

**ISOLASI, KARAKTERISASI DAN IDENTIFIKASI
BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON DARI LIMBAH MINYAK
BUMI PT PERTAMINA UBEP LIMAU PRABUMULIH**

SKRIPSI

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



Oleh :

THERESIYA HAMBARA SARY

09053140003

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

NOVENBER 2009

S
579.307
Sat
C-011609
Woy

**ISOLASI, KARAKTERISASI DAN IDENTIFIKASI
BAKTERI PENDEGRADASI HIDROKARBON DARI LIMBAH MINYAK
BUMI PT PERTAMINA UBEP LIMAU PRABUMULIH**

SKRIPSI

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



Oleh :

THEREZIYA HAMBARA SARY

09053140003

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVENBER 2009**

LEMBAR PENGESAHAN

**ISOLASI, KARAKTERISASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI
PENDEGRADASI HIDROKARBON DARI LIMBAH MINYAK BUMI
PT PERTAMINA UBEP LIMAU PRABUMULIH**

SKRIPSI

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

Oleh :

THERESIYA HAMBARA SARY

09053140003

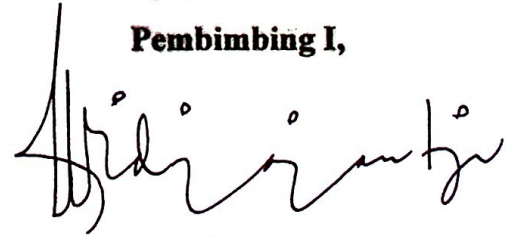
Inderalaya, 19 November 2009

Pembimbing II,



Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si
NIP. 19640711 198903 2 001

Pembimbing I,



Dra. Hary Widjajanti, M.Si
NIP. 19611212 198710 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc
NIP. 19590909 198703 1 004

LEMBAR PERSEMBAHAN

Motto :

"Dengan diam kita tidak akan memperoleh sesuatu, Dengan menangis kita tak akan diberi sesuatu. Tapi, dengan usaha dan keyakinan serta doa, Niscaya semua bisa kita dapatkan"

"Kita harus merasakan sakitnya kegagalan, untuk menyadari bahwa keberhasilan itu adalah sebuah kebahagiaan yang terbesar"

Dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan karya kecil ini kepada :

- Dienku (Al Islam)
- Yai (Faruddin) dan Nenekku (Rusmini & Siti Halimah)
- Kedua orang tuaku (Hairullani & Sri Astuti)
- Saudara-saudaraku (Rendy, Medyan & Nanda)
- Teman-temanku & Semua orang yang ku sayangi
- Serta 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 dihaturkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi berjudul **Isolasi, Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Dari Limbah Minyak Bumi PT PERTAMINA UBEP Limau Prabumulih**, disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Biologi di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Ucapan terima kasih yang setulusnya disertai dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat kepada kedua pembimbing saya, Ibu Dra. Hary Widjajanti, M.Si dan Ibu 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. Ucapan terima kasih juga ditujukan 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, masukan dan bimbingannya selama penulisan skripsi ini.

4. Drs. Mustafa Kamal, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama masa perkuliahan.
5. Dr. Salni, M.Si selaku dosen Pembahas yang telah memberikan koreksi, masukan dan bimbingannya selama penulisan skripsi ini.
6. Drs. Sarno, M.Si selaku dosen tamu, yang telah memberikan koreksi dan masukan dalam skripsi ini.
7. Seluruh Staf Dosen Pengajar dan Karyawan Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
8. Kedua orang tua serta saudara-saudaraku terima kasih untuk doa, kasih sayang serta dukungannya yang senantiasa mengiringi setiap langkahku.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa Biologi angkatan 2005 terima kasih untuk kebersamaannya selama ini.
10. Seluruh adik-adik mahasiswa Biologi angkatan 2006-2008, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini.

