

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON
DI SEKITAR RIZOSFER RUMPUT BELULANG (*Eleusine indica* [L.] Gaertn)
YANG BERPERAN DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH MINYAK BUMI**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi**



Oleh

**Marindah Rynanda
08061004018**

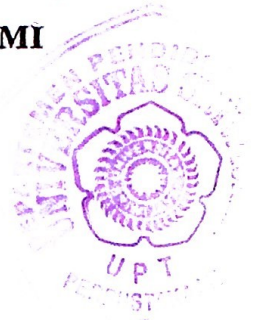
**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVEMBER 2010**

S.
619.907
mar
1800

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON
DI SEKITAR RIZOSFER RUMPUT BELULANG (*Eleusine indica* [L.] Gaertn)
YANG BERPERAN DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH MINYAK BUMI**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi**



Oleh

**Marindah Rynanda
08061004018**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVEMBER 2010**

LEMBAR PENGESAHAN

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON
DI SEKITAR RIZOSFER RUMPUT BELULANG (*Eleusine indica* [L.] Gaertn)
YANG BERPERAN DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH MINYAK BUMI**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi**

Oleh

Marindah Rynanda

08061004018

Indralaya, 8 November 2010

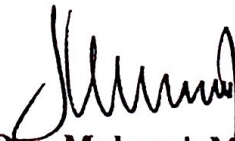
Pembimbing II



Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si

NIP. 196407111989032.001

Pembimbing I



Dra. Muharni, M.Si

NIP. 196306031992032.001

Mengetahui

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Zazili Hanafiah, M. Sc

NIP. 1959909091987031.004

Motto :

"Waktu akan terasa singkat bila kita melewatkan hal-hal terindah dalam hidup kita maka manfaatkan dan nikmatilah waktu terbaik yang telah tuhan berikan"

"Kegagalan di masa lalu akan segera hilang saat kita mampu menemukan cara meraih keberhasilan di masa depan"

Ku persembahkan karya ini untuk:

Dienku (islam)

Kedua orang tuaku tercinta papa Munandar (Alm) dan mama Rosniyati

Adik-adikku tersayang Tegar Ismail & Astri Nuratina

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi yang berjudul *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon di Sekitar Rizosfer Rumpun Belulang (*Eleusine indica* [L.] Gaertn) yang Berperan dalam Fitoremediasi Limbah Minyak Bumi.*

Penulisan skripsi ini dilakukan untuk melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi. Dengan selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dra. Muharni, M.Si dan Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran, perhatian dan ikhlas telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran sehingga selesainya penulisan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Muhammad Irfan, M.T. sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc sebagai Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Drs. Hanifa Marisa, M.Si sebagai dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasehat mulai awal perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
4. Dr. Salni, M.Si dan Dra. Nita Aminasih, M.P sebagai dosen pembahas yang telah banyak memberikan masukan dan nasehat.

5. Dra. Hary Widjajanti, M,Si sebagai Kepala Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Terima kasih atas dana penelitian dari Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si melalui program penelitian Strategis 2009.
7. Pak Nanang, Bu Yani dan Uni Nia yang telah banyak membantu kelancaran penelitian ini.
8. Kedua orang tuaku Munandar (Alm) dan Rosniyati serta saudara-saudaraku terima kasih untuk semua doa, dukungan baik moril dan materil serta semangat yang membuat penulis dapat menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.
9. Teman seperjuangan Melinda Farianti terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya. Serta arahan dan bantuan dari kakak-kakak (kak Resa, kak Ita, kak Tina, kak Ria, kak Ferry, mbak Ami dan kak Ajeng).
10. Tak lupa juga teman teman Pipit, Farhan, Irul, Dwi, Sri, Fenny, Yaya, Ana, Amel , Eka, Adit dan Ling terima kasih atas bantuan, pengertian dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini. Seluruh teman teman mahasiswa Biologi angkatan 2006-2010, serta seseorang yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam setiap hari-hariku.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis, bagi mahasiswa jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Indralaya, Oktober 2010

Penulis

ISOLATION AND IDENTIFICATION HYDROCARBON DEGRADING BACTERIA AT RHIZOSPHERE OF GOOSEGRASS (*Eleusine indica* [L.] Gaertn) HAVE A ROLE IN PHYTOREMEDIATION OIL SLUDGE

By :

Marindah Rynanda
08061004018

ABSTRACT

The research of Isolation and Identification Hydrocarbon Degrading Bacteria at Rhizosphere of Goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn) have a Role in Phytoremediation Waste Oil was done on April-July 2010 in Laboratory of Microbiology, Departement of Biology, Mathematics and Natural Science Faculty, Sriwijaya University. The purpose of this research to get bacteria isolates have a role in each phase of phytoremediation used belulang grasses (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) and to know characteristics were found every 2 week during phase of phytoremediation. The soil sample was taken from treatment bioreactor (planted *E. indica*) and control bioreactor (unplanted *E. indica*). The result of isolation and selection were found 13 bacteria isolates consist of 4 isolate from control bioreactor (planted *E. indica*) and 9 isolates from treatment bioreactor (unplanted *E. indica*) which have a role in Phytoremediation waste oil. Based on identification were belong bacteria isolates from treatment bioreactor (planted *E. indica*) were found 2 isolates genera *Flavobacterium* and 3 isolates genera *Pseudomonas* at time T0 until T4, 1 isolates genera *Acinetobacter* at time T2, 1 isolates genera *Mycobacterium* at time T0 until T3 and 2 isolates genera *Bacillus* at time T1 until T4 while from control bioreactor (unplanted *E. indica*) were found 1 isolates genera *Azotobacter* and 1 isolates genera *Acinetobacter* at time T0 until T4 and 2 isolates genera *Pseudomonas* at time T0, T1, T2, dan T4 phase of phytoremediation.

Keywords : isolation, pyto remediation, rhizosphere, hydrocarbon bacteria

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON DI SEKITAR RIZOSFER RUMPUT BELULANG (*Eleusine indica* [L.] Gaertn) YANG BERPERAN DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH MINYAK BUMI

Oleh :

Marindah Rynanda
08061004018

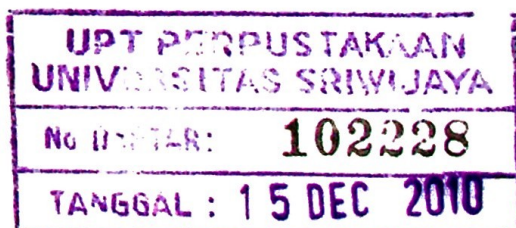
ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang berjudul Isolasi dan Identifikasi Bakteri Hidrokarbon di Sekitar Rizosfer Rumput Belulang (*Eleusine indica* [L.] Gaertn) yang Berperan dalam Fitoremediasi Limbah Minyak Bumi pada bulan April-Juli 2010 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri hidrokarbon yang berperan dalam tiap tahapan fitoremediasi limbah minyak bumi menggunakan rumput *Eleusine indica* (L.) Gaertn dan mengetahui karakteristik isolat bakteri yang diperoleh setiap 2 minggu sekali selama tahapan fitoremediasi. Sampel tanah diambil dari bioreaktor perlakuan (ditanami *E. indica*) dan bioreaktor kontrol (tanpa *E. indica*). Hasil dari isolasi dan seleksi diperoleh 13 isolat bakteri yang terdiri dari 4 isolat bakteri yang berasal dari bioreaktor kontrol (tanpa *E. indica*) dan 9 isolat bakteri yang berasal dari bioreaktor perlakuan (menggunakan *E. indica*) yang mampu berperan dalam fitoremediasi limbah minyak bumi. Berdasarkan hasil identifikasi isolat bakteri dari bioreaktor perlakuan (ditanami *E. indica*) diperoleh 2 isolat genus *Flavobacterium* dan 3 isolat genus *Pseudomonas* pada waktu T0 sampai T4, 1 isolat genus *Acinetobacter* pada waktu T2, 1 isolat genus *Mycobacterium* pada waktu T0 sampai T3 dan 2 isolat genus *Bacillus* pada waktu T1 sampai T4 sedangkan dari bioreaktor kontrol (tanpa *E. indica*) diperoleh 1 isolat genus *Azotobacter* dan 1 isolat *Acinetobacter* pada waktu T0 sampai T4 serta 2 isolat *Pseudomonas* pada waktu T0, T1, T2, dan T4 tahapan fitoremediasi.

Kata kunci: isolasi, fitoremediasi, rizosfer, bakteri hidrokarbon

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	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	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Minyak Bumi.....	6
2.1.1 Komponen Limbah Minyak Bumi	7
2.2 Fitoremediasi.....	10
2.2.1 Degradasi senyawa hidrokarbon oleh Tanaman	13
2.2.2 Mekanisme Degradasi Senyawa Hidrokarbon oleh Bakteri	15
2.3 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.....	21
2.4. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri didaerah Rizosfer	23



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Cara Kerja	26
3.3.1. Pembuatan Bioreaktor	26
3.3.2. Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman	26
3.3.3. Pengambilan Sampel	27
3.3.4. Tahap Pengayaan	27
3.3.5. Isolasi dan Pemurnian	27
3.3.6. Seleksi	28
3.4. Karakterisasi	29
3.5. Identifikasi Bakteri	35
3.6. Variabel Pengamatan	35
3.7. Penyajian Data	35

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Isolasi dan pemurnian	36
4.2. Hasil Seleksi	41
4.3 Karakteristik Isolat Bakteri dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	43

BAB V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Jumlah sel bakteri hidrokarbon dari bioreaktor perlakuan dan bioreaktor kontrol	36
Tabel 4.2. Isolat hasil isolasi dari bioreaktor perlakuan menggunakan rumput <i>E. indica</i> (sekitar rizosfer rumput) dan bioreaktor kontrol tanpa menggunakan rumput <i>E. indica</i>	39
Tabel 4.3 Isolat Bakteri Hidrokarbon yang Lolos Seleksi Tahap I dan II	41
Tabel 4.4 Pengelompokan Bakteri Hidrokarbon.....	44
Tabel 4.8. Genus Bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon.	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Degradasi hidrokarbon alifatik jenuh melalui oksidasi terminal	18
Gambar 2. Degradasi Hidrokarbon alkana melalui oksidasi terminal	19
Gambar 3. <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	21
Gambar 4. Jumlah sel bakteri yang diisolasi dari bioreaktor perlakuan (ditanami <i>E. indica</i>) dan dari bioreaktor kontrol (tanpa <i>E. indica</i>)	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Medium.....	58
Lampiran 2. Bioreaktor Fitoremediasi	63
Lampiran 3. Hasil Seleksi Tahap I dan II	63
Lampiran 4. Karakteristik Morfologi Koloni Isolat Bakteri Hidrokarbon.....	64
Lampiran 5. Karakteristik Pertumbuhan Isolat Bakteri pada Medium NB.....	66
Lampiran 6. Karakteristik Morfologi Sel Isolat Bakteri Hidrokarbon.....	67
Lampiran 7. Karakteristik fisiologis isolat bakteri hidrokarbon (uji indol, uji H ₂ S, uji <i>methyl red</i> , uji <i>voges proskauer</i> , uji sitrat, uji motilitas, uji hidrolisis pati, uji hidrolisis gelatin, uji hidrolisis urea dan uji katalase).....	67
Lampiran 8. Karakteristik Uji Fisiologis Isolat Bakteri Hidrokarbon pada Uji Fermentasi Karbohidrat.....	71

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Kegiatan usaha minyak bumi mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Minyak bumi merupakan komoditas ekspor utama Indonesia yang digunakan sebagai sumber bahan bakar dan bahan mentah bagi industri petrokimia. Kegiatan eksploitasi minyak bumi sering mengakibatkan terjadinya pencemaran minyak pada lahan-lahan di area sekitar aktivitas tersebut berlangsung. Minyak pencemar tersebut mengandung hidrokarbon bercampur dengan air dan bahan-bahan anorganik maupun organik yang terkandung di dalam tanah (Widada dan Prijambada 2006: 1).

