

**BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI
MENGUNAKAN BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK
ASAL HUTAN MANGROVE DESA SUNGSANG**

Oleh

NASRUL HARAHAHAP



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

INDERALAYA

2010

631.407
Har
b
e-100479
2016

R. 18062
i. 18507

**BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI
MENGUNAKAN BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK
ASAL HUTAN MANGROVE DESA SUNGSANG**



Oleh

NASRUL HARAHAHAP



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

INDERALAYA

2010

SUMMARY

NASRUL HARAHAHAP. Bioremediation of Petroleum Contaminated Soil by Hydrocarbonoclastic Bacterial Isolated from Mangrove Forest in Sungsang (Supervised by **NUNI GOFAR** dan **SITI NURUL AIDIL FITRI**).

This research aimed to study the ability of hydrocarbonoclastic bacterial to reduce total petroleum hidrocarbon of petroleum contaminated soil. The hydrocarbonoclastic bacteria were isolated from rhizosphere of mangrove grown on petroleum contaminated soil in Sungsang, South Sumatra. The samples were taken using a defined sampling method from the oil contaminated areas. Soil samples around the roots of mangrove plants were taken at random in the contaminated area. Isolates obtained from the isolation and selection of bacteria from mangrove forests which proved to overhaul the laboratory-scale oil, used as treatment of oil contaminated soil of the earth using completely randomized design. Nine isolates of hydrocarbonoclastic bacterial were obtained indigenous to mangrove forests origin contaminated oil, which proved of capable degrading petroleum in vitro. Two isolates were identified as *Alcaligenes faecalis* (I₅) and *Pseudomonas alcaligenes* (I₈). Both isolates are able to reduce TPH respectively 65% to I₅ and 70% to I₈ higher than the control.

RINGKASAN

NASRUL HARAHAHAP. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Hidrokarbonoklastik Asal Hutan Mangrove Desa Sungsang (Dibimbing oleh **NUNI GOFAR** dan **SITI NURUL AIDIL FITRI**)

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan beberapa isolat bakteri hidrokarbonoklastik yang diisolasi dari tanah asal hutan Mangrove desa Sungsang dalam menurunkan kadar TPH (total petroleum hidrokarbon) tanah yang tercemar minyak bumi. Penelitian diawali dengan pengambilan contoh tanah tercemar minyak bumi asal rhizosfer mangrove dengan metode *purposive sampling* sebagai sumber isolat bakteri hidrokarbonoklastik. Isolat yang diperoleh dari isolasi dan seleksi bakteri asal hutan mangrove yang terbukti mampu merombak minyak bumi skala laboratorium, dijadikan perlakuan pada tanah yang tercemar minyak bumi menggunakan rancangan acak lengkap. Diperoleh 30 bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu hidup dalam medium mengandung minyak bumi. Dari 30 isolat tersebut, terseleksi 9 isolat yang terbukti mampu merombak minyak bumi. Dua isolat terbaik dalam merombak minyak bumi mampu menurunkan TPH berturut-turut 65 % untuk I₅ dan 70% untuk I₈ lebih tinggi dibandingkan kontrol. Kedua isolat tersebut diidentifikasi sebagai *Alcaligenes faecalis* untuk isolat kode I₅ dan *Pseudomonas alcaligenes* untuk isolat kode I₈.

Motto:

Tuliskanlah apa yang mau engkau lakukan, lakukanlah yang telah engkau tuliskan.

Skripsi ini ku persembahkan

- *Kedua orang tua ku yang ku sayangi*
- *Ayuk Mar, ayuk Sam, Ayuk Bad, Kak Medi, Kak Doni dan Adik Hipni serta Koponakan ku ayu dan Putri*
- *Semua Teman-teman ku 2006 yang tetap kompak (Dewi, Jely, Dian, Nopa, Ibie, Sera, Yuli, Putri, Anggi, Seruni, Desta, Ukie, Arvin, Aldo, Chandra, Gulo, Johak, Padli, Agung, Edi, Sudarso, Zidan, kiki, Parlin, Ucup)*
- *Seseorang yang selalu memberi motivasi dalam hidupku*
- *Mbak Rima, Mbak Meci, Mbak Indah, Mbak Rgdiah, Mbak Novi Mipa, Mbak Winda Mipa*
- *Teman-Teman satu kost (Engga, Cahyo, Asam)*
- *Semua Bemers FP*
- *Semua BWPG*
- *Semua IMB (Ikatan Mahasiswa Befitang)*
- *Almamaterku Tercinta*

**BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI
MENGUNAKAN BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK
ASAL HUTAN MANGROVE DESA SUNGSANG**

Oleh

NASRUL HARAHAHAP

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian**

Pada

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDERALAYA
2010**

**BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI
MENGUNAKAN BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK
ASAL HUTAN MANGROVE DESA SUNGSANG**

**Oleh
NASRUL HARAHA
05061002015**

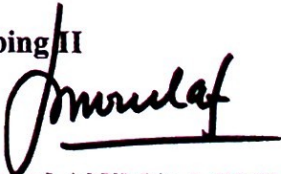
**Telah diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian**

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.

Pembimbing II



Ir. Siti Nurul Aidil Fitri, M.Si

Inderalaya, Februari 2010

**Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**

Dekan,



**Prof. Dr. Ir. H. Imron Zahri, M.S.
NIP.195210281975031001**

Skripsi berjudul” Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Hidrokarbonoklastik asal Hutan Mangrove Desa Sungsang” oleh Nasrul Harahap, telah dipertahankan di depan Komisi Penguji pada tanggal 8 Februari 2010.

Komisi Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.

Ketua

(.....)

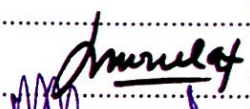
2. Dra. Dwi Probawati S., M.S.

Sekretaris

(.....)

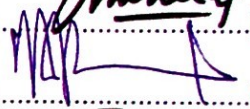
3. Ir. Siti Nurul Aidil Fitri, M.Si.

Anggota

(.....)

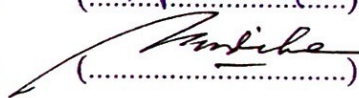
4. Ir. H. Marsi, M.Sc, Ph.D.

Anggota

(.....)

5. Ir. H. M. Amin Diha, M.Sc.

Anggota

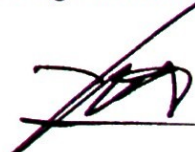
(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah



Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.P.
NIP. 196204211990031002

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Ilmu Tanah



Dr. Ir. Dwi Setyawan, M.Sc.
NIP.196402261989031004

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam Skripsi ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, adalah hasil penelitian atau investigasi saya sendiri dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan lain atau kesarjanaan yang sama di tempat lain.

Inderalaya, Februari 2010

Yang membuat pernyataan

Nasrul Harahap

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Belitang, Tanah Merah, 20 September 1988, putra ke empat dari lima bersaudara, merupakan anak dari Bapak **Thamrin** dan Ibu **Salbiah**. Pendidikan dasar diselesaikan pada tahun 2000 di SD Negeri 2 Jaya Negara Belitang, sekolah lanjutan tingkat pertama selesai pada tahun 2003 di SLTP Negeri 5 Belitang, dan sekolah menengah tingkat atas diselesaikan pada tahun 2006 di SMU Negeri 1 Belitang. Pada bulan September 2006, Penulis tercatat sebagai mahasiswa di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya jalur SPMB.

Selama Kuliah di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya penulis tercatat sebagai Sekretaris Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah. Penulis juga pernah menjadi asisten luar biasa Mata Kuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Kesuburan Tanah, Biologi Tanah, Pupuk dan Pemupukan, dan Pengolahan Air. Penulis juga mendapatkan dana kompotetitif dari Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat berupa kegiatan kewirausahaan tahun anggaran 2009 dan dana kompetitif dari Dikti pada Program Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian (PKMP) tahun anggaran 2010.

Penulis melaksanakan Praktik Lapangan pada bulan Maret di Desa Telang Karya Kecamatan Banyuasin dengan judul "Aplikasi Bakteri Endofitik Sebagai Pupuk Hayati Pada Tanaman Padi Di Daerah Rawa Pasang Surut Jalur 8 Telang Karya Kecamatan Banyuasin".