Tiada manusia yang sempurna, begitu juga penulis. Namun dengan keterbatasan yang dimiliki, penulis tetap berusaha untuk melakukan yang terbaik. Saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya, hanya kepada Allah penulis berserah diri, semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan, bermanfaat bagi mahasiswa dan pembaca.

Inderalaya, November 2009

Penulis

ISOLATION, CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF HYDROCARBON DEGRADING BACTERIA FROM OIL SLUDGE OF PT PERTAMINA UBEP LIMAU PRABUMULIH

By:

Theresiya Hambara Sary

09053140003

ABSTRACT

Isolation, characterization and identification of hydrocarbon degrading bacteria from oil sludge of PT Pertamina UBEP Limau Prabumulih has been done on April to September 2009 at Laboratory of Microbiology, Department of Biology, Mathematics and Natural Science Faculty, University of Sriwijaya. The aim of this research was to get hydrocarbon degrading bacteria from oil sludge of PT Pertamina UBEP Limau, Prabumulih and to identify the isolates based on their characteristics. Water, sludge and soil samples were taken from sludge pond of PT Pertamina UBEP Limau Prabumulih. The results of isolation and selection were found ten isolates of hydrocarbon degrading bacteria. Based on identification were belong to four isolates genera were *Pseudomonas*, four isolates genera were *Bacillus*, one isolate genus was *Micrococcus* and one isolate genus was *Flavobacterium*.

Key word : hydrocarbon degrading bacteria, indigenous bacteria



**ISOLASI, KARAKTERISASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI
PENDEGRADASI HIDROKARBON DARI LIMBAH MINYAK BUMI
PT PERTAMINA UBEP LIMAU PRABUMULIH**

Oleh:

Theresiya Hambara Sary
09053140003

ABSTRAK

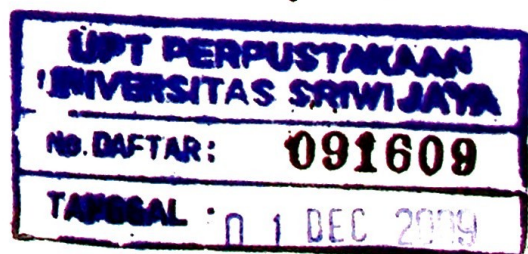
Isolasi, karakterisasi dan identifikasi bakteri pendegradasi hidrokarbon dari limbah minyak bumi PT Pertamina UBEP Limau, Prabumulih telah dilakukan dari bulan April-September 2009 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolate bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon dari limbah minyak bumi PT Pertamina UBEP Limau, Prabumulih dan mengidentifikasi isolat bakteri yang diperoleh berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Sampel berupa air, sludge dan tanah diambil dari tempat penampungan limbah minyak bumi PT Pertamina UBEP Limau, Prabumulih. Hasil isolasi dan seleksi didapat 10 isolat yang dapat mendegradasi hidrokarbon minyak bumi, berdasarkan hasil identifikasi diperoleh 4 isolat termasuk ke dalam genera *Pseudomonas*, 4 isolat termasuk genera *Bacillus*, 1 isolat termasuk genus *Micrococcus* dan 1 isolat termasuk genus *Flavobacterium*.

Kata kunci : bakteri pendegradasi hidrokarbon, bakteri indigen



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 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Minyak Bumi	6
2.2 Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	10
2.3 Mekanisme Biodegradasi Hidrokarbon oleh Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	13
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biodegradasi Hidrokarbon oleh Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	21
2.5 Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	26



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Cara Kerja	
3.3.1. Pengambilan Sampel	30
3.3.2. Tahap Pengayaan.....	30
3.3.3. Isolasi dan Pemurnian	31
3.3.4. Seleksi	31
3.3.5. Karakterisasi Bakteri	33
3.4 Identifikasi Bakteri	39
3.5 Variabel Pengamatan.....	39
3.6 Penyajian Data.....	39

BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi dan Pemurnian	40
4.2 Hasil Seleksi	42
4.3 Karakteristik Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon.....	47
4.4 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	58

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA.....	63
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	71
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kelompok Bakteri Pendegradasi Senyawa Hidrokarbon Minyak Bumi ..	12
Tabel 4.1 Hasil Isolasi dan Pemurnian	40
Tabel 4.2 Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon yang Lolos Seleksi Tahap I dan II	43
Tabel 4.3 Karakteristik Morfologi Koloni Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon.....	48
Tabel 4.4 Karakteristik Morfologi Koloni Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon pada Medium NB	49
Tabel 4.5 Karakteristik Morfologi Sel Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon....	50
Tabel 4.6 Karakteristik Uji Fisiologis Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	52
Tabel 4.7 Karakteristik Uji Fermentasi Karbohidrat Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon.....	52
Tabel 4.8. Pengelompokan Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	59
Tabel 4.9. Pengelompokan Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Degradasi Hidrokarbon Alifatik Jenuh melalui Jalur Oksidasi Terminal.....	15
Gambar. 2.2. Degradasi Hidrokarbon Alifatik Jenuh melalui Jalur Oksidasi Sub Terminal	16
Gambar 2.3. Oksidasi Sikloheksana.....	17
Gambar 2.4. Metabolisme Cincin Aromatik.....	20
Gambar 2.5. Metabolisme Poliaromatik.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Komposisi Medium Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi.....	71
Lampiran 2. Hasil Seleksi Tahap I dan II	76
Lampiran 2. Bentuk Koloni Standar pada Medium Agar Tegak.....	77
Lampiran 3. Bentuk Koloni Standar pada Medium Agar Miring.....	77
Lampiran 4. Bentuk Elevasi, Tepi dan Struktur Dalam Koloni Bakteri	78
Lampiran 5. Bentuk Koloni Standar.....	79
Lampiran 6. Bentuk Koloni pada Medium NB.....	79
Lampiran 7. Uji Indol dan Uji H ₂ S.....	80
Lampiran 8. Uji Metil Red dan Voges Paskuer.....	81
Lampiran 9. Uji Sitrat dan Uji Motilitas.....	82
Lampiran 10. Uji Hidrolisis Pati dan Gelatin.....	83
Lampiran 11. Uji Hidrolisis Urea dan Katalase.....	84
Lampiran 12. Uji Fermentasi Karbohidrat.....	85

BAB I

PENDAHULUAN



I.1. Latar Belakang

Kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi disamping menghasilkan minyak dan gas, juga menghasilkan limbah yang berupa limbah cair maupun limbah padat. Limbah padat berupa *sludge*, yang berasal dari *tank cleaning*, tumpahan atau ceceran minyak yang sudah bercampur dengan pengotor dari lingkungan, sedangkan limbah cair merupakan hasil pemisahan minyak dan air dalam *oil catcher* (Saleh 2001 dalam Effendi 2006 : 1).

PT PERTAMINA UBEP Limau adalah perusahaan minyak dengan produksi terbesar yaitu hingga 11.387 barel per hari (Wahyuni 2009 : 1). Meningkatnya kegiatan produksi minyak bumi yang dilakukan maka akan semakin banyak pula limbah yang dihasilkan. Limbah-limbah yang dihasilkan tersebut masih ditampung dalam suatu kolam penampungan limbah yang sangat sederhana tanpa pelindungan yang cukup memadai dari potensi penyebaran limbah ke lingkungan. Senyawa-senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam limbah minyak bumi dapat menembus lapisan-lapisan tanah, sehingga dapat mengkontaminasi tanah dan lapisan air tanah.

Limbah minyak bumi mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon alifatik maupun aromatik yang mempunyai berat molekul tinggi (Sudrajat 1996: 2). Keberadaan senyawa-senyawa tersebut pada lingkungan dapat menyebabkan kematian pada makhluk hidup, keracunan langsung dari bahan berbahaya, beberapa senyawa hidrokarbon seperti naphthalen, anthracen, phenanthren bersifat

karsinogenik. Akibat jangka panjang dari pencemaran minyak adalah dapat menyebabkan terjadinya akumulasi senyawa hidrokarbon dalam senyawa lemak dan protein, sehingga menyebabkan larutnya lapisan lemak dan protein yang menyusun membran sel (Misran 2002: 6).

Banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan akibat limbah minyak bumi, salah satunya adalah dengan melibatkan agen biologis berupa mikroorganisme yang memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam minyak bumi menjadi mineral-mineral yang lebih sederhana (Goenadi & Isroi 2003: 4). Secara alamiah proses pemulihan oleh mikroorganisme di suatu media tercemar sudah terjadi dengan sendirinya, namun proses pemulihan tersebut terjadi sangat lambat karena pengaruh fisik, kimia dan biologis di lokasi pencemaran yang kurang atau tidak mendukung aktivitas mikroorganisme dalam mengurangi atau menghilangkan kadar bahan pencemar. Selain itu, jumlah dari bahan pencemar juga melebihi kemampuan mikroorganisme tersebut sehingga terjadi akumulasi bahan pencemar (Anonim 1992 : 369).

Teknik pemulihan lahan tercemar oleh limbah minyak bumi yang dilakukan dengan menggunakan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi struktur hidrokarbon ini dikenal dengan istilah bioremediasi (Budianto 2008: 1). Bioremediasi banyak digunakan dalam pemulihan pencemaran lingkungan akibat minyak bumi karena, bioremediasi lebih efektif dan efisien serta berwawasan lingkungan dibandingkan dengan metode pemulihan lingkungan baik secara fisika maupun kimiawi (Gritter *et al.* 1991 *dalam* Nugroho 2006: 88).

Salah satu mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah bakteri (Goenadi & Isroi 2003: 4). Bakteri merupakan mikroba yang paling dominan yang ditemukan pada lingkungan hidrokarbon (Bossert *et al.* 1984: 736; Gibbs & Daves 1976: 55). Bakteri pendegradasi hidrokarbon adalah bakteri yang dapat memanfaatkan limbah minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi. Hasil degradasi hidrokarbon oleh bakteri antara lain asam karbonat, asam asetat dan asam propionat mudah larut dalam air, sehingga dapat menurunkan derajat pH lingkungan dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Indartono 2005: 1).

Pemanfaatan bakteri pendegradasi hidrokarbon yang diisolasi langsung dari habitatnya (bakteri indigen) sebagai agen pendegradasi hidrokarbon dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Chaineau *et al.* (2005: 3) menyatakan bahwa Populasi mikroorganisme indigen tidak membutuhkan waktu adaptasi yang lama sehingga dapat bertahan hidup dan berkembang biak sepanjang waktu dilingkungan yang mengandung hidrokarbon tersebut.

Populasi bakteri pendegradasi hidrokarbon yang terdapat di suatu ekosistem penerima limbah hidrokarbon penyebarannya sangat luas terutama pada lingkungan yang tercemar minyak (Atlas & Bartha 1997: 231). Bakteri yang sudah diketahui dapat memecah hidrokarbon alifatik seperti etana, propana antara lain *Mycobacterium*, *Pseudomonas* dan *Flavobacterium*. Adapun kelompok bakteri yang dapat mendegradasi hidrokarbon aromatik seperti naftalena adalah *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Nocardia* (Alexander 1999 dalam Bach *et al.* 2005: 322)

Isolat bakteri yang mampu mendegradasi limbah dari pengolahan minyak bumi dapat diperoleh dengan cara mengisolasi dari tempat tercemar limbah. Kemudian

dilakukan suatu kegiatan seleksi, karakterisasi dan identifikasi terhadap isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon yang didapat, selanjutnya dilakukan optimalisasi dan penggandaan bakteri pendegradasi hidrokarbon yang didapat, sehingga nantinya dapat digunakan dalam proses bioremediasi.

I.2. Rumusan Masalah

Kemampuan bakteri untuk mendegradasi hidrokarbon dari limbah minyak bumi berbeda-beda, karena komposisi senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam minyak bumi tidak sama antara satu tempat dengan tempat lainnya. Proses bioremediasi dengan memanfaatkan bakteri indigen sangat menguntungkan. Bakteri indigen lebih adaptif, sehingga dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Selain itu juga, kemampuan bakteri indigen dalam mendegradasi hidrokarbon lebih tinggi daripada menggunakan bakteri eksogen (bioaugmentasi) dan lebih aman, untuk itu perlu dilakukan isolasi bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon yang terdapat di penampungan limbah minyak bumi PT Pertamina UBEP Limau, Prabumulih serta melakukan identifikasi terhadap isolat yang didapat berdasarkan karakteristik yang dimilikinya.

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon dari limbah industri minyak bumi dan mengidentifikasi isolat bakteri yang diperoleh berdasarkan karakteristik yang dimilikinya.

I.4. Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai agen biologis dalam proses bioremediasi sehingga dapat membantu mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah industri minyak bumi.

DAFTAR PUSTAKA



- Anonim. 1992. Penanganan Limbah dengan Bioremediasi. <http://www.iec.or.id/> 23 Januari 2009.
- Anonim. 2008. *Kegiatan pengolahan tanah terkontaminasi minyak bumi secara biologis (Bioremediasi) di lapangan Sei Lilin Field Jambi*. Pusat penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Sriwijaya. 1-79 hlm.
- 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.
- Alexander, M. 1977. *Introduction To Soil Microbiology* .2nd. John Wiley and Sons. Toronto. xi + 467 hlm.
- Alexander, M. 1994. *Biodegradation and Bioremediation* 2nd edition. Academic Press, USA : xiv + 453 hlm.
- Amelia, T. 2007. Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Indigen Hidrokarbonoklastik di PT. Pertamina UBEP Jambi. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya: vii + 60 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Atlas, R.M. & Bartha, R. 1987. Transport dan Transformation of 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.
- Atlas, R.M & Bartha, R. 1997. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications* 4th ed. Benjamin Cumming Publishing, Co. Inc. Redwood City. California.
- Benson, H.J. 2002. *Microbiological Application: Laboratory Manual in General Microbiology*. 8th edition. McGraw-Hill. North America. xi + 478 hlm.
- Bossert, I.D. 1983. The Fate and Effect of Residual Hydrocarbon in The and Farming of Oily Sludge. *Journal Microbial Ecol.* 3:101-115 hlm.
- Bossert, I. D., Kachel, W. M. & Bartha, R. 1984. Fate of Hydrocarbon During Oily Sludge Disposal in Soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 4: 763-767 hlm.

- Britton, L.N. 1984. Microbial Degradation of Aliphatic Hydrocarbon. *Applied and Environmental Microbiology*. 4: 690-702 hlm.
- 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.
- Burrows, W., Moulder, J.W. & Lewert, R.M. 1968. *Textbook of Microbiology*. W.B Saunders Company. London. 974 hlm.
- Cappucinno, J.G. & Sherman, N. 1992. *Microbiology a Laboratory Manual*. 3rd edition. The Benjamin Cummings Publish Company, Inc. California. USA. xvii + 462 hlm.
- Carvalho C, and Da Fonseca MR. 2005. Degradation of Hydrocarbons and Alcohols at Different Temperatures and Salinities by *Rhodococcus erythropolis* DCL14. *FEMS Microbiology Ecology*. 51:389-399 hlm.
- Chaineau, C. H., Rougeux, G., Yepremian, C. & Oudot. 2005. Effect of Nutrient Concntration on the Biodegradation of Crude Oil and Associated Microbial Populations in the Soil. *Artikel. Soil Biology & Biochemistry*. 8 hlm.
- Churcill, S.A., Griffin, R.A., Jones, L.P & P.F. Churchill. 1995. Biodegradation and Bioremediation. *Journal Environ Microbiol.*, 24: 19-28 hlm.
- Cybulski Z, Dziurla E, Kaczorek E, and Olszanowski A. 2003. The Influence of *Bacillacea* Strains. *Spill Science and Technology Bulletin*. 8 :503-507 hlm.
- Desai, J.D., & Banat. 1997. Microbial production of surfaktan and their commercial potential. *Journal Microbiology and Molecular Microbiology*. 61: 47-64 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).
- Dibble, J.T & Bartha, R. 1979. Effect of Environmental Parameters on the Biodegradation of oil sludge. *Journal Appl. Environment Microbiol*. 37: 729-739 hlm.

- Ehrlich, H.L & Brierley, C.L. 1990. *Microbial Mineral Recovery*. McGraw-Hill, Inc. R.R. Donnelley & Sons Company. USA. 454 hlm.
- Eweis, J.B., Ergas, S.J., Chang, D.PY. & Schroeder, E.D. 1998. *Bioremediation Principles*. McGraw-hill international editions. Civil engineering series. Singapore. xvi + 296 hlm.
- Fahrudin. 2000. Penggunaan Empat Macam Sumber Inokulum untuk Mempercepat Biodegradasi Hidrokarbon Lumpur Minyak Bumi. *Jurnal Ilmu Tanah & Lingkungan*. 3: 24-29 hlm.
- 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.
- Fitriana. 1999. Pengaruh Komposisi Amonium dan Phospat Terhadap Degradasi Minyak Bumi oleh Bakteri Epyzim dan Campuran Bakteri *Pseudomonas aerugionosa* dan *Artthrobacter simplex*. *Skripsi S-1*. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor: xiv + 89 hlm (Tidak dipublikasikan)
- Gibbs, C. T. & Daves, S. J. 1976. The Rate of Microbial Degradation of Soil in a Beach Column. *Journal Microbial Ecology*. 3: 55-64 hlm.
- Giwangkara 2007. Komposisi Minyak Bumi. *Artikel Departemen Biokimia*. IPB. <http://www.chemistry.org>. Diakses 23 Januari 2009.
- Goenadi, D.H. & Isroi. 2003. Aplikasi Bioteknologi Dalam Upaya Peningkatan Efisiensi Agribisnis Yang Berkelanjutan. *Makalah Lokakarya Nasional Pendekatan Kehidupan Pedesaan dengan Perkotaan dalam Upaya Membangkitkan Pertanian Progresif*, UPN. Yogyakarta.
- Hadi, N. 2003. Degradasi Minyak Bumi via “Tangan” Mikroorganisme. *Artikel Departemen Biokimia*. IPB. <http://www.chemistry.org>. 23 Januari 2009.
- Hadioetomo, R.S. 1995. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Gramedia. Jakarta. vi + 163 hlm.

- Herfatmanesh, A., Minai, D. & Tehrani. 2007. Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Fractions of Heavy Crude oil-Contaminated Soil: A Pilot Study. *Bioremediation Journal.*, 11 (2): 71-79 hlm.
- Herlina, L. 2005. Pengaruh *Bacillus* Penghasil Biosurfaktan dalam Mendegradasi Minyak Bumi pada Limbah Cair Industri Minyak Bumi. *Tesis Magister*. IPB. Bogor: ix + 72 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Hidayat, N., Masdiana, C. & Suhartini, S. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Penerbit Andi Ofset. Yogyakarta. xvi + 198 hlm.
- 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.
- Hughes, M.N., & K. E. Rolle. 1989. *Metals and Microorganismes*. Elsevier Publishing Company. New York. 188 hlm.
- Indartono, B. & Setyo, Y. 2005. Minyak Tanah Sebagai Pengganti Solar. <http://www.indeni.org/blogcategory>. 23 Januari 2009.
- Irianto, K. 2006. *Mikrobiologi, Mengungkap Dunia Mikroorganismes*. Jilid 1. Yrama Widya. Bandung. 256 hlm.
- Jacobucci, D.F., C.K. Vasconcelos., A.B. Matsuura., & Falconi. 2001. Degradation of diesel oil by biosurfactan-producing bacterial strains. *The Magazine of Environmental Assesment & Remediation*. 70 hlm.
- Jenning, E.M., & R.S. Taner. 2000. Biosurfactan producing bacteria found in contaminated and uncontaminated soils. *In Proceeding of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research*. 299-306 hlm.
- Kadarwati, S. 1994. Aktivitas Mikroba dalam Transformasi Substansi di Lingkungan Situs Hidrokarbon. *Lembaran Publikasi Lemigas*. 2: 12-20 hlm.
- Kardena, E & Suhardi, SH. 2001. Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contaminated Soil with *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal Appl. Environ Microbiol*. 62: 2381 hlm.

- Kasam., Hakim, L. & Malida, E. 2008. Karakteristik Batako dari Limbah Alumina Pengolahan Minyak Bumi. *Prosiding: Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. Lampung: 1-7 hlm.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 128 tahun 2003 tentang *Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta. 32 hlm.
- Kirom, A. A., & Gylmn, T. 2004. Pantai Balikpapan Tercemar, Siapa Bertanggungjawab? *Artikel Gali-gali No. 47*. Sekretariat Jaringan Advokasi Tambang. Jakarta. 1-2 hlm.
- Kristanti, N. 2003. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Menggunakan Bakteri Petrofilik dan Jamur *Sporotrichum pulverulentum*. <http://www.itb.ac.id>. 05 Maret 2009.
- Kurnia, U., Husen., Saraswati., & Nurjaya. 2001. Teknologi Pengendalian Pencemaran Lahan Sawah. *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produksi Pertanian*. 249-282 hlm.
- 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.
- Lemigas. 1995. Karakteristik Beberapa Mikroba Lapangan Minyak Indonesia dalam Prospek MEOR. *Kumpulan Makalah Simposium RI*. Lemigas. Jakarta.
- Lin, S.C 1996. Biosurfactan. *Journal Chem. Tech. Biotechnol*. 66: 109-120 hlm.
- Marjaka, W. & Nugraha, H. 2005. Pemanfaatan *Sludge* Minyak pada Industri Migas Indonesia. <http://menlh.co.id>. 05 Maret 2009.
- Margaritis, A., J. E. Zajic & D.F. Ferguson. 1979. Production and Surface-active Properties of Microbial Surfactan. *Journal Biotechnol and Bioeng*. 21: 1151-1162 hlm.
- Misran, E. 2002. Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan. *Laporan Penelitian*. Program Teknik Kimia Fakultas Teknik USU. Medan. 17 hlm.

- Millen, M.S. & Lambertz, D. 1998. *Lessons Learned on E & P Biotreatment*. Kealthy Environment and Safety Group. Chevron Research and Technology Company. Richmon. California.
- Munawar. 1999^a. Bioremediasi In Vitro Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi Oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik. *Jurnal Penelitian Sains*. No 6 : 44 – 49 hlm.
- Munawar. 1999^b. Isolasi dan Skrining Bakteri pengguna Hidrokarbon di Daerah Rhizosfir Hutan Bakau Yang Tercemar Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi. *Jurnal Ilmiah MIPA*. 2 (2): 41-47 hlm
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan mikroba dalam bioremediasi: Suatu teknologi alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan. 1-34 hlm.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi sludge Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi land treatment. *Makara Teknologi*, VOL. 10, NO. 2: 82-89 hlm.
- Pelczar, M.J & Chan, E.C.S. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi 1*. Penterjemah Hadioetomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S & Angka, S.L. Penerbit UI Press. Jakarta: 443 hlm.
- Prescott, L.M., Harley, J.P. & Klein, D.P. 2005. *Microbiology 5th*. McGraw Hill. Boston
- Prijambada, I.D. & Widada, J. 2006 Mitigasi Dan Bioremediasi Lahan Tambang Minyak. *Seminar Nasional PKRLT Fakultas Pertanian UGM*. Yogyakarta.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Bumi Aksara. Jakarta: xii + 286 hlm.
- Prijambada, I.D., Trimanto, R.D. & Soedarsono, J. 2000. Peningkatan Populasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Limbah Minyak Bumi oleh Penambahan Bahan Organik Tanah. *Jurnal Ilmu Tanah Lingkungan*. 2: 21-25 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.

- Santoso, D.A. 1995. Bioteknologi Penambangan minyak bumi. Disarikan dari Albertsen, M. 1991. *Möglichkeit Einer Mikrobiell Verbesserten Erdolfforderung Bedingungen Lagerstätten And Relevante Erkenntnisse*. IPB. Bogor: 262 hlm.
- Shield, M.S., M.J. Reagin, R.R. Gerger, R. Campbell., & C. Somerville. 1995. TOM, a new aromatic degradative plasmid from *Pseudomonas cepacea* G4. *Journal Appl. Environ. Microbiol.* 61(4): 1352-1356
- Sudrajat. 1996. *Karakteristik Limbah Minyak Bumi dan Pelaksanaan Bioremediasi*. PPLH. Samarinda: 1-89 hlm.
- Sukarmin. 2004. Hidrokarbon dan Minyak Bumi. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta: x + 54 hlm.
- Suthersan, S.S. 1999. In Situ Bioremediation. In: *Remediation Engineering: Design Concepts*. Ed. Boca Raton. 36 hlm.
- Suyanto, D. 2003. Biodegradasi aerobik senyawa hidrokarbon aromatik Monosiklis oleh bakteri. *Makara Teknologi* 2: 1-12 hlm.
- 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>. 23 Januari 2009.
- Swannell, R.P.J., Head, I.M., Daly, K. & Engelhardt, M.A. 2000. Isolation and Characterization of a novel hydrocarbon-degrading, Gram-positive bacterium, isolated from intertidal beach sediment, and description of *Planococcus alkanoclasticus* sp. *Journal of Applied Microbiology*. 90: 237-247 hlm.
- Thomas, J.M., Ward, C.H., Raymond, R.L., Wilson., J.T & Loehr, R.C. 1992. Bioremediation. Dalam: *Encyclopedia of Microbiology*. Vol 1. Academic Press, Inc. 369-385 hlm.
- Timotius, K.H. 1982. *Mikrobiologi Dasar*. Universitas Kristen satya wacana. Salatiga. 205 hlm.
- Udiharto, M. 1996. Bioremediasi Minyak Bumi. *Prosiding Pelatihan Dan lokakarya: Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong.

- Wahyuni, D. 2009. Produksi Minyak Pertamina EP Capai Titik Tertinggi. *Detik Finance*. 2 hlm.
- 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., Maki, T., Hiroyuki, F. & Shigeaki, H. 1998. Molecular Detection, Isolation, and Physiological Characterization of Functionally Dominant Phenol-Degrading Bacteria in Activated Sludge. *Applied and Environmental Microbiology*. No. 11 (2): 4396-4402 hlm.
- Widjajanti, H., Munawar & Nafiah. 2006. Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Kegiatan Eksplorasi Minyak Bumi. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan & SDA*. 6(4): 22-31 hlm.
- Zulkifliani. 1993. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Oleh *Pseudomonas* p Gamma Cobalt-60 Dalam Medium Air Laut yang Diperkaya Nitrogen dan Fosfor. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas : xv + 70 hlm. (Tidak Dipublikasikan).