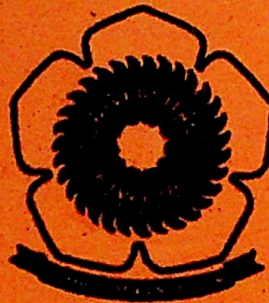


**PENAPISAN, PRODUKSI DAN KEMAMPUAN EMULSIFIKASI BIOSURFAKTAN  
BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK  
DARI KAWASAN MANGROVE TERCEMAR MINYAK BUMI**

**SKRIPSI**

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



**Oleh**

**MIRFAT  
08071004008**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
MEI 2011**

R. 20623

Reg. 21087

5

579-307

MIR

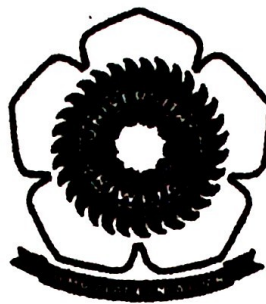
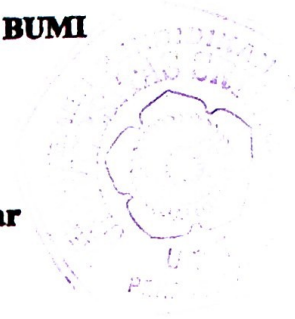
P

2011

**PENAPISAN, PRODUKSI DAN KEMAMPUAN EMULSIFIKASI BIOSURFAKTAN  
BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK  
DARI KAWASAN MANGROVE TERCEMAR MINYAK BUMI**

**SKRIPSI**

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



**Oleh**

**MIRFAT  
08071004008**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
MEI 2011**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENAPISAN, PRODUKSI DAN KEMAMPUAN EMULSIFIKASI BIOSURFAKTAN  
BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK  
DARI KAWASAN MANGROVE TERCEMAR MINYAK BUMI**

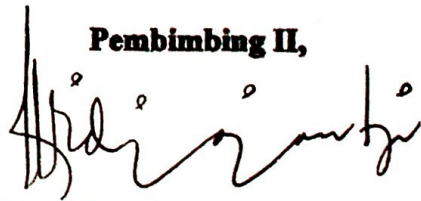
**SKRIPSI**

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

**Oleh**

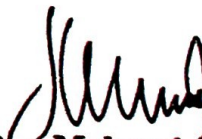
**MIRFAT  
08071004008**

**Pembimbing II,**



**Dra. Hary Widiajanti, M.Si.  
NIP. 196112121987102001**

**Inderalaya, Mei 2011  
Pembimbing I,**



**Dra. Muharni, M.Si.  
NIP. 196306031992032001**



**Mengetahui:  
Ketua Jurusan Biologi,**

**Dra. Zaitil Hanafiah, M.Sc.  
NIP. 19390909.1987031004**

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

***Maka Maha Suci Allah yang di tangan-Nya kekuasaan atas segala sesuatu dan kepada-Nyalah kamu dikembalikan.***

**(Qur'an 36: 83)**

**Ku persembahkan karya kecil ku ini untuk:**

- **Agamaku**
- **Yang terkasih Ibu Atika Nurhasan dan Bapak Ahmad Zawawi**
- **Kakak-kakak tercinta Lizatih Azka dan Muhammad Iqbal**
- **Staf dosen di Jurusan Biologi FMIPA**
- **Almamaterku**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan semesta alam Allah SWT atas kehendak dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini. Shalawat beriring salam kepada teladan terbaik Nabi Muhammad SAW, keluarga, dan para sahabatnya.

Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya skripsi ini selalu mendapat bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Dra. Muharni, M.Si. dan Dra. Hary Widjajanti, M.Si. yang telah membimbing, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dengan sabar dan ikhlas sehingga penulisan skripsi ini terselesaikan.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Ibu Atika Nurhasan dan Bapak Ahmad Zawawi, atas doa dan cintanya.
2. Drs. Muhammad Irfan, M.T. sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Zazili hanafiah, M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Indra Yustian, M.Sc. sebagai dosen Pembimbing Akademik.
5. Dr. Salni, M.Si. dan Drs. Juswardi, M.Si. sebagai dosen pembahas yang telah banyak memberikan saran selama penulisan skripsi ini.

