KOMBINASI *Salvinia molesta* D.S. Mitchell DAN KONSORSIUM BAKTERI DALAM PROSES BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi

Biologi

Oleh :

RIKA NATALIA
08081004053

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVEMBER 2012

S
576.192 07
Rik
k
2012
24463/25013

KOMBINASI *Salvinia molesta* D.S. Mitchell DAN KONSORSIUM BAKTERI DALAM PROSES BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI

UPT PERPUSTAKAAN

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi

Oleh :

RIKA NATALIA
08081004053

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVEMBER 2012

LEMBAR PENGESAHAN

KOMBINASI *Salvinia molesta* D.S. Mitchell DAN KONSORSIUM BAKTERI DALAM PROSES BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Biologi

Oleh :

RIKA NATALIA
08081004053

Inderalaya, 13 November 2012

Pembimbing II,

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

Pembimbing I,

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Indra Yustian, M.Si
NIP. 19730726 199702 1 001

LEMBAR PERSEMBAHAN

"Impian tidak akan terwujud apabila tidak pernah dimulai. Karena masa depan sungguh ada dan harapanmu tidak akan hilang"

"Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang meminta, menerima dan setiap orang yang mencari, mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu dibukakan. Tuhan takkan terlambat, juga takkan lebih cepat. Semuanya...

Dia jadikan indah pada waktunya"

Ku persembahkan karya kecilku ini untuk yang tercinta:

- *My Lord Jesus Crist*
- *Papaku Kariun Sitanggang S.Pd. dan mamaku Rosmerianna Sitorus*
- *Adikku Sri Dewi A dan Roy Putra Nanda*
- *Seseorang yang selalu menjadi matahariku*
- *Sahabat dan orang-orang terdekatku*
- *Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah menganugerahkan kasih dan karunia-Nya, sehingga atas kehendak dan izin-Nya Skripsi yang berjudul **Kombinasi *Salvinia molesta* D.S. Mitchell Dan Konsorsium Bakteri Dalam Proses Bioremediasi Limbah Cair Minyak Bumi** dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Biologi di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyelesaikan tugas akhir ini telah mendapatkan bimbingan, petunjuk, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si dan Dr. Hary Widjajanti, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan serta saran, membimbing, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dengan sabar dan iklas selama penelitian sampai selesainya penulisan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Muhammad Irfan, M.T selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Indra Yustian M.Si, selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Dra. Nina Tanzerina, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Biologi serta selaku dosen pembahas yang telah memberikan koreksi, masukan dan bimbingannya terhadap tulisan ini.
4. Dra. Muharni, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan koreksi, saran dan bimbingan untuk penyelesaian tugas akhir ini.

5. Dr. Zazili Hanafiah M.Sc, selaku dosen penguji dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, serta bimbingan dan nasehat selama masa perkuliahan.
6. Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si yang mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2012.
7. Seluruh Staf Dosen Pengajar Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
8. Karyawan di Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, yang telah banyak membantu proses teknis selama penelitian.
9. Ayahanda dan Ibunda serta adik-adikku tercinta, terima kasih atas iringan doa, kasih sayang, dukungan baik moril dan materil serta semangat dan motivasinya yang membuat penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
10. Sahabat-sahabatku dan seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2008.
11. Kakak-kakak tingkat 2005 hingga 2007 serta adik-adik tingkat 2009, 2010, dan 2011.
12. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan masukan sangat diharapkan penulis untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan mahasiswa jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Inderalaya, November 2012

Penulis

COMBINATION OF *Salvinia molesta* D.S. Mitchell AND BACTERIAL CONSORTIUM ON BIOREMEDIATION OF LIQUID WASTE PETROLEUM

By

RIKA NATALIA
08081004053

ABSTRACT

A research about combination of *Salvinia molesta* D.S. Mitchell and bacterial consortium on bioremediation of liquid waste petroleum has been done on July to August 2012 in Microbiology Laboratory Department of Biology and Chemical Analysis Laboratory Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University. The study aims to discover bioremediation capabilities combination of *Salvinia molesta* and a consortium bacterial in liquid waste petroleum. The experiments design used Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 6 replications. The observed variables were bacterial numbers, the accretion dry weight of *Salvinia molesta*, and TPH degradation percentage. The results showed that at the end of bioremediation addition of bacterial consortium and *Salvinia molesta* produces the highest average of TPH degradation 99.48%, the highest average of bacterial number 5.8 x 10^8 (cfu/mL), and the highest average of *Salvinia molesta* dry weight reaches 2.807 g.

