). Selain itu, keberadaan kompos juga meningkatkan porositas tanah, porositas tanah yang baik akan memaksimalkan suplai udara yang masuk ke dalam reaktor dan dapat memudahkan pergerakan mikroorganisme. Pengaruh mikroorganisme sangat besar pada penurunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai rantai ikatan lurus, karena percabangan rantai dapat

menghambat oksidasi pada ujung rantai percabangan (Kusumawati, 2015).

Dapat disimpulkan bahwa bioremediasi dengan menggunakan penambahan kompos dan pupuk hayati mengalami penurunan yang terbaik bila dibandingkan dengan hanya pupuk kompos dan hanya pupuk hayati saja dilihat dari perbandingan antara reaktor kontrol dan macam-macam perlakuan. Penyisihan nilai TPH tersebut di akhir penelitian sebesar 0,729% dengan persen penyisihan sebesar 86,36%. Nilai tersebut sesuai baku mutu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128 tahun 2003 dimana hasil akhir dari nilai TPH setelah pengolahan kurang dari 1%. Dan juga bila dilihat dari analisis jumlah koloni bakteri dengan menggunakan *Total Plate Count* (TPC) yang dapat dilihat pada grafik 2, bahwa sampel pot I (2 kg tanah terkontaminasi + 2 kg kompos + 20 ml pupuk hayati) mengalami jumlah koloni terbanyak di akhir penelitian yaitu sebesar $9,8 \times 10^8$ Kol/gr bila dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Mikroorganisme merupakan *agent* utama terjadinya proses biodegradasi kontaminan hidrokarbon di tanah. Sumber karbon atau energi lainnya merupakan transformasi bahan organik dalam bentuk nutrien, yang akan diubah oleh mikroorganisme. Semakin banyak mikroorganisme yang terlibat dalam proses, akan semakin membuka kemungkinan proses degradasi (Notodarmojo, 2005) dalam Retno, 2013).



Grafik -2 Hubungan antara penambahan perlakuan di tanah tercemar dengan TPC (Kol/gr)

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Kompos dan pupuk hayati dapat berperan dalam penurunan TPH pada tanah yang terkontaminasi tumpahan minyak bumi bekas sumur pengeboran minyak di Bojonegoro secara alami karena merupakan proses biologis.
2. Besar penyisihan TPH dengan meninjau konsentrasi kompos, pupuk hayati dan waktu yg diperlukan untuk memperbaiki tanah terkontaminasi TPH terbaik adalah pada tanah terkontaminasi dengan penambahan kompos sebanyak 2 kg dan ditambahkan pupuk hayati sebesar 60 mL (pot I) yang mampu menurunkan hingga 86,36% kadar TPH, sehingga menghasilkan kadar akhir TPH sebesar 0,729% dengan waktu bioremediasi 28 hari dimana kadar tersebut telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 nilai akhir TPH kurang dari 1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Munawar (2012). *Monograf Pembersihan Lahan Tercemar Tumpahan Hidrokarbon Dengan Teknik Biopile*. Surabaya: UPN Press.
- Hardjowig Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo
- Hendra, Jekvy., Widodo., Bonny, P.W.S., Bintoro, H.M., Manohara, D. (2014). *Perspektif Pengembangan Kompos Bioaktivator Untuk Pengendalian Phytophthora Capsici pada Tanaman Lada (Piper nigrum)*. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Vol.17, No.1 : 37-38
- Karwati. (2009). *Degradasi Hidrokarbon Pada Tanah Tercemari Minyak Bumi Dengan Isolat A10 Dan D8*. Skripsi. IPB. Bogor.
- Kusumawati, Eko (2015). *Aplikasi Bakteri Untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Minyak Bumi (Crude Oil) Menggunakan Teknologi*

Biopile. Universitas Mulawarman. Samarinda,.

Limbah dan Pemulihan Kerusakan Lingkungan- BPPT, Jakarta. 121-132.

Masfufah, Ainun. (2012). *Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati (Biofertilizer) pada Berbagai Dosis Pupuk dan Media Tanam yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Tomat (Lycopersicon Esulentum)*. Universitas Airlangga.

Mujab, Ahmad Saeful. (2011). *Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi*. Jakarta: Universitas Islam Syarif Hidayatullah.

Nugroho, A. (2006). *Biodegradasi "Sludge" Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos*. *Makara Teknologi*. 10 (2): 82-89.

Noegroho, H. (1999). *Pengaruh Aerasi Pada Bioproses Limbah Kilang Minyak*. Lembaran Publikasi Lemigas. Jakarta.

Retno, Tri.D.L. (2013). *Bioremediasi Lahan Tercemar Lumpur Minyak Menggunakan Campuran Buling Agents yang Diperkaya Konsorsia Mikroba Berbasis Kompos Iradiasi*. Jakarta: Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN.

Suharni dkk. (2008). *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Universitas Atmajaya Yogyakarta

Tang, J, R. Wang, X. Niu, M. Wang, and Q. Zhou. (2010). *Characterization on the rhizoremediation of petroleum contaminated soil as affected by different influencing factors*. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 4665–4688.

Tang, J. Xiaowei, N. Qing, S. Rugang Wang. (2010). *Bioremediation of Petroleum Polluted Soil by Combination of Ryegrass with Effective Microorganisms*. *Journal of Environmental Technology and Engineering*, 3(2):80-86.

Udiharto, M., dan Sudaryono. (1999). *Bioremediasi Terhadap Tanah Tercemar Minyak Bumi Parafinik dan Aspak*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan