

KINETIKA DEGRADASI LIMBAH MINYAK BUMI
MENGGUNAKAN SINERGI BAKTERI *KONSORSIUM* DAN TANAMAN
***LEUCEANA LEUCHEPALA* DENGAN METODE INTEGRAL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh

Eko Maranata Situmorang

08071003030

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

S
597.307
814
h

L 24363/24913



2013

**KINETIKA DEGRADASI LIMBAH MINYAK BUMI
MENGUNAKAN SINERGI BAKTERI KONSORSIUM DAN TANAMAN
LEUCEANA LEUCHEPALA DENGAN METODE INTEGRAL**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



Oleh

Eko Maranata Situmorang

08071003030

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan
Sinergi Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leuceana*
Leuchepala dengan Metode Integral
Nama Mahasiswa : Eko Maranata Situmorang
NIM : 08071003030
Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 30 Juli 2013

Indralaya, 24 Juli 2013

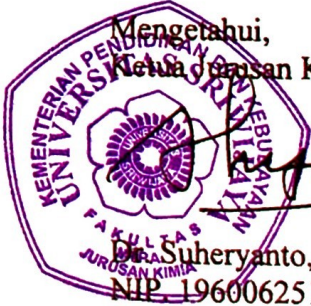
Pembimbing :

1. Drs. Bambang Yudono, M.Sc
2. Dra. Fatma, MS

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

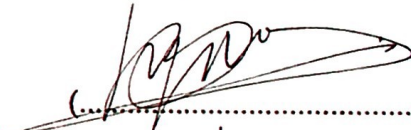
Judul Skripsi : Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan
Sinergi Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leuceana*
Leuchepala dengan Metode Integral
Nama Mahasiswa : Eko Maranata Situmorang
NIM : 08071003030
Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada
tanggal 30 Juli 2013. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan
masukan panitia sidang ujian skripsi.

Inderalaya, 19 Agustus 2013

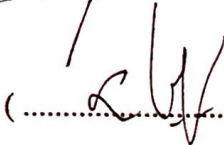
Ketua:

1. Dr. Bambang Yudono, M.Sc

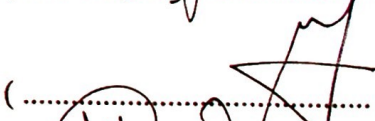
()

Anggota:

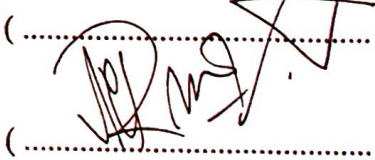
2. Dra. Fatma, MS

()

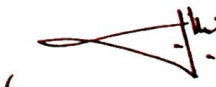
3. Dr. Miksusanti, M.Si

()

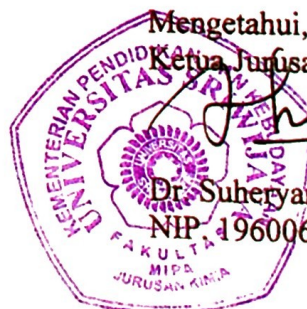
4. Dra. Poedji L, M.Si

()

5. Zainal Fanani, M.Si

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 1960062519890310006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Eko Maranata Situmorang

NIM : 08071003030

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya , 19 Agustus 2013
Penulis,

Eko Maranata Situmorang
08071003030

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai aktivis akademik Universitas sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Eko Maranata Situmorang
NIM : 08071003030
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leuceana Leuchepala* dengan Metode Integral”. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berlaku menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 19 Agustus 2013

Yang menyatakan,

Eko Maranata Situmorang

Sebuah Kenang-kenangan dariku " Eko Maranata S"

*"Tetapi firman ini sangat dekat kepadamu, yakni di dalam mulutmu dan di dalam hatimu,
untuk dilakukan" ayat emasku*

(Ulangan 30:14)

*Jika kita mencoba melakukan yang lebih baik daripada yang kita pikir bisa kita lakukan, kita
akan terkejut bahwa sebenarnya kita bisa melakukan hal itu.*

*Tiap masalah yg datang kepadamu menyimpan hikmah yg lebih besar daripada kesedihan
yg kamu rasakan. Terimalah & bersyukurlah.*

*Maka ketika engkau mengalami sesuatu yang sangat berat dan merasa ditinggalkan sendiri
dalam hidup ini : Angkatlah tangan dan kepalamu keatas, tataplah masa depanmu, Dan
ketahuilah Tuhan sedang mempersiapkanmu untuk menjadi Orang yang luar biasa untuk
menjadi seorang PEMENANG*

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

*Tuhan YESUS KRISTUS Juruselamatku sebagai bukti cintaku
kepadaNya*

Untuk Orang tua ku terkasih, I Love you, you're amazing!!

Untuk Adik-adikku yang aku sayangi Romario, Basaria dan Jerry

Sahabat-sahabatku

Almamater

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan karunia serta pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leuceana Leuchepala* dengan Metode Integral . Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini, terutama kepada Bapak **Dr. Bambang Yudono, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dra. Fatma, MS** selaku pembimbing pembantu, atas bimbingan dan dukungannya. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Suheryanto, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia
2. Bapak Addy Rachmat,M.Si, selaku pembimbing akademik
3. Staf dosen Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
4. Staf analis Laboratorium Analisa Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
5. Terkhusus dengan segala hormat, rasa sayang, cinta dan ucapan terima kasih yang tak berhingga untuk kedua orang tuaku ayah Alm.Parmanson Situmorang dan ibu Timoria Nadapdap, S.pd atas doa, dukungan baik moril maupun materil demi keberhasilanku.
6. Adik – adikku yang tersayang, Romario, Basaria dan Jerry terima kasih atas segala keceriaan dan dukungan yang kalian berikan dalam kehidupanku,
7. Sahabat - sahabatku saca,riski,edis,meta,tari,eja,bambang,rio p,ira, dan terkhusus buat “ bi qu” love u all

8. Buat teman-teman seperjuangan penelitianku ardi dan gandi dan teman-teman angkatan 2007, yang sudah bersedia mengeluarkan keringatnya demi terlaksananya penelitian ini thanks all atas bantuannya. Hanya Tuhan yang bisa membalas kebaikan kalian semua.
9. Keluarga alm. Pak sodiq. Terima kasih atas bantuannya.
10. Kakak-kakak tingkat 2005-2006 serta adik-adik tingkatku tersayang.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam skripsi ini. Untuk itu penulis menghargai segala kritik dan saran. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua.

Indralaya, Juni 2013

Penulis

**Kinetics of Degradation Petroleum (*Sludge*) in Soil Using Synergy of
Bacterial Consortium and Plants *Leucaena leucopalea***

By :

Eko Maranata Situmorang

08071003030

ABSTRACT

It had been researched about kinetics of degradation petroleum (*sludge*) in soil using synergy of bacterial Consortium and plants *Leucaena leucopalea*. Initial concentration of TPH = 5.8835%. Contaminated soil by petroleum were added adding fresh soil, bulking agent 10%, and nutrient with ratio N;P;K = 10:1:0.1. Order reaction definite by integral method. Constant determination with integral method in 5.8835% concentration, observe petroleum *sludge* degradation do in every 2 weeks for 8 weeks got result degradation reaction speed constant by using *Consortium* bacterial and plants *Leucaena leucopalea* is 0.004.

Keywords : Kinetics, consortium, *leucaena leucopalea*, bioremediation.

**Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri
Konsorsium dan Tanaman *Leucaena leuchepala* dengan Metode Integral.**

Oleh

Eko Maranata Situmorang

08071003030

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi Menggunakan Sinergi Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leucaena leuchepala* dengan Metode Integral. Konsentrasi awal Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) diperoleh sebesar 5,8835%. Pada tanah terkontaminasi media perlakuan dilakukan penambahan tanah segar, serbuk gergaji 10%, dan nutrient (N; P; K) dengan perbandingan 10 ; 1 ; 0,1. Orde reaksi ditentukan dengan metode integral. Penentuan konstanta dengan metode integral pada konsentrasi 5,8835%, pengamatan degradasi limbah minyak bumi dilakukan setiap 2 minggu selama 8 minggu diperoleh hasil konstanta kecepatan reaksi degradasi dengan menggunakan Bakteri *Konsorsium* dan Tanaman *Leucaena leuchepala* adalah 0,004.

Kata Kunci : Kinetik, konsorsium, *leucaena leuchepala* , bioremediasi.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRACT	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Minyak bumi.....	6
2.2. Bioremediasi Limbah Industri Pengolahan Minyak Bumi.....	7
2.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Degradasi Hidrokarbon	8
2.3.1. Nutrisi	9
2.3.2. Oksigen	9
2.3.3. Tingkat Keasaman (pH)	10
2.3.4. Suhu	11
2.3.5. Kadar Air	12
2.4. Degradasi Hidrokarbon Oleh Bakteri	12

2.5. Mekanisme Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon	14
2.6. Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi	18
2.7. Mekanisme Degradasi Limbah Minyak Bumi Oleh Tumbuhan	22
2.8. Sinergi Tanaman dan Bakteri Dalam Proses Bioremediasi	23
2.9. Penentuan Orde dan Konstanta Laju Reaksi dengan Metode Integral	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan	27
3.3. Prosedur Penelitian	28
3.3.1. Persiapan Tanah Segar	28
3.3.2. Persiapan Serbuk Gergaji	28
3.3.3. Persiapan Nutrien	28
3.3.4. Persiapan Bakteri	29
3.3.5. Persiapan Media Perlakuan	29
3.3.6. Penanaman Tanaman Pada Media	29
3.3.7. Pengukuran TPH Sampel	29
3.3.8. Variabel Pengamatan.....	30
3.3.8.1. Degradasi TPH	30
3.3.8.2. Analisa Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Degradasi Limbah Minyak Bumi	32
4.2. Penentuan Konstanta Laju Degradasi Tanah	35
BAB V KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Degradasi Hidrokarbon alifatik Jenuh melalui Oksidasi Terminal	14
Gambar 2. Degradasi hidrokarbon alifatik jenuh melalui oksidasi subterminal ..	15
Gambar 3. Oksidasi Sikloheksana	16
Gambar 4. Mekanisme cincin aromatik	17
Gambar 5. Mekanisme Poliaromatik	18
Gambar 6. Penurunan Nilai TPH	32
Gambar 7. Grafik untuk Menentukan konstanta degradasi dengan metode Integral	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel Pengukuran TPH pada media perlakuan	39
Lampiran 2. Perhitungan % TPH awal limbah minyak	40
Lampiran 3. Perhitungan % TPH sampel pada T ₁ sampai T ₄	41
Lampiran 4. Tabel Penurunan TPH	44
Lampiran 5. Grafik orde reaksi	45
Lampiran 6. Ukuran Diameter Tanaman	47
Lampiran 7. Perubahan Kelembaban	48
Lampiran 7. Foto – foto Perlakuan	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Selatan merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang memiliki banyak sumber daya minyak bumi. Kegiatan eksplorasi dan transportasi minyak bumi ini menghasilkan limbah. Sebagian besar limbah minyak bumi tersebut masih ditampung dalam suatu kolam penampungan limbah yang sangat sederhana tanpa perlindungan yang cukup memadai. Senyawa-senyawa hidrokarbon dalam lumpur dapat menembus ke lapisan tanah, beresiko menyebabkan kontaminasi tanah dan air sekitarnya. Di sisi lain, hidrokarbon ringan dalam Lumpur minyak mudah menguap dan dapat menyebabkan polusi udara (Yudono, 2011).

Limbah yang dihasilkan dari pengolahan minyak bumi ini mengandung bahan yang berbahaya yang seperti *benzena*, *toluen ethylene* dan *xylene* (BTEX) yang bersifat karsogenik dan mutagenik. Salah satu metode alternatif pengolahan limbah minyak bumi adalah dengan menggunakan metode bioremediasi. Bioremediasi merupakan salah satu metode alternatif pengolahan limbah minyak bumi yang digunakan untuk pemulihan tanah tercemar hidrokarbon. Bioremediasi mengandalkan reaksi mikrobiologis di dalam tanah. Teknik ini mengkondisikan mikroba sedemikian rupa sehingga mampu mengurai senyawa hidrokarbon yang berada di dalam tanah. Limbah minyak bumi yang diuraikan oleh mikroba akan menghasilkan senyawa akhir yang lebih ramah lingkungan (Mathew &



Obbard,2006). Kelebihan teknologi ini ditinjau dari aspek komersial adalah relatif lebih ramah lingkungan dan bersifat fleksibel (Syakti 2005).

Dalam beberapa hal, lingkungan yang akan dilakukan bioremediasi sudah terdapat bakteri indigenous. Keuntungan dari bakteri tersebut sudah dapat beradaptasi dengan Limbah Minyak Bumi, tetapi jumlah bakteri sedikit sehingga memerlukan waktu yang lama dalam proses bioremediasi ini maka perlu dilakukan isolasi pada bakteri yang telah lulus uji yang mampu beradaptasi dengan limbah minyak bumi sehingga mempercepat proses bioremediasi. Kelemahan dari penggunaan bakteri indogenus ini sangat tergantung dengan oksigen untuk perkembangbiakan bakteri tersebut.

Estuningsih *et al.* (2011) menyatakan dalam proses bioremediasi, beberapa tanaman berasosiasi dengan mikroba untuk menurunkan atau membersihkan pencemar. Menurut Yeung (1997) tanaman-tanaman dapat meningkatkan proses degradasi oleh mikroba dengan memberikan oksigen dalam area akar sepanjang saluran-saluran akar dan memperbesar pori-pori tanah. Molekul oksigen dibutuhkan untuk oksidasi substrat yang merupakan tahap awal dalam degradasi hidrokarbon. Mikroorganisme distimulasi oleh eksudat akar, dimana tiap-tiap spesies mengeluarkan sejumlah senyawa-senyawa yang berbeda. Perbedaan spesies mempunyai pengaruh yang berbeda pada mikroorganisme dan aktivitas degradasinya, tergantung pada komposisi eksudat-eksudat tanamannya. Dari penelitian Rahayu (2011) menyatakan dari ke empat tanaman *leguminosae* yang diseleksi, tanaman *Leucaena leucocephala* pada konsentrasi 6% merupakan

tanaman yang paling baik dalam menurunkan kadar TPH minyak bumi yaitu sebesar 2,815% selama 12 minggu.

Lamtoro gung (*Leucaena leucocephala*) merupakan tumbuhan yang memiliki bentuk yang bervariasi mulai dari bentuk semak hingga pohon dengan ketinggian 5 m dan diameter batang 10-50 cm. Batang pohon yang tua berwarna coklat kemerah-merahan dan memiliki struktur batang yang kasar, sedangkan pada cabang muda memiliki warna abu-abu kecoklatan dan memiliki struktur kulit yang halus.

Bakteri mampu meningkatkan proses degradasi hidrokarbon minyak bumi dan mengakumulasi CO₂ yang cukup tinggi. Kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar TPH minyak bumi terbatas, tetapi tanaman dapat memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis. Dengan demikian, kerja sama antara konsorsium bakteri dengan tanaman merupakan solusi dalam upaya meningkatkan proses bioremediasi minyak bumi(Yudono,2011). Menurut Nuryanti(2010) menyatakan bahwa jika dua atau lebih spesies hidup bersama dan mengadakan hubungan yang tidak saling mengganggu, akan tetapi masing-masing saling menguntungkan seperti diatas, maka hubungan hidup antar spesies itu disebut sinergi.

Beberapa penelitian telah dilakukan tentang kinetika bioremediasi tanah. Informasi kinetika sangat penting karena kinetika memberikan informasi konsentrasi kimia yang masih tertinggal pada setiap waktu dan dapat digunakan untuk memprediksi tercapainya waktu degradasi ke depan.

Kinetika orde satu umumnya digunakan untuk menggambarkan biodegradasi model-model di lingkungan karena ungkapan secara matematikanya mudah disatukan ke dalam model (Greene *et al.*, 2000). Beberapa peneliti mengambil kinetika orde satu karena mudah untuk mempresentasikan dan menganalisa datanya, secara sederhana dibuat grafik logaritma konsentrasi yang tersisa vs waktu sebagai garis lurus, dan mudah untuk memprediksi konsentrasi pada setiap waktu. Pada lingkungan yang berbeda, nilai konstanta kinetika orde satu dan jumlah sel yang mampu untuk metabolisme akan berbeda (Alexander, 1999).

Penentuan orde reaksi dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu : cara differensial dan cara integral. Dalam cara differensial, yang ditentukan adalah orde reaksi terhadap salah satu komponen pereaksi, sedangkan dalam cara integral dilakukan pengandaian suatu orde reaksi dan dicek dengan data reaksi. Pada penelitian ini penentuan orde reaksi dilakukan secara integral yang didasarkan atas pengandaian harga orde reaksi tertentu terhadap hasil penurunan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH).

1.2. Rumusan Masalah

Penanganan limbah minyak bumi dengan bioremediasi dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara menentukan kinetika reaksi limbah minyak bumi dari penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dari proses bioremediasi menggunakan Sinergi Bakteri *Konsorsium* (*Micrococcus* sp,

Pseudomonas pseudomallei, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus sp*) dan Tanaman *Leucaena leuchepala*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) tanah terkontaminasi minyak bumi berdasarkan kemampuan degradasi Sinergi Bakteri *Konsorsium* (*Micrococcus sp*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus sp*) dan Tanaman *Leucaena leuchepala*.
2. Menentukan orde reaksi dan konstanta laju reaksi dari degradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi oleh Bakteri *Konsorsium* (*Micrococcus sp*, *Pseudomonas Pseudoalcaligenes*, *Pseudomonas Pseudomallei*, *Bacillus sp*) dan Tanaman *Leucaena leuchepala*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini adalah :

1. Tanaman yang digunakan sebagai pengdegradasi dapat langsung digunakan sebagai penghijauan.
2. Mengembalikan fungsi lahan yang tercemar limbah minyak bumi menjadi lahan yang produktif.

Meningkatkan efisiensi proses bioremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1999. *Biodegradation and bioremediation*, 2nd edn. Academic Press. london.
- Al-Anazi, K. J. 1996. *Effects of Oily Sludge Landfarming on the Soil Environment*. Thesis S-2. Master of Science. University of Petroleum & Minerals Dhahran. Saudi Arabia. 84 p.
- Atlas, R. M. & Bartha, R. 1987. *Transport dan Transformation of Petroleum Biologycal Processes*. In Boesch, D. F. & Rabblais, N. N (eds). *Long-term Enviromental Effects of Offshore Oil and Gas Development*. Elsevier Applied Science Publishers, Ltd. New York.
- Atlas, R.M. & Bartha, R. 1997. *Microbial Ecology : Fundamentals and Applicatio*. 4th Ed. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Inc, Redwood City. California.
- Bossert, I.D. & Bartha, R. 1986. *Structure-biodegradability relationship of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 37: 490-497
- Chaineau, C. H., Rougeux, G., Yepremian C. & Oudot, J. 2005. *Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil*. Soil Biol Biochem, 37 : 1490-1497.
- Churchill, S. A., Griffin, R. A., Jones, L.P & Churchill, P. F. 1995. *Biodegradation and Bioremediation*, *Journal Envoron Microbial.*, 24: 19-28.

- Dibble, J. T & Bartha, R. 1979. Effect of Enviromental Parameters on the Biodegradation of oil sludge. *Journal Appl. Enviroment Microbial.* 37: 729-739.
- Ehrich, H.L. 1990. Geochemistry. Second Edition. Maecal Dekker Inc. USA.
- Estuningsih, S.P, Bambang,Y, Hary, W,. 2010. *Pemanfaatan Rumput Fimbrisylis sp. dalam Proses Bioremediasi Tanah pada Berbagai Konsentrasi Limbah Minyak Bumi. Jurnal Matematika dan Sains.* FMIPA Universitas Sriwijaya, Indralaya. Vol. 14 Nomer I (D) 14113.5 hlmn.
- Fan, C.Y & Tafuri, A.N. 1994. Engineering Application of Biooxidation Processes for Treating Petroleum-Contaminated Soil. Dalam Wise, D.L & Trantolo, D.J. *Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils.* Marcel Dekker, Inc. New York.
- Greene, E. A., Kay, J. G., Jaber, K., Stehmeier, G., & Voordouw, G, 2000, Composition of soil microbial communities enriched on a mixture of aromatic hydrocarbons. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(12), 5282-5289.
- Gunalan, 1996. Penerapan Bioremidiasi pada Pengolahan Limbah dan Pemulihan Lingkungan Tercemar Hidrokarbon Petroleum. *Majalah Sriwijaya* Vol. 32(1): 1-9.
- Haryani, E.B.S. 2005. *Pencemaran Minyak di Laut dan Tuntutan Ganti Kerugian.* Makalah Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.

- Husain, D. R. 2006. Karakteristik Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas nautical* Strain 617 pada Hidrokarbon Tetradekana. Buletin Penelitian Jurusan Biologi FMIPA UNHAS. Vol.9 (1): 51-58 hlm.
- Irianto, D. 1999. Biodegradasi Aerobik Senyawa Hidrokarbon Aromatik Monosiklik oleh Bakteri. Program Studi Biologi FMIPA, USU.
- Kaye, J. P. & Hart, S. C. 1997. Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms. *Trends Ecol Evol* 12: 139-143.
- Kurniawan, H. 2008. Fitoremediasi. <http://h925.blogspot.com/2008/05/fitoremediasi.html>.
- Lin, X., Li, X., Li, P., Li, F., Zhang, L., & Zhou, Q. 2008. Evaluation of Plant-Microorganism Synergy for the Remediation of Diesel Fuel Contaminated Soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 81(1), 19-24.
- Marschner, P., Jentschke, G., & Godvold, D. L. 1998, Cation exchange capacity and lead sorption in ectomycorrhizal fungi. *Plant Soil* 205: 93-98.
- Mathew, M., & Obbard, J. P. 2006. Optimisation of the dehydrogenase assay for measurement of indigenous microbial activity in beach sediments contaminated with petroleum. *Biotechnology Letters*, 23(3), 227-230.
- Moorehead, D. L., Westerfield, M. M., & Zak, J. C. 1998. Plant retard litter decay in a nutrient-limited soil: a case of exploitative competition. *Oecologia* 113: 530-536.

- Nurjayanti. S., 2011. Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi (*Sludge*) Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Beberapa Jenis *Leguminosae*. Universitas Sriwijaya. Inderalaya.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi *Sludge* Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi *Land Treatment. Jurnal Makara Teknologi*. Vol.10, no. 2: 82-89 hlm.
- Pandjaitan, Sorba PR. 2008. *Fitoremediasi Pustaka*. Blog Arsip. <http://fitoremediasi.blogspot.com/2008/11/fitoremediasi-pustaka.html>. 10 November 2011.
- Pelczar, M. J. & Chan, E. C. S. 2005. *Dasardasar Mikrobiologi 1*. Penterjemah Hadioetomo, R. S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S & Angka, S. L. Penerbit UI Press. Jakarta:
- Rahayu, Mulyanti. 2011. Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi (*Sludge*) Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Beberapa Jenis *Leguminosae*. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Rahmah.2011.Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi Dengan Proses Bioremediasi Menggunakan Sinergi Antara Bakteri Konsorsium,Rumput dan Legum.Universitas Sriwijaya.Inderalaya.
- Smith, V. H., Graham, D. W., & Cleland, D. D. 1998. Application of resorce-ratio theory to hydrocarbon biodegradation. *Environ Sci TEchnol* 32: 3386-3395.



- Suthersan, S.S. 1999. In Situ Bioremediation. *In Remediation Engineerig. Design Concept*, Ed. Boca Raton.
- Syakti, A.D. 2005. Multi-Proses Remediasi Didalam Penanganan Tumpahan Minyak (*Oil Spill*) di Perairan Laut dan Pesisir. Dalam: Seminar Bioremediasi. <http://www.pksplipb.or.id>. 26 September 2011.
- Thomas, J. M., C.H. Ward, R. L. Raymond, J. T Wilson., R. C. Loehr. 1992. Bioremediation. Dalam: *Encyclopedia of Microbiology*. Vol. 1. Academic Press, Inc. 369-385 p.
- Udiharto. 1992. *Aktivitas Mikroba Dalam Degradasi Minyak Bumi*. Dalam *Proceeding: Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian Lemigas*. Lemigas : Jakarta.
- Unterbrunner, R., Wieshammer, G., Hollender, U., Feldeer, B., Wieshammer-Zivkovic. M., & Puschenreiter, M. 2007. *Plant and fertilizer effects on rhizodegradation of crude oil in two soils with different nutrient status*. Plant Soil 300: 117-126.
- Walsh, J. B. 1999. A Feasibility Study Of Bioremediation In A Highly Organic Soil. *Thesis S-2*. Master of Science Worcestor Polytechnic Institue.
- Wenzel, W.W. 2007. Rhizosphere Processes and Management in Plant-assisted Bioremediation (Phytoremediation) of soil. *Review Article Springer Science*. DOI 10.1007/s11104-008-9686-1.
- Yeung, P.Y. 1997. Biodegradation and Bioremediation: Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Soils as Affected by Heating and Forced Aeration. *J. Environ. Qual.* 26.1511.

- Yudono B. M Said ., S. P Estuningsih. 2006. Pengolahan Tanah Terkontaminasi Eks Blow out Sumur 1 Betum. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Sriwijaya.
- Yudono, B. 2010. Sinergi Bakteri Tanah dan Tanaman Pada Proses Bioremedasi Tanah terkontaminasi Minyak Bumi di Wilayah Sumatera Selatan. *Disertasi Doctor Bidang Ilmu Lingkungan*. Program Doctor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya. (Tidak dipublikasikan).
- Yudono, B. 2011. Sinergi Bakteri Tanah dan Tanaman Pada Proses Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Disertasi*. Universitas Sriwijaya. Palembang: i + 156 hlm.