

**POTENSI *Azolla pinnata* R.Br.  
DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI**

**SKRIPSI**

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



**Oleh**

**YULIA TRISNA DEWI  
08071004014**

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

A: 23209 / 23760

**POTENSI *Azolla pinnata* R.Br.  
DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI**

**SKRIPSI**

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

S.  
587.307.  
yul  
P  
2011

G. 120079



**Oleh**

**YULIA TRISNA DEWI  
08071004014**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**POTENSI *Azolla pinnata* R.Br.  
DALAM FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI**

**SKRIPSI**

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

**Oleh**

**YULIA TRISNA DEWI  
08071004014**

**Pembimbing II,**



**Drs. Juswardi, M. Si.  
NIP. 19630924 199002 1 001**

**Indralaya, Nopember 2011  
Pembimbing I,**



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



**Mengetahui:  
Ketua Jurusan Biologi,**

  
**Dr. Zaili Hanafiah, M.Sc.  
NIP. 19590909 198703 1 004**

"... Ya Tuhanku, lapangkanlah dadaku,  
mudahkanlah urusanku dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku  
supaya mereka mengerti perkataanku" (QS. Thahaa 20: 25-28).

## MOTTO

Orang-orang yang berhenti belajar akan menjadi pemilik masa lalu.

Orang-orang yang masih terus belajar,  
akan menjadi pemilik masa depan (Mario Teguh).

Ku persembahkan karya kecil ku ini untuk :

- ❖ Agamaku (al-Islam)
- ❖ Orang tuaku terkasih Ibunda Rusbiyah dan ayahanda Piloyo
- ❖ Kakak-kakakku tercinta Elin Riznawati, S.Hum. dan Yusi Karmila, A.md.  
serta adikku tersayang Puji Pangestuti
- ❖ Almamaterku

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan semesta alam Allah SWT., atas kehendak dan izin-Nya penelitian dan skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga selalu dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW., keluarga serta para sahabatnya.

Skripsi yang berjudul “Potensi *Azolla pinnata* R.Br. dalam Fitoremediasi Limbah Cair Minyak Bumi”, disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Disadari dalam penyelesaian banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu terima kasih disampaikan kepada kedua orang tua ibu Rusbiyah dan bapak Pitoyo, atas doa dan cintanya serta kepada dosen pembimbing Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M. Si. dan Drs. Juswardi, M. Si yang telah memberi bimbingan dan arahan dengan sabar dan ikhlas meluangkan waktu, pikiran serta perhatian sehingga penulisan skripsi ini terselesaikan.

Terima kasih juga disampaikan kepada:

1. Drs. Muhammad Irfan, M.T sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Zazili Hanafiah, M.Sc sebagai Ketua Jurusan dan Dra. Muharni, M. Si sebagai Sekretaris Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Indra Yustian, M. Sc. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat selama masa perkuliahan.

4. Dra. Nita Aminasih, M. P. dan Dra. Harmida, M. Si. sebagai dosen pembahas yang telah banyak memberikan saran dan nasihat selama penulisan skripsi ini.
5. Drs. Erwin Nofyan, M.Si sebagai dosen tamu penguji sidang serta seluruh dosen jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff karyawan PT. PERTAMINA RU III Plaju-Palembang yang telah membantu dalam pengambilan sampel.
7. Teman-teman seperjuanganku Fahri Arlio Nita dan Fakhriyatiningrum terima kasih atas kebersamaan, semangat, nasihat dan kerjasama selama menyelesaikan tugas akhir ini serta teman-teman mahasiswa Biologi terutama angkatan 2007 tanpa terkecuali.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu kelancaran dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis, seluruh pembaca dan bermanfaat demi kemajuan ilmu pengetahuan. Aamiin.

Indralaya, Nopember 2011

Penulis

# Potential of *Azolla pinnata* R.Br. in Phytoremediation of Liquid Waste Petroleum

By:  
Yulia Trisna Dewi  
08071004014

---

## ABSTRACT

The research about Potential of *Azolla pinnata* R.Br. in Phytoremediation of Liquid Waste Petroleum has carry out on June to July 2011. The purpose of this research to determine the potential of *Azolla pinnata* R.Br. in phytoremediation of liquid waste petroleum by measuring TPH (Total Petroleum Hydrocarbon), pH, wet weight and observe the physical changes *A. pinnata* for 15 days the process of phytoremediation. The research was done using Completely Randomized Design (CRD) with the treatment concentrations of waste 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. Each treatment was repeated 4 times, so that the experiment produced 24 units. The results of research showed that *A. pinnata* potentially decreases TPH at each treatment of concentrations liquid waste petroleum, with the highest TPH decrease is obtained at a concentration of 20% waste amounting to 512.5 ppm. Decreasing of pH in phytoremediation of liquid waste petroleum using *A. pinnata* is stable. Growth of *A. pinnata* in phytoremediation of liquid waste petroleum for 15 days decreases to concentration of waste 15% is 0.23 gram. However *A. pinnata* is still capable of regeneration. *A. pinnata* are suffer chlorosis and necrosis increases with higher concentrations of liquid waste petroleum. From the results obtained, it can be concluded that *A. pinnata* potential in phytoremediation of liquid waste petroleum at concentrations of 15% with decreasing is 435.0 ppm.