Inderalaya, Februari 2010

Nasrul Harahap

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: "Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Hidrokarbonoklastik Asal Hutan Mangrove Desa Sungsang".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S. dan Ir. Siti Nurul Aidil Fitri, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan selama menyelesaikan Srikripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dosen penguji yang terdiri dari Ir. H. Marsi, M.Sc, Ph.D. dan Ir. H. M. Amin Diha, M.Sc. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada ketua dan sekretaris Jurusan Tanah, yaitu Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.P. dan Dra. Dwi Probowati S., M.S. serta kepada seluruh dosen Jurusan Tanah. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini juga diucapkan terima kasih.

Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada Dirjen Dikti sebagai penyandang dana penelitian Hibah Bersaing berjudul "Eksplorasi Bakteri dan Kapang Hidrokarbonoklastik dari Kawasan Hutan Mangrove Yang Tercemar Minyak Bumi" yang diketuai oleh Ibu Dra. Hary Widjajanti, M.Si. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat untuk pengembangan penelitian di bidang biologi tanah .

Inderalaya, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman judul.....	i
Ringkasan	ii
Summary.....	iii
Halamaan Pengesahan	iv
Kata Pengantar.....	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	4
C. Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Minyak Bumi	5
B. Pencemaran Lingkungan oleh Minyak Bumi.....	8
C. Pengaruh Minyak Bumi terhadap Hutan Mangrove	9
D. Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi.....	11
E. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi.....	13



III. PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu.....	18
B. Bahan dan Alat	18
C. Metode Penelitian	19
D. Pengujian Pengaruh Bakteri Hidrokarbonoklastik dalam Bioremediasi	21
E. Pengamatan	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi dan seleksi Bakteri Hidrokarbonoklastik	27
B. Beberapa Sifat Kimia Tanah Sebelum Penelitian.....	31
C. Pengaruh Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik	31
D. Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	40
B. Saran	40

DAFTAR PUSTAKA	41
----------------------	----

LAMPIRAN	46
----------------	----

DAFTAR TABEL

	halaman
1. Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik Hasil Seleksi Tahap 1	27
2. Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik Hasil Seleksi Tahap 2.....	29
3. Pengaruh Berbagai Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik terhadap pelepasan CO ₂ setiap minggu	33
4. Rata-rata kadar TPH (%) tanah tercemar minyak bumi pada 2 dan 4 MSI.....	37
5. Hasil Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Skema Klasifikasi Hidrokarbon.....	6
2. Kelompok Hidrokarbon (<i>Sumber</i> : Prijambada, 2008).....	7
3. Hasil Seleksi Tahap 1	28
4. Hasil Seleksi Tahap 2	30
5. Perubahan pH mingguan akibat aplikasi berbagai Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik.....	32
6. Oksidasi Toluene Menjadi Katekol Oleh <i>Psuedomonas aeruginosa</i>	34
7. Produksi CO ₂ akibat Inokulasi Berbagai Isolat	35
8. Persentase Penurunan TPH.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Data Analisis Sifat Kimia Sampel Tanah Sedimen	46
2. Data Analisis Sifat Kimia Sampel Tanah yang dicemari	48
3. Data pH Minggu ke-1, Minggu ke-2, Minggu ke-3 dan Minggu ke-4	49
4. Data Pelepasan CO ₂ Minggu ke-1, Minggu ke-2, Minggu ke-3 dan Minggu ke-4	50
5. Data Persentase rata-rata Penurunan TPH	53
6. Data Penurunan Persentase TPH	54



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi utama untuk industri, transportasi dan rumah tangga, disamping sebagai bahan bakar dan bahan penggerak industri. Ekspor minyak dan gas bumi merupakan sumber devisa penting bagi negara (Kadarwati *et al.*, 1996). Kebutuhan energi untuk aktivitas kehidupan manusia masih terus berlanjut menggunakan sumber energi hidrokarbon (fosil). Berbagai kegiatan eksplorasi, eksploitasi, penyimpanan, pengolahan, dan distribusi minyak mentah maupun minyak olahan masih sering menyebabkan kebocoran atau tumpahan minyak ke lingkungan.

Selama ini upaya-upaya penanggulangan pencemaran secara konvensional yang berdasarkan kepada kegiatan-kegiatan mekanik, perubahan fisik, dan proses kimia sering kurang memuaskan dan tidak memadai lagi. Membuang bahan pencemar dengan menguburnya di dalam tanah akan memindahkan masalah atau bahaya ke perairan karena penyerapan ke air tanah atau pencemaran udara apabila dibakar (Kadarwati *et al.*, 1996).

Penanggulangan pencemaran minyak dapat dilakukan secara fisik dan kimia (Mangkoedihardjo, 2005), namun cara penanggulangan ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan (Sofa, 2008). Secara fisik, pemulihan lingkungan yang tercemar oleh minyak bumi memerlukan biaya yang sangat tinggi untuk

pengangkutan dan pengadaan energi guna membakar materi yang tercemar. Selain itu, penanggulangan secara fisik umumnya digunakan pada langkah awal penanganan, terutama apabila minyak belum tersebar ke mana-mana. Penggunaan senyawa kimia sebagai penetralisir juga memakan biaya yang cukup besar. Selain itu, metode ini memerlukan teknologi dan peralatan canggih untuk menarik kembali bahan kimia dari lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif yang lain. Mengingat dampak pencemaran minyak bumi baik dalam konsentrasi rendah maupun tinggi cukup serius, maka manusia terus berusaha mencari teknologi yang paling mudah, murah dan tidak menimbulkan dampak lanjutan (Nugroho, 2006).

Salah satu alternatif penanggulangan lingkungan tercemar minyak adalah dengan teknik bioremediasi, yaitu suatu teknologi yang ramah lingkungan, efektif dan ekonomis dengan memanfaatkan aktivitas mikroba seperti bakteri. Melalui teknologi ini diharapkan dapat mereduksi minyak buangan yang ada dan mendapatkan produk samping dari aktivitas tersebut (Udiharto *et al.*, 1995).

Bioremediasi lebih murah dan berwawasan lingkungan dibandingkan dengan metode pemulihan lingkungan baik secara fisika maupun kimiawi. Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan (Munir, 2006) dan merupakan alternatif pengolahan limbah minyak bumi dengan cara degradasi mikroorganisme yang menghasilkan senyawa akhir yang stabil dan tidak beracun (Zam, 2006). Dalam bioremediasi, biodegradasi dilakukan dengan cara memotong rantai hidrokarbon tersebut menjadi lebih pendek dengan melibatkan berbagai enzim yang dihasilkan oleh mikroba.

Keberadaan mikroorganisme (bakteri, jamur, dan khamir) pendegradasi hidrokarbon tersebar luas di alam. Mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon banyak dijumpai pada kawasan tercemar minyak (Nurhariyati *et al.*, 2006). Gofar dan Ridho (2008) telah menemukan 3 isolat kapang hidrokarbonoklastik indigen asal hutan mangrove sungsgang tercemar minyak bumi yang mampu mendegradasi minyak bumi secara *in vitro*. Berdasarkan hasil tersebut diduga akan diperoleh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbonoklastik dari lokasi tersebut.

Gosalam *et al.* (2000) telah mengisolasi bakteri dari ekosistem hutan mangrove yang mampu mendegradasi residu minyak bumi yaitu *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas pyricanea*, *Corynebacterium pseudodiphtheriticum*, *Rothia* sp., *Bacillus coagulans*, *Bacillus brevis* dan *Flavobacterium* sp.

Menurut Leahy and Colwell (1990), bahwa Kelompok bakteri merupakan agen bioremediasi yang banyak digunakan dibanding dengan agen bioremediasi lainnya. Kelompok bakteri dominan berperan pada ekosistem laut, Selain itu juga bakteri memiliki kecepatan reproduksi yang tinggi (Koswara, 2003). Bakteri yang memiliki kapasitas untuk mendegradasi senyawa yang terdapat di dalam petroleum hidrokarbon dikenal sebagai bakteri hidrokarbonoklastik (Syakti, 2004). Dilaporkan Hadi (2003), bahwa kelompok bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon alifatik antara lain *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, sedangkan bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon aromatik diantaranya dari genus *Pseudomonas*.

Eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik asal hutan mangrove Sumatera Selatan yang tercemar minyak bumi penting dilakukan untuk mengetahui potensi

bakteri indigen dalam merombak minyak bumi. Isolasi dan pengujian kemampuan bakteri hidrokarbonoklastik dalam merombak minyak bumi yang mencemari tanah diharapkan akan mendapatkan isolat-isolat bakteri yang berkemampuan tinggi merombak hidrokarbon minyak bumi dan memperkaya keanekaragaman hayati yang bermanfaat untuk menanggulangi pencemaran lingkungan.

B. Tujuan

Mempelajari beberapa isolat bakteri hidrokarbonoklastik yang diisolasi dari tanah asal hutan Mangrove desa Sungsang yang mampu dalam menurunkan kadar TPH (total petroleum hidrokarbon) tanah yang tercemar minyak bumi.

C. Hipotesis

Diduga akan diperoleh isolat bakteri hidrokarbonoklastik hasil isolasi dari tanah hutan mangrove desa Sungsang yang efektif mampu merombak senyawa hidrokarbon minyak bumi yang mencemari tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Hidrokarbon dan Minyak Bumi. <http://www.freewebs.com>. Di akses tanggal 28 Januari 2009.
- Atlas, R.M. 1975. Effects of temperature and crude oil composition on petroleum biodegradation. *App. Environ. Microbiol.* 30(3):396-403.
- Atlas, R.M. 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon: environmental perspective. *Microbiol. Rev.* 45(1):180-209.
- Atlas, R.M. and R. Bartha. 1998. Microbial ecology "Fundamentals and applications. 4th Edition. Addison Wesley Longman. Inc. California. USA. Chapter 13-14.
- Bewley, J.F. 1996. Field implementation of in situ bioremediation :keyphysiscochemical and biological factor. *In* Stozky, G. and J.M.Bollay. *Soil Biochemistry.* 9: 475-555.
- Bosser, I.and R. Bartha. 1984^a. The fate of petroleum in soil ecosystem. pp. 435-473. *In* Atlas, R.M. *Petroleum Microbiology.* Macmillan Publ. New York.
- Bosser, I.and R. Bartha.1984^b. The treatment and disposal of petroleum in soil wastes. pp.553-577. *In* Atlas, R.M. *Petroleum Microbiology.* Macmillan Publ. New York.
- Brock, T. D. MT. Madigan, J.M. Martinko and J. Parker. 1994. *Biology of Microorganism*, Prentice-Hall International. Inc., Baltimore.
- Dibble, J.T. and R.Bartha. 1997. Effect of environmental parameter on the biodegradation of soil sludge. *App. Environ. Microbial.* 37(4):729-739.
- Fahrudin. 2004. Dampak Tumpahan Minyak pada Biota Laut <http://www.kompas.com>. Diakses tanggal 17 Juli 2009.
- Floodgate, G.D. 1997. Nutrient limitation. 107-118. *In* A.W. Bourquin and P.H. Pritchard. *Proc. of Workshop. Microbial Degradation of Pollutan in Marine Environmental.* Enviromental Research Laboratory, Gulf Breeze.
- Gofar, N. dan M.R. Ridho. 2008. Eksplorasi kapang hidrokarbonoklastik dari kawasan hutan mangrove yang tercemar minyak bumi. Laporan penelitian pada PPs Universitas Sriwijaya, Palembang.

- Gordon, R. 1994. Bioremediation and its Application to Exxon Valdez Oil Spill in Alaska. <http://www.geocities.com>. Diakses tanggal 28 Agustus 2009.
- Gosalam, S. N. Juli, dan Taufikurrahman. 2000. Isolasi bakteri dari ekosistem mangrove yang mampu mendegradasi residu minyak bumi. D113-122. Prosiding Konferensi Nasional II Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia, Makasar.
- Giwangkara, E.G. 2006. Komposisi minyak bumi. <http://persembahanku.wordpress.com>. Diakses Tanggal 06 Agustus 2009.
- Greene, E.A., J.G. Kay, K. Jabeer, L.G. Stehmeier, dan G. Voordouw. 2000. Composition of soil microbial communities enriched on a mixture of aromatic hydrocarbon. J. Appl. & Environment. Microbiol. Am. Soc. Microbiol.: 5282- 5289.
- Hadi, S.N. 2003. Degradasi Minyak Bumi via Tangan Mikroorganisme. <http://www.chem-is-try.org>. Diakses tanggal 01 Juli 2009.
- Huddelston, R.L. and L.W. Creswell. 1976. Environmental and nutritional constrain of microbial hydracarbon utilization in the soil. In Proceedings of 1975 Engineering Foundation Conference: The Role of Microorganisme in The Recovery of oil. Washington. pp.71-72.
- Hoff, R., Philippe, H., Edward ,C., Proffitt., Patricia, D., Gary, S., Rut,h Y., Alan, J. M. 2002. Oil Spills in Mangroves. *National Oceanic and Atmospheric Administration . NOAA Ocean Service Office of Response and Restoration*. Washington: 1-71.
- Kadarwati, S., H. Noegroho dan M. Udiharto. 1996. Bioproses untuk Penanganan Limbah Kilang Minyak. Prosiding Temu Karya Pengolahan 1996. Lemigas, Jakarta.
- Keenan, Kleinfelter, dan Wood. 1993. Kimia untuk Universitas. Erlangga, Jakarta.
- Kohlmeyer, J. and E. Kohlmeyer. 1997. Marine Mycology. Academic Press, New York.
- Koswara, A. 2003. Kemampuan isolat bakteri dari tanah tercemar pelumas dalam Mendegradasi pelumas bekas. Tesis pada Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) ITB, Bandung (tidak dipublikasikan).
- Leahy, J. G and R. R. Colwell. 1990. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment. Microbiological Rev: 305-315.

- Mancera, M.E., M.T. Lopez, Rodríguez-Casasola, E. Ríos-Leal, F. Esparza-García, B. Chávez-Gómez, R. Rodríguez-Vázquez, J. Barrera-Cortés. 2007. Fungi and Bacteria Isolated from Two Highly Polluted Soils for Hydrocarbon Degradation. Technical paper. Acta Chim. Slov. 54: 201–209.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan ITS, Surabaya. p. 1-9.
- Munawar. 2007. Bioremediasi tumpahan minyak mentah dengan metode biostimulasi nutrisi organik di lingkungan pantai Surabaya Timur. Jurnal Berk. Panel. Hayati. 13: 91-96.
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Universitas Sumatera Utara, Medan. p. 1-37.
- Muntamah. 2001. Isolasi, seleksi, dan karakterisasi bakteri pendegradasi hidrokarbon dari Sungai Komering yang tercemar limbah industri pengolahan minyak bumi PERTAMINA UP III Plaju-Palembang. Skripsi pada Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya (tidak dipublikasikan).
- Ni'matuzahroh. 2004. Mekanisme Asimilasi Hidrokarbon oleh Bakteri Hidrokarbonokalsik *Pseudomonas*. *Research Report from JIPTUNAIR*. Diakses tanggal 17 Juli 2009.
- Noegroho, H. 1999. Pengaruh aerasi pada bioproses limbah kilang minyak. Lembaran Publikasi Lemigas, Jakarta.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi *sludge* minyak bumi dalam skala mikrokosmos. Makara Teknologi. 10(2): 82-89.
- Nurhariyati, T., Ni'matuzahroh dan T. Surtiningsih. 2006. Biodegradasi minyak oleh *Rhodotorula* dan *Candida* hasil isolasi dari pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Penelitian Hayati: 12: 27–31.
- Okochan. 2008. Pengendalian Pencemaran Perairan. <http://okochan.multiply.com>. Diakses tanggal 01 Juli 2009.
- Pandia, S., A. Husin dan Masyithah. 1995. Kimia Lingkungan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.