6. Seluruh dosen di jurusan Biologi FMIPA, atas ilmu yang telah diberikan.
7. Pak Nanang dan Uni Nia yang banyak membantu kelancaran penelitian ini.
8. Teman-teman di laboratorium viona, winda, siti, ria, masayu, nyayu, santi. Terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya.
9. Teman-teman seperjuangan dedew, fahri, fa, weni, henny, putri dan kokom. Terima kasih atas segalanya. Seluruh rekan mahasiswa Biologi angkatan 2007-2009 tanpa terkecuali.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis, seluruh pembaca dan bermanfaat demi kemajuan ilmu pengetahuan di masa depan. Amin.

Inderalaya. Mei 2011

Penulis

# SCREENING, PRODUCTION, AND EMULSIFICATION ABILITY OF BIOSURFACTANT BY HYDROCARBONOCLASTIC BACTERIA FROM PETROLEUM CONTAMINATED MANGROVE AREA

By:  
Mirfat  
08071004008

---

## ABSTRACT

Addition of biosurfactant is one of the important efforts in accelerating the process of bioremediation of petroleum. The aim of this research were screening for biosurfactant producing hydrocarbonoclastic bacteria derived from petroleum contaminated mangrove area and to know the production and emulsification ability of their biosurfactant. Screening done by looking hemolytic activity of 29 isolates of hydrocarbonoclastic bacteria on blood agar medium. The variables measured were the number of bacteria, biosurfactant production and emulsification index. The results showed that 16 hydrocarbonoclastic bacteria known potentially to produce biosurfactant. *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas saccharophyla*, and *Bacillus sphaericus* var *rotans* selected as the inoculum of biosurfactant production phase. The highest biosurfactant product achieved at the 48<sup>th</sup> incubation, which biosurfactant producing by *Pseudomonas alcaligenes* was 1.9 g/L with emulsification index of 0.6, *Pseudomonas saccharophyla* produce biosurfactant at 1.86 g/L with emulsification index of 0.63 and *Bacillus sphaericus* var *rotans* produce biosurfactant at 0.68 g/L with emulsification index of 0.6.

Key words: screening, hydrocarbonoclastic bacteria, biosurfactant, emulsification index.



**PENAPISAN, PRODUKSI DAN KEMAMPUAN EMULSIFIKASI BIOSURFAKTAN  
BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK  
DARI KAWASAN MANGROVE TERCEMAR MINYAK BUMI**

**Oleh:  
Mirfat  
08071004008**

---

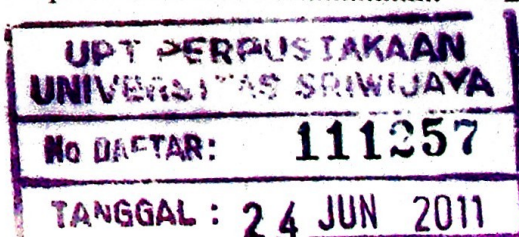
**ABSTRAK**

Penambahan biosurfaktan merupakan salah satu upaya penting dalam mempercepat proses bioremediasi minyak bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menapis bakteri hidrokarbonoklastik penghasil biosurfaktan yang berasal dari kawasan mangrove tercemar minyak bumi serta mengetahui produksi dan kemampuan emulsifikasi biosurfaktan yang dihasilkannya. Penapisan dilakukan dengan melihat aktivitas hemolitik 29 isolat bakteri hidrokarbonoklastik pada medium agar darah. Variabel yang diamati adalah jumlah sel bakteri, produksi dan indeks emulsifikasi biosurfaktan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 16 bakteri hidrokarbonoklastik diketahui berpotensi menghasilkan biosurfaktan. *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas saccharophyla*, dan *Bacillus sphaericus* var *rotans* dipilih sebagai inokulum pada tahap produksi biosurfaktan. Produk biosurfaktan tertinggi dicapai pada jam ke-48, dimana *Pseudomonas alcaligenes* memproduksi biosurfaktan sebesar 1,9 g/L dengan indeks emulsifikasi sebesar 0,6; *Pseudomonas saccharophyla* memproduksi biosurfaktan sebesar 1,86 g/L dengan indeks emulsifikasi sebesar 0,63; dan *Bacillus sphaericus* var *rotans* menghasilkan biosurfaktan sebesar 0,68 g/L dengan indeks emulsifikasi sebesar 0,6.

Kata kunci: penapisan, bakteri hidrokarbonoklastik, biosurfaktan, indeks emulsifikasi.

## 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
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Ekosistem Mangrove .....	5
2.2. Pengaruh Hidrokarbon Minyak Bumi terhadap Mangrove .....	6
2.3. Senyawa Hidrokarbon .....	7
2.4. Bioremediasi .....	9
2.5. Bakteri Hidrokarbonoklastik .....	11
2.6. Mekanisme Biodegradasi Hidrokarbon Oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik .....	13
2.7. Biosurfaktan.....	16
2.8. Penapisan Bakteri Hidrokarbonoklastik Penghasil Biosurfaktan .....	19
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Alat dan Bahan .....	21
3.3. Cara Kerja .....	21
3.3.1. Pembuatan Media.....	21
3.3.2. Peremajaan Bakteri .....	22
3.3.3. Penapisan Bakteri Penghasil Biosurfaktan.....	22
3.3.4. Pembuatan Kurva Standar.....	22
3.3.5. Pembuatan Kurva Pertumbuhan Bakteri .....	23
3.3.6. Tahap Aktivasi .....	23
3.3.7. Produksi Biosurfaktan .....	24
3.3.8. Pengukuran Produksi Biosurfaktan.....	24
a. Ekstraksi Biosurfaktan Fraksi Asam Lemak .....	24
b. Ekstraksi Biosurfaktan Fraksi Ekspolisakarida .....	24



3.3.9. Pengukuran Indeks Emulsifikasi (E <sub>24</sub> ) .....	25
3.4. Variabel Pengamatan .....	25
1. Jumlah Sel Bakteri .....	25
2. Produksi Biosurfaktan .....	25
3. Indeks Emulsifikasi (E <sub>24</sub> ) .....	25
a. Penyajian Data .....	25
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Penapisan Bakteri Hidrokarbonoklastik Penghasil Biosurfaktan .....	26
4.2. Produksi biosurfaktan .....	28
4.3. Indeks Emulsifikasi .....	32
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	35
5.2. Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis-Jenis Biosurfaktan dan Mikroorganisme Penghasilnya .....	17
Tabel 2. Penapisan Bakteri Hidrokarbonoklastik Penghasil Biosurfaktan .....	26

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Jalur perubahan naftalen menjadi katekol oleh bakteri.....	14
Gambar 2. Mekanisme perubahan katekol menjadi senyawa yang dapat digunakan oleh mikroba.....	15
Gambar 3. Produksi biosurfaktan oleh bakteri hidrokarbonoklastik terpilih.....	28
Gambar 4. Index Emulsifikasi ( $E_{24}$ ) biosurfaktan dari ketiga kultur bakteri.....	32
Gambar 5. Kurva standar <i>Pseudomonas alcaligenes</i> .....	41
Gambar 6. Kurva standar <i>Pseudomonas saccharophyla</i> .....	42
Gambar 7. Kurva standar <i>Bacillus sphaericus var rotans</i> .....	43
Gambar 9. Aktifitas hemolitik bakteri hidrokarbonoklastik terpilih.....	45
Gambar 10. Pengukuran Index Emulsifikasi .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kurva Standar <i>Pseudomonas alcaligenes</i> .....	41
Lampiran 2. Kurva Standar <i>Pseudomonas saccharophyla</i> .....	42
Lampiran 3. Kurva Standar <i>Bacillus sphaericus</i> var <i>rotans</i> .....	43
Lampiran 4. Kurva Pertumbuhan .....	44
Lampiran 5. Lampiran Gambar .....	45
Lampiran 6. Komposisi Medium .....	46

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kegiatan eksploitasi, eksplorasi, transportasi, dan konsumsi minyak bumi memungkinkan terjadinya tumpahan dan pembuangan yang memicu pelepasan polutan hidrokarbon ke alam. Polutan hidrokarbon ini bersifat toksik terhadap komponen biologi di lingkungan. Metode penanggulangan secara fisik dan kimia untuk mereduksi polutan hidrokarbon ini memerlukan biaya yang cukup besar dan tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu bioremediasi menjadi pilihan yang aman untuk mengembalikan kondisi lingkungan yang tercemar menjadi seperti kondisi semula.

Bioremediasi merupakan teknik penyisihan polutan hidrokarbon yang ramah lingkungan dengan menggunakan peran mikroorganisme. Namun tingkat hidrofobitas yang tinggi dari senyawa hidrokarbon menyebabkan senyawa ini sulit untuk didegradasi mikroorganisme sehingga proses bioremediasi berjalan lambat. Secara umum penambahan surfaktan adalah salah satu strategi dalam mempercepat degradasi *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH) dan senyawa hidrofobik (Obayori 2009: 1615-1616).

Surfaktan adalah molekul amfipatik yang terdiri dari gugus hidrofilik dan hidrofobik, sehingga dapat berada di antara cairan yang memiliki sifat polar dan ikatan hidrogen yang berbeda seperti di antara minyak dengan air. Hal ini menyebabkan surfaktan mampu mereduksi tegangan permukaan dan antar permukaan, serta

membentuk mikroemulsi sehingga hidrokarbon dapat larut dalam air dan begitu pun sebaliknya (Desai & Banat, 1997 dalam Devianto 2010: 2).

Penggunaan surfaktan tidak selamanya dapat meningkatkan degradasi minyak bumi. Surfaktan sintetis dilaporkan dapat menurunkan tingkat degradasi dari senyawa organik, yang kemungkinan disebabkan oleh efek toksik yang ditimbulkannya. Sehingga penggunaan biosurfaktan suatu bioproduk hasil sekresi mikroorganisme yang lebih mudah terurai menjadi pilihan yang aman (Christofi & Ivshina 2002: 915). Biosurfaktan berperan dalam melarutkan senyawa hidrofobik dengan membentuk struktur misel, yang menyebabkan tingkat dispersi dan emulsifikasi minyak bumi meningkat dalam air (Al-Tahhan *et al.* 2000: 3262).

Biosurfaktan dihasilkan oleh mikroorganisme hidrokarbonoklastik, yaitu mikroorganisme yang mampu mendegradasi senyawa dalam hidrokarbon minyak bumi dengan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Mikroorganisme ini juga menghasilkan bioproduk lain seperti asam lemak, gas, dan biopolimer yang dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas batuan reservoir formasi klastik dan karbonat, ketika bakteri ini menguraikan minyak bumi (Lasari 2010: 1).

Beberapa bakteri hidrokarbonoklastik telah diisolasi dari kawasan mangrove tercemar minyak bumi, di antaranya: *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus aminovorans*, *Bacillus apiarius*, *Bacillus carotarum*, *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus* var *rotans*, *Pseudomonas alcaligenes*, dan *Pseudomonas pseudoalcaligenes* (Widjajanti *et al.* 2008: 23), namun potensinya sebagai penghasil biosurfaktan secara kualitatif dan kuantitatif belum diketahui. Oleh



karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menapis bakteri hidrokarbonoklastik penghasil biosurfaktan serta mengetahui produksi dan kemampuan emulsifikasi biosurfaktan yang dihasilkan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Penggunaan surfaktan sintetis dalam penyisihan polutan hidrokarbon dapat menurunkan tingkat degradasi senyawa organik dikarenakan toksisitas tinggi yang ditimbulkannya. Sehingga penggunaan biosurfaktan (bioproduk hasil sekresi mikroorganisme hidrokarbonoklastik) yang memiliki toksisitas relatif lebih rendah dan lebih mudah terurai menjadi salah satu pilihan strategi dalam mempercepat bioremediasi minyak bumi. Beberapa bakteri hidrokarbonoklastik telah diisolasi dari kawasan mangrove tercemar minyak bumi namun potensinya sebagai penghasil biosurfaktan secara kualitatif dan kuantitatif belum diketahui. Oleh karena itu perlu dilakukan penapisan bakteri hidrokarbonoklastik penghasil biosurfaktan serta mengetahui produksi dan kemampuan emulsifikasi biosurfaktan yang dihasilkannya.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis bakteri hidrokarbonoklastik penghasil biosurfaktan dari kawasan mangrove tercemar minyak bumi.
2. Mengetahui produksi dan indeks emulsifikasi biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri penghasil biosurfaktan terpilih.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menginformasikan jenis dan produksi biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik yang dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, sehingga proses bioremediasi minyak bumi akan terlaksana lebih cepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Tahhan, R.A., T.R. Sandrin, A.A. Badour, & R.M. Maier. 2000. Rhamnolipid-Induced Removal of Lipopolysaccharide from *Pseudomonas aeruginosa*: Effect on Cell Surface Properties and Interaction with Hydrophobic Substrates. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 66: 3262-3268.
- Amellal, N., G. Burtin, F. Bartoli & T. Heulin. 1998. Colonization of Wheat Roots by An Exopolysaccharide-Producing *Pantoea agglomerans* Strain and Its Effect on Rhizosphere Soil Aggregation. *Appl. Environ. Microbiol.* 64(10). 3740-3747.
- Anonim<sup>a</sup>. 2010. Pengaruh Tumpahan Minyak Terhadap Ekosistem Mangrove. <http://kuliahitukeren.blogspot.com/2011/02/pengaruh-tumpahan-minyak-terhadap.html>. 19 April 2011.
- Anonim<sup>b</sup>. 2011: Evaluasi Keefektifan Formulasi Bakteri Biokontrol dan Identifikasi Senyawa Penghambat terhadap Penyakit Pustul Bakteri. [http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/41435/Bab\\_IV\\_2004srd.pdf](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/41435/Bab_IV_2004srd.pdf). 37-59 hlm. 20 April 2011.
- Atlas, R.M. 1995. Petroleum Biodegradation and Oil Spill Bioremediation. *Marine Pollution Bulletin.* 31: 178-182.
- Caldwell, M.E., R.M. Garrett, R.C. Prince & J.M. Suflita. 1998. Anaerobic Biodegradation of Longchain N-Alkanes Under Sulfate-Reducing Conditions. *Environ. Sci. Technol.* 32 (14): 2191-2195.
- Cerniglia, C.E. 1992. Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Biodegradation.* 3: 351-368.
- Christofi, N.D. & I.B. Ivshina. 2002. A REVIEW: Microbial surfactants and their use in field studies of soil remediation. *Journal of Applied Microbiology.* 93: 915-929.
- Dahuri, R. 2002. Integrasi Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. *Makalah Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove.* Jakarta. 1 hlm.
- Datsgheib, S.M.M., M.A. Amoozegar, E. Elahi, S. Asad & I.M. Banat. 2008. Bioemulsifier production by a halothermophilic *Bacillus* strain with potential applications in microbially enhanced oil recovery. *Biotechnol. Lett.* 30: 263-270.

- Devianto, L.A. & E. Kardena. 2010. Pengaruh Glukosa terhadap Produksi Biosurfaktan oleh *Azotobacter vinelandii* dan Pengaruh Biosurfaktan Terhadap Biodegradasi TPH oleh Konsorsium Bakteri Petrofilik. *Biotechnology*. 8 (1): 1-10.
- Desai, J.D. & I.M. Banat. 1997. Microbiol Production of Biosurfactans and Their Commercial Potential. *Microbial Mol Biol Rev*. 61 (1): 47-64.
- Diah, P. 2008. Mekanisme Kerja Bakteri *Pseudomonas* sp. dalam Proses Bioremediasi Minyak Bumi. <http://orpiu.com/2008/11/mekanisme-kerja-bakteri-pseudomonas-sp.html>. 19 April 2011.
- Diswanto, E. & E. Kardena. 2010. Isolasi dan Karakterisasi *Pseudomonas* sp. dari Tanah Tercemar Hidrokarbon Minyak Bumi Sumatera Dan Jawa. *Biotechnology*. 7: 1-10.
- Gosalam, S., A. Tahir & J.L. Silviana. 2008. Uji Kemampuan Bakteri dari Perairan dalam Mendegradasi Senyawa Minyak Solar. *Jurnal Torani*. 18 (2): 171-178.
- Goyal, A.K. & G.J. Zylstra. 1997. Genetics of Naphthalene and Phenanthrene Degradation by *Comamonas testosteroni*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*. 19 (5): 401-407.
- Hadioetomo, R.S. 1990. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Gramedia. Jakarta. 163 hlm.
- Head, I.M. & R.P.J. Swannell. 1999. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants In Marine Habitats. *Current Opinion in Biotechnology*. 10: 234-239.
- Hidayat, W. 2011. Biosurfaktan. <http://gedangmatikenekvirus.wordpress.com/category/mikrobiologi/>. 20 April 2011.
- Illias, R.M., O.S. Wei, A.K. Idris & W.A. Rahman 2001. Isolation and Characterization Of Halotolerant Aerobic Bacteria From Oil Reservoir. *Jurnal Teknologi*. 35 (1): 1-10.
- Iwabuchi, N., M. Sunairi, M. Urai, C. Itoh, H. Anza, & S. Harayama. 2002. Extra cellular Polysacharides of *Rhodococcus rhodochrous* S-2 stimulate the Degradation of Aromatic Components in Crude Oil by Indigenous Marine Bacteria. *J. Appl. Environ. Microbiol*. 68: 2337-2343.
- Kadarwati, S. 2008. Karakterisasi Biosurfaktan Yang Dihasilkan Bakteri. *Lembaran Publikasi Lemigas*. 42 (3): 18-26.
- Kamaludin, LB. 2009. Peranan Biosurfaktan. <http://barudarikampung.blogspot.com/2009/03/peranan-biosurfaktan.html>. 05 Januari 2011.

- Kim, J.S., B.L. Reuhs, M.M. Rahman, B. Ridley & R.W. Carlson. 1996. Separation of bacterial capsular and lipopolysaccharides by preparative electrophoresis. *Glycobiology*. 6 (4): 433-437.
- Kusmana, C. 2002. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Berkelanjutan dan Berbasis Masyarakat. Makalah Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Jakarta.
- Lasari, D.P. 2010. Bakteri Pengolah Limbah Minyak Bumi yang Ramah Lingkungan. <http://www.esdm.go.id/berita/artikel/3507-bakteri-pengolah-limbah-minyak-bumi-yang-ramah-lingkungan.html>. 28 desember 2010.
- Leahy, J.G. & R.R. Colwell. 1990. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment. *Microbial Reviews*. 54(3): 305-315.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak Remediation. Di dalam *Makalah Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan ITS*. Surabaya. 1-9 hlm.
- Margesin, R. & F. Schinner. 2001. Biodegradation and bioremediation of hydrocarbons in extreme environments. *Appl Microbiol Biotechnol*. 56: 650-663.
- Munawar. 1999. Isolasi dan Uji Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfir dari Hutan Bakau di Cilacap dalam Mendegradasi Residu Minyak Bumi. *Tesis Magister*. Program Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung. 1-81 hlm.
- Nababan, B. 2008. Isolasi Dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Laut Belawan. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara. xi+62 hlm.
- Ni'matuzahroh, T. Surtiningsih & M. Tanjung. 2002. Mekanisme Asimilasi Hidrokarbon Oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik *Pseudomonas* sp. *Abstrak Penelitian*. 1 hlm.
- Nugroho, A. 2006. Produksi Biosurfaktan oleh Bakteri Pengguna Hidrokarbon dengan Penambahan Variasi Sumber Karbon. *Biodiversitas*. 7 (4): 312-316.
- Nugroho. A. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik: Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar*. 8 (1): 13-23.
- Nugroho, A. 2009. Produksi Gas Hasil Biodegradasi Minyak Bumi: Kajian Awal Aplikasinya Dalam *Microbial Enhanced Oil Recovery* (meor). *Makara, Sains*. 13 (2): 111-116.
- Obayori, O.S. (2009). Degradation of hydrocarbons and biosurfactant production by *Pseudomonas* sp. strain LP1. *Microbiol Biotechnol*. 25 (9): 1615-1623.

- Obuekwe, C. & , E. Al-Muttawa. 2001. Self-Immobilized Bacterial Cultures with Potential as Ready-to-Use For Petroleum Bioremediation. *Biotechnology Letters*. Vol 23. pp 1025-1032.
- Ratih, S. & R. Eviyati. 2007. Pestisida Organik Berbahan Aktif Bakteri Agensia Hayati yang Efektif Mengendalikan Pustul Kedelai. *Jurnal Agrijati*. 6 (1): 30-34.
- Salihu, A., I. Abdulkadir & M.N. Almustapha. 2009. An Investigation For Potential Development on Biosurfactants. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*. 3 (5): 111-117.
- Semple, K.T. & R.B. Cain. 1996. Biodegradation of phenols by the alga *Ochromonas danica*. *Appl. Environ. Microbiol.* 62 (4): 1265-1273.
- Sheppard, J.D. & D.G. Cooper. 1991. The Respons of *Bacillus subtilis* ATCC 21332 to Manganese During Continous Phase Growth. *Appl. Microbiol. Techno.* 35: 72-76.
- Suryanto, D. 2009. Prospek Keanekaragaman Hayati Mikroba (Microbial Bioprospecting) Sumatera Utara. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap*. Bidang Mikrobiologi FMIPA. Universitas Sumatera Utara. 1-40 hlm.
- Suryatmana, P., K. Edwan, R. Enny & Wisjnuprpto. 2004. Karakteristik Bio-surfaktan dari *Azotobacter chroococcum*. Di dalam *Laporan akhir dan Seminar Evaluasi RUT XI*. Kementrian Riset dan Teknologi RI. Serpong. 1-18 hlm.
- Tabatabaee, A., M.M. Assadi, A.A. Noohi & V.A. Sajadian. 2005. Isolation of Biosurfactant Producing Bacteria from Oil Reservoirs. *Iranian J. Env. Health Sci. Eng.* 2 (1): 6-12.
- Port, T. 2010. How to Interpret Beta Hemolysis on Blood Agar. [http://www.associatedcontent.com/article/2875126/how\\_to\\_interpret\\_beta\\_hemolysis\\_on.html?cat=4](http://www.associatedcontent.com/article/2875126/how_to_interpret_beta_hemolysis_on.html?cat=4). 19 April 2011.
- Pumphrey, G.M. & E.L. Madsen. 2007. Naphthalene metabolism and growth inhibition by naphthalene in *Polaromonas naphthalenivorans* strain CJ2. *Microbiology*. 153: 3730-3738.
- Utami, K.W.D. 2011. Biosurfaktan Dalam Operasi Teknik Lingkungan. <http://industri09kukuh.blog.mercubuana.ac.id/category/artikel-teknologi/>. 05 Januari 2011.
- Vater, J., B. Kablitz, , C. Wilde, P. Franke, N. Mehta & , S.S. Cameotra. 2002. Matrix assisted Laser Desorption Ionization-time of Flight Mass Spectrometry of Lipopeptide biosurfactant in Whole Cell and Culture Filtrates of *Bacillus subtilis* C-1 Isolated from Petroleum Sludge. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 68: 6210-6219.

- Widjajanti, H., M. Ridho & Munawar. 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*. 1-41 hlm.
- Widayanti, S. 2009. Identifikasi Dan Pemeriksaan Jumlah Total Bakteri Susu Sapi Segar Dari Koperasi Unit Desa Di Kabupaten Boyolali. *Makalah*. 1-25 hlm.
- Yuliar. 2008. Skrining Bioantagonistik Bakteri untuk Agen Biokontrol *Rhizoctonia solani* dan Kemampuannya dalam Menghasilkan Surfaktin. *Biodiversitas*. 9 (2): 83-86.
- Zam, S I. (2006). Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi PERTAMINA UP II Sungai Pakning Dengan Menggunakan Bakteri Indigen. *Tesis*. Abstrak, Program Studi Bioteknologi. Institut teknologi Bandung. 1-6 hlm.