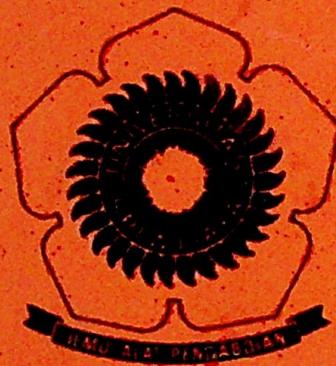


**BIOREMEDIASI HIDROKARBON MINYAK BUMI MENGGUNAKAN KULTUR
CAMPUR KAPANG INDIGEN DARI KAWASAN MANGROVE SUNGSANG
KABUPATEN BANYUASIN-SUMATERA SELATAN DALAM SKALA
LABORATORIUM**

SKRIPSI

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



Oleh :

**FARHAN SYAHDI
08061004017**

JURUSAN BIOLOGI

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

NOVEMBER 2010

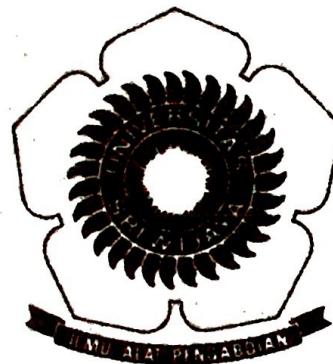
662.667
far
v
200

**BIOREMEDIASI HIDROKARBON MINYAK BUMI MENGGUNAKAN KULTUR
CAMPUR KAPANG INDIGEN DARI KAWASAN MANGROVE SUNGSANG
KABUPATEN BANYUASIN-SUMATERA SELATAN DALAM SKALA
LABORATORIUM**



SKRIPSI

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



Oleh :

**FARHAN SYAHDI
08061004017**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**BIOREMEDIASI HIDROKARBON MINYAK BUMI MENGGUNAKAN KULTUR
CAMPUR KAPANG INDIGEN DARI KAWASAN MANGROVE SUNGSANG
KABUPATEN-BANYUASIN SUMATERA SELATAN DALAM SKALA
LABORATORIUM**

SKRIPSI

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

Oleh :

**FARHAN SYAHDI
08061004017**

Indralaya, November 2010

Pembimbing II



**Dr. Salni, M.Si
NIP. 196405291991021001**

Pembimbing I



**Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si
NIP. 196407111989032001**



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi**

**Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc
NIP. 195909091987031004**

MOTTO

*"Dan janganlah kamu merasa lemah, dan jangan pula bersedih hati,
sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang beriman
(Al-Imran: 139).*

*"Perjuangan adalah suatu garis, suatu proses, bukan suatu titik,
yang ada ialah garis mendaki, menurun, dan mendatar, untuk itu
perlu usaha yang keras untuk mencapainya"*

Ku Persembahkan Karya ini untuk :

- *Dien-ku (Al Islam)*
- *Kedua orang tuaku tercinta ibu Hj. Zainuri dan bapak H. Badaruddin (Alm)*
- *Kakak-kakakku tersayang Nurul Hikmah, S.Ag, M.Tomimi, Mukmin Hafiz, S.TP, Nurul Izzati, dan Fajri Ramdhani*
- *Adik-adikku tersayang Kokom Komariah & Isham Akbar*
- *Sahabat dan orang-orang yang pernah didekatku*
- *Almamater*

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 Rasulluh SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis menyelesaikan skripsi yang berjudul Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Kultur Campur Kapang Indigen Dari Kawasan Mangrove Sungsang Kabupaten-Banyuasin Sumatera Selatan Dalam Skala Laboratorium 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 Dr. Salni, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, masukan serta saran selama penelitian sampai selesaiannya penulisan skripsi ini. Selain itu juga, 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. Muhamni, M.Si selaku sekretaris Jurusan Biologi serta selaku dosen pembahas yang telah memberikan koreksi, masukan dan bimbingannya terhadap tulisan ini.
4. Drs. Hanifa Marisa, M.S selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama masa perkuliahan.
5. Drs. Enggar Patriono, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan untuk penyelesaian tugas akhir ini.

6. Dra. Hj. Hary Widjajanti, M.Si selaku dosen pembimbing dilaboratorium yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan bantuan dana penelitiannya, melalui penelitian strategis tahun 2010.
7. Seluruh Staf Dosen Pengajar dan Karyawan Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
8. Bapak dan Ibu, serta saudara-saudaraku tercinta, terima kasih atas iringan do'a, kasih sayang, dukungan baik moril dan materil serta semangatnya yang membuat penulis dapat menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.
9. Teman Seperjuangan Khoirul Huda terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya serta teman-temanku di Laboratorium Mikrobiologi Melinda, Nanda, Pipit, Dwi dan Rahma dan Mery terima kasih atas bantuan, pengertian dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman-teman seperjuanganku angkatan 2006 serta adik-adik tingkat 2007-2009 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, Oktober 2010

Penulis

**BIOREMEDIATION OF PETROLEUM BY USING MIXED CULTURE OF
INDIGENOUS MOULDS FROM MANGROVE AREA OF SUNGSANG
BANYUASIN REGION OF SOUTH SUMATERA ON THE SCALE OF
LABORATORY**

By :

**FARHAN SYAHDI
08061004017**

ABSTRACT

The research about bioremediation of petroleum hydrocarbon by using mixed culture indigenous moulds from mangrove area of Sungasang Banyuasin region of south Sumatera on the laboratory scale had been conducted on March to September 2010 in the laboratory of Microbiology, Biology Department, Mathematic and Science Faculty of Sriwijaya University. This research aimed to know the effect of some combination of mixed culture of hydrocarbonoclastic in bioremediation of petroleum sludge to the decrease of petroleum sludge weight and mould biomass. The mould mixed culture used were *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Chrysonilia sithophila*, and *Aspergillus parasiticus*. The experimental design used was completely randomized design with 10 combination of treatment that was repeated three times. The observed variables were mould biomass and the percentage of severe degradation of petroleum sludge in 10 days of bioremediation process. The results of research showed that the treatment combination of mixed culture of K₁ + K₂ + K₅ which consist of *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, and *Aspergillus parasiticus* resulted the highest average of degradation percentage of petroleum sludge weight namely 87,36% with the dry weight as many as 92,63 mgs. While the lowest combination of mixed culture on the mixed culture of K₁ + K₂ + K₄ which consist of *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, and *Chrysonilia sithophila* 72,92% and the lowest biomass weight dry on the mixed culture of K₁ + K₂ + K₃ that consist of *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus niger* 52,13 mgs.

Keywords : Bioremediation, mixed culture, Indigenous moulds.



**BIOREMEDIASI HIDROKARBON MINYAK BUMI MENGGUNAKAN KULTUR
CAMPUR KAPANG INDIGEN DARI KAWASAN MANGROVE SUNGSANG
KABUPATEN BANYUASIN-SUMATERA SELATAN DALAM SKALA
LABORATORIUM**

Oleh :

**FARHAN SYAHDI
08061004017**

ABSTRAK

Penelitian mengenai Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Kultur Campur Kapang Indigen dari Kawasan Mangrove Sungasang Kabupaten-Banyuasin Sumatera Selatan dalam Skala Laboratorium telah dilakukan pada bulan Maret – September 2010 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beberapa kombinasi kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik dalam biodegradasi limbah minyak bumi terhadap penurunan berat *sludge* minyak bumi dan biomassa kapang. Kultur campur kapang yang digunakan yaitu *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Chrysonilia sithophila*, dan *Aspergillus parasiticus*. Rancangan Percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan. Variabel yang diamati yaitu biomassa kapang dan persentase degradasi berat *sludge* minyak bumi pada 10 hari proses bioremediasi. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan kultur campur K₁ + K₂ + K₅ yang terdiri dari *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, dan *Aspergillus parasiticus* menghasilkan rata-rata persentase degradasi berat *sludge* minyak bumi yang tertinggi mencapai 87,36% dengan berat kering kapang sebesar 92,63%. Sedangkan kombinasi kultur campur yang terendah pada kultur campur K₁ + K₂ + K₄ yang terdiri dari *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus*, dan *Chrysonilia sithophila* 72,92% serta sedangkan berat kering biomassa terendah pada kultur campur K₁ + K₂ + K₃ yang terdiri atas *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus* dan *Aspergillus niger* 52,13 mg.