Key words : *Salvinia molesta*, bioremediation, bacterial consortium, liquid waste petroleum

KOMBINASI *Salvinia molesta* D.S. Mitchell DAN KONSORSIUM BAKTERI DALAM PROSES BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI

Oleh

RIKA NATALIA
08081004053

ABSTRAK

Penelitian mengenai kombinasi *Salvinia molesta* D.S. Mitchell dan konsorsium bakteri dalam proses bioremediasi limbah cair minyak bumi telah dilakukan pada bulan Juli - Agustus 2012 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi dan Laboratorium Kimia Analisa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bioremediasi kombinasi *Salvinia molesta* dan konsorsium bakteri pada limbah cair minyak bumi. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 6 kali ulangan. Variabel yang diamati yaitu jumlah bakteri dan pertambahan berat kering *Salvinia molesta*, serta persentase penurunan TPH. Hasil yang didapat pada akhir bioremediasi menunjukkan bahwa penambahan konsorsium bakteri dan *Salvinia molesta* menghasilkan rata-rata persentase penurunan TPH tertinggi 99,48%, jumlah bakteri tertinggi 5,8 x 10^8 (cfu/mL), dan rata-rata pertambahan berat kering tertinggi mencapai 2,807 g.

Kata Kunci: *Salvinia molesta*, bioremediasi, konsorsium bakteri, limbah cair minyak bumi

UPT PEPPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NO. DAFTAR 130443
TANGGAL : 14220 13

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. Rumusan masalah 3

1.3. Hipotesis 4

1.4. Tujuan penelitian 4

1.5. Manfaat penelitian 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah minyak bumi 5

2.2. Karakteristik hidrokarbon limbah minyak bumi 6

2.3. Fitoremediasi 8

2.4. *Salvinia molesta* D.S. Mitchell 12

2.5. *Salvinia molesta* sebagai tanaman akumulator 16

2.6. Konsorsium (kultur campur) bakteri 17

2.7. Fitoremediasi hidrokarbon minyak bumi
2.7.1. Rizosfer 19
2.7.2. Mekanisme fitoremediasi hidrokarbon minyak bumi 21

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat 23
3.2. Alat dan bahan 23
3.3. Rancangan percobaan 23
3.4. Cara kerja
3.4.1. Persiapan dan adaptasi *Salvinia molesta* 24
3.4.2. Pembuatan starter bakteri
a. Pembuatan medium ZoBell cair 24
b. Pembuatan starter bakteri 24
3.4.3. Persiapan bioreaktor 25
3.5. Variabel pengamatan
3.5.1. Jumlah sel bakteri 26
3.5.2. Pertumbuhan *Salvinia molesta* 26
3.5.3. Total petroleum hidrokarbon (TPH) 27
3.6. Analisis dan penyajian data 27

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Jumlah bakteri 29
4.2. Pertumbuhan *Salvinia molesta*..... 32
4.3. Persentase penurunan TPH 34

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 38
5.2. Saran..... 38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Rata-rata jumlah sel bakteri masing-masing perlakuan pada hari ke-15 dan akhir bioremediasi (hari ke-30) 29

Tabel 4.2. Rata-rata pertambahan berat kering tanaman *S. molesta* setelah 30 hari bioremediasi pada konsentrasi 60% limbah cair minyak bumi 33

Tabel 4.3. Rata-rata persentase penurunan TPH limbah cair minyak bumi selama 30 hari 35

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. *Salvinia molesta* 13

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Komposisi medium zobell 46
Lampiran 2. Analisis jumlah sel bakteri pada hari ke-15 bioremediasi 47
Lampiran 3. Analisis jumlah sel bakteri pada akhir bioremediasi (hari ke-30)..... 48
Lampiran 4. Uji t pertambahan berat kering *Salvinia molesta* 49
Lampiran 5. Analisis persentase penurunan TPH limbah cair minyak bumi 50
Lampiran 6. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek *Micrococcus luteus* 51
Lampiran 7. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek *Pseudomonas pseudomallei* 52
Lampiran 8. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 53
Lampiran 9. Kurva pertumbuhan dan waktu generasi terpendek *Bacillus* sp1 54
Lampiran 10. Masing-masing perlakuan sebelum dan setelah 30 hari bioremediasi... 55
Lampiran 11. Bakteri komposisi konsorsium bakteri 57
Lampiran 12. Kultur bakteri untuk pembuatan konsorsium bakteri..... 58
Lampiran 13. Konsorsium bakteri dan starter bakteri..... 59

BAB I

PENDAHULUAN

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UPT PERPUSTAKAAN

1.1. 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 umumnya berupa *sludge* yang merupakan campuran minyak yang tumpah, pipa yang bocor atau ceceran minyak yang sudah bercampur dengan pengotor dari lingkungan, sedangkan limbah cair merupakan hasil pemisahan *crude oil* dan air (Effendi 2012: 1).

Limbah minyak terdiri atas bermacam-macam senyawa, di antaranya berupa hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi dapat dibagi menjadi empat golongan, yaitu senyawa parafin, naftalena, aromatik, dan olefin (Karwati 2009: 7). Menurut Haryani (2005: 3), senyawa aromatik mempunyai karateristik cincin tersusun dari enam atom karbon. Sebagian besar senyawa aromatik bermassa rendah dan dapat larut dalam air sehingga meningkatkan kemungkinan kontak dengan sumber daya hayati perairan. Senyawa aromatik merupakan komponen minyak mentah yang paling beracun dan dapat memberi dampak kronik (menahun) dan karsinogenik (menyebabkan kanker).

Limbah minyak tersebut apabila tidak dikelola dengan baik, maka dapat berdampak terhadap lingkungan hidup seperti terjadinya pencemaran tanah, air permukaan, air tanah dangkal dan terganggunya kesehatan masyarakat setempat atau kehidupan makhluk hidup lainnya (Suardana 2012: 1). Hal ini sesuai dengan Karwati (2009: 1), limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan memiliki potensi lebih besar untuk mencemari dan meracuni lingkungan, karena bentuknya yang cair menyebabkan mobilisasinya cepat

sehingga mudah terbawa aliran air.

Sistem pengolahan limbah cair minyak bumi pada umumnya dilakukan secara fisika dan kimia. Namun, pengolahan limbah dengan cara tersebut biaya yang dikeluarkan relatif mahal serta dapat menimbulkan pencemaran baru (Lasari 2010: 1). Menurut Dewi (2011: 2), terdapat kebijakan baru dalam pengolahan limbah hasil produksi dengan menerapkan prinsip nir limbah (*zero waste*).

Menghindari timbulnya pencemaran baru, salah satu alternatif dalam menanggulangi dampak pencemaran lingkungan oleh limbah cair minyak bumi ialah dengan menggunakan metode biologi yaitu pemanfaatan jasa makhluk hidup diantaranya tumbuhan yang lebih dikenal dengan fitoremediasi. Menurut Chussetijowati *et al.* (2012: 283), teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Teknik fitoremediasi merupakan teknologi pemulihan kualitas lingkungan tercemar yang ramah lingkungan dan murah.

Mekanisme yang terjadi pada fitoremediasi antara lain fitoakumulasi, rizofiltrasi, fitostabilisasi, dan rhizodegradasi. Rhizodegradasi merupakan mekanisme penguraian (degradasi) polutan oleh mikroorganisme sekitar akar (rizosfer) yang bekerja sama dengan tumbuhan. Menurut U.S EPA (2000: 21-22), tumbuhan melepaskan eksudat akar berupa gula, asam amino, asam organik, asam lemak, sterol, nukleotida, dan senyawa lain. Eksudat tersebut berguna untuk meningkatkan aktivitas dan populasi mikroorganisme rizosfer sehingga meningkatkan biodegradasi polutan.

Degradasi limbah cair minyak bumi di alam terjadi secara alami oleh bakteri indigen pendegradasi yang terdapat di dalam limbah minyak bumi. Hasil penelitian Handiana

(2009) didapatkan 4 isolat bakteri yang paling baik dalam mendegradasi hidrokarbon pada bioremediasi *sludge* minyak bumi yaitu *Micrococus luteus, Pseudomonas pseudomallei, Pseudomonas pseudoalcaligenes,* dan *Bacillus* spl dengan rata-rata jumlah sel bakteri pada akhir fitoremediasi yaitu 9,2 x 10^4 pada *sludge* konsentrasi 5%.

Berdasarkan penelitian Nita (2011: 25-26), konsentrasi limbah cair minyak bumi yang tepat untuk pertumbuhan dan kemampuan fitoremediasi yang baik oleh *Salvinia molesta* pada konsentrasi 60 %, dengan penurunan TPH sebesar 1157 ppm. Untuk mengupayakan agar proses fitoremediasi oleh *S. molesta* pada limbah cair minyak bumi menjadi lebih baik, perlu adanya pengujian dengan cara mengkombinasikan dengan konsorsium bakteri. Tumbuhan *S. molesta* yang merupakan agen fitoremediasi dan konsorsium bakteri yang merupakan bakteri indigen limbah cair minyak bumi diharapkan mampu bekerja sama sehingga proses degradasi polutan menjadi lebih baik.

1.2. Rumusan masalah

Pengolahan limbah cair minyak bumi yang murah, mudah, ramah lingkungan, efisien, dan dapat mendukung konsep *zero waste* diantaranya dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi. *Salvinia molesta* adalah salah satu tumbuhan yang memiliki kemampuan fitoremediasi dengan mekanisme rhizodegradasi yaitu tanaman bekerjasama dengan bakteri dalam mendegradasi kontaminan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian terhadap kemampuan bioremediasi kombinasi *S. molesta* dan konsorsium bakteri agar didapatkan hasil yang lebih baik.

1.3. Hipotesis

Kombinasi antara *S. molesta* dan konsorsium bakteri indigen limbah cair minyak bumi memiliki kemampuan bioremediasi paling baik.

1.4. Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bioremediasi kombinasi *S. molesta* dan konsorsium bakteri pada limbah cair minyak bumi.

1.5. Manfaat penelitian

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai informasi dalam mendapatkan hasil bioremediasi yang lebih baik pada pengolahan limbah cair minyak bumi menggunakan tumbuhan *S. molesta* dan konsorsium bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2012. Giant Salvinia (*Salvinia molesta*). *http://www.iisgcp.org/exoticsp/giant salvinia.htm*. 2 hlm. 16 April 2012.

Alexander, M. 1994. *Biodegradation and Bioremediation.* Second Edition. Academic Press. USA. xiv + 453 hlm.

Astriani, M. 2012. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon dari Rizosfer *Salvinia molesta* D.S. Mitchell Pada Fitoremediasi Limbah Cair Minyak Bumi. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. (Tidak Dipublikasikan).

Atlas R.M., and R. Bartha. 1998. *Microbial Ecology: Fundamental and Application 4th ed.* Benyamin Cummings Publishing, Co. Inc.Redwood City. California. 694 hlm.

Cahyonugroho, O.H., dan E.N. Hidayah. 2012. Penyisihan Logam Chrom Menggunakan Konsorsium Mikroorganisme. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 No. 1.* 7hlm. 15 April 2012.

Cardon, Z.G., and J.L. Whitbeck. 2007. *The Rhizophere An Ecological Perspective.* Elsevier Academic Press. United States of America. xix + 212 hlm.

Cerman, Z., B.F. Striffler and W. Barthlott. 2009. Dry in the Water: The Superhydrophobic Water Fern Salvinia-A Model for Biomimetic Surfaces. *Functional Surfaces in Biology. 1: 97-109.* 19 April 2012.

Chussetijowati, J., P.I. Tjahaya, dan P. Sukmabuana. 2012. Fitoremediasi Radionuklida ^{134}Cs Dalam Tanah Menggunakan Tanaman Bayam (*Amaranthus* sp.). *Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir*: 282-289. 14 Februari 2012.

Dewi, Y.T. 2011. Potensi *Azolla pinnata* R.Br. Dalam Fitoremediasi Limbah Cair Minyak Bumi. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. 73 hlm. (Tidak dipublikasikan).

Effendi, Z. 2012. In Vitro Phenol Bioremediation By Isolates Of Indigenous Bacteria On Medium With Agitation And Ratio Of N And P. *http://images.zahrialeffendi.multiply.multiplycontent.com/attachment/0/RvSVsQoKCmsAAEEUXbY1/Jurnal_Bioremediasi%20Fenol%20In%20Vitro.pdf.* 14 Februari 2010.

Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air Dan Udara.* Kanisius. Yogyakarta. 190 hlm.

Fitter, A.H dan R.K.M. Hay. 1998. *Fisiologi Lingkungan Tanaman.* (Penerjemah: S. Andini dan E.D. Purbayanti. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. viii + 417 hlm.

Frick, C.M., R.E. Farrell, and J.J. Germida. 1999. Assessment of Phytoremediation as an In-Situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites. *http://www.clu-in.info/download/remed/phyassess.pdf.* 27 Februari 2012.

Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri.* Yrama Widya. Bandung. 224 hlm.

Hadioetomo, R.S. 1995. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek Teknik Dan Prosedur Dasar Laboratorium.* Gramedia. Jakarta. vi + 163 hlm.

Haidir, M., D. Roosmini dan P.I. Tjahaja. 2005. Penyisihan Radionuklida Cesium-134 dari Tanah Andosol Menggunakan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Penelitian Teknik Lingkungan.* Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. 9 hlm. 14 Februari 2012.

Handiana, E. 2009. Bioremediasi *Sludge* Minyak Bumi Menggunakan Kultur Campur Bakteri Indigen Pada Medium Dengan Rasio N:P Yang Berbeda. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. 67 hlm. (Tidak dipublikasikan)

Haryani, E.B.S. 2005. Pencemaran Minyak di Laut dan Tuntutan Ganti Kerugian. *Makalah Pengantar Falsafah Sains.* Institut Pertanian Bogor. 16 hlm. 14 Februari 2012.

Holina, S. 2011. Fitoremediasi Kromium Menggunakan Dua Tumbuhan Tempatan Di Dalam Sistem Hidroponik. *Skripsi Sarjana Muda Kejuruteraan Awam.* Fakulti Kejuruteraan Awam Universiti Teknologi Malaysia. 110 hlm. 13 Maret 2012.

Irianto, K. 2006. *Mikrobiologi, Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid I.* Yrama Widya. Bandung. 256 hlm.

Isnaini, A. 2008. Bioremediasi Limbah Sludge Minyak Bumi Skala Laboratorium Menggunakan Bakteri Indigen Hidrokarbonoklastik. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. 45 hlm. (Tidak dipublikasikan).

Juhaeti, T., N. Hidayati, F. Syarif, dan S. Hidayat. 2009. Uji Potensi Tumbuhan Akumulator Merkuri untuk Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Akibat Kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Kampung Leuwi Bolang, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Bogor. *Jurnal Biologi Indonesia 6 (1):1-11 (2009).* 15 April 2012.

Kadarwati S, Noegroho H, Udiharto M. 1996. Bioproses Untuk Penanganan Limbah Kilang Migas. *Di dalam: Procedings Temu Karya Pengolahan.* Jakarta: 1-13 hlm.

Kaderi, H. 2005. Penambahan Konsentrat *Salvinia molesta* untuk Meningkatkan Pertumbuhan Padi di Tanah Sulfat Masam. *Buletin Teknik Pertanian Vol.10 Nomor 2: 46-48.* 13 April 2012.

Karliawan. 2009. Pembuatan Dan Pencirian Pektin Asetat. *http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/11411/G09aka4_BAB%20II%20Tinjauan%20Pustaka.pdf?sequence=8.* 14 Februari 2012.

Karwati. 2009. Degradasi Hidrokarbon Pada Tanah Tercemari Minyak Bumi Dengan Isolat A10 Dan D8. *Skripsi Sarjana Sains Departemen Kimia.* Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 10 hlm.

Kepmen LH No. 128. 2003. Tatacara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis. *https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Foc.its.ac.id%2Fambilfile.php%3Fidp%3D1620&ei=cgqRT4SUNsPPrQfWz63yBA&usg=AFQjCNHoU7Uro06_hb8LqKC2fvuL75u0Vw&sig2=ZgM9rO1wcinjrxV6PLpRTg.* 24 Februari 2012.

Kusrijadi, A., A. Mudzakir, S.S. Fatima. 2012. Peningkatan Kualitas Sanitasi Lingkungan Berbasis Fitoremediasi. *http://jurnal.upi.edu/file/Ali_K1.pdf.* 5 hlm. 15 April 2012.

Kvesitadze, G., M. Gordeziani, G. Khatisashvili, T. Sadunishvili, and J.J. Ramsden. 2001. Some Aspects of the Enzymatic Basis of Phytoremediation. *Journal of Biologycal Physics and Chemistry 1: 49-57.* 19 September 2012.

Laela, F. 2002. Kadar Lemak Beberapa Bagian Tubuh Itik Lokal Jantan (*Anas platyrhynchos*) Yang Diberi Berbagai Taraf Kayambang (*Salvinia molesta*) Dalam Ransumnya. *Skripsi Sarjana Peternakan Bidang Studi Ilmu Nutrisi Dan Makanan Ternak.* Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. 57 hlm. 19 Maret 2012.

Lasari, D.P. 2010. Bakteri, Pengolah Limbah Minyak Bumi yang Ramah Lingkungan. *http://www.esdm.go.id/news-archives/56-artikel/3507-bakteri-pengolah-limbah-minyak-bumi-yang-ramah-lingkungan.pdf.* 27 Februari 2012.

Lutfi, A. 2009. Bahan Pencemar Tanah. *http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-lingkungan/pencemaran_lingkungan/bahan-pencemar-tanah/.* 15 April 2012.

Mangkoedihardjo, S. 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah. *Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS.* Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 9 hlm.

McFarland,D.G., L.S. Nelson., M.J. Grodowitz, R.M. Smart, and C.S. Owens. 2004. *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (*Giant Salvinia*) in the United States: A Review of Species Ecology and Approaches to Management. *http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/srel04-2.pdf*. 15 Maret 2012.

Merkl, N., R.S. Kraft, and C. Infante. 2005. Assessment Of Tropical Grasses And Legumes For Phytoremediation Of Petroleum – Contaminated Soils. *http://www.environmentalexpert.com/Files%5C6063%5Carticles%5C5205%5CJ8M4HT50R1741476.pdf*. 15 hlm. 3 April 2012.

Mitchell, D.S., and P.A. Thomas. 1972. Ecology of water weeds in the neotropics an ecological survey of the aquatic weeds Eichhornia crassipedes and Salvinia species, and their natural enemies in the neotropics. *Technical Papers in Hydrology 12*. UNESCO. Paris, France. 48 hlm. 16 April 2012.

Mukerji, K.G., C. Manoharachary, and J. Singh. 2006. *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. VI + 349 hlm.

Mulyono, M. 2006. Teknik Cuci Lahan (*Soil Washing*) untuk Remediasi Lahan Tercemar Minyak Bumi. *Lembaran Publikasi Lemigas Vol. 40 No. 1, Mei 2006: 3-8*. 6 hlm. 16 Maret 2012.

Nababan, B. 2008. Isolasi Dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Laut Belawan. *Tesis Megister Sains Program Studi Biologi*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. 77 hlm. 15 April 2012.

Nita, F.A. 2011. Kemampuan Fitoremediasi *Salvinia molesta* D.S. Mitchell Pada Beberapa Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. 62 hlm. (Tidak dipublikasikan)

Norzatulakma, B.M.K. 2010. Treatment of Industrial Wastewater at Gebeng Area Using *Eichornia crassipes* sp. (Water Hyacinth), *Pistia Stratiotes* sp. (Water Lettuce) and *Salvinia molesta* sp. (Giant Salvinia). *Thesis Bachelor of Civil Engineering*. Faculty of Civil Engineering and Earth Resources Universiti Malaysia Pahang. 25 hlm. 19 Maret 2012.

Nugroho, A. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik: Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 8 No. 1, 2007: 13-23*. 15 April 2012.

Owens, C.S., and R.M. Smart. 2010. Effects of Nutrients, Salinity, and pH on *Salvinia molesta* (Mitchell) Growth. *http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/apcea-23.pdf*. 7 hlm. 15 April 2012.42

Palar, H. 2008. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat.* Rineka Cipta. Jakarta. 152 hlm.

Prihandrijanti, M., T. Lidiawati,. E. Indrawan., H. Winanda, dan H. Gunawan. 2009. Fitoremediasi dengan Eceng Gondok dan Kiambang untuk Menurunkan Konsentrasi Deterjen, Minyak Lemak, dan Krom Total. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.* Pusat Studi Lingkungan Universitas Surabaya. 6 hlm. 14 februari 2012.

Prpich, G.P., and A.J. Daugulis. 2005. Enhanced Biodegradation of Phenol by a Microbial Consortium in a Solid–liquid Two Phase Partitioning Bioreactor. *Biodegradation (2005) 16: 329–339. http://www.chemeng.queensu.ca/people/faculty/daugulis/publications/documents/GeoBiod.pdf.* 19 April 2012.

Purwantari, N.D. 2007. Reklamasi Area Tailing di Pertambangan Dengan Tanaman Pakan Ternak. *Makalah Wartazoa Vol. 17 No. 3 Th. 2007*: 101-108. 14 Februari 2012.

Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba.* Bumi Aksara. Jakarta. xii + 285 hlm.

Putra, R.S., dan L.S. Maryamah. 2008. Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Oleh *Bacillus* sp. Dan *Klebsiella* sp. *Program Kreatifitas Mahasiswa Ilmiah.* Depertemen Ilmu Tanah Dan Sumber Daya Lahan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. 26 hlm. 7 Oktober 2011.

Rahmansyah, M., N. Hidayati, dan T. Juhaeti. 2009. *Tumbuhan Air Berpotensi Akumulator.* LIPI Press. Jakarta. xx + 143 hlm.

Rao, N.S. Subra. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman.* Edisi II. UI Press. Jakarta. 352 hlm.

Rossiana, N., T. Supriatun, dan Y. Dhahiyat. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) Dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Bermikoriza. *Usulan Penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi.* Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. 49 hlm. 14 Februari 2012.

Rynanda, M. 2010. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Hidrokarbon Di sekitar Rizosfer Rumput Belulang (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) Yang Berperan Dalam Fitoremediasi Limbah Minyak Bumi. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. (Tidak Dipublikasikan).

Said, M., Munawar, B. Yudono, dan E. Sri Pertiwi. 2006. *Kegiatan Pengolahan Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi Secara Biologis (Bioremediasi) Lokasi Sumur Betun I.* PT Pertamina EP Region Sumatera Kerjasama Dengan PPLH Universitas Sriwijaya. 76 hlm. (Tidak dipublikasikan)

Sandy, N.J., T. Nurhidayati, dan K.I. Purwani. 2010. Profil Protein Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Yang Dikulturkan Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo. *Jurnal Penelitian Biologi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 15 hlm. 14 Februari 2012.

Sary, T. H. 2009. Isolasi, Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Dari Limbah Minyak Bumi PT PERTAMINA UBEB LIMAU PRABUMULIH. *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi.* Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. (Tidak Dipublikasikan).

Stiyawardani, A. 2012. Kajian Pengelolaan Limbah Pasir Berminyak, Lumpur Bor Dan Tanah Tekontaminasi Minyak Pada Proses Eksploitasi Minyak Bumi Di PT Chevron Pacific Indonesia Duri, Riau. *Skripsi Sarjana Tehnik Bidang Studi Tehnik Lingkungan.* FTSP Institut Teknologi Sepuluh November. 17 hlm.

Suardana, P. 2012. Pengaruh Surfaktan Linear Alkylbenzena Sulfonat dalam Mempercepat Bioremediasi Limbah Minyak Bumi. Thesis Pascasarjana UI. http://www.lontar.ui.ac.id//opac/themes/libri2/detail.jsp?id=72235&lokasi=local. 1 November 2012.

Sumarsih. 2008. XI. Fitoremediasi. *http://sumarsih07.files.wordpress.com/2008/09/xi-fitoremediasi.pdf.* 19 Maret 2012.

Timotius, K.H. 1982. *Mikrobiologi Dasar.* Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. ix + 205 hlm.

Trapp. S, and U. Karlson. 2001. Aspects of Phytoremediation of Organic Pollutants. Review Articles Phytoremediation. http://www2.er.dtu.dk/publications/fulltext/ 2001/MR2001-035.pdf. 7 hlm. 19 April 2012.

Ulfah, W.N. 2009. Pengolahan Air Limbah Kantin Secara Biologi: Suatu Kajian Terhadap Efektivitas Penggunaan *Bacillus* sp. Dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Skripsi Sarjana Bidang Studi Manajemen Sumberdaya Perairan.* Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 83 hlm.

U.S. EPA. 2000. Introduction to Phytoremediation. *http://www.cluin.org/download/remed/ introphyto.pdf.* 26 Februari 2012.

Watanabe, K., T. Maki, F. Hiroyuki, and H. Shigeaki. 1998. Molecular Detection, Isolation, and Physiological Characterization of Functionally Dominant Phenol-Degrading Bacteria in Activated Sludge. *Applied and Environmental Microbiology*. No. 11 (2): 4396-4402p.

Wenzel, W.W. 2008. Rhizosphere Processes And Management In Plant-assisted Bioremediation (Phytoremediation) of Soils. *Review Article Springer Scienci Plant Soil (2009) 321:385–408, DOI 10.1007/s11104-008-9686-1*. 24 hlm. 19 April 2012.

Widiarso, T. 2011. Fitoremediasi Air Terkontaminasi Nikel dengan Menggunakan Tanaman Ki Ambang (*Salvinia molesta*). *http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-15662-1507100001-Abstract_id.pdf*. 19 Maret 2012.

Widiyarti. 2007. Proses Degradasi Senyawa Hidrokarbon Dalam Limbah Lumpur Minyak Bumi Oleh Mixed Culture Bakteri Rhizopetrofilik Dengan Penambahan Surfactant Producing Bacteria (*Azotobacter vinelandii*). *http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl widiyartin-27682*. 2 hlm. 27 Februari 2012.

Widjajanti, H. 2012. Bioremediasi Minyak Bumi Menggunakan Bakteri Dan Kapang Hidrokarbonoklastik Dari Kawasan Mangrove Tercemar Minyak Bumi. *Ringkasan Disertasi*. Disampaikan pada Sidang Terbuka Doktor Bidang Kajian Utama Pengelolaan Lahan Pertanian. Program Sudi Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya. 31 Mei 2012.

Widyati, E. 2008. Peranan Mikroba Tanah Pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang (*Roles of Soil Microbes in Ex-Mining Land Rehabilitation*). *Info Hutan Vol. V No. 2 : 151-160, 2008*. 1 November 2012.

Yani, M., dan Y. Akbar. 2010. Proses Biodegradasi Minyak Diesel Oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. *Jurnal Teknik Industri Pertanian Vol. 19(1), 40-44*. 5 Maret 2012.

Yudono, B. 2011. Sinergi Bakteri Tanah Dan Tanaman Pada Proses Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Disertasi Doktor (Dr) Program Studi Ilmu Lingkungan*. Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya. xxvi + 152 hlm.

Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari, Vol. 8 No. 2, Agustus 2008. hal. 136-144*. 19 Maret 2012.