Key words : *Azolla pinnata* R.Br., phytoremediation, liquid waste petroleum.

# Potensi *Azolla pinnata* R.Br. dalam Fitoremediasi Limbah Cair Minyak Bumi

Oleh:  
Yulia Trisna Dewi  
08071004014

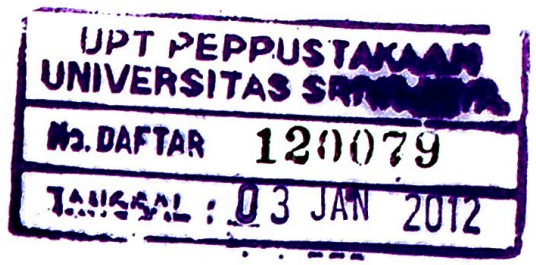
---

## ABSTRAK

Penelitian Potensi *Azolla pinnata* R.Br. dalam Fitoremediasi Limbah Cair Minyak Bumi telah dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2011. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari *A. pinnata* dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi dengan mengukur TPH (Total Petroleum Hidrokarbon), pH, berat basah serta mengamati perubahan fisik *A. pinnata* selama 15 hari proses fitoremediasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi limbah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga menghasilkan 24 unit percobaan. Hasil penelitian diketahui bahwa *A. pinnata* berpotensi menurunkan TPH pada tiap perlakuan konsentrasi limbah cair minyak bumi, penurunan TPH tertinggi diperoleh pada konsentrasi limbah 20% sebesar 512,5 ppm. Penurunan pH pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi menggunakan *A. pinnata* adalah stabil. Pertumbuhan *A. pinnata* pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi selama 15 hari semakin menurun sampai konsentrasi limbah 15% yaitu 0,23 gram. Bahkan pada konsentrasi limbah 20% dan 25% mengalami penurunan berat basah dari berat basah awal penelitian, namun *A. pinnata* masih mampu melakukan regenerasi. *A. pinnata* yang mengalami klorosis dan nekrosis meningkat seiring meningkatnya konsentrasi limbah cair minyak bumi. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa *A. pinnata* berpotensi dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi pada konsentrasi limbah 15% dengan penurunan TPH sebesar 435,0 ppm.

Kata kunci : *Azolla pinnata* R.Br., fitoremediasi, limbah cair minyak bumi.





DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| Halaman Judul.....   | i       |
| Lembar Pengesahan.....   | ii      |
| Motto dan Persembahan.....   | iii     |
| Kata Pengantar.....  | iv      |
| Abstract.....  | vi      |
| Abstrak.....   | vii     |
| Daftar Isi.....  | viii    |
| Daftar Tabel.....  | x       |
| Daftar Gambar.....   | xi      |
| Daftar Lampiran.....   | xii     |
| <br><b>BAB I. PENDAHULUAN</b>  |         |
| 1.1. Latar Belakang.....   | 1       |
| 1.2. Rumusan Masalah.....  | 4       |
| 1.3. Hipotesis.....  | 4       |
| 1.4. Tujuan Penelitian.....  | 4       |
| 1.5. Manfaat Penelitian.....   | 4       |
| <br><b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>  |         |
| 2.1. Limbah Cair Minyak Bumi.....  | 5       |
| 2.2. Fitoremediasi.....  | 6       |
| 2.3. <i>Azolla pinnata</i> R.Br.....   | 12      |
| 2.4. <i>Azolla</i> sp. sebagai Agen Fitoremediasi.....                             | 15      |
| 2.5. Mekanisme Fitoremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi.....                          | 16      |
| <br><b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>  |         |
| 3.1. Waktu dan Tempat.....   | 20      |
| 3.2. Alat dan Bahan.....   | 20      |
| 3.3. Rancangan Percobaan.....  | 21      |
| 3.4. Cara Kerja.....   | 21      |
| 3.5. Variabel Pengamatan.....  | 22      |
| 3.6. Analisis Data.....  | 24      |
| <br><b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>  |         |
| 4.1. Penurunan Nilai TPH.....  | 25      |
| 4.2. Konsisi pH Media Tanam.....   | 29      |
| 4.3. Perubahan Berat Basah <i>A. pinnata</i> .....                                 | 32      |
| 4.4. Perubahan Morfologi pada <i>A. pinnata</i> setelah 15 hari Fitoremediasi..... | 34      |
| <br><b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>   |         |
| 5.1. Kesimpulan.....   | 39      |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 5.2. Saran.....            | 36        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> | <b>41</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>       | <b>47</b> |