Kata Kunci : Bioremediasi, Kultur Campur, Kapang Indigen



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
10.1. Latar Belakang	1
10.2. Perumusan Masalah	4
10.3. Hipotesis	5
10.4. Tujuan Penelitian	5
10.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Ekosistem Mangrove	6
2.2. Minyak Bumi	7
2.3. Komposisi dan Karakteristik Minyak Bumi	8
2.4. Dampak Negatif Pencemaran Minyak Bumi terhadap Ekosistem Mangrove.....	11
2.5. Bioremediasi	12
2.6. Kapang Pendegradasi Hidrokarbon	15
2.7. Mekanisme Biodegradasi <i>Sludge</i> Minyak Bumi oleh Kapang	17
2.8. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Bioremediasi Limbah Minyak Bumi	21
2.9. Kelebihan Kultur Campur didalam Biodegradasi Hidrokarbon	25

BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	27
3.2. Alat dan Bahan	27
3.3. Rancangan Penelitian	27
3.4. Cara Kerja	
3.4.1. Pembuatan Medium PDA	28
3.4.2. Pembuatan Medium Zobell	29
3.4.3. Peremajaan Kapang	29
3.4.4. Kurva Pertumbuhan	29
3.4.4.1. Penghitungan Jumlah Spora	29
3.4.4.2. Pembuatan Kurva Pertumbuhan Kapang	30
3.4.5. Pembuatan Kultur Campuran	31
3.4.6. Penyiapan dan Pengaturan Bioraktor	32
3.4.7. Inokulasi Kultur Campur ke Medium Perlakuan dalam Proses Bioremediasi	32
3.4.8. Variabel Pengamatan	32
3.5. Penyajian Data	34
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Biomassa Kapang pada Akhir Proses Bioremediasi	35
4.2. Persentase Degradasi Berat <i>Sludge Minyak Bumi</i>	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Rata-rata berat kering biomassa kapang pada 10 hari proses bioremediasi	35
Tabel 4.2. Rata-rata persentase degradasi berat <i>sludge</i> minyak bumi pada 10 hari proses bioremediasi	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur hidrokarbon alipatik	10
Gambar 2.2. Struktur hidrokarbon aromatik	10
Gambar 2.3. Degradasi hidrokarbon oleh kapang	19
Gambar 2.4. Degradasi benzen menjadi katekol	20
Gambar 2.5. Degradasi katekol melalui jalur meta	21
Gambar 4.1. Grafik rata-rata berat kering biomassa kapang pada 10 hari proses bioremediasi	35
Gambar 4.2. Grafik rata-rata persentase degradasi berat <i>sludge</i> minyak bumi pada 10 hari proses bioremedia	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Persentase Berat <i>Sludge</i> Minyak Bumi Kapang Tunggal	51
Lampiran 2. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek <i>Aspergillus oryzae</i> pada medium Zobell dan minyak bumi	52
Lampiran 3. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek <i>Aspergillus fumigatus</i> pada medium Zobell dan minyak bumi	53
Lampiran 4. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek <i>Aspergillus niger</i> pada medium Zobell dan minyak bumi	54
Lampiran 5. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek <i>Chrysonilia sitophila</i> pada medium Zobell dan minyak bumi	55
Lampiran 6. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek <i>Aspergillus parasiticus</i> pada medium Zobell dan minyak bumi	56
Lampiran 7. Komposisi medium yang digunakan	57
Lampiran 8. Kapang pendegradasi hidrokarbon	58
Lampiran 9. Kultur tunggal kapang untuk pembuatan kurva pertumbuhan	59
Lampiran 10. Kultur campur kapang pendegradasi hidrokarbon	60
Lampiran 11. Perlakuan produksi bioremediasi hidrokarbon.....	61
Lampiran 12. <i>Sludge</i> minyak bumi didalam medium Zobell pada akhir proses bioremediasi.....	62
Lampiran 13. Miselium kapang dalam kertas saring	63
Lampiran 14. <i>Sludge</i> akhir minyak bumi pada akhir proses bioremediasi	64



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara ekologis hutan mangrove telah dikenal mempunyai banyak fungsi dalam kehidupan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Ekosistem mangrove bagi bermacam biota perairan (ikan, udang, dan kerang-kerangan) berfungsi sebagai tempat mencari makan, memijah, memelihara juvenil, dan berkembang biak. Hutan mangrove merupakan habitat berbagai jenis satwa, baik sebagai habitat pokok maupun sebagai penghasil detritus, dan penangkap sedimen. Dari segi ekonomis, vegetasi mangrove dapat dimanfaatkan sebagai penghasil kayu bangunan, bahan baku pulp dan kertas, kayu bakar, bahan arang, dan sumber bahan lain seperti tannin. Mangrove juga mempunyai peranan penting sebagai pelindung pantai dari hempasan gelombang air laut (Mukhtasor 2007: 36).

