PROGRAM KREATIFITAS MAHASISWA

1. Judul Kegiatan : Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi oleh *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp.
2. Bidang Kegiatan : PKMI (Program Kreatifitas Mahasiswa Ilmiah)
3. Bidang Ilmu : Pertanian
4. Ketua
   a. Nama Lengkap : Ridwan Satria Putra
   b. NRP : A14050371
   c. Fak/Program Studi : Pertanian/Manajemen Sumberdaya Lahan
   d. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
   e. Alamat Rumah : Jl Raya Sukabumi, Kp. Pasir Kuda Rt.02/03 Desa Wates Jaya Kecamatan Cigombong Kabupaten Bogor-Jawa Barat 16740
   f. Telp / Hp : (0251) 622 977/08521922 0710
5. Anggota : satu orang
6. Dosen Pendamping
   a. Nama Lengkap : Dr. Dwi Andreas Santosa, MS.
   b. N I P : 131 803 643

Menyetujui,

Ketua Departemen
Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan

(Dr. Ir. Kukuh Murtilaksono, MS.)
NIP. 131 861 468

Ketua

(Ridwan Satria Putra)
NIM. A14050371

Wakil Rektor I
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan IPB

(Prof.Dr.Ir.H. Yonny Koesmaryono, MS.)
NIP. 131 473 999

Dosen Pendamping

(Dr. Dwi Andreas Santosa, MS.)
NIP. 131 803 643

PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

JUDUL PROGRAM

BIOREMEDIASI TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI OLEH *Bacillus* sp. DAN *Klebsiella* sp.

BIDANG KEGIATAN :

PKMI (Program Kreatifitas Mahasiswa Ilmiah)

Disusun oleh :

Ridwan Satria Putra	A14050371	2005
Lina Siti Maryamah	A14052385	2005

DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBER DAYA LAHAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2008

LEMBAR PENGESAHAN DAN SUMBER PENULISAN ILMIAH PKMI

1. **Judul Tulisan** : Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi oleh *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp.
2. **Sumber Penulisan** : **Kegiatan Praktikum**

Ridwan Satria Putra. 2007. Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi oleh *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. Menyatakan bahwa keterangan ini kami buat dengan sebenar-benarnya.

Sekretaris Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan	Ketua
(Dr. Ir. Syaiful Anwar, MS.) NIP. 131 667 777	(Ridwan Satria Putra) NIM. A14050371

ABSTRAK

Penggunaan minyak bumi terus meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Ceceran dan limbahnya yang berasal dari proses produksi, transportasi, dan pemanfaatannya dapat mencemari lingkungan hidup dan membahayakan kesehatan. Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme. Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Bioremediasi merupakan alternatif pengolahan limbah minyak bumi dengan cara degradasi oleh mikroorganisme yang menghasilkan senyawa akhir yang stabil dan tidak beracun. Proses degradasi relatif murah, efektif, dan ramah lingkungan. Tujuan dari peneltian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri Bacillus sp dan Klebsiella sp dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi pada tanah terkontaminasi minyak bumi. Pada media pasir yang terkontaminasi minyak bumi, penambahan isolat Bacillus sp dan Klebsiella sp dapat menurunkan kadar minyak bumi sampai 55% setelah inkubasi selama 7 hari. Aktivitas Bacillus sp dan Klebsiella sp dapat ditingkatkan dengan menambahkan pupuk urea dan SP-36. Selain dapat menurunkan kadar minyak bumi, bioremediasi dengan Bacillus sp dan Klebsiella sp dapat memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah sehingga fungsi tanah sebagai media tanam kembali.

Kata Kunci : Minyak bumi, Bioremediasi, *Bacillus* sp, *Klebsiella* sp.

PRAKATA

Puji syukur yang tak terhingga penulis sampaikan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan akhir ini, diantaranya yaitu:

1. Kepada Bp. Dr. Dwi Andreas Santosa, MS. atas masukan – masukan yang sangat membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini
2. Kepada para asisten bioteknologi tanah dan laboran laboratorium bioteknologi tanah atas bantuannya selama penelitian.
3. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaikan artikel ilmiah ini.

Penulis berharap, semoga artikel ini dapat berguna bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi semua pihak, khususnya kepada penulis pribadi kiranya dapat menjadi bekal setelah menyelesaikan studi nantinya.

Bogor, Maret 2008

Penulis

DARTAR ISI

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai kekayaan alam yang besar dan luas. Banyaknya jumlah kekayaan alam yang terkandung di Indonesia menyebabkan para penjajah datang silih berganti untuk menguasai seluruh kekayaan yang ada di bumi kita tercinta. Kekayaan alam di Indoensia sangat beragam mulai dari yang ada di permukaan bumi sampai yang tidak terlihat sekalipun yaitu yang berada jauh di dalam perut bumi. Semua kekayaan alam yang terkandung di muka bumi baik yang bisa dimanfaatkan langsung ataupun tidak lebih dikenal dengan istilah sumber daya alam. Sumber daya alam dibagi menjadi dua yaitu sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Contoh sumber daya alam yang dapat diperbaharui adalah air dan energi matahari, sedangkan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui salah satu contohnya adalah minyak bumi.