- Pikoli, M.R., A. Pingkan. dan I.A. Dea. 2000. Isolasi bertahap dan identifikasi isolat bakteri termofilik pendegradasi minyak bumi dari sumur bangko. Prosiding Institut Teknologi Bandung, Bandung. p. 1-10.
- Prijambada, I. 2008. Biodegradasi senyawa hidrokarbon. Presentasi. Lab. Mikrobiologi Tanah dan Lingkungan Fakultas Pertanian. UGM, Yogyakarta.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Terms of Reference. Type A Survey Kapabilitas dan Klasifikasi Kesesuaian Lahan. P3MT, Bogor.
- Purwasena. I.A. 2006. Isolasi dan karakterisasi bakteri hidrokarbonoklastik dari reservoir minyak bumi Kalimantan yang berpotensi bagi Penerapan teknologi MEOR (*Microbially Enhanced Oil Recovery*). Tesis pada Program studi Biologi. Institut Teknologi Bandung, Bandung (tidak dipublikasikan).
- Santosa. D.A. 1999. Bahan kuliah Bioteknologi Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Skladany. G.J. and F.B. Metting. 1993. Bioremediation of contaminated soil. pp. 483-513. *In* Metting, F.B. Soil Microbial Ecology (Applications Agriculture and Environmental Management). Marcel Dekker, New York.
- Sofa, P. 2008. Penanganan limbah dengan bioremediasi. [http:// www. masofa. Wordpress. Com](http://www.masofa.wordpress.com). Diakses tanggal 01 Juli 2009.
- Suryanto, D. 2003. Biodegradasi aerobik senyawa hidrokarbon aromatik monosiklis oleh bakteri. Digital Library. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan. p. 1-13.
- Syakti, A.D. 2004. Bioremediasi lingkungan. <http://www.freelists.org>. Diakses tanggal 23 Juni 2009.
- Tribuwono, B.R. 2008. Kinetika biodegradasi limbah minyak bumi menggunakan reaktor batch biosluury. Tesis pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti, Jakarta.
- Twilley, R.R. dan C. Ronghua. 1997. The Utility of ecological models in the assessment of oil impacts to mangrove ecosystems. Department of Biology University of Southwestern Louisiana. *In* Managing Oil Spills in Mangrove Ecosystems: Effects. Remediation. Restoration. and Modeling. Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Region: 29-51.

- Udiharto, M. 1993. Pengaruh aktivitas *Bassilus stearotthermophillus* terhadap tegangan permukaan crude oil. Lembaran Lemigas, Jakarta.
- Udiharto, M., S.A. Rahayu. A. Haris dan Zulkifliani. 1995. Peran bakteri dalam degradasi minyak dan pemanfaatannya dalam penanggulangan minyak bumi buangan. Proceedings Diskusi Ilmiah VIII PPTMGB. Lemigas, Jakarta.
- Udiharto, M. 1996. Bioremediasi minyak bumi. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Kerja sama LIPI BPPT dan Hans Seidel Foundation (HSF), Jakarta.
- Yani, M.M, F. Anas. dan I. Andes. 2005. Pengembangan konsorsium mikroba pendegradasi hidrokarbon. pengembangan proses bioremediasi dan penerapannya pada tanah terkontaminasi minyak bumi pada skala laboratorium. Abstrak Penelitian. IPB, Bogor.
- Zam, S.I. 2006. Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi PERTAMINA UP II Sungai Pakning dengan Menggunakan Bakteri Indigen. Tesis pada Program Studi Bioteknologi Institut Teknologi Bandung, Bandung (tidak dipublikasikan).
- Zobell, C.E. 1969. Microbial modification of crude oil in the sea. pp.317-326. *In* Proceeding of conference on prevention and control of soil Spill. American Petroleum Institute, Washington. D.C.
- Zuhra, C.F. 2003. Penyulingan, pemrosesan dan penggunaan minyak bumi. Digital Library. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas. Sumatera Utara, Medan. p 1-11.