Angkutan minyak bumi dan hasil-hasil olahannya dengan kapal laut semakin meningkat. Kebocoran dan tumpahan minyak bumi ke jalur angkutan yang berbatasan dengan kawasan mangrove telah menunjukkan dampak negatif yang nyata terhadap mangrove. Efek kehadiran minyak di mangrove yang pertama adalah efek yang akut, segera terlihat yang berkaitan dengan penyebaran minyak pada permukaan tumbuhan (akar tunjang, akar nafas) yang mempunyai fungsi dalam pertukaran udara. Pengguguran daun dan kematian pohon-pohon mangrove di tempat-tempat yang paling pengaruh oleh minyak terjadi 4-5 minggu. Kedua berkaitan dengan peracunan

kronik dalam jangka panjang tumbuhan mangrove dan fauna yang bersangkutan oleh komponen racun yang terkandung minyak (Saparinto 2007: 64).

Mengingat dampak pencemaran minyak bumi baik dalam konsentrasi rendah maupun tinggi cukup serius, maka dilakukan pembersihan tumpahan minyak dengan cara fisik, kimia, maupun biologis. Penggunaan metode fisika dan kimia masih menimbulkan dampak lanjutan. Salah satu cara untuk mengolah limbah minyak bumi yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan teknik bioremediasi. Bioremediasi didefinisikan sebagai proses penguraian limbah organik/anorganik polutan secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol, mereduksi bahan pencemar dari lingkungan dan bersifat fleksibel (Syakti 2008: 7). Dalam bioremediasi, digunakan sistem biologi untuk mentransformasi atau mendegradasi senyawa-senyawa yang berbahaya (Bennet *et al.* 2009: 962).

Pengolahan limbah minyak bumi dengan bioremediasi umumnya dengan menggunakan mikroba indigen sebagai agen bioremediator. Penggunaan mikroba indigen karena mereka mampu beradaptasi dengan lingkungan hidupnya. Alpentri *et al.* (2001: 1) menyatakan, selain bakteri dan khamir, kapang juga diketahui mampu tumbuh pada minyak bumi. Kapang hidrokarbonoklastik adalah kapang yang mampu menggunakan minyak bumi sebagai sumber karbon. Minyak bumi tersebut digunakannya dengan cara memotong rantai karbonnya menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek. Menurut Lemos *et al.* (2001: 2) bahwa mikroorganisme utama yang mengkonsumsi hidrokarbon minyak bumi adalah bakteri dan fungi. Bagaimanapun hifa fungi mempunyai beberapa sifat yang membuat mereka sebagai agen potensial dalam pendegradasian, fungi tersebut melakukan percabangan dengan cepat pada substrat,

mencerna melalui sekresi enzim ekstraseluler. Disamping itu, fungi mampu tumbuh di bawah kondisi lingkungan yang ekstrim.

Enzim-enzim ekstraseluler yang mampu mengoksidasi dan mengkatalisis senyawa hidrokarbon minyak bumi dengan memanfaatkannya sebagai sumber energi. Menurut Atlas *dalam* Bennet *et al.* (2002: 963) bahwa fungi mempunyai kemampuan untuk tumbuh pada hidrokarbon minyak bumi. Colombo *et al.* *dalam* Lopez *et al.* (2007: 2) menyatakan bahwa keberadaan fungi tidak hanya mampu mensintesis enzim-enzim tetapi juga mendegradasi senyawa-senyawa toksik yang berat molekulnya tinggi, yang lebih kompleks dan rekalsitran, termasuk struktur-struktur aromatik.

Susunan senyawa yang kompleks, seperti minyak bumi menyebabkan suatu spesies tunggal mikroorganisme tidak dapat mendegradasi keseluruhan komponen penyusun minyak bumi tersebut, karena setiap spesies mikroba membutuhkan substrat yang spesifik. Beberapa mikroba yang berinteraksi saling menguntungkan dalam bentuk konsorsium sangat berperan selama berlangsungnya proses degradasi minyak bumi (Nugroho 2006: 2). Menurut Alpetri *et al.* (2001: 4) bahwa proses biodegradasi senyawa hidrokarbon sampai sempurna tidak mungkin dilakukan hanya oleh satu jenis mikroba, tetapi selalu dilakukan oleh suatu kumpulan mikroba. Laju biodegradasi senyawa hidrokarbon lebih cepat pada kultur campuran dibandingkan dengan kultur tunggal.

Salah satu yang mempengaruhi keefektifan proses biodegradasi limbah minyak bumi adalah adanya jumlah populasi dan keanekaragaman jenis mikroorganisme pendegradasi limbah minyak tersebut. Oleh karena itu, penerapan beragam jenis mikroorganisme akan menjadi lebih efektif dari pada hanya mengandalkan kultur tunggal

mikroorganisme karena adanya pengaruh sinergisme kerja diantara mikroorganisme tersebut di lingkungan. Didalam kehidupan mikroorganisme, ada spesies yang aktivitasnya bersifat mendukung aktivitas spesies yang lain tetapi ada pula yang bersifat antagonisme. Bersamaan pada saat pengaruh yang menguntungkan dari mikroorganisme ini bergabung akan menjadi optimal, kondisi ini dapat membantu mempercepat proses biodegradasi limbah minyak bumi dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme indigen yang bekerja secara sinergis dan berkelanjutan (*Suardana et al.* 2002: 4).

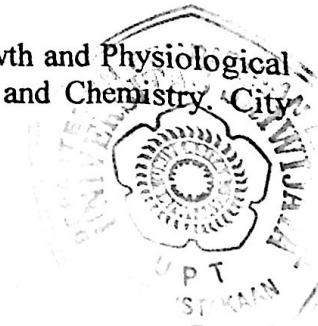
Kapang yang mampu mendegradasi minyak bumi diperoleh dengan cara mengisolasi kapang tersebut dari tempat yang tercemar oleh minyak bumi. Berdasarkan penelitian Widjajanti *et al.* (2008: 37) diperoleh 5 isolat kapang dari kawasan mangrove yang tercemar Kecamatan Sungsang Kabupaten Banyuasin yang keseluruhannya berpotensi mendegradasi minyak bumi.

1.2. Perumusan Masalah

Pencemaran yang diakibatkan oleh tumpahan minyak bumi dapat dipulihkan dengan cara bioremediasi menggunakan kapang indigen hidrokarbonoklastik. Penggunaan kultur tunggal menyebabkan komponen penyusun minyak bumi tidak dapat didegradasi secara keseluruhan, untuk itu perlu penggunaan kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik. Penggunaan kultur campur memungkinkan terjadinya sinergisme dan antagonisme antara kapang yang dicampur. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dikaji kombinasi beberapa kultur campur kapang indigen dalam mendegradasi limbah minyak bumi.

DAFTAR PUSTAKA

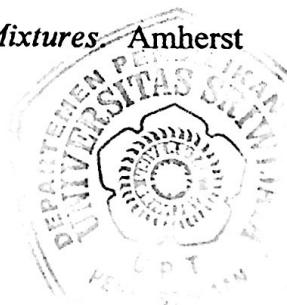
- Adenkule, A.A., & Adebambo, O.A. 2007. Petroleum Hydrocarbon Utilization by Fungi Isolated From Detarium Senegalense (J. F Gmelin) Seeds. *Journal of American Science*. Departement of Botany and Microbiology, University of Lagos, Nigeria. Vol.3. No.1. Pp. 69-76.
- Aditiawati, P., Pikoli, M.R., & Indriani, A.D. 2001. Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. *Proceeding Simposium Nasional IATMI*. Institute Teknologi Bandung. 8 hlm.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2th. Jhon Wiley and Sons. Toronto. 467 P.
- Alpentri., Juli, N., & Siregar, S. 2001. Evaluasi Kemampuan Isolat Jamur dari Salah Satu Sumur Minyak di Minas dalam Mendegradasi Minyak Bumi. *Proceding Simposium Nasional IATMI*. 6 hlm.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Kanisius. Yogyakarta. 47 hlm.
- Atlas, R.M & Bartha, R. 1998. *Microbial Ecology: Fundamentals and Application 4th ed.* Benjamin/Cummings Publishing, Co. Inc. Menlo Park, California. 524 p.
- Battelle. 2007. *Sediment Toxicity of Petroleum Hydrocarbon Fractions*. Massachuts Departement of Environmental Protection Office of Research and Standards. Boston. 89 Pp.
- Bengen, D.G., 2002. Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya. *Sinopsis*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB. Bogor. 65 hlm.
- Bennet, J.W., Wunch, K.G., and Faison, B.D. 2002. *Use of Fungi Biodegradation*. ASM Press Washington, D.C. 13 p.
- Bento, F.M., Camargo, F.A.O., Okeke, B., Junior, W.T.F. 2003. Bioremediation of Soil Cotaminated by Diesel Oil. *Brazilian Journal*. No. 34. Pp 65-68.
- Boldu, F.X. P., Summerbell, R., Hoog, G.S. 2006. Fungi growing on aromatic hydrocarbons: biotechnology's unexpected encounterwith biohazard. *Journal*. Pp.109-130.
- Chunguang, Z. 2006. The Effect of Lubricating Oil Polution on Growth and Physiological Response of Mangrove. *Dissertation*. Departement of Biology and Chemistry. City University of Hongkong. 231 Pp.



- Desai, A., & Vyas P. 2006. *Applied Microbiology Petroleum and Hydrocarbon Microbiology*. Departement of Microbiology : M.S. University of Baroda. 22 p.
- DEQ. 1998. *Fundamental Principles of Bioremediation*. Enviromental Response Division. 33 Pp.
- Duetz, W.A., Beilen, J.B.V., and Witholt, B. 2001. Using Proteins in Their Natural Environment: Potential and Limitations of Microbial Whole-Cell Hydroxylations in Applied Biocatalysis. *Biotechnology Journal*. Institute of Biotechnology, Switzerland. Vol.12. Pp. 419-425.
- Dwidjoseputro, D. 1990. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Penerbit Djambatan. Jakarta. 207 hlm.
- Frazar, C. 2000. *The Bioremediation and Phytoremediation of Pesticide-contaminated sites*. National Network of Environmental Studies Fellow. Washington, DC. 55 pp.
- Gandjar, I., Sjamsuridzal, W., Oetari, A. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 234 hlm
- Hadi, S.N. 2003. Degradasi Minyak Bumi Via “Tangan” Mikroorganisme. *Artikel* Departemen Biokimia. IPB. Bogor. 5 hlm.
- Hadioetomo, R.S. 1990. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Gramedia. Jakarta. 163 hlm.
- Hammel, K.E., 1995. *Organopollutant Degradation by Lignolitic Fungi*. Forest Products Laboratory, U.S. Departement of Agricultur, Madison. 331-344 P.
- Hanafiah, K.A. 2001. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Penerbit PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 260 hlm.
- Haryani, E.B.S. 2005. Pencemaran Minyak di Laut dan Tuntutan Ganti Kerugian. *Makalah*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. 16 hlm.
- Hastuti, N. 2006. Pelarutan Batuan Fosfat, AlPO₄, FePO₄ oleh Kapang Pelarut Fosfat dari Rhizosfer dan Rhizoplane Tanaman Tebu Desa Cinta Manis Ogan Ilir Sumatera Selatan. *Skripsi*. Jurusan Biologi, FMIPA, Unsri. 43 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Hoff, R., Hansel, P., Delgado, P., Shigenaka, G., Yender, R., Mearns, A.J., 2002. *Oil Spil in Mangroves: Planning & Response Considerations*. U.S. Departement of Commerce National Oceonic and Atmospheric Administration (NOAA) Ocean Service. 72 P.