Minyak bumi (bahasa inggris: *petroleum*, dari bahasa latin *petrus* – karang dan *oleum* – minyak), dijuluki juga sebagai *emas hitam*, adalah cairan kental, coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya (wikipedia.com). Menurut Hadi (2003) minyak bumi merupakan campuran berbagai macam zat organik, tetapi komponen pokoknya adalah hidrokarbon. Minyak bumi disebut juga *minyak mineral* karena diperoleh dalam bentuk campuran dengan mineral lain. Minyak yang ada di dalam perut bumi berasal dari hewan atau tumbuhan yang telah tetimbun jutaan tahun yang lalu atau yang lebih dikenal dengan istilah fosil. Karena itu, minyak bumi dikatakan sebagai salah satu dari bahan bakar fosil. Minyak bumi terbentuk sebagai hasil akhir dari penguraian bahan-bahan organik (sel-sel dan jaringan hewan/tumbuhan laut) yang tertimbun selama berjuta tahun di dalam tanah, baik di daerah daratan atau pun di daerah lepas pantai.

Sampai tahun 2005, negara penghasil minyak bumi terbesar masih dipegang oleh Arab Saudi dengan total produksi 11,1 juta berrel (1 barel = 159 liter) per hari, kemudian Rusia 9,5, Amerika Serikat 8,2, Iran 4,2, Meksiko 3,8, Republik Rakyat Tiongkok 3,8, Kanada 3,1, Norwegia 3, Uni Emirat Arab 2,8, Venezuela 2,8, Kuwait 2,7, Nigeria 2,6, Aljazair 2,1, dan Brasil 2,0. Sedangkan negara pengekspor minyak bumi terbesar sampai tahun 2005 masih dipegang juga oleh Arab Saudi dengan total ekspor sebesar 9,1 juta berrel perhari, selanjutnya, Rusia 6,7, Norwegia 2,7, Iran 2,6, Uni Emirat Arab 2,4, Nigeria 2,3, Kuwait 2,3, Venezuela 2,3, Aljazair 1,8, Meksiko 1,7, Libya 1,5, Irak 1,3, Angola 1,2, Kazakhstan 1,1, dan Qatar 1,0 (wikipedia.org).

Indonesia sendiri pada dekade 1970-an mempunyai kapasitas produksi minyak mentah berada di kisaran angka 1,3 juta barel pertahun, dan tahun 2000-an sudah jauh menurun hingga 500 juta barel pertahun. Data pada bulan Agustus 2004 menunjukkan bahwa setiap hari Indonesia mengekspor rata-rata 400.000 barel minyak mentah, akan tetapi impor minyak mentah Indonesia lebih besar, yaitu sekitar 500.000 barrel per hari (Elyza dan Hulaiyah, 2005).

Penggunaan minyak bumi terus meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Permasalahan terjadi ketika produk minyak bumi yang dimanfaatkann manusia memunculkan efek yang tidak diinginkan bagi manusia itu sendiri ataupun bagi lingkungan sekitar. Ceceran dan limbahnya yang berasal dari proses produksi, transportasi, dan pemanfaatannya dapat mencemari lingkungan hidup dan membahayakan kesehatan. Limbah minyak bumi merupakan produk yang tidak mungkin dihindari oleh setiap perusahaan pertambangan minyak bumi dan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Limbah minyak bumi termasuk kedalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), jika mengacu pada PP no 85 tahun 1999. Dalam peraturan tersebut ditegaskan bahwa setiap produsen yang menghasilkan limbah B3 hanya diizinkan menyimpan limbah tersebut paling lama 90 hari sebelum diolah dan perlu pengelolaan secara baik sehingga tidak mencemari lingkungan disekitarnya (Sumastri, 2003). Untuk itu diperlukan cara yang efektif dan efisien dalam penanggulangan limbah minyak bumi ini.

Bioremedasi Minyak Bumi

Ada tiga metode yang dapat dipakai dalam penanganan limbah minyak bumi yaitu metode fisika, metode kimia, dan metode biologis. Penanganan limbah minyak bumi dengan metode fisika dan kimia memerlukan biaya yang mahal dan rumit walaupun waktu yang ditempuh lebih singkat dari metode biologis. Selain itu penanganan limbah minyak bumi secara konvensional dengan metode fisika dan kimia sudah tidak memadai lagi karena dapat menambah polutan baru yang lebih berbahaya dari limbah minyak itu sendiri (Ciawi, 2005). Penanganan secara biologis, terutama dengan menggunakan mikroorganisme, merupakan teknik yang paling ramah lingkungan dan relatif lebih murah (Syakti, 2004).

Menurut Hadi (2003), salah satu metode paling cepat dalam menangani limbah minyak bumi adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang mampu mendegradasi limbah minyak bumi tersebut. Metode ini sering disebut biodegradasi atau bioremediasi minyak bumi. Bioremediasi adalah proses penyehatan secara biologis terhadap komponen lingkungan tanah dan air yang telah tercemar oleh kegiatan manusia. Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Bioremediasi merupakan alternatif pengolahan limbah minyak bumi dengan cara degradasi oleh mikroorganisme yang menghasilkan senyawa akhir yang stabil dan tidak beracun. Proses degradasi relatif murah, efektif, dan ramah lingkungan. Namun metode ini membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan cara fisika atau kimia. Efektivitas seluruh proses bioremediasi tergantung pada tipe hidrokarbon, tipe tanah, penambahan pupuk, total mikroba dan kondisi perlakuan (Zam, 2004). Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 2.

Degradasi minyak bumi dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, beberapa khamir, jamur, sianobakteria, dan alga biru. Mikroorganisme ini mampu menguraikan komponeh minyak bumi karena kemampuannya mengoksidasi hidrokarbon dan menjadikan hidrokarbon sebagai donor elektronnya. Proses bioremediasi didasari oleh dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Proses dekomposisi yang terjadi akan menghasilkan CO_2, CH_4, air dan senyawa lain yang sifatnya lebih sederhana dari pada senyawa asal. Mikroorganisme ini berpartisipasi dalam pembersihan tumpahan minyak dengan mengoksidasi minyak bumi menjadi gas karbon dioksida (CO_2). Ada 4 teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi (Kristant, 2005):

1. Stimulasi aktivitas mikroorganisme asli (di lokasi tercemar) dengan penambahan nutrien, pengaturan kondisi redoks, optimasi ph, dsb
2. Inokulasi (penanaman) mikroorganisme di lokasi tercemar, yaitu mikroorganisme yang memiliki kemampuan biotransformasi khusus
3. Penerapan *immobilized enzymes*
4. Penggunaan tanaman (*phytoremediatio*n) untuk menghilangkan atau mengubah pencemar.

Dalam proses bioremediasi, harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme. Faktor tersebut meliputi (Irawati, 2005):

1. Suhu, sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan komposisi kimia minyak bumi, laju metabolisme hidrokarbon oleh mikroorganisme, dan komponen kuminitas mikroorganisme. Jika suhu tinggi maka viskositas akan meningkat, volatilisasi rantai alkana pendek, dan kelarutasn dalam air tinggi. Hal ini akan menyebabkan bioremediasi menjadi lambat.
2. Kadar hara, keterbatasan unsur N dan P akan membatasi laju bioremediasi.
3. Kadar oksigen, tahap awal dari proses bioremediasi adalah proses yang memerlukan oksigen. Jika kadar oksigen rendah maka proses awal tidak akan berjalan sehingga bioremediasi menjadi terhambat.
4. pH, umumnya mikroorganisme hidup pada pH mendekati netral.

Genus mikroorganisme yang biasa dipakai dalam perombakan minyak bumi yaitu *Pseudomonas, Achromobacter, Flavobacterium, Acinetobacter, Vibrio, Bacillus, Arthrobacter, Nocardia, Corynebacterium, Micrococcus.* Akan tetapi yang paling banyak dipergunakan dalam proses bioremediasi adalah mikroorganisme dari genus *Bacillus* sp. (Santosa, 2007)

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan tanggal 3-24 Desember 2007 di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah isolat bakteri *Bacillus* sp., isolat bakteri *Klebsiella* sp., minyak bumi, pasir, air, pupuk urea, dan pupuk SP-36. Sedangkan alat yang digunakan diantaranya mesin pengocok atau shaker, tabung reaksi, jarum ose, pipet, timbangan, pengaduk, bak plastik dan penggaris.

Pelaksanaan Penelitian

Penentuan kurva standar

Kurva standar adalah kurva yang menghubungkan antara konsentrasi minyak bumi terhadap ketebalan minyak bum dalam tabung reaksi (mm). Kurva ini berfungsi sebagai standar untuk menentukan kandungan minyak bumi pada konsentrasi tertentu.

Tahap penentuan kurva standar kontaminasi minyak bumi sebagai berikut:

- Pasir dan minyak bumi disiapkan sebanyak 10 gram dengan konsentrasi minyak bumi yang berbeda. Konsentrasi minyak bumi yang digunakan adalah 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% .
- Pasir, minyak bumi dan air dimasukan secukupnya ke dalam tabung reaksi.
- Tabung reaksi dikocok dengan mesin pengocok sampai tercampur rata.
- Diamkan sekitar tiga menit sampai pasir, air dan minyak bumi terpisah secara nyata.
- Ketebalan minyak bumi pada masing-masing konsentrasi dapat diamati
- Kurva standar dapat dibuat.

Uji Aktivitas Bakteri dalam Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi pada Media Pasir.

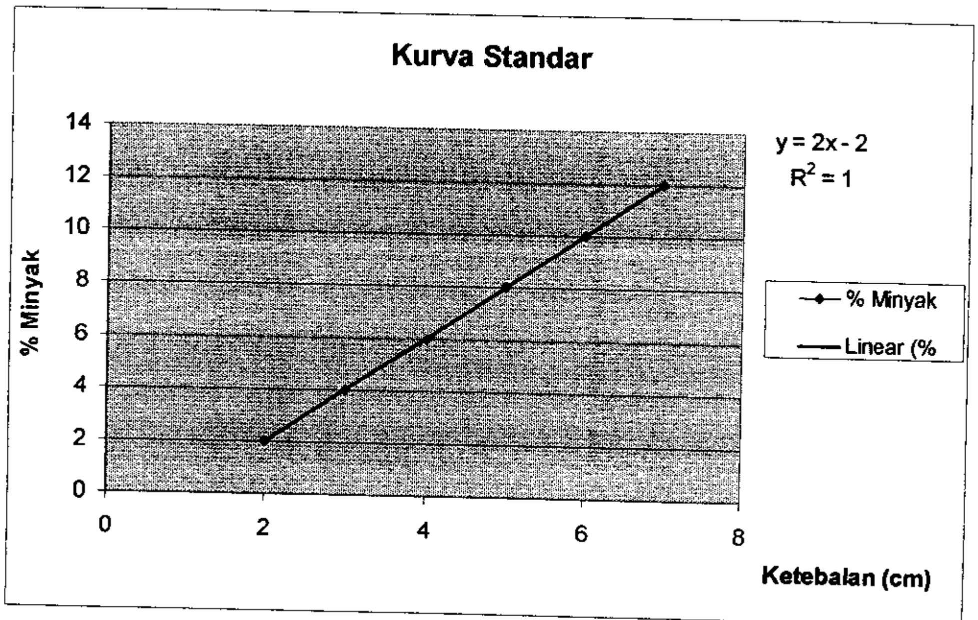
Perlakuan yang diujikan adalah B_0 = tanpa inokulasi bakteri/kontrol dan B_1= inokulasi *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp.. Tahap uji aktivitas bakteri dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi pada media pasir sebagai berikut :

- Pasir sebanyak ± 1 Kg (tergantung konsentrasi minyak bumi) yang sudah dikering udarakan dimasukan ke dalam bak plastik.
- Minyak bumi dimasukan ke dalam bak plastik yang berisi pasir dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15%.
- Pupuk urea 0,04 gram (N = 20 ppm) dan SP-36 0,05 gram (P2O5 = 10 ppm) ditambahkan juga ke dalam bak plastic yang berisi pasir dan minyak bumi. Penambahan pupuk bertujuan untuk membantu pertumbuhan bakteri.
- Air ditambahkan sampai kapasitas lapang. Penambahan air untuk mempertahankan suhu kelembaban pertumbuhan bakteri.
- Inokulasi *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp.
- Untuk pemeliharaan setiap hari ditambahkan air sampai kapasitas lapang dan diaduk.
- Pengukuran dilakukan pada hari ke-7 dan ke-14 setelah inkubasi. Dihitung tebal minyak bumi (cm) kemudian konfersi kepersen. Setiap kali pengukuran dilakukan penambahan pupuk urea 0,04 gram (N = 20 ppm) dan SP-36 0,05 gram (P2O5 = 10 ppm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kurva Standar

Kurva standar konsentrasi minyak bumi memperlihatkan persamaan regresi linear yang menghubungkan antara konsentrasi minyak bumi terhadap ketebalan minyak bumi dalam tabung reaksi (mm). Kurva standar ini disajian pada gambar 1.



Gambar 1:. Kurva Standar

Tabel 1. Hubungan antara konsentrasi minyak bumi dengan ketebalannya.

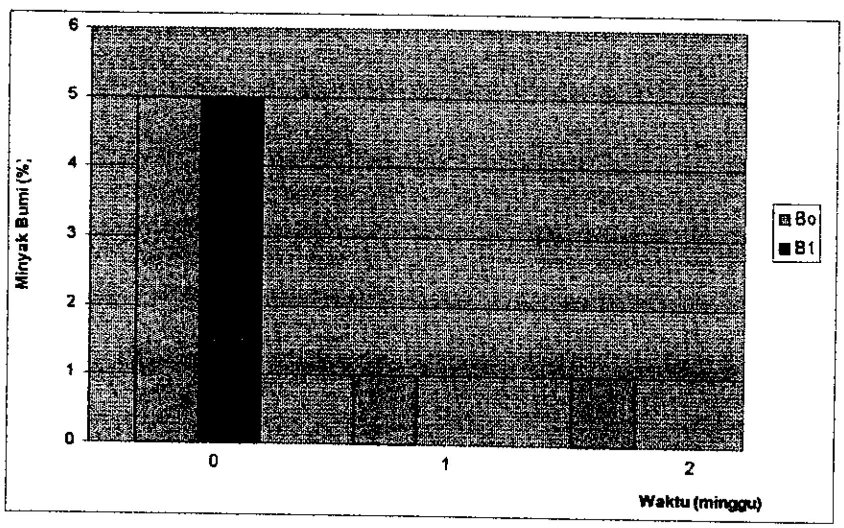
Ketebalan minyak bumi (mm)	Konsentrasi minyak bumi (%)
2	2
3	4
4	6
5	8
6	10
7	12

Kurva standar berupa persamaan regresi linier dengan persamaan $Y=2X-2$. Dengan demikian, semakin besar konsentrasi minyak bumi maka semakin meningkat pula ketebalan minyak bumi yang terukur pada tabung reaksi.

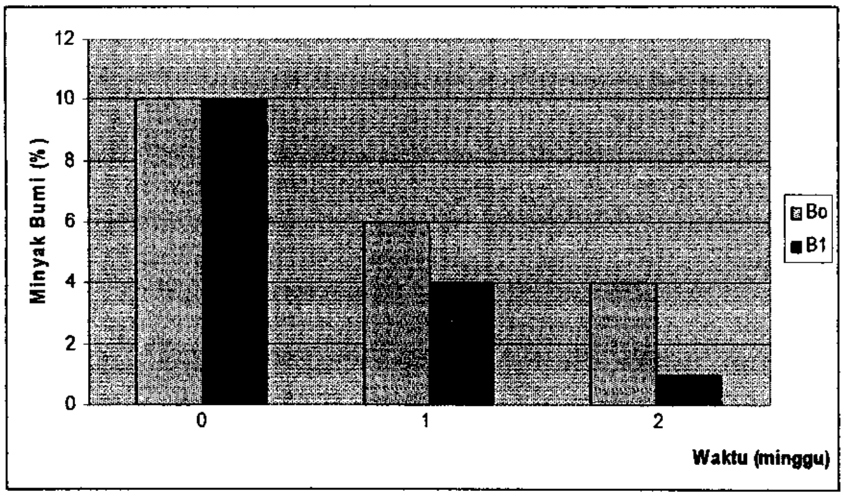
Peningkatan konsentrasi minyak bumi sebesar 2% akan menambah ketebalan minyak bumi sebesar 1 cm pada tabung reaksi.

Uji Aktivitas Bakteri dalam Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi pada Media Pasir

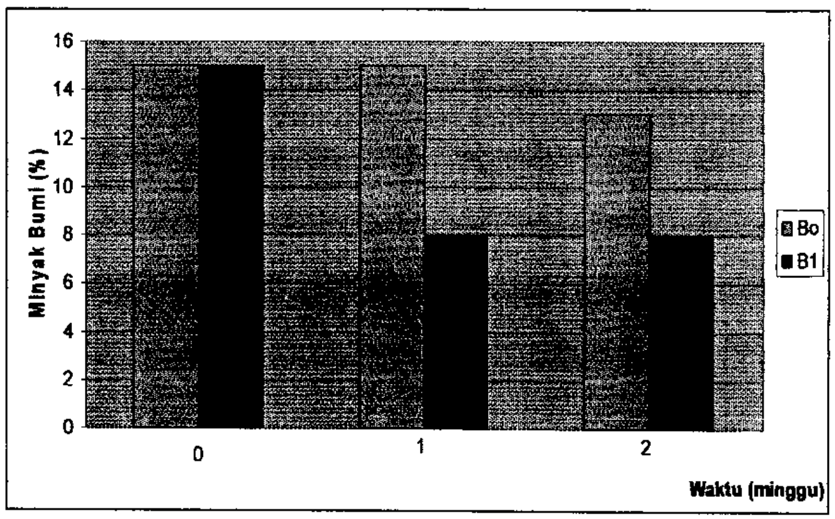
Berdasarkan hasil penelitian ditunjukan bahwa semua perlakuan mengalami penurunan kadar minyak bumi. Kemampuan *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi di berbagai konsentrasi minyak bumi pada media pasir selama 14 hari inkubasi disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 2: Uji aktivitas bakteri dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi pada media pasir yang terkonaminasi minyak bumi 5%. B0 = tanpa bakteri, B1 = dengan penambahan bakteri.



Gambar 3: Uji aktivitas bakteri dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi pada media pasir yang terkonaminasi minyak bumi 10%. B0 = tanpa bakteri, B1 = dengan penambahan bakteri.



Gambar 4: Uji aktivitas bakteri dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi pada media pasir yang terkonaminasi minyak bumi 15%. B0 = tanpa bakteri, B1 = dengan penambahan bakteri.

Bioremediasi oleh perlakuan inokulasi *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. lebih tinggi dari pada tanpa inokulasi bakteri. *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. mempunyai kemampuan yang sama dalam mendegradasi minyak bumi. Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 memperlihatkan bahwa *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. mampu tumbuh pada berbagai konsentrasi minyak bumi. Hal ini ditunjukan oleh konsentrasi minyak bumi pada media yang mengalami penurunan di akhir waktu inkubasi. Menurunnya konsentrasi minyak bumi menunjukan telah terjadi bioremediasi dimana kedua isolat bakteri menggunakan minyak bumi sebagai satu-satunya sumber karbon untuk menghasilkan energi dan pertumbuhannya.

Gambar 2 memperlihatkan penurunan konsentrasi minyak bumi yang signifikan. Pada perlakuan ini minyak bumi berhasil diremediasi 100% sehingga diakhir inkubasi konsentrasi minyak bumi 0%. Hal ini menunjukan bahwa pada konsentrasi rendah *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. dalam merombak hidrokarbon minyak bumi dengan cepat.

Dari Gambar 3 dapat terlihat penurunan konsentrasi minyak bumi pada setiap minggu pengamatan. Setelah 14 hari inkubasi, konsentrasi minyak bumi tersisa 1% dari kadar awal 10%. Pada Gambar 4 terlihat bahwa penurunan konsentrasi minyak bumi hanya terjadi pada minggu pertama yaitu dari 15% menjadi 8%, sedangkan pada minggu ke 2 tidak terjadi penurunan konsentrasi. Hal ini dimungkinkan ada beberapa faktor yang menghabat bakteri sehingga proses bioremediasi terganggu.

Penelitian terdahulu oleh Diyan Herdiantoro (2005) dengan menggunakan *Bacillus* sp. galur ICBB 7859 dan ICBB 7865, menunjukan bahwa pemberian bakteri menurunkan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dari 100.000 ppm (10%) menjadi TPH 9600 ppm (10.96%) dalam waktu 28 hari inkubasi. Sedangkan tanpa inokulasi bakteri TPH berada pada kosentrasi setelah inkubasi berakhir 43860 ppm (4,39%). *Bacillus* sp galur ICBB 7859 dan ICBB 7865 mempunyai kemampuan yang sama dalam menurunkan TPH. Penurunan tersebut disebabkan karena bakteri menggunakan hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi untuk aktivitas dan pertumbuhannya.

Udiharto *et al*, (1996) melaporkan, pada media tanah entisol isolat bakteri kultur tunggal *Bacillus fusiformis* (Pr61-Ms1), *Bacillus thrungiensis* (Si191-Mb1), *Klebsiella planticola* (Bb171-Mb2) dan *Bacillus fusiformis* (Si201-Ms1) mampu mendegradasi minyak bumi dan solar masing-masing sebesar 63,64%, 62,93%, 60,85%, dan 58,19% setelah 28 hari inkubasi.

Menurut Herdiantoro (2005) perlakuan bakteri berpengaruh nyata terhadap pH tanah tercemar minyak bumi. Nilai pH akibat perlakuan inokulasi *Bacillus* sp. galur ICBB 7859 dan inokulasi ICBB 7865 lebih rendah dari pada tanpa inokulasi bakteri, yaitu masing-masing 6,91, 6,99, dan 7,4 pada akhir waktu inkubasi. Penurunan pH tersebut disebabkan oleh senyawa-senyawa asam organik yang dihasilkan selama proses bioremediasi (Udiharto *et al*, 1996).

Perlakuan inokulasi bakteri berpengaruh nyata terhadap CO_2–C. Perlakuan inokulasi *Bacillus* sp. galur ICBB 7859 pada umumnya lebih tinggi dari pada inokulasi ICBB 7865 dan tanpa inokulasi bakteri. Hal ini disebabkan karena aktivitas *Bacillus* sp. galur ICBB 7859 dalam bioremediasi lebih tinggi dari pada ICBB 7865 dan tanpa inokulasi bakteri (Herdiantoro, 2005). Menurut Bossert dan Bartha (1984) proses bioremediasi hidrokarbon minyak bumi akan menghasilkan CO_2, H_2O dan biomasa sel.

Karbondioksida (CO_2–C) yang dihasilkan memperlihatkan penurunan dengan semakin bertambahnya waktu inkubasi. Hal ini disebabkan karena berkurangnya hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi atau terjadi penumpukan zat-zat beracun hasil dari metabolisme bakteri sehingga menghambat aktivitasnya dalam bioremediasi. Akumulasi hasil metabolisme bakteri yang bersifat toksik selama proses bioremediasi akan menyebabkan berkurangnya CO_2 yang dihasilkan.

Perlakuan surfaktan berpengaruh nyata terhadap CO_2–C. Penambahan surfaktan *Tween* 80 yang menghasilkan CO_2–C lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penambahan surfaktan. Hal ini disebabkan karena fraksi minyak bumi yang mudah untuk di degradasi sudah berkurang jumlahnya sehingga bakteri menggunakan surfaktan sebagai alternatif sumber karbon dan energi. Penambahan surfaktan dapat menghambat proses bioremediasi hidrokarbon minyak bumi karena bakteri menggunakannya sebagai alternatif sumber karbon dan energi.

KESIMPULAN

Pelakuan inokulasi *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. dengan penambahan pupuk urea dan SP-36 pada media pasir terkontaminasi minyak bumi dapat meningkatkan bioremediasi hidrokarbon minyak bumi. Proses bioremediasi akan berjalan maksimal jika keadaan optimum untuk pertumbuhan bakteri dipenuhi seperti kelembaban, suhu, pH, dan ketersediaan hara.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2006. *Hasil Output Proses Pengolahan Minyak Bumi - Minyak Bakar, Diesel, Bensol, Kerosin, Gas Bakar, Arang.* www.organisasi.org. 09 Desember.

_______ 2005. *Teknologi Menyelaraskan Industri dan Lingkungan.* Kompas: 3 Maret.

Bossert, I. And R. Bartha. 1984. *Microbial Ecology : Fundamental And Aplication.* Adison-Wesley Publis Hing Company. P 422-427.

Ciawi, Yenni. 2005. *Bioremediasi Perairan Terkontaminasi Minyak Bumi Dengan Teknologi Ramah Lingkungan.* Fakultas Teknik. Universitas Udayana. .

Elyza, Rizka dan Yoyoh Hulaiyah. 2005. *Kenapa Sih Harus Menghemat Energi?.* www.pelangi.or.id. 11 Maret.

Giwangkara, EG. 2006. *Proses Pembentukan Minyak Bumi.* www.chem-is-try.org. 23 Agustus.

_______. 2007. *Proses Pengolahan Minyak Bumi.* www.chem-is-try.org. 27 Februari.

Hadi, Sapto Nugroho. 2003. *Degradasi Minyak Bumi Via Tangan Mikroorganisme.* www.chem-is-try.org.

Herdiyantoro, Diyan. 2005. *Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh Bacillus* sp *Galur ICBB 7859 dan ICBB7865 dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dengan Penambahan Surfaktan.* Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.

Irawathi, Tuti. 2005. *Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Menggunakan Bacillus popilliae ICBB 7859 di PT. Caltex Pasifik Indonesia.* Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.

Kristant, Natalia. 2005. *Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Dengan Menggunakan Bakteri Petrofilik Dan Jamur Sporotrichum pulverulentum.* JBPTITBTL. 26 Januari.

Santosa, Dwi Andreas. 2007. *Teknologi Bioremediasi Untuk Industri Minyak Bumi.* Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Sumastri. 2004. *Bioremediasi Lumpur Minyak Bumi Secara Pengomposan Menggunakan Kultur Bakteri Hasil Seleksi.* Bandung: PPPPTK IPA

Syakti, Agung Dhamar. 2004. *Bioremediasi Lingkungan.* Republika: 23 Oktober.

Udiharto, M. 1996. *Bioremediasi Minyak Bumi.* Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan Kerjasama Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Hanns Seidel Foundation (HSF) Jerman. Bogor.

www.wikipedia.org. 2008. *Kamus Istilah.*

Zam, Ikhsan Syukria. 2004. *Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi Pertamina Up II Sungai Pakning Dengan Menggunakan Bakteri Indigen.* Bandung: Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH). Institut Teknologi Bandung.

Zuhra, Cut Fatimah. 2003. *Penyulingan, Pemrosesan Dan Penggunaan Minyak Bumi.* Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.

NAMA DAN BIODATA KETUA DAN ANGGOTA:

1. Ketua Pelaksana
   a) Nama Lengkap : Ridwan Satria Putra
   b) NRP : A14050371
   c) Fak/Program Studi : Pertanian/Manajemen Sumberdaya Lahan
   d) Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
2. Anggota Pelaksana
   a) Nama Lengkap : Lina Siti Maryamah
   b) NRP : A14052385
   c) Fak/Program Studi : Pertanian/Manajemen Sumberdaya Lahan
   d) Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor

NAMA DAN BIODATA DOSEN PEMBIMBING

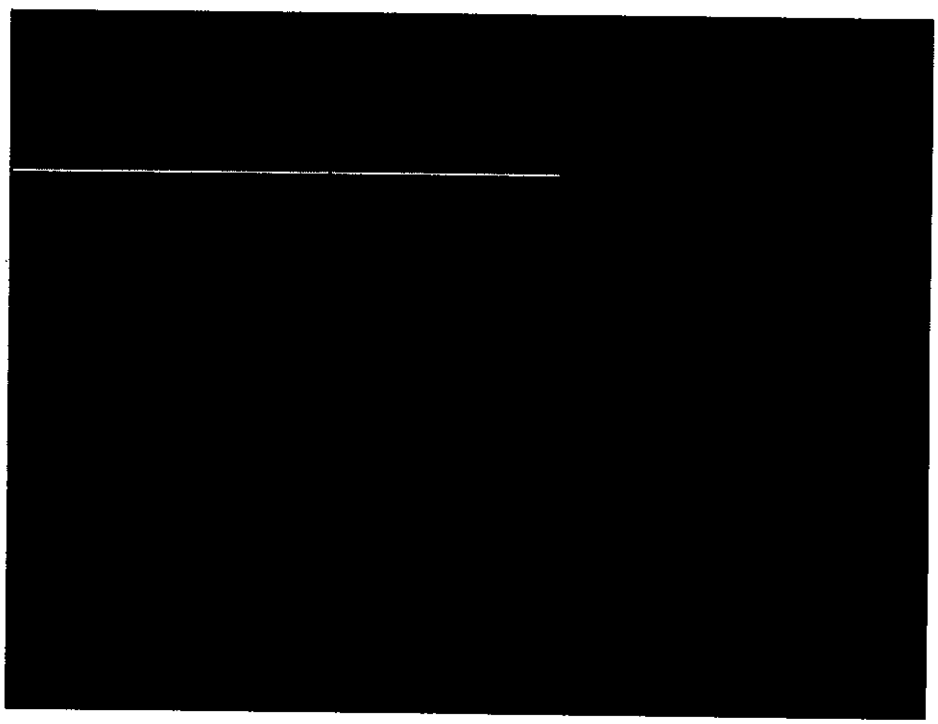
1. Nama Lengkap : Dr. Ir. Dwi Anderas Santosa, MS
2. NIP : 131 803 643
3. Golongan Pangkat : Pembina/IV-a
4. Jabatan Fungsional : Letkol Kepala
5. Jabatan Struktural : Koordinator Program S_2 Bioteknologi Tanah Dan Lingkungan
6. Fakultas/Program Studi : Pertanian/Manajemen Sumberdaya Lahan
7. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
8. Bidang Keahlian : Bioteknologi