## DAFTAR TABEL

| Tabel  | Halaman |
|--|---------|
| 4.1. Penurunan nilai TPH selama 15 hari fitoremediasi dengan menggunakan <i>A. pinnata</i> ..... | 25      |
| 4.2. Perubahan pH media tanam <i>A. pinnata</i> setelah fitoremediasi selama 15 hari.....        | 30      |
| 4.3. Perubahan Berat Basah <i>A. pinnata</i> setelah fitoremediasi selama 15 hari....            | 32      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar |  | Halaman |
|--------|--|---------|
| 2.1.   | <i>Azolla pinnata</i> R.Br. dengan bentuk individu deltoid.....                                    | 14      |
| 2.2.   | Diagram pola percabangan batang <i>A. pinnata</i> dengan percabangan minyirip alternate.....       | 14      |
| 4.1.   | Perubahan warna pada daun <i>A. pinnata</i> menjadi kecoklatan setelah 15 hari fitoremediasi ..... | 29      |
| 4.2.   | Contoh minyak yang melekat pada akar <i>A. pinnata</i> .....                                       | 35      |
| 4.3    | Contoh pertumbuhan akar baru <i>A. pinnata</i> setelah 15 hari fitoremediasi.....                  | 36      |
| 4.4.   | Contoh pertumbuhan tunas daun <i>A. pinnata</i> setelah 15 hari fitoremediasi.....                 | 37      |
| 4.5.   | Klorosis dan nekrosis pada daun <i>A. pinnata</i> .....  | 38      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran |   | Halaman |
|----------|---|---------|
| 1.1      | Analisis varian (ANAVA) penurunan nilai TPH setelah 15 hari fitoremediasi<br>.....  | 42      |
| 1.2.     | Uji jarak berganda duncan (JBD) penurunan nilai TPH setelah 15 hari<br>fitoremediasi.....   | 42      |
| 2.1.     | Perubahan pH media tanam <i>A. pinnata</i> selama 15 hari fitoremediasi....   |         |
| 2.2.     | Uji jarak berganda duncan (JBD) perubahan pH media tanam<br><i>A. pinnata</i> selama 15 hari fitoremediasi.....   | 43      |
| 3.1.     | Perubahan berat basah <i>A. pinnata</i> pada media tanam limbah cair<br>minyak bumi setelah 15 hari fitoremediasi.....                                    | 43      |
| 3.2.     | Uji jarak berganda duncan (JBD) perubahan berat basah <i>A. pinnata</i><br>pada media tanam limbah cair minyak bumi setelah 15 hari<br>fitoremediasi..... | 43      |
| 4.       | Pertumbuhan <i>A. pinnata</i> yang ditanam pada berbagai Perlakuan<br>Konsentrasi Limbah Cair Minyak Bumi selama 15 hari Proses<br>Fitoremediasi.....     | 44      |
| 5.       | Efisiensi Fitoremediasi oleh <i>A. pinnata</i> setelah 15 hari fitoremediasi...   | 46      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kegiatan pengolahan minyak bumi selain menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan juga menghasilkan produk sampingan yaitu limbah berupa limbah cair, padat dan gas. 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. Menurut Utami (2010: 12), limbah minyak tersebut masih mengandung kadar hidrokarbon yang relatif tinggi, beberapa senyawa nitrogen, sulfur, oksigen dan unsur logam.

Senyawa hidrokarbon merupakan pencemar yang berbahaya bagi lingkungan. Jika keberadaannya dalam lingkungan melebihi batas maksimum daya dukung lingkungan, maka akan menimbulkan dampak yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan khusus untuk menurunkan kadarnya (Widiyarti 2007: 1). 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). Upaya mengoptimalkan sistem pengolahan limbah cair minyak bumi dapat diterapkan metode fitoremediasi. Menurut Toulousia (2008: 1), fitoremediasi merupakan alternatif dalam pengolahan limbah yang mempunyai biaya efektif murah dengan menggunakan tanaman untuk remediasi polutan pada lahan tercemar.

Berdasarkan keputusan menteri lingkungan hidup nomor 128 tahun 2003

tentang tata cara dan persyaratan teknis pengolahan limbah minyak bumi dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologi, bahwa konsentrasi maksimum TPH (Total Petroleum Hidrokarbon) awal sebelum proses pengolahan  $\leq 15\%$ . Sedangkan hasil akhir TPH pengolahannya adalah  $\leq 1\%$  (Purwadayu 2009: 1). Namun, terdapat kebijakan baru dalam pengolahan limbah hasil produksi dengan menerapkan prinsip dan aktivitas nir limbah (zero waste). Dalam hal ini, pelaku industri harus berupaya meminimalkan limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

Tumbuhan air dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair dengan metode fitoremediasi. Berbagai jenis tumbuhan air telah diketahui memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi. Fitoremediasi limbah cair minyak bumi telah dilakukan antara lain dengan menggunakan *Salvinia natans* dan *Eichornia crassipes*. Yunnie (2007: 34-35) melaporkan bahwa pada konsentrasi limbah 75% merupakan persentