

## PENGGUNAAN BAKTERI *Pseudomonas fluorescens* DAN PUPUK KANDANG DALAM BIOREMEDIASI INCEPTISOL TERCEMAR HIDROKARBON

Junaidi<sup>1</sup>. Muyassir<sup>2</sup>. Syafruddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Magister Konservasi Sumberdaya Lahan Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

<sup>2</sup>) Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

**Abstrack:** *The aim of the research was to examine the role of Pseudomonas fluorescens, manure and crops for Reclamation of Polluted Hydrocarbon Land. The research was conducted from September 2011 to February 2012 at Seed Technology Laboratory and Greenhouse, Agriculture Faculty, Syiah Kuala University, Banda Aceh. The research was conducted in two phases: (i) soil incubation experiment using a factorial completely randomized design consisting of two levels of bacterial isolates; without bacterial isolate and with bacterial isolate, and four levels of manure; 0, 10, 20, and 30 ton ha<sup>-1</sup>. (ii) second experiment phase using a factorial randomized block design consisting of three levels of bacterial isolates; control without bacterial isolates and with bacterial isolates, and three kinds of plants; crotalaria, sunflower, and soybean. The result of the research indicated that the bacterial isolates treatment had significant effect on the total microorganism, the content of hydrocarbon, C-organic, N-total, C/N-ratio, and growth of plants. The manure treatment had significant effects on the total microorganism and the hydrocarbon content. The use of plants also showed significant effects on the total microorganism, hydrocarbon content, and growth of plant, but it were no significant effects on C-organic, N-total, and C/N-ratio. The use of bacterial isolates can increase the total microorganism, C-organic, N-total, C/N-ratio and growth of plants as well as a decrease the content of hydrocarbon in soil. The application of manure and plants increase the total microorganisms and decrease the content of hydrocarbon in soil. The interaction effect between bacterial isolates and manure occurred on total microorganism and hydrocarbon content. The interaction effect between bacterial isolates and plant occurred on the total microorganism, hydrocarbon content and growth of plants.*

**Keywords:** *Pseudomonas fluorescens, manure, plant, hydrocarbon, and land reclamation*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peranan bakteri *Pseudomonas fluorescens*, pupuk kandang dan tanaman untuk mereklamasi lahan tercemar hidrokarbon. Penelitian dilakukan sejak September 2011 sampai dengan Februari 2012 di Laboratorium Teknologi Benih dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Unsyiah, Darussalam. Penelitian dilakukan dua tahap, percobaan inkubasi tanah menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial yang terdiri dari dua taraf isolat bakteri yaitu tanpa isolat bakteri dan dengan isolat bakteri, dan empat taraf pupuk kandang yaitu 0, 10, 20, dan 30 ton ha<sup>-1</sup>. Percobaan tahap kedua menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial yang terdiri dari tiga taraf isolat bakteri yaitu kontrol, tanpa isolat bakteri dan dengan isolat bakteri, dan tiga jenis tanaman yaitu orok-orok, bunga matahari, dan kedelai. Perlakuan isolat bakteri memberikan perbedaan yang nyata terhadap semua parameter yang diamati. Perlakuan pupuk kandang menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kandungan hidrokarbon dan total mikroorganisme. Penggunaan tanaman juga menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap total mikroorganisme, kandungan hidrokarbon, dan biomassa tanaman, tetapi tidak berbeda nyata terhadap C-organik, N-total, dan C/N-rasio. Penggunaan isolat bakteri dapat meningkatkan total mikroorganisme, C-organik, N-total, C/N-rasio dan biomassa tanaman serta penurunan kandungan hidrokarbon dalam tanah. Penggunaan pupuk kandang dan tanaman dapat meningkatkan total mikroorganisme dan penurunan kandungan hidrokarbon dalam tanah. Interaksi antara isolat bakteri dan pupuk kandang terjadi terhadap kandungan hidrokarbon dan total mikroorganisme. Interaksi antara isolat bakteri dan tanaman terjadi terhadap kandungan hidrokarbon, total mikroorganisme dan biomassa tanaman.

**Kata Kunci:** Bakteri *Pseudomonas fluorescens*, pupuk kandang, tanaman, hidrokarbon dan reklamasi

## PENDAHULUAN

Pencemaran minyak bumi pada tanah merupakan ancaman yang serius bagi kesehatan manusia. Minyak bumi yang mencemari tanah dapat mencapai lokasi air tanah, danau atau sumber air yang menyediakan air bagi kebutuhan domestik maupun industri sehingga menjadi masalah serius bagi daerah yang mengandalkan air tanah sebagai sumber utama kebutuhan air bersih atau air minum dan kegiatan pertanian. Pencemaran minyak bumi, meskipun dengan konsentrasi hidrokarbon yang sangat rendah sangat mempengaruhi bau dan rasa air tanah (Atlas dan Bartha, 1997).

Inceptisol merupakan tanah yang ter- sebar luas di Indonesia terutama di daerah perairan yang rentan terhadap pencemaran akibat tumpahan minyak atau oli. Tanah Inceptisol yang mengandung jenis mineral liat termasuk tanah pertanian utama di Indonesia karena mempunyai sebaran yang sangat luas. Luasannya sekitar 70,52 juta ha atau 37,5% (Puslittanak, 2000). Tanah tersebut mempunyai prospek yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai sentra produksi tanaman pangan terutama padi, jagung, dan kedelai asal dibarengi dengan pengelolaan tanah dan tanaman yang tepat. Apabila terjadi pencemaran oleh tumpahan minyak/oli yang mengandung senyawa hidrokarbon sebagai bahan pencemar akan menjadi masalah terhadap kesuburannya. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik untuk pemulihan.

Pencemaran tanah yang disebabkan oleh tumpahan minyak mentah (crude oil) atau

hidrokarbon merupakan masalah utama di seluruh dunia (Atlas dan Bartha, 1987). Di Asia, penurunan produktivitas lahan karena polusi tanah, air dan udara merupakan masalah utama dalam meningkatkan produktivitas per- tanian, terutama untuk menjamin keamanan pangan (Wassmann *et al* , 2009). Indonesia, sebagai salah satu negara rawan bencana dan pengguna minyak mentah (hidrokarbon), perlu untuk menemukan cara-cara dan metode yang tepat untuk menangani tanah yang terkon- taminasi, terutama polusi yang disebabkan oleh hidrokarbon (Sartika, 2005).

Pencemaran terjadi pada tanah, air tanah, badan air atau sungai, udara, bahkan terputusnya rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada akhirnya akan menghancurkan ekosistem (Soemarwoto, 1991). Pencemaran ini mengakibatkan terjadinya degradasi ter- hadap tanah. Oleh karena itu untuk mengem- balikan kualitas lahan perlu dilakukan suatu usaha perbaikan.

Salah satu usaha perbaikan lahan ter- cemar limbah dapat diupayakan melalui biore- mediasi dan pemupukan. Bioremediasi adalah suatu teknik rehabilitasi lahan dengan meng- gunakan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan atau zat-zat pencemar pada lahan, misalnya : limbah racun, pestisida, sampah, senyawa organik (minyak) dan logam-logam berat (Sufardi, 2007).

Bioremediasi merupakan pemanfaatan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-

enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Jenis mikroba rekombinan yang diciptakan dilaboratorium dapat lebih efisien dalam mengurangi polutan. Mikroorganisme rekombinan yang diciptakan dan pertama kali dipatenkan adalah bakteri "pemakan minyak". Bakteri ini dapat mengoksidasi senyawa hidrokarbon yang umumnya ditemukan pada minyak bumi (Van Hamme *et al.*, 2003). salah satu bakteri pemakan minyak bumi adalah *Pseudomonas fluorescens*. Bakteri ini merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon, karena memiliki kemampuan dalam memproduksi biosurfaktan yang berkaitan dengan keberadaan enzim regulatori.

Menurut Gunalan (1996), bioremediasi merupakan salah satu teknologi inovatif untuk mengolah kontaminan, yaitu dengan memanfaatkan mikroba, tanaman, enzim tanaman atau enzim mikroba.

Degradasi hidrokarbon dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur, kadar air, bahan organik tanah dan biota tanah serta pasokan hara (pemupukan) (Pritchard and Costa 1991, Bragg *et al.*, 1994, Wright *et al.*, 1997, Margesin *et al.*, 2000, dan Van Hamme *et al.*, 2003). Selanjutnya Lin *et al.* (1999) menyatakan bahwa aplikasi pupuk dapat meningkatkan pertumbuhan dan populasi mikroba tanah, meningkatkan respirasi mikroba tanah dan berpotensi meningkatkan biodegradasi

hidrokarbon di dalam tanah.

Sartika (2005) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa hasil percobaan biodegradasi menunjukkan bahwa minyak mentah (hidrokarbon) mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Konsentrasi hidrokarbon petroleum atau indeks petroleum hidrokarbon (IPH) menurun antara 20,51 - 44,08% dalam 14 hari setelah diperlakukan dengan pupuk dan tanaman. Bioremediasi dengan pengaplikasian pupuk dapat mengurangi secara signifikan target total normal hidrokarbon (TTNH) sebesar 81 % dan total target aromatik hidrokarbon (TTAH) 17%, dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Lin *et al.*, 1999). Dalam hal ini isolat bakteri dan pupuk kandang layak diujicoba untuk merangsang pertumbuhan mikroba tanah khususnya pendegradasi hidrokarbon.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian isolat bakteri dan pupuk kandang serta interaksi keduanya terhadap kandungan hidrokarbon dan total mikroorganisme pada tanah tercemar hidrokarbon.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih (Bioteknologi), Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Penentuan karakteristik tanah Inceptisol dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Waktu penelitian mulai bulan September s/d November 2011.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah Inceptisol, crude oil (oli

pertamina), isolat bakteri, pupuk kandang, kertas saring dan bahan-bahan yang digunakan untuk melakukan analisis hidrokarbon, mikro organisme serta analisis tanah di Laboratorium. Sedangkan alatnya adalah cangkul, skop, garpu tala, timbangan analitik/biasa, tabung inkubasi (200 ml), oven, corong, erlenmeyer, Ph meter serta peralatan untuk analisis hidrokarbon, mikroorganisme dan tanah di laboratorium.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial terdiri dari 2 faktor yaitu Isolat Bakteri dan Pupuk Kandang dengan 3 Ulangan. Untuk isolat bakteri terdiri dari 2 taraf, yaitu : B1 (tanpa isolat bakteri) dan B2 (dengan isolat bakteri). Sedangkan pupuk kandang terdiri dari 4 taraf, yaitu : F0 (kontrol), F1 (10 ton ha<sup>-1</sup>), F2 (20 ton ha<sup>-1</sup>), F3 (30 ton ha<sup>-1</sup>).

### Persiapan Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah Inceptisol. Tanah diambil dari Desa Peukan Bada Kecamatan Lhoknga Kabupaten Aceh Besar. Tahapan yang dilakukan adalah tanah ditumbuk sampai halus, kemudian diayak. Setelah diayak diberikan oli sebanyak 10 g kg<sup>-1</sup> tanah, kemudian tanah tersebut dibagi dua bagian. Bagian pertama diberi isolat bakteri, sedangkan bagian lainnya tidak diberikan isolat bakteri. Masing-masing tanah tersebut diaduk sampai merata. Kemudian diberikan pupuk kandang sesuai dengan perlakuan, lalu diaduk kembali sampai homogen. Untuk inkubasi, tanah tersebut dimasukkan kedalam masing-masing tabung

percobaan sebanyak 90 g tabung<sup>-1</sup>, lalu ditempatkan pada ruang inkubasi yang urutannya sesuai dengan bagan percobaan. Untuk mengetahui kadar air dan menentukan kapasitas lapang, tanah tersebut diambil sebanyak dua sendok makan ditempatkan pada kertas saring, selanjutnya diberikan air sampai jenuh dan ditiriskan sampai tidak lagi menetes. Setelah itu dimasukkan ke dalam wadah dan diovenkan pada suhu 60<sup>0</sup>C selama 2 x 24 jam. Karakteristik tanah Inceptisol yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Karakteristik tanah Inceptisol**

Parameter	Nilai	Metode
pH H <sub>2</sub> O	7,22	Elektrometrik (pH 1 : 2,5)
pH KCl	6,21	Elektrometrik (pH 1 : 2,5)
C-Organik (%)	2,04	Walkley & Black
N-total (%)	0,18	Kjeldahl
P-av (ppm)	9,23	Bray II
K (me/100g)	0,26	NH <sub>4</sub> OAc pH 7
KTK (me/100g)	20,21	NH <sub>4</sub> OAc pH 7
Tekstur	Pasir : 13,72 %	Pipet
(Lempung Liat Berdebu)	Debu : 56,28 %	
	Liat : 30,00 %	

### Analisis Data

Analisis data dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Apabila diperoleh perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5 %.

## HASIL PEMBAHASAN

### Kandungan Hidrokarbon

Rata-rata kandungan hidrokarbon setelah penelitian dengan perlakuan isolat bakteri dan berbagai dosis pupuk kandang dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa isolat bakteri dengan semakin meningkatnya dosis pupuk kandang akan menurunkan kandungan hidrokarbon dan sedikit meningkat pada dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup>. Respon kandungan hidrokarbon terhadap isolat bakteri tergantung pada pemberian pupuk kandang. Pada perlakuan tanpa isolat bakteri dan pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> mempunyai kandungan hidrokarbon terendah yaitu 169,18 µl tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> yaitu 169,43 µl, tetapi berbeda nyata dengan dosis 10 ton ha<sup>-1</sup> dan tanpa pupuk kandang yang masing-masing kandungan hidrokarbon adalah 730,35 dan 1249,95 µl.

Pada perlakuan isolat bakteri dengan tanpa pupuk kandang, kandungan hidrokarbon adalah 31,51 µl tidak berbeda

nyata dengan dosis pupuk kandang 10 dan 30 ton ha<sup>-1</sup> yang masing-masing kandungan hidrokarbon adalah 23,57 dan 25,77 µl. Pada dosis pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> kandungan hidrokarbon tanah semakin rendah yaitu 17,60 µl berbeda nyata dengan tanpa pupuk kandang, tetapi tidak berbeda nyata dengan pupuk kandang 10 dan 30 ton ha<sup>-1</sup>.

Respon kandungan hidrokarbon terhadap pupuk kandang tergantung pada pemberian isolat bakteri. Pada perlakuan tanpa pupuk kandang dengan pemberian isolat bakteri, kandungan hidrokarbon setelah penelitian

adalah 31,51 µl berbeda nyata dengan perlakuan tanpa isolat bakteri yaitu 1249,95 µl. Pada perlakuan pupuk kandang 10 ton ha<sup>-1</sup>, kandungan hidrokarbon tanah dengan pemberian isolat bakteri adalah 23,57 µl berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa isolat bakteri kandungan hidrokarbon adalah 730,35 µl. Pada perlakuan pupuk kandang 20 dan 30 ton ha<sup>-1</sup>, kandungan hidrokarbon tanah dengan pemberian isolat bakteri masing-masing adalah 17,60 dan 25,77 µl ; berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa isolat bakteri yang mempunyai kandungan hidrokarbon masing-masing 169,18 dan 169,43 µl. Dosis pupuk kandang yang tepat untuk meningkatkan aktivitas bakteri pendegradasi hidrokarbon pada perlakuan ini adalah 20 ton ha<sup>-1</sup>. Dosis ini merupakan yang ideal sehingga dapat menurunkan kadar hidrokarbon paling rendah yaitu 17,60 µl. Penurunan tersebut disebabkan karena bakteri menggunakan hidrokarbon sebagai sumber karbon dan energi untuk aktivitas dan pertumbuhannya (Irawati, 2005). Dosis pupuk kandang yang terlalu rendah tidak cukup untuk merangsang bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon secara optimal karena tidak cukup energinya. Sedangkan dosis yang terlalu tinggi, bakteri sudah cukup makanannya malah sudah berlebihan sehingga tidak perlu mengambil karbon dan unsur hara lainnya dari senyawa hidrokarbon, sehingga kandungan hidrokarbon pada kedua fenomena ini lebih tinggi dibandingkan dengan dosis yang ideal. Islami dan Utomo (1995) menyatakan bahwa ketersediaan hara terutama N yang tidak terlalu rendah akan

mendorong pertumbuhan mikroorganisme, sebaliknya ketersediaan hara yang terlalu rendah dan terlalu tinggi akan menghambat perkembangannya. Proses biodegradasi didasari oleh dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Proses dekomposisi yang terjadi akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, air dan senyawa lain yang sifatnya lebih sederhana dari senyawa asal (Kristant, 2005).

Dari tabel tersebut terlihat bahwa isolat bakteri yang dicobakan menghasil kandungan hidrokarbon yang berbeda. Secara keseluruhan perlakuan dengan isolat bakteri yang terbaik, karena dapat menurunkan kandungan hidrokarbon jauh lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa isolat bakteri. Pupuk kandang yang dicobakan menghasilkan kandungan hidrokarbon yang berbeda. kandungan hidrokarbon terendah diperoleh pada kombinasi perlakuan isolat bakteri dan pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> dengan kandungan hidrokarbon 17,60 µl. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* merupakan bakteri yang mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon, dan dapat bekerja maksimal pada jumlah pupuk kandang yang tepat. Menurut Arwiyanto dkk.(2007) bahwa bakteri tersebut mampu bertahan pada lahan tercemar karena mampu memanfaatkan kontaminan dalam metabolismenya dan mampu menjalankan peran yang tepat di lingkungan tersebut. Selanjutnya Nugroho (2003) menyatakan bahwa bakteri menggunakan minyak bumi, fosfor dan nitrogen yang terkandung dalam media sebagai nutrisi untuk pertumbuhan selnya, dan juga menggunakan minyak

bumi sebagai sumber energinya dengan cara memotong rantai hidrokarbon minyak bumi menjadi komponen organik untuk kelangsungan hidup mikroba dibawah kondisi stabil.

Rata-rata total mikroorganisme setelah penelitian dengan perlakuan isolat bakteri dan berbagai dosis pupuk kandang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 2. Rata-rata total mikroorganisme akibat interaksi isolat bakteri dan dosis pupuk kandang**

Isolat Bakteri	Pupuk kandang (ton ha <sup>-1</sup> )			
	0	10	20	30
	.....SPK.....			
Tanpa Isolat	30,67 a A	74,00 b A	62,33 b A	47,67 ab A
Dengan Isolat	32,67 a A	60,67 a A	93,00 b B	144,33 c B
BNT <sub>(0,05)</sub> =28,45				

**Keterangan :** Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0,05.

**Huruf kecil dibaca horizontal sedangkan huruf kapital dibaca vertical.**

**SPK = Satuan Pembentuk Koloni**

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa isolat bakteri total mikroorganisme meningkat pada dosis pupuk kandang 10 ton ha<sup>-1</sup>. Dosis pupuk kandang 20 dan 30 ton ha<sup>-1</sup>, total mikroorganisme terjadi penurunan setelah penelitian. Respon total mikroorganisme terhadap isolat bakteri tergantung pada pemberian pupuk kandang. Pada perlakuan tanpa isolat bakteri dan tanpa pupuk kandang mempunyai kandungan total mikro-

organisme terendah yaitu 30,67 SPK berbeda nyata dengan perlakuan dosis pupuk kandang 10, 20 ton ha<sup>-1</sup>, dan tidak berbeda nyata dengan dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> yang masing-masing kandungan total mikroorganisme 74,00; 62,33; dan 47,67 SPK.

Pada perlakuan isolat bakteri dengan tanpa pupuk kandang total mikroorganisme adalah 32,67 SPK berbeda nyata dengan dosis pupuk kandang 20, 30 ton ha<sup>-1</sup>, dan tidak berbeda nyata dengan dosis pupuk kandang 10 ton ha<sup>-1</sup> yang masing-masing kandungan total mikroorganisme adalah 93,00; 144,33 dan 60,67 SPK. Pada dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> total mikroorganisme tanah semakin meningkat yaitu 144,33 SPK, juga berbeda nyata dengan dosis pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup>. Hal ini berarti dosis 30 ton ha<sup>-1</sup> belum terlalu tinggi, sehingga mikroba tumbuh dengan baik. Namun demikian tidak sejalan dengan penurunan kandungan hidrokarbon yang terbaik pada 20 ton ha<sup>-1</sup>, hal ini diduga mikroorganisme yang dominan berkembang pada dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> adalah bukan pendegradasi hidrokarbon.

Respon total mikroorganisme terhadap pupuk kandang tergantung pada pemberian isolat bakteri. Pada perlakuan tanpa pupuk kandang dengan pemberian isolat bakteri kandungan total mikroorganisme tanah setelah penelitian adalah 32,67 SPK tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa isolat bakteri yaitu 30,67 SPK. Pada perlakuan pupuk kandang 10 ton ha<sup>-1</sup>, total mikroorganisme tanah dengan pemberian isolat bakteri adalah 60,67 SPK berbeda nyata terhadap perlakuan

tanpa isolat bakteri yang mempunyai kandungan total mikroorganisme 74,00 SPK. Pada perlakuan pupuk kandang 20 dan 30 ton ha<sup>-1</sup>, total mikroorganisme tanah dengan pemberian isolat bakteri masing-masing adalah 93,00 dan 144,33 SPK ; berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa isolat bakteri yang mempunyai kandungan total mikroorganisme masing-masing 62,33 dan 47,67 SPK.

Dari Tabel tersebut terlihat bahwa isolasi bakteri yang dicobakan menghasil total mikroorganisme yang berbeda. Secara keseluruhan perlakuan dengan isolat bakteri yang terbaik, kecuali pada perlakuan tanpa pupuk kandang dan pupuk kandang 10 ton ha<sup>-1</sup> tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Pupuk kandang yang dicobakan menghasilkan total mikroorganisme yang berbeda. total mikro- organisme tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan dengan isolat bakteri dan pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> dengan total mikro- organisme 144,33 SPK. Hal ini diduga sebagian besar mikroba lebih terkonsentrasi pada pupuk tersebut untuk melakukan de- komposisi untuk memperoleh energi, sehingga yang berkembang adalah bakteri yang bukan sebagai pendegradasi hidrokarbon, dan sedikit sekali mikroba yang melakukan degradasi terhadap hidrokarbon. Hal ini mengakibatkan kandungan hidrokarbon masih lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 20 ton ha<sup>-1</sup> walaupun total mikroorganismenya lebih tinggi. Harahap (2008) menyatakan bahwa dari segi sifat biologi tanah, karbon merupakan sumber bahan makanan bagi mikroorganisme tanah sehingga keberadaan

unsur ini dalam tanah akan memacu dan meningkatkan proses dekomposisi dan juga reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan mikroorganisme, sehingga diduga total mikroba di dalam tanah meningkat. Dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> menghasilkan jumlah karbon yang cukup untuk perkembangan mikroorganisme tanah sehingga tidak maksimal mendegradasi hidrokarbon.

Zam (2004) menyatakan efektivitas seluruh proses bioremediasi tergantung pada tipe hidrokarbon, tipe tanah, penambahan pupuk, total mikroba dan kondisi perlakuan. Dosis pupuk kandang dapat mempengaruhi aktifitas dan perkembangan mikroorganisme sehingga meningkatkan total mikroorganismenya. Dengan demikian ada hubungan yang erat antara isolat bakteri dengan dosis pupuk kandang. Pupuk kandang dalam sistem tanah dan tanaman dapat memperbaiki struktur tanah dan membantu perkembangan mikroorganisme tanah (Widjajanto *et al.*, 2001).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penggunaan isolat bakteri *Pseudomonas fluorescens* berpengaruh nyata meningkatkan total mikroorganisme dan tingkat degradasi hidrokarbon pada tanah Inceptisol terkontaminasi. Dosis pupuk kandang 30 ton ha<sup>-1</sup> berpengaruh nyata meningkatkan total mikroorganisme, dan 20 ton ha<sup>-1</sup> merupakan yang terbaik terjadinya degradasi hidrokarbon. Interaksi yang terbaik ditemukan pada perlakuan dengan isolat bakteri dan dosis pupuk

kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> untuk degradasi hidrokarbon, dan 30 ton ha<sup>-1</sup> untuk total mikroorganisme.

### Saran

Reklamasi lahan tercemar hidrokarbon disarankan menggunakan isolat bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup>. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Arwiyanto, T., F. Yuniarsih, T. Martoredjo, dan G. Dalmadiyo., 2007. Seleksi *Pseudomonas fluorescens* secara Lang- sung di Lapangan untuk Pengendalian Penyakit Lincat pada Tembakau. *Jurnal Hama Penyakit Tumbuhan Tropika*.
- Atlas, R.M. & R. Bartha., 1981. *Microbial Ecology : Fundamentals and Appli- cations*. London: Addison-Wesley.
- \_\_\_\_\_, 1997. *Microbiology Ecology Fundamental and Applications*. Massachutes: Addition Wesley Publi- shing. London.
- Bragg, J.R., Prince R.C., Harner E.J., Atlas R.M., 1994. Effectiveness of biore- mediation for the Exxon Valdes oil spill. *Nature*. 368. Hal: 413–418.
- Gunalan, 1996. Penerapan Bioremediasi pada Pengelolaan Limbah dan Pemulihan Lingkungan Tercemar Hidrokarbon Petroleum. *Majalah Sriwijaya*. UNSRI. Vol 32, No 1.
- Harahap, S.M., 2008. Aplikasi Jerami untuk Perbaikan Sifat Tanah dan Produksi Padi Sawah. *Tesis*. Medan: Universitas Suma- tera Utara.
- Irawati, T., 2005. Bioremediasi Tanah Ter- kontaminasi Minyak Bumi dengan Menggunakan *Bacillus popilliae* ICBB 7859 di PT. Caltex Pasifik Indonesia. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana. Bogor: Institut Pertanian .
- Islami, T. dan Utomo, W.H., 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Kristant, N., 2005. Bioremediasi Tanah Ter- cemar Minyak Bumi dengan Meng- gunakan



- Bakteri Petrofilik dan Jamur *Sporotrichum Pulverulentum*. *JBPT-ITB-TL*. Bandung: ITB.
- Lin, Q., IA. Mendelsohn, CB. Henry, PO. Roberts, MM. Walsh, EB. Overton, RJ. Portier., 1999. Effects of bioremediation agents on oil degradation in mineral and sandy salt marsh sediments. *Environ Technol.* 20:825–837.
- Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F. 2000. Monitoring of bioremediation by biological activities. *Chemosphere*. 40: 339–346.
- Nugroho, A., 2003. *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Pritchard, P.H., Costa C.F., 1991. EPA's Alaska oil spill bioremediation project. *Environmental Science and Technology*. 25: 372–379.
- Puslittanak. 2000. *Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia skala 1 : 1.000.000*. Puslittanak. Bogor: Badan Litbang Pertanian.
- Sartika, W.D. 2005. *Pengaruh penambahan pupuk anorganik dan masa adaptasi tanaman terhadap efektivitas fitoremediasi tanah tercemar hidrokarbon minyak bumi*. Bandung: Department of Environmental Engineering, ITB.
- Shann, J. R., and Boyle, J. J., 1994. Influence of plants species on in situ rhizosphere degradation. *Pages 70-81 in: bioremediation through rhizosphere technology*. T. A. Anderson and J. R. Coats, eds. American Chemical Society, Washington D.C.
- Soemarwoto, O., 1991. *Indonesia dalam Kancah Isu Lingkungan Global*. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sufardi, 2007. *Ringkasan Materi Kuliah : Degradasi dan Rehabilitasi Lahan*. Banda Aceh: Prodi KSDL Unsyiah.
- Van Hamme, J.D., A. Singh, and O.P. Ward., 2006. Microbial Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Oily Sludge Wastes. *Mol. Rev.*, 67, 649.
- Waksman, S.A. 1952. *Soil Microbiology*. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Widjajanto, D.W., Honmura, T., Matsushita, K., and Miyauchi, N., 2001. Studies on the release of N from water hyacinth incorporated into soil-crop systems using <sup>15</sup>N-labeling techniques. *Pak. J. Biol. Sci.*, 4 (9): 1075-1077.
- Wright, A.L., R.W. Weaver, and J.W. Webb, 1997. Oil bioremediation in salt marsh mesocosms as influenced by N and P fertilization, flooding, and season. *Water, Air and Soil Pollution*. Vol. 95. Hal: 179-191.
- Zam, I.S., 2004. *Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi Pertamina Up II Sungai Pakning dengan Menggunakan Bakteri Indigen*. Tesis. Bandung: ITB.