Kegiatan eksploitasi minyak bumi dapat secara sengaja maupun tidak sengaja mencemari lingkungan. Tindakan pemulihan (remediasi) perlu dilakukan agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman. Metode remediasi dapat dilakukan dengan menggunakan kemampuan organisme dalam mendegradasi hidrokarbon, metode ini dikenal dengan bioremediasi (Budianto 2008: 1). Bioremediasi merupakan cara yang efektif dan efisien dalam degradasi suatu senyawa karena proses ini tidak meninggalkan residu, lebih aman dan tidak merusak lingkungan, dibandingkan cara fisik-kimia (Akbar dan Yani 2001: 40). Salah satu metode bioremediasi lahan dengan memanfaatkan tanaman untuk mengabsorpsi polutan dikenal dengan fitoremediasi lahan (Widyati 2004: 2).

Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa

organik maupun anorganik. Fitoremediasi ini mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar, baik itu logam berat maupun senyawa organik (Priyanto & Prayitno 2000: 1).

Peran tanaman terhadap degradasi senyawa hidrokarbon dapat secara langsung maupun tidak langsung. Tanaman menyediakan cairan (eksudat) akar yang terdiri dari karbon, energi, nutrien, enzim dan kadang oksigen bagi mikroba tanaman di daerah rizosfer. Adanya cairan akar pada daerah rizosfer akan meningkatkan populasi mikoba menjadi 5-100 kali lebih banyak daripada di daerah non rizosfer, yang kemudian meningkatkan terjadinya degradasi senyawa hidrokarbon (Anonim^b 2008: 3-7). Rizosfer akar merupakan suatu lapisan tanah yang berada di sekitar akar tumbuhan yang mengandung berbagai senyawa hasil eksudasi dari system perakaran tumbuhan. Senyawa – senyawa tersebut dapat memacu pertumbuhan mikroorganisme di dalam tanah , sehingga keanekaragaman dan jumlahnya meningkat (Rao 1994: 63).

Berbagai macam tanaman diketahui memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi senyawa petroleum hidrokarbon. Kelompok tanaman seperti rumput-rumputan dan kacang-kacangan (*Legumes*) berpotensi sangat besar dibandingkan dengan tanaman lainnya. Penelitian Merkl *et al.*, (2005: 1) melaporkan bahwa rumput *Brachiaria brizantha*, *Cyperus aggregatus* dan *Eleusine indica* mampu mendegradasi hidrokarbon pada tanah terkontaminasi oleh *crude oil*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang ditanami ketiga jenis rumput tersebut mengalami penurunan konsentrasi *crude oil* yang signifikan dari pada tanah yang tidak ditanami rumput. Hal ini diperkuat hasil penelitian Sasmita (2008: 1), yang melaporkan bahwa tanaman rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dapat mendegradasi hidrokarbon hingga 59,19%

pada tanah tercemar polutan minyak mentah yang berasal dari kawasan pengeboran minyak PT.Chervron Pacific Indonesia.

Menurut penelitian Radwan *et al.*, (1998) dalam Anonim^b (2008: 4) yang mengidentifikasi sistem perakaran beberapa tanaman dari gurun Kuwait seperti *Senecio glaucus*, *Cyperus conglomeratus*, *Launaea mucronata*, *Picris babylonia*, dan *Salsola imbricata* serta tumbuhan budidaya seperti *Vicia faba* dan *Lupinus albus* yang sangat banyak dijumpai bakteri pengguna hidrokarbon yaitu *Cellulomonas flavigena*, *Rhodococcus erythropolis*, dan *Arthrobacter* sp.

Berdasarkan penelitian Yulianti (2009: 31), melaporkan bahwa rumput *Eleusine indica* (L.) Gaertn mempunyai kemampuan toleransi yang paling baik pada tanah tercemar. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan rumput ini tumbuh optimal pada konsentrasi *crude oil* yaitu 7,5 % dan berat basah yang diperoleh pada konsentrasi ini paling tinggi dibandingkan jenis rumput lain.

Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan temperatur, dan umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rizosfer. Selain tampak dalam bentuk melimpahnya jumlah mikroorganisme dalam rizosfer. Besarnya eksudat dari sistem perakaran akan berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas mikroorganisme tanah sehingga menentukan keanekaragaman dan jumlah bakteri rizosfer (Rao 1994: 63).

Menurut Alexander (1977: 8) dalam Munawar (1999: 8) semakin lama proses degradasi maka makin banyak senyawa yang terdegradasi, sehingga jenis minyak bumi yang tersisa akan berbeda. Dengan adanya perbedaan jenis minyak bumi maka jenis bakteri pendegradasi akan berbeda pula. Selain itu semakin lama degrassi maka jumlah bakteri semakin berkurang. Isolat bakteri yang mampu mendegradasi minyak bumi

dapat diperoleh dari hasil isolasi didaerah tercemar minyak bumi. Kemampuan degradasi suatu jenis bakteri terbatas hanya pada kisaran senyawa hidrokarbon tertentu, namun beberapa jenis bakteri akan bekerja sesuai dengan substrat yang dimiliki (Aditiawati *et al.* 2001: 1).

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu cara pemulihan lingkungan yang tercemar limbah minyak bumi adalah menggunakan metode fitoremediasi. Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa tanaman *Eleusine indica* (L.) Gaertn merupakan tanaman yang cukup efektif dalam fitoremediasi senyawa hidrokarbon. *Eleusine indica* (L.) Gaertn secara tidak langsung mengeluarkan eksudat akar tertentu yang berpotensi meningkatkan jumlah dan jenis bakteri di daerah rizosfer, sehingga mampu meningkatkan aktivitas degradasi senyawa hidrokarbon. Keberadaan dan jenis bakteri juga dipengaruhi oleh lamanya degradasi suatu senyawa. Oleh karena itu perlu dilakukan isolasi bakteri pada daerah rizosfer tanaman *Eleusine indica* (L.) Gaertn setiap 2 minggu sekali selama proses degradasi senyawa hidrokarbon (8 minggu) serta mengidentifikasi isolat yang didapat berdasarkan karakteristik yang dimiliki.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan isolat bakteri hidrokarbon di sekitar rizosfer rumput *Eleusine indica* (L.) Gaertn yang berperan dalam tiap tahapan fitoremediasi limbah minyak bumi serta mengetahui karakteristik isolat bakteri yang diperoleh setiap 2 minggu sekali selama tahapan fitoremediasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang beberapa bakteri hidrokarbon yang berperan dalam fitoremediasi menggunakan rumput *Eleusine indica* (L.) Gaertn sehingga dapat dimanfaatkan untuk setiap tahapan fitoremediasi limbah minyak bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiawati, P., Megga, R.P. & Dea I.A. 2001. Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. *Proceeding Simposium Nasional*. 8 hlm.
- Akbar, Y. & Yani, M. 2001. Proses Biodegradasi Minyak Diesel oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol.19(1), 40-44.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. Edisi II. Jhon Wiley and Sons. Toronto. 467 hlm.
- Anonim^a. 2009. *XI. Fitoremediasi*. <http://sumarsih07.files.wordpress.com/2008/09/xi-fitoremediasi.pdf>. 4 Desember 2009.
- Anonim^b. 2008. *Studi Kasus: Fitoremediasi Petroleum Hidrokarbon*. <http://brsidharta.edublogs.org/files/2008/04/studi-kasus-fitoremediasi.doc>. 10 Januari 2010.
- 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 hlm.
- Atlas, R. M & Bartha, R. 1997. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications 4th ed.* Benjamin Cumming Publishing, Co. Inc. Reedwood City. California. 563 hlm.
- Bank, M.K. & C, Ho. 2006. Degradation of Polycyclic Aromatik Hydrocarbon in the Rhizosphere of Festuca arundinaceae and Associated Mikrobial Community Change. *Bioremediation Journal*. 10(3): 93-104.
- Buchanan, R.E. & N.E. Gibbons (CoE). 1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th Ed. S.T. Cowan, J.G. Holt, J. Liston, R.G.E. Murray, C.F. Niven, A.W. Ravin & R.Y. Stanier (Eds). Baltimore.
- Budianto, H.M. 2008. Perbaikan Lahan Terkontaminasi Minyak Bumi Secara Bioremediasi. <http://www.cmpl.or.id>. 23 Januari 2009
- Cappucino, J. G. & Sherman, N. 1992. *Microbiology a Laboratory Manual*. 3^{ed} edition. The Benjamin Cummings Publish Company Inc, California. USA: xvii + 462 hlm.
- Dewi, R.S. 2005. Optimasi Penggunaan Surfaktan Linear Alkylbenzena Sulfonat (LAS) dan Nisbah C/N pada Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Minyak Bumi. *Tesis S-2*. Pasca Sarjana IPB. Bogor. Xiii + 83 hlm. (Tidak dipublikasikan).

- Fardiaz, S. 1988. *Fisiologi Fermentasi*. Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor. 186 hal.
- Hadi, S. N. 2003. Degradasi Minyak Bumi via "Tangan" Mikroorganisme. *Artikel . Program Sarjana Departemen Biokimia IPB*. <http://www.Chemistry.org>. 04 Desember 2009.
- Hadioetomo, R.S. 1990. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Gramedia. Jakarta: 163 hlm.
- Haryani, E.B.S. 2005. Pencemaran Minyak di Laut dan Tuntutan Ganti Rugi. *Makalah Pengantar Falsafah Sains*. ITB Bogor.
- Holt, J. G., Noel, R. K., Peter, H. A., James, T. S. & Stanley, T. W. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th. New York Lippincott Williams & Wilkins. 787 hlm.
- Irianto, K. 2006. *Mikrobiologi, Menguak Dunia Mikroorganisme*. Jilid 1. Yrama Widya. Bandung. 256 hlm.
- Juhaeti, T., Syarif, F & Hidayati, N. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Jurnal Penelitian Biologi*. Vol 6(1),31-33.
- Jutono, J., Soedarsono., Hartadi., S., Kabirun, S. & Susanto. 1973. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum (Untuk Perguruan Tinggi)*. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta: 232 hlm.
- Kurniawan, H. 2008. Fitoremediasi. <http://h925.blogspot.com/2008/05/fitoremidiasi.html> 4 Desember 2009.
- Lay, B. W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta: 167 hlm.
- Lay, B.W., & Hastowo. 1999. *Mikrobiologi*. Penerbit PT. Rajawali Press. Bogor:viii + 371 hlm.



- Lopez, M. E. M., Casasola, M. T. R., Lea, E. R., García, F. E., Gomez, B. C., Vazquez, R. R., Cortes, J. B. 2007. Fungi and Bacteria Isolated from Two Highly Polluted Soils for Hydrocarbon Degradation. *Acta Chim. Slov.* 201–209 pp.
- Marsaoli, M. 2004. Kandungan Bahan Organik, N-Alkana, Aromatik dan Total Hidrokarbon dalam Sedimen di Perairan Raha Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara. *Makara Sains*. Volume 8. No. 3 halaman: 116-122.
- Merkel, 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.
- Munawar. 1999. Bioremediasi In vitro Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi Oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik. *Jurnal Penelitian Sains*. No.6: 44-49 hlm.
- 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. 1999. Isolasi dan Uji Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfir dari Hutan Bakau di Cilacap Dalam Mendegradasi Residu Minyak Bumi. *Tesis Magister Bidang Khusus Mikrobiologi*. Program Studi Biologi. Institut Teknologi Bandung: 94 hlm. (Tidak Dipublikasikan).
- Munir, E. 2006. *Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam : Universitas Sumatera Utara. 38 hal.
- 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.
- Pelczar, M.J. & Chan, E.C.S. 2008. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid I. Penerjemah Ratna Siri Hadioetomo, Teja Mas, S. Sutarmi Tjitrosomo, dan Sri Lestari Angka. UI-Press. Jakarta: 443 hlm.
- Pikoli, M.R. Pingkan, A. & Dea, I.A. 2000. Isolasi bertahap dan identifikasi isolat bakteri termofilik pendegradasi minyak bumi dari sumur bangko. *Proceeding Simposium Nasional*. Jurusan Biologi, Institut Teknologi Bandung.
- Prijambada, I.D. & Widada, J. 2006 Mitigasi Dan Bioremediasi Lahan Tambang Minyak. Dalam: *Seminar Nasional PKRLT Fakultas Pertanian UGM*. Yogyakarta.

- Priyanto, B dan Prayitno, J. 2000. *Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran khususnya logam berat*. 20 hlm. www.google.co.id. Tanggal 20 Juli 2008.
- Rao, N.S. Subra. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi II. UI Press. Jakarta. 352 hlm.
- Saidi, D., Iswandi, A., Noegroho, H., & Santosa, D. 1999. Kemampuan Bakteri dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dalam Merombak Minyak Bumi dan Solar. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 2: 1 – 7 hlm.
- Sukarmin, M. 2004. Hidrokarbon dan Minyak Bumi. *Modul Bagian Proyek Pengembangan Kurikulum*. Departemen pendidikan nasional. Jakarta. 64 hal.
- Soedarsono, K. 1989. Pemanfaatan *Mikroorganisme dalam Proses Waste Water Treatment*, *Departemen Mikrobiologi*. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta. 98 hlm
- Timotius, K.H. 1982. *Mikrobiologi Dasar*. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. 205 hlm.
- Udiharto, M. 1992. Aktivitas Mikroba dalam Mendegradasi Minyak. *Proceeding diskusi Ilmiah vii Hasil Penelitian Lemigas*. Jakarta : 464 – 467 hlm.
- Udiharto, M. 1996. Bioremediasi Minyak Bumi. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya: Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong.
- Walker, J. D. & Collwel. 1974. Micobial Petroleum Degradation: Use of Mixed Hydrocarbon Substrates. *Appl. Microbial* 27(6):1053-1060. dalam: Aditiawati, P., Pikoli, M.R., Astuti, D.I.2001 Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. *Proceding Simposium Nasional IADMI*. Yogyakarta: 1-8.
- Wedhastri, S. 2002. Isolasi dan Seleksi *Azotobacter* spp. Penghasil Faktor Tumbuh dan Penambat Nitrogen Dari Tanah Masam. *Jurnal Ilmu Tanah dan lingkungan*. 3(1) pp 45-51.
- 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.

- Widjajanti, H., Munawar & Nafiah. 2006. Isolasi, Seleksi, dan Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Kegiatan Eksplorasi Minyak Bumi. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan & Sumber Daya Alam*. Vol 6(4): 22-31 hlm.
- Widjajanti, H. 2007. Bioremediasi Sebagai Upaya Penanggulangan Pencemaran Minyak. *Program Studi Ilmu Pertanian Program Pascasarjana*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Widyati, E. 2004. Tinjauan Tentang Peranan Mikroba Tanah dalam Remediasi Lahan Terdegradasi. *Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)*. Institut Pertanian Bogor.
- Yulianti, R. 2009. Uji Kemampuan Beberapa Jenis Rumput dalam Fitoremediasi Limbah Minyak Bumi PT. Pertamina UBEP Limau Prabumulih Sumatera Selatan. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. 48 hlm.