

**PEMANFAATAN KULTUR CAMPUR (*Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*)
DAN LAMTORO GUNG (*Leucaena leucocephala*) DALAM PROSES
BIOREMEDIASI SLUDGE MINYAK BUMI**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi**



Oleh:

**FERRY SUHADA
08081004016**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JULI 2012**

S

R. 24583 / 28144

574.307

Fer
P

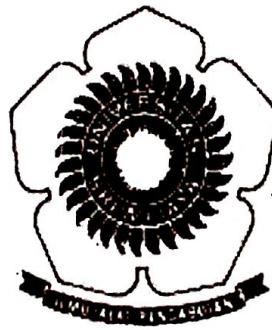
der 2

PEMANFAATAN KULTUR CAMPUR (*Bacillus sp1, Pseudomonas pseudomallei*,
DAN LAMTORO GUNG (*Leucaena leucocephala*) DALAM PROSES
BIOREMEDIASI SLUDGE MINYAK BUMI



SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi



Oleh:

FERRY SUHADA
08081004016

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JULI 2012

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN KULTUR CAMPUR (*Bacillus sp1, Pseudomonas pseudomallei*) DAN LAMTORO GUNG (*Leucaena leucocephala*) DALAM PROSES BIOREMEDIASI SLUDGE MINYAK BUMI

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi

Oleh:

FERRY SUHADA
08081004016

Pembimbing II,


Dra. Harmida, M.Si
Nip. 19670417 1999401 2 001

Indralaya, Juli 2012

Pembimbing I,


Dra. Sri Pertwi Estuningsih, M.Si
Nip. 19611212 198710 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Zaini Hanafiah, M.Sc
NIP. 19590909 1987703 1 004

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Jadikanlah Al-Qur'an yang mulia subur dalam hatiku dan cahaya dadaku
serta menjadi tempat melepaskan segala kesusahanku dan menghilangkan
duka citaku*

(Rasulullah saw)

Dengan mengharapkan ridha Allah Subhanahu Wata'alla, kupersembahkan
karya kecil ini kepada :

- Rabb-ku : Allah Ar-rahman & Ar-rahim
- (Alm) Ayahanda Nawar Abu Mansyur S. Sos
- Ibunda Suzana
- saudaraku (Yenny Apriyani S.E, Aidil Fitrisyah S. Kom, Agus
riansyah A. MD, Ade Yunita)
- Almamaterku

*Sebagai ungkapan rasa syukur dan terima kasih telah menjadikan hidupku lebih
berwarna dan bermakna.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga atas kehendak dan izin-Nya Skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya, serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pemanfaatan Kultur Campur (*Bacillus sp1, Pseudomonas pseudomallei*) Dan Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*) Dalam proses Bioremediasi Sludge Minyak Bumi** ini telah mendapatkan bimbingan, petunjuk, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si dan Dra. Harmida, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, masukkan serta saran selama penelitian sampai selesainya penulisan skripsi ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Muhammad Irfan, M.T selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc selaku ketua Jurusan Biologi terima kasih atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama ini.
3. Dra. Muharni, M.Si selaku sekretaris Jurusan Biologi serta selaku dosen pembahas yang telah memberikan koreksi, masukkan dan bimbingannya terhadap tulisan ini.
4. Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama masa perkuliahan.

5. Dr. Salni, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukkan untuk penyelesaian tugas akhir ini.
6. Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si yang mendanai penelitian ini melalui program dana hibah bersaing 2011.
7. Seluruh staf dosen pengajar dan karyawan jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, yang telah memberi ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
8. (Alm. Bapak) dan Ibu serta saudara-saudaraku tercinta, terima kasih atas irungan do'a, kasih sayang, dukungan baik moril dan materil serta semangat dan motivasinya yang membuat penulis dapat menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.
9. Seluruh teman-teman seperjuanganku angkatan 2008 serta adik-adik tingkat 2009, 20010 dan 2011 terima kasih atas kebersamaan kita selama ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan mahasiswa jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Indralaya, Juli 2012

Penulis

**UTILIZATION OF CULTURE MIX (*Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*) AND
LAMTORO GUNG (*Leucaena leucocephala*) IN PROCESS BIOREMEDIACTION
PETROLEUM SLUDGE**

By:

**FERRY SUHADA
08081004016**

ABSTRACT

Research on the Utilization of Mixed Cultures of *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* And Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*) In Process Bioremediation Oil Sludge was conducted in January-March 2012 in the Department of Biology, Laboratory of Microbiology Department of Biological, Chemical Analysis Laboratory of the Department of Chemistry and planting sites on the back porch Lamtoro Gung Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Science Natural Sciences, University of Sriwijaya. This study aims to determine the cooperation between the mixed culture of *Bacillus* sp1 and *Pseudomonas pseudomallei* with Lamtoro Gung in the process of bioremediation of oil sludge, by measuring the decrease in crude oil TPH value, growth and growth of bacteria during the bioremediation Lamtoro Gung place. The design of experiments that used the Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 6 replications. Where planting is done after 4 weeks lamtoro bacterial inoculation into the bioreactor. Observed variable is the percentage of TPH degradation, bacterial cell numbers and wet weight Lamtoro Gung. The results showed that treatment of B3 (inoculation of mixed cultures of *Bacillus* sp1 and *Pseudomonas pseudomallei*) yielded an average of the highest percentage of TPH degradation in the amount of $51,16 \pm 22,42\%$, the highest number of bacterial cells is achieved at B4 (mixed culture inoculation of *Bacillus* sp1 and *Pseudomonas pseudomallei* with Lamtoro Gung) of $1,24 \times 10^8$ (sel/mL) at week-8 bioremediation, highest wet weight $8,67 \pm 1,63$ gr.

Keywords: Lamtoro Gung, Bioremediation, petroleum sludge, Mix culture, *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*.

**PEMANFAATAN KULTUR CAMPUR (*Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*)
DAN LAMTORO GUNG (*Leucaena leucocephala*) DALAM PROSES
BIOREMEDIASI SLUDGE MINYAK BUMI**

Oleh:

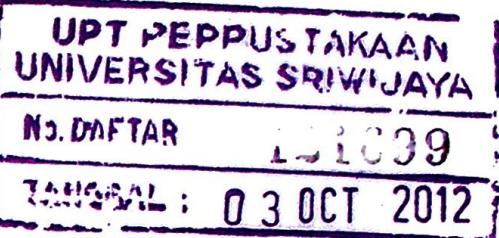
**FERRY SUHADA
08081004016**

ABSTRAK

Penelitian mengenai Pemanfaatan Kultur Campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* Dan Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*) Dalam Proses Bioremediasi Sludge Minyak Bumi telah dilakukan pada bulan Januari – Maret 2012 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, Laboratorium Kimia Analisa Jurusan Kimia dan lokasi penanaman Lamtoro Gung di teras belakang Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pemanfaatan kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gung dalam proses bioremediasi sludge minyak bumi, dengan cara menghitung penurunan nilai TPH minyak bumi, pertumbuhan bakteri dan pertumbuhan Lamtoro Gung. Rancangan Percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 6 kali ulangan. Dimana penanaman lamtoro dilakukan setelah 4 minggu inokulasi bakteri ke dalam bioreaktor. Variabel yang diamati yaitu persentase degradasi TPH, jumlah sel bakteri dan petambahan berat basah Lamtoro Gung. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa perlakuan B3 (inokulasi kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*) menghasilkan rata-rata persentase degradasi TPH tertinggi yaitu sebesar $51.16 \pm 22,42\%$, jumlah sel bakteri tertinggi dicapai pada B4 (inokulasi kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dengan Lamtoro Gung) sebesar $1,24 \times 10^8$ (sel/mL) pada minggu ke-8 bioremediasi, petambahan berat basah tertinggi mencapai $8,67 \pm 1,63$ gr.

Kata Kunci: Lamtoro Gung, Bioremediasi, sludge minyak bumi, kultur campur, *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei*

DAFTAR ISI



	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Hipotesis.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Minyak bumi.....	5
2.1.1. Komponen limbah minyak bumi.....	5
2.1.2. <i>Sludge</i> Minyak Bumi.....	8
2.2. Bioremediasi.....	9
2.2.1. Mikroorganisme Pendegradasi Hidrokarbon.....	11
2.2.2. Mekanisme Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon Oleh Bakteri.....	13
2.2.3. Fitoremediasi.....	15
2.3. Lamtoro Gung (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	18

2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi senyawa Hidrokarbon.....	18
2.5. Beberapa penelitian Fitoremediasi.....	22
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	24
3.2. Alat dan Bahan.....	24
3.3. Rancangan Percobaan	25
3.4. Cara Kerja	25
3.4.1. Pembuatan Starter Bakteri..	25
3.4.2. Persiapan bibit Lamtoro Gung.....	26
3.4.3. Persiapan bioreaktor dan inokulasi bakteri.....	26
3.4.4. Penanaman dan pemeliharaan tanaman pada bioreaktor.....	27
3.5. Variabel pengamatan.....	27
3.6. Analisis Data.....	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Jumlah sel bakteri.....	30
4.2. Persentase degradasi TPH.....	37
4.3. Pertambahan berat basah Lamtoro Gung	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Rata-rata jumlah sel bakteri masing-masing bioreaktor pada akhir bioremediasi (8 minggu).....	30
Tabel 4.2. Rata-rata persentase degradasi TPH selama 8 minggu bioremediasi <i>Sludge minyak bumi</i>	37
Tabel 4.3. Rata-rata pertambahan berat basah Lamtoro Gung fitoremediasi <i>sludge minyak bumi</i> selama 30 hari	40

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.3. Lamtoro Gung (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	18
Gambar 4.1. Grafik rata-rata jumlah sel bakteri pada proses bioremediasi selama 8 minggu	33

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Komposisi Medium Zobell	51
Lampiran 2. Analisis Varian (ANAVA) persentase degradasi TPH <i>Sludge Minyak Bumi</i>	51
Lampiran 3. Analisis Varian (ANAVA) Pertambahan Berat Basah Lamtoro Gung (<i>Leucaena leucocephala</i>)	51
Lampiran 4. Analisis Varian (ANAVA) Jumlah Sel Bakteri Selama 8 Minggu Bioremediasi	52
Lampiran 5. Rata-rata Jumlah Sel Bakteri Selama 8 Minggu Bioremediasi.....	56
Lampiran 6. Waktu Generasi Terpendek <i>Bacillus</i> sp1.....	56
Lampiran 7. Waktu Generasi Terpendek <i>Pseudomonas pseudomallei</i>	57
Lampiran 8. Isolat bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi	59
Lampiran 9. Kultur Campur Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi....	60
Lampiran 10. Lamtoro Gung dan Bioreaktor	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak bumi merupakan sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada saat ini maupun pada masa yang akan datang, sehingga akan meningkatkan kegiatan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, pengangkutan dan penyimpanan. Meningkatnya kegiatan produksi minyak bumi menyebabkan semakin banyak pula limbah yang dihasilkan, salah satunya berupa *sludge* minyak bumi. Limbah tersebut apabila tidak ditangani dengan baik akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Sludge minyak bumi dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3), sesuai dengan PP. No. 18 dan PP. No. 85 Thn 1999. Limbah B3 harus diproses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah menjadi tidak berbahaya dan beracun. Kandungan Total petroleum hidrokarbon (TPH) $\leq 15 - \leq 1\%$ pada limbah minyak bumi harus diolah untuk dikurangi kandungan (TPH), hal ini berdasarkan keputusan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) No. 128 tahun 2003 (Estuningsih, dkk 2008: 79)

Metode fisika dan kimia pemulihan tanah terkontaminasi limbah dapat menurunkan kesuburan tanah sehingga menimbulkan dampak negatif pada ekosistem (Ghosh & Singh, 2005). Cara lain yang lebih aman menurut Leahly & Colwell (1990: 2) proses bioremediasi untuk memulihkan tanah yang tercemar minyak bumi dapat dilakukan dengan kerjasama antara bakteri dan tanaman.

Bacillus sp1 dan *Pseudomonas pseudomallei* mendegradasi hidrokarbon minyak bumi dengan konsentrasi TPH awal sebesar 5,62%, setelah 2 minggu bakteri tersebut mampu menurunkan nilai TPH masing-masing menjadi sebesar 3,63% dan 3,54% (Yudono 2011: 73). Rahayu (2011: 29) melaporkan bahwa Lamtoro Gung mampu mendegradasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi dengan nilai TPH awal 6,0%, menjadi sebesar 2,815% dalam waktu 12 minggu.

Kemampuan setiap bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi kemudian diuji dengan menggunakan kultur tunggal dan kultur campur, dengan hasil biodegradasi dengan kultur campur lebih baik atau interaksinya sinergis dibandingkan dengan kultur tunggal Aditiawati, dkk. (2001: 1). Menurut Leahy & Colwell (1990: 7) kultur campur telah digunakan paling umum sebagai inokulum untuk mengoptimalkan populasi dan aktivitas bakteri indigen yang berbeda-beda dengan kemampuan saling melengkapi untuk mendegradasi hidrokarbon dengan interaksi sinergisme.

Yudono (2011: 88) melaporkan bahwa proses bioremediasi yang memanfaatkan *Eleusin indica* mampu mendegradasi tanah yang terkontaminasi minyak bumi dengan nilai TPH awal 14,48% menjadi sebesar 7,45% dalam waktu 8 minggu. Rossiana (2005) menyatakan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) bermikoriza yang mediumnya diinokulasi bakteri *Pseudomonas mallei*, *Bacillus alvei* dan *Pseudomonas sphaericus* menunjukkan proses fitoremediasi limbah lumpur minyak dengan konsentrasi 20% mengalami penurunan kandungan minyak bumi sampai 51,23% dalam waktu 6 bulan.

Proses biodegradasi limbah *sludge* minyak bumi oleh bakteri akan mengubah senyawa hidrokarbon yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan

hasil akhir CO_2 , H_2O dan energi. Hasil akhir degradasi hidrokarbon oleh mikroba tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman dalam proses metabolismenya dan tanaman akan mengeluarkan eksudat akar yang spesifik dan memacu pertumbuhan mikroba.

Tumbuhan menyediakan eksudat akar seperti nutrien, enzim, dan oksigen bagi mikroba dalam rizosfer (Frick, dkk 1999: 82). Menurut (Salt *et al.* 1998: 662) beberapa senyawa organik yang dikeluarkan melalui eksudat akar (misalnya phenolik, asam organik, alkohol, protein) dapat menjadi sumber karbon dan nitrogen sebagai sumber pertumbuhan mikroba yang dapat membantu proses degradasi senyawa organik. Dengan adanya interaksi positif antara bakteri dan tanaman di daerah rizosfer tersebut, sehingga kedua agen biologi tersebut dipilih untuk dimanfaatkan dalam proses bioremediasi *sludge* minyak bumi.

1.2. Rumusan Masalah

Kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gung mampu mendegradasi limbah *sludge* minyak bumi. Oleh karena itu, akan diuji proses bioremediasi *sludge* minyak bumi yang menggunakan kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gun.

1.3. Hipotesis

Pemanfaatan kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gung dapat berpengaruh dalam proses bioremediasi limbah *sludge* minyak bumi.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pemanfaatan kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gung dalam proses bioremediasi *sludge* minyak bumi, dengan cara mengukur persentase degradasi TPH minyak bumi, pertumbuhan bakteri dan pertambahan berat basah Lamtoro Gung selama bioremediasi berlangsung.

1.5. Manfaat Penilitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang hasil pemanfaatan kultur campur *Bacillus* sp1, *Pseudomonas pseudomallei* dan Lamtoro Gung dalam proses bioremediasi *sludge* minyak bumi, sehingga diharapkan metode ini dapat digunakan untuk mengembangkan metode bioremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. peri-kehidupan-lamtoro-leucaena. [Http://www.worldagroforestry.org/](http://www.worldagroforestry.org/). Diakses pada 6 November 2011.
- Alexander, M. 1997. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd. Jhon Wiley and Sons Toronto xi + 467 hlm.
- Alexander, M. 1999. Biodegradation and Bioremediation, 2nd edn. Academic Press, London.
- Atlas, R.M., and R. Bartha. 1987. Transport dan Transformation Petroleum Biological Processes. In Boesch, D.F & Rabalais, N.N (eds). Long-Term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development. Elsevier Applied Science Publishers, Ltd. New York.
- Backer, C dan Herson, D. 1994. *Bioremediation* .USA. McGraw Hill.Inc
- Corseuil, H.X & F.N. Moreno. 2000. *Phytoremediation Potential Of Willow Trees For Aquifers Contaminated With Ethanol-Blended Gasoline*. Pergamon Press. Elsevier Science Ltd.
- Dhahiyat, Y. 1991.p Kandungan Limbah Cair pabrik tahu dan pengolahannya dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms). *Jurnal Lingkungan & Pembangunan (Environment & Development)* Volume 11, Nomor 1. Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi seluruh Indnesia. Jakarta.
- Diab, E. A. 2008. Phytoremediation of Oil Contaminated Desert Soil Using the Rhizosphere Effects. *Global Journal of Environment Research*. Department of Plant Ecology and Ranger. Cairo, Egypt. 66-73.
- Doerffer, J.W. 1992. *Oil Spill Response in the marine Environment*. Pergamon Press. Tokyo. 391 hlm.
- Ehrlich, H.L & Brierley, C.L. 1990. *Microbial Mineral Recovery*. McGraw-Hill, Inc. R.R. Donnelley & Sons Company. USA. 454 hlm.
- Endah, J & Z, Abidin. 2002. *Membuat Tanaman Buah Kombinasi*. Jakarta: AgroMedia Pustaka. vi + 70 hlm.
- Eris, F. R. 2006. *Pembangunan Teknik Bioremediasi Dengan Surry Bioreaktor Untuk Tanah Tercemar Minyak Diesel*. Institut Pertanian Bogor. 1-82 hlm.

- Estuningsih, S.P, M. Said, B. Yudono, Munawar, Nasrudin, 2008. *Kegiatan pengolahan tanah terkontaminasi minyak bumi secara biologis (Bioremediasi) di lapangan sungai Lilin Field Jambi*. Pusat penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Sriwijaya. hal 1-79.
- Fan, C.Y & Tafuri, A.N. 1994. Engineering Application of Bioxidation Processes for Treating Petroleum-Contaminated Soil. *Dalam* Wise, D.L & Trantolo, D.J. Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils. Mercel Dekker, Inc. New York. 276 hlm.
- Frick, C.M., R.E. Farrell., and J.J. Germida. 1999. *Assessment of Phytoremediation as an In-situ Technique for cleaning Oil-contaminated Sites*. Petroleum Technology Alliance of Canada. 1-82 hlm.
- Fitter, A.H. & R.K.M. Hay. 1998. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Penerjemah : Sri Andani dan E.D. Purbayanti, UGM Press Yogyakarta: viii + 417 hlm.
- Ghosh, M & S.P. Singh, 2005, A Review On Phytoremediation Of Heavy Metals And Utilization Of Its Byproducts, Biomass and Waste Management Laboratory, School of Energy and Environmental Studies, Faculty of Engineering Sciences, Devi Ahilya University, India, 18 hlm.
- Gilbert, E.J. 1993. *Pseudomonas lipases*; biochemical properties and molecular cloning. Enzyme Microb Technol 15:634-645.
- Gossalam. 1999. *Kemampuan Degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Oleh Isolat Bakteri Dari Lingkungan Hutan Magrove*. Thesis Magister ITB.Bandung.
- Gunalan. 1996. *Penerapan Bioremediasi pada Pengelohan Limbah dan Pemulihan Lingkungan Tercemar Hidrokarbon Petroleum*. Majalah Sriwijaya. UNSRI. Vol 32, No 1.
- Hadioetomo, R.S. 1990. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Gramedia. Jakarta. 163 hlm.
- Hadioetomo, R.S. 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek*. Gramedia. Jakarta: xi + 164 hlm.
- Handiana, E. 2009. *Bioremediasi Sludge Minyak Bumi Menggunakan Kultur Campur Bakteri Indigen Pada Medium Dengan Rasio N:P Yang Berbeda*. Skripsi. UNSRI. Indralaya. xi + 49.

- Harayama, S., Sugiura K., Asaumi M., Shimauchi T., Goto M., Sasaki S. and Ishihara M. 1995. Biodegradation of Crude Oil. *Program and Abstracts in the First Asia-Pasific Marine Biotechnology Conference*. Shimiz. Jepan 19-24.
- Herlina, L. 2005. *Pengaruh Bacillus penghasil Biosurfaktan dalam Mendegradasi Minyak Bumi pada Limbah Cair Industri Minyak Bumi*. Tesis S-2. Pasca Sarjana IPB. Bogor. 72 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Holt, J.G., Noel, R.K., Peter, H.A., James, T.S. & Staley T.W. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th edition. New York Lippincott Williams and Walkins.
- 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.
- Jussila, M. M., German J., Kristina L. M. & Leena S. 2006. Genetic diversity of culturable bacteria in oil-contaminated rhizosphere of Galega orientalis. *Journal Environmental Pollution*. Department of Applied Chemistry and Microbiology University of Helsinki, Finlandia. 244-257 hlm.
- Kadarwati S, Noegroho H, Udharto M. 1996. Bioproses untuk penanganan limbah kilang migas. Di dalam: Proceedings Temu Karya Pengolahan 1996; Jakarta. hlm 1-13.
- Kaye, J. P., and S. C. Hart. 1997. *Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms*. Trends Ecol Evol 12: 139-143.
- Kepmen LH No. 128. 2003. Tatacara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis. <http://ocitss.ac.id/ambilfile.php?idp=1620>. 24 September 2011.
- Kirom, A.A. & Glynn, T. 2004. Pantai Balikpapan Tercemar, Siapa Bertanggungjawab? *Artikel Gali-gali*. Sekretariat Jaringan Advokasi Tambang. Jakarta. (47): 2 hlm.
- Koch, K. & W. Bartlott. 2009. Superhydrophobic and Superhydrophilic Plant Surface: An Inspiration for Biomimetic Material. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 367: 1487-1509. 25 Januari 2011.
- Koesomadinata. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi Jilid I*. Edisi ke-3. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 123 hlm.
- Leahy, J.G. and Colwell, R.R. 1990. *Microbial degradation of Hydrocarbon In The Environment*. Microbiol. Rev. 54, 305-315 hlm.

- Lin, X., B. Yang, and J. Shen 2009. Biodegradation of Crude Oil by an Arctic Psychrotrophic Bacterium *Pseudoalteromonas* sp. P29. *Curr Microbiol* 59:341-345.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. *Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak (Remediation Technologies Selection for Oil-Polluted Marine Ecosystem)*.
- Marjaka, W. & Nugraha, H. 2005. *Pemanfaatan Sludge Minyak pada Industri Migas Indonesia*. Asisten Deputi Urusan Pertambangan, Energi dan migas. Deputi Bidang Pengendalian Dampak Lingkungan Sumber Institusi. Kementerian Lingkungan Hidup Jakarta. 24 hlm.
- Melithia,C. L.A. Jhonson, dan W. Amber. 1996. Ground Water Polution: *In situ Biodegradation*. Down loading, available at http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental_teach/gwprimer/group1/ind/ex/html.
- Merkl, N & R, Schultze-Kraft. 2004. Phytoremediation in the Tropics-The Effect of Crude Oil on the Growth of Tropical Plants. *Bioremediation Journal*. 8(3-4) 177-184.
- Mesarch, J.B., and L. Nies. 1997. *Modification of heterotrophic plate counts for assessing the bioremediation potential of petroleum contaminated soils*. Environment & Technology, 18, 639-646.
- Meyer, R.F., & Speight. 1991. *The Future Of Heavy Crude and sand Sands*. Penerbit Intitut Teknologi Bandung. Bandung. Bandung. 284 hlm.
- Millen, M.C.S., Lambertz, D. 1998. *Lessons Learned on E&P Biotreatment*. Health, environment and Safety Group. Chevron Research and Technology Company. Richmond California. 132 hlm
- Mitchell, R. 1972. *Water Pollution Microbiology*. Jhon Wiley & Sons. Inc. USA. 171 hlm.
- Moorehead, D. L & J. C. Zack. 1998. *Plants retard litter decay in a nutrient-limited soil: a case of exploitative competition*. Oecologia 113:530-536.
- Munawar. 1999. Isolasi dan Skrining Bakteri Pengguna Hidrokarbon di daerah Rizosfir Hutan Bakau yang Tercemar Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi. *Jurnal Ilmiah MIPA*. 2 (2): 41-47 hlm.
- Munawar, M & Surtiningsih, T. 2007. Bioremediasi Tumpahan Minyak Mentah dengan Metode Biostimulasi Nutrien Organik di Lingkungan Pantai Surabaya Timur. *Jurnal Berk Penel. Hayati*. (13):91-96 hlm.

- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. Jurnal Makara Teknologi. Vol. 10, no. 2: 82-89 hlm.
- Nugroho, S.H. 2008. Degradasi Minyak Bumi Via “Tangan” Mikroorganisme. Artikel. Departement Biokimia. IPB. Bogor. 5 hlm.
- Okoh, A.I. 2006. *Biodegradation alternative in the cleanup of petroleum hydrocarbon pollutants*. Academic Journals Biotechnology and Molecular Biology Review Vol. 1 (2): 38-50 hlm.
- Oliver, D. 1993. A Review of the Biology of Giant Salvinia. *Journal Aquatic Plant Manage*. 31: 227-231. 04 Februari 2011.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Simon, A. 2009. *Agroforestry database. A treereference and selection guide version 4.0*. (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>): 8 hlm.
- Pandjaitan, S.P.R. 2008. *Fitoremediasi Pustaka*. Blog Arsib. <http://fitoremediasi.blogspot.com/2008/11/fitoremediasi-pustaka.html>.
- Paul, S. 2006. Effect of Root Death and Decay on Dissipation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Rhizosphere of Yellow Sweet Clover and Tall Fescue. *Journal of Environment*. Vol 34: 207-216 hlm.
- Pelczar, M. J & Chan, E.C.S. 2005. *Dasar-dasar mikrobiologi I*. Hadioetomo, R.S.T. Imas, S.S. Tjitrosomo & S.L. Angka (penterjemah). Penerbit UI press. Jakarta. 443 hlm.
- Rahayu, S.N.M. 2011. *Kinetika Degradasi Tanah Terkontaminasi Limbah minyak Bumi (Sludge) Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Beberapa Jenis Leguminosae*. Skripsi. UNSRI. Indralaya. xv + 47 hlm.
- Rao, N.S. Subra. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi II. UI Press. Jakarta. 352 hlm.
- Rossiana, N. 2005. Penggunaan zeolit, kultur bakteri dan mikoriza dalam fitoremediasi Lumpur minyak bumi dengan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Laporan Penelitian RUT XI 2004.
- Salisbury, F.B & C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. ITB Press. Bandung: iii +241 hlm.
- Salt, D.E., R.D. Smith & I. Raskin. 1998. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology : Phytoremediation*. Annual Reviews. USA. 501–662.

- Schnoor, J.L. 1997. *Phytoremediation. Technology Evaluation Report.* TE-98-1.
- Sembiring, E. & E. Sulistyawati. 2006. Akumulasi Pb dan Pengaruhnya pada Kondisi Daun Swietenia macrophylla King. *Makalah Seminar Nasional Penelitian Lingkungan.* Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (sith) Institut Teknologi Bandung. 10 hlm. 03 Oktober 2011.
- Sheehan, E.I. 1992. *Tecnology of Enviroment Pollution Control.* Second Edition. Penn Well Books. USA. 557 hlm.
- Sheehan, D. 1997. *Bioremediation Protocol.* Humana Press. Totowa. New Jersey
- Sharpley, J.M. 1996. *Elementary Petroleum Microbiology.* Gulf Publishing Company Texas. 37-109 hlm.
- Silvia, S. 2008. *Biodegradasi Hidrokarbon Bumi Menggunakan Isolat Bakteri Dari Limbah Minyak Bumi PT. Cevron Pacific Indonesia.* Universitas Andalas. 1-2- hlm.
- Steven, B dan Marc, K. 1996. *In situ Bioremediation Of Petroleum Aromatic Hydrocarbon. Ground Water Polution.* Down loading, available at http://www.cee.vt.edu/program_areas/enviromental/teach/gwprimer/group1/ind/ex.html.
- Subroto, M.A. 1996. *Fitoremediasi.* Di dalam Prosiding Pelatihan Dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Cibinong: LIPI/BPPT/HSF. Hlm 52-69.
- Surakusumah, W. 2010. *Ekologi dan Pembangunan.* <http://file.upi.edu/Direktori/FMIPA/JUR.PEND.BIOLOGI/1972120331999031 WAHYU SURAKUSUMA/Fitoremediasi dan pembangunan berkelanjutan.pdf>. 13 Februari 2011.
- Syahputra, B. 2006. Tahukah Anda Fitoremediasi?. The Environmentalis. <http://bennysyah.edublogs.org/2006/12/14/tahukah -anda-apa-fitoremediasi-itu/>
- Tjitosoepomo, G. 2007. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta).* Yogyakarta: UGM Press. x + 477 hlm.
- Udihartono, M. 1992. *Aktivitas mikroba Dalam Mendegradasi Minyak.* Proceeding Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian Lemigas. Jakarta. 464 – 467 hlm.
- U.S. EPA. 2000. Introduction to Phytoremediation. <http://www.cluin.org/download/remed/Introphyto.pdf>. 26 Desember 2010
- Volk & Wheeler. 1993. *Mikrobiologi Dasar* Edisi Kelima. Jilid 1. Soenarto (penterjemah). Penerbit Erlangga. Jakarta. 396 hlm.

- Walker, J. D. & Collwel. 1989. Micobial Petroleum Degradation: Use of Mixed Hydrocarbon Substrates. *Appl. Microbial* 27(6):1053-1060. Dalam: Aditiwati, P., Pikoli, M.R., Astuti, D.I.2001 Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. *Proceding Simposium Nasional IADMI*. Yogyakarta: 1-8.
- Walsh, J.B. 1999. A Feasibility Study Of Bioremediation In A Highly Organic Soil. *Thesis S-2. Master of Science Worcester Polytechnic Institute*.
- Watanabe, K., T. Maki, F. Hiroyuki, and H. Shigeaki. 1998. Molecular Detection, Isolation, and Physiological Characterization of Functionally Dominant Phenol-Degrading Bacteria in Activated Sludge. *Applied and environmental Microbiology*. No. 11 (2): 4396-4402p.
- Wrenn, B.A., J. R. Haines, A. D. Venosa, M. Kadkhodayan and M. T Suidan. 1994. Effect Of Nitrogen Source On Crude Oil Biodegradation. *Journal of Industrial Microbiology*. (13): 276-286 hlm.
- Yani, M & Akbar, Y. 2009. *Proses Biodegradasi Minyak Diesel Oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. 19 (91): 40-44.
- Yeung, P.Y., R.L. Jonhson & J.G. Xu. 1997. *Biodegradation and Bioremediation: Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Soils as Affected by Heating and Forced Aeration*. *J. Environ. Qual.*, 26 : 1511-1516.
- Yudono, B. 1994. An Investigation into The Premature Cracking Asphaltic Pavements in Hot Arid Climate. *Thesis School of Chemistry, University of Bristol*.
- Yudono, B. 2011. Sinergi Bakteri Tanah Dan Tanaman Pada Proses Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Disertasi*. Pascasarjana Universitas Sriwijaya: xii + 119.
- Walker, J. D. & Collwel. 1974. Microbial Petrtoleum Degradation: Use of Mixed Hydrocarbon Substrates. *Appl. Microbial* 27(6):1053-1060. dalam: Aditiwati, P., Pikoli, M.R., Astuti, D.I.2001 Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. *Proceding Simposium Nasional IADMI*. Yogyakarta: 1-8.