LAMPIRAN

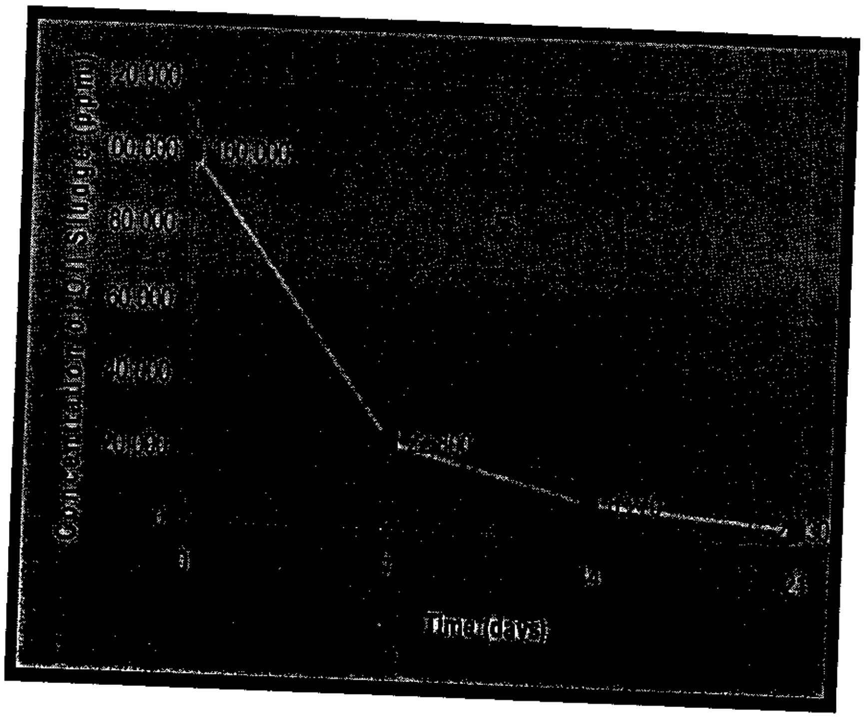
Lampiran 1. Penurunan ketebalan minyak bumi pada tabung reaksi akibat aktivitas *Bacillus* sp. dan *Klebsiella* sp. dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi pada media pasir

Konsentrasi Minyak Bumi (%)	Perlakuan	Hari pertama (mm)	Hari ke-7 (mm)	Hari ke-14 (mm)
5	B0	3,5	1	1
	B1	3,5	0	0
10	B0	6	4	3
	B1	6	3	1
15	B0	8,5	8,5	7,5
	B1	8,5	5	5

Lampiran 2. Perbandingan Biaya Pengolahan Oil Sludge (Santosa, 2007)



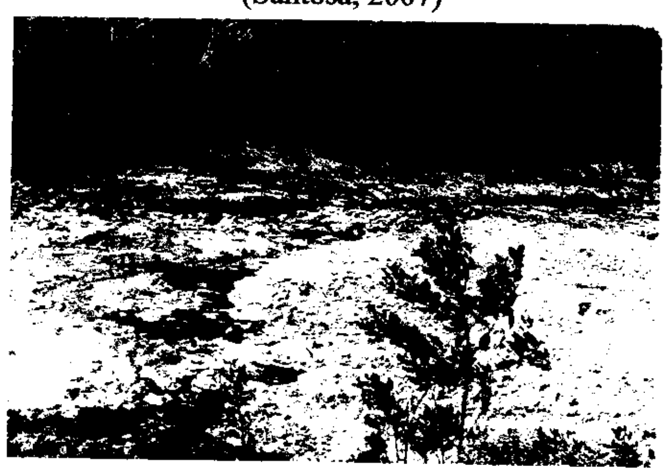
Lampiran 3. penurunan konsentrasi minyak bumi pada tanah terkontaminasi minyak bumi akibat aktivitas bakteri dalam bioremediasi hidrokarbon minyak bumi.



Lampiran 4. Beberapa Gambar Limbah Minyak Bumi, Tanah Tercemar Minyak Bumi dan Proses Bioremediasi.

Contoh kolam penampungan limbah minyak bumi (Santosa, 2007)

Contoh lahan tercemar limbah minyak bumi dan lahan yang lahan bioremediasi (Santosa, 2007)



Contoh lahan tercemar limbah minyak bumi dan lahan yang lahan bioremediasi (Santosa, 2007)

Proses Bioremediasi lahan terkontaminasi minyak bumi (Santosa, 2007)

Proses Bioremediasi lahan terkontaminasi minyak bumi (Santosa, 2007)