- Kanaly, R.A., Bartha, R., Watanabe, K., & Harayama, S. 2000. Rapid Mineralization of Benzo[a]pyrene by a Microbial Consortium Growing on Diesel Fuel. *Applied and Environmental Microbiology. Journal.* Vol. 66. No. 10. Pp 4205-4211.
- Kirk, K.T & Richard, T., Glasser, A.J. & Lamar. 1992. The Potential of White-Rot Fungi in Bioremediation. *Journal Biotechnology and Environmental Science-molecular approach.* New York. 131-138 p.
- Kusmana, C. 2009. Kontribusi Kegiatan Penelitian Mangrove Terhadap Kemandirian Perekonomian Masyarakat Pesisir dan Keberlanjutan Ekosistem Bahari. *Makalah.* Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor. 28 hlm.
- Leahy, J.G., & Colwell, R.R. 1990. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment. Departement of Microbiology University of Maryland, College Park, Maryland. *Journal. Vol. 54. No. 3.* pp 305 – 315.
- Lemos, J.L.S., Rizzo, A.C., Millioli. V.S., Soriano, A.U., Santos, R. & Sarquis, M.I.M. 2001. Petroleum Degradation by Filamentous Fungi. *Journal Research.* Centro de Tecnologia Mineral-CETEM. Rio de Janeiro. 1-10 p.
- Lopez, M.M.e., Casasola, M.T.R., leal, E.R., Garcia, F.E., Gomez, B.C., Vazquez, R.R., Cortes, J.B. 2007. Fungi and Bacteria Isolated from Two Highly Polluted Soils for Hidrocarbon Degradation. *Journal Research.* Instituto Mexicano del Petroleo. Mexico. No 54. 201-209 p.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak. *Seminar Nasional Teori dan aplikasi Teknologi Kelautan ITS.* Surabaya. 1-9 hlm.
- Milic, J.S., Beskoski, V.P., Ilic, M.V., Ali, S.M., Cvijovic, G.D.G., Vrvic, M.M. 2009. Bioremediation of Soil Heavily Contaminated with Crude Oil and its Products: Composition of the Microbial Consortium. *Journal of the Serbian Chemical Society.* University of Belgrade Serbia. Vol.74. No.4. Pp.455-460.
- Misran, E. 2002. Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemaran. *Artikel Universitas Sumatera Utara.* 17 hlm.
- Mukarlina., Rachmi, R.E., Hamonangan, A.S. 2006. Pengaruh Pemberian Elisitor Homogenat Jamur Pytium aphanidermatum (Edson) Fitzp. terhadap Kandungan Ajmalisin dalam Kultur Akar Catharanthus roseus (L) G. Don. *Jurnal Matematika dan Sains.* FMIPA Universitas Tanjung Pura, Pontianak. Vol. 11 No.2. 44-49 hlm.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut.* Pradnya Paramita. Jakarta. 332 hlm.

- Mukred, A.M., Hamid, A.A., Hamzah, A., and Yusoff, W.M.W. 2008. Development of Three Bacteria Consortium for the Bioremediation of Crude Petroleum-oil in Contaminated water. *Journal of biological Sciences*. Vol. 8. No 4. Pp 73-79.
- Munawar, 1999. Isolasi dan Uji Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfir dari Hutan Bakau di Cilacap Dalam Mendegradasi Residu Minyak Bumi. *Tesis Megister Bidang Khusus Mikrobiologi*. Program Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung. 94 hlm. (Tidak Dipublikasikan).
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi*. USU. Medan. 38 hlm.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi *sludge* Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos : simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi *Land Treatment*. *Jurnal Teknologi*. Vol.10. No. 2:82-89.
- Nurharyati, T., Ni'matzahroh, Sustiningih, T. 2006. Biodegradasi Minyak Oleh *Rhodotorula* dan *Candida* Hasil Isolasi dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal penelitian Hayati*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga. No.12. hlm.27-31.
- Okafor, U.G., Tasie, F., Okafor, M. 2009. Hydrocarbon Degradation Potentials of Indigenous Fungal Isolates from Petroleum Contaminated Soils. *Journal of Physical and Natural Sciences*. Vol.3. Pp 1-6.
- Okoh, A.I. and Trejo, H.M.R. 2006. Remediation of Petroleum Hydrocarbon Polluted Systes: Exploiting the Bioremediation Strategies. *Journal Biotechnology*. Vol. 5. No. 25. pp. 2520-2525.
- Okoro, C.O., & Amund, O.O. Biodegradation of Produced Water Hydrocarbons by *Aspergillus fumigatus*. *Journal of American Science*. University of Lagos, Nigeria. Pp.143-149.
- Paulo, S.A., Salgado, A.M., Leite. 2007. Biomonitoring of the Degradation of Catechol by the *Aspergillus* sp. Using Colomitic Assay. *Journal*. Escola de Química Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brazil. Pp.1-9.
- Pelczar, M.J & Chan, E.C.S. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I*. Penterjemah Hadioetomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S., dan Angka, S.L., Penerbit UI press. Jakarta. 443 hlm.
- Potter, T.L., & Simmons, K.E. 1998. *Composition of Petroleum Mixtures*. Amherst Scientific Publisher. Massachusetts. Vol. 2. 114 p.



- Proffitt, C.A. 1995. *Managing Oil Spills in Mangrove Ecosystem: Effects, Remediation, Restoration, and Modeling.* U.S. Departement of the Interior Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Region. 65 p.
- Ramao, M.V.S. 2009. Biological Diversity Preservation as Achallenge-The Role of Microbiological Cork Colonisation A Short Review. Journal. Portugal. Vol.24. No.2. Pp.81-90.
- Rigas, F., Dritsa V., Marchant R., Avramides E., Gotsi E.K., Zagou Z.G., Sklavounus S., Xatzidakis I., Sakellariou A. 2003. Research on the Potential of Selected Lignolytic Fungi to Degrade Toxic Substances. No 65. 6 p.
- Santos, E.O., Rosa, C.F.C., Passos, C.T., Sanzo, A.V.L.S. Burkert, J.F.M., Kalil, S.J., Burkert, C.A.V. 2008. Pre-screening of filamentous fungi isolated from acontaminated site in Southern Brazil for bioaugmentation purposes. *African Journal of Biotechnology.* Brazil. Vol.7. No.9. Pp 1314-1317.
- Saparinto, C. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove.* Dahara Prize. Semarang. 236 hlm.
- Saratale, G., Kalme, S., Bhosale, S., Govindwar, S. 2007. Biodegradation of Kerosene byAspergillus ochraceus NCIM-1146. *Journal of Basic Microbiology.* Departement of Biochemistry, Shivaji University, Kolhapur, India. Vol.47. Pp.400-405.
- Setyawan, D.A., Winarno, K. 2006. Pemanfaatan Langsung Ekositem Mangrove di Jawa Tengah dan Penggunaan Lahan di Sekitarnya; kerusakan dan Upaya Restorasinya. *Jurnal Biodiversitas.* Vol. 7. No. 3 : 282-291.
- Siregar, S.R. 2009. Isolasi dan Uji Potensi Khamir Pendegradasi Minyak Solar dari Air Laut Belawan. *Tesis.* Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan. 62 hlm.
- Suardana, P., Mulyono, M., Moersidik, S.S., Supardi, S.D., Santoso, A.E. 2002. Pengaruh Surfaktan Linear Alkylbenzena Sukfonat Dalam Mempercepat Bioremediasi Limbah Minyak Bumi. *Jurnal.* Simposium Nasional IATMI. 11 hlm.
- Suryamana, P., Kardena, E., Ratnaningsih., and Wisjnuprapto. 2006. Improving The Efectiveness of Crude-Oil Hydrocarbon Biodegradation Employing *Azotobacter Chroococcum* Co-Inoculant. *Journal.* Agriculture Faculty Padjadjaran University. 1-16 P.
- Syakti, A.D. 2005. Multi-Proses Remediasi didalam Penanganan Tumpahan Minyak (*Oil Spil*) di Perairan Laut dan Pesisir 1). *Seminar Bioremediasi.* Universitas Jenderal Soedirman. Bogor. 1-4 hlm.

- Vries, R.P., Vankuyk, P.A., Kester, H.C.M., Visser, J. 2002. The *Aspergillus niger* faeB gene encodes a second feruloyl esterase involved in pectin and xylan degradation and is specifically induced in the presence of aromatic compounds. *Journal. Molecular Genetics of Industrial Microorganisms*, Wageningen University. Netherlands. No.363. Pp.377-386.
- Vidali, M. 2001. Bioremediation. An Overview. IUPAC, Pure and Applied Chemistry. Italia. *Journal. Vol. 73. No. pp. 1163-1172.*
- Walsh, J.B. 1999. A Feasibility Study of Bioremediation in a Highly Organic Soil. *Master Thesis*. Worcester Polytechnic Institute. 75 p.
- Widjajanti, H., Munawar., dan Ridho, R.M. 2008. Upaya Rehabilitasi Hutan Mangrove : Studi Modelling Bioremediasi Menggunakan Agen Biologis Indigenous Untuk Menurunkan Bahan Pencemar di Hutan Mangrove Wilayah Propinsi Sumatera Selatan. *Laporan Penelitian Universitas Sriwijaya*. 40 hlm.
- Wohlbrand, L., Wilkes, H., Halder, T., and Rabus, R. 2008. Anaerobic Degradation of *p*-Ethylphenol by "*Aromatoleum aromaticum*" Strain EbN1: Pathway, Regulation, and Involved. *Journal. Germany. Vol.190. No. 16. Pp. 5699-5709.*
- Wrenn, B.A., & Venosa, A.D. 2005. Selective Enumeration of Aromatic and Aliphatic Hydrocarbon Degrading Bacteria by a Most Probable Number Procedure. *Journal of Environ Microbiol. Vol. 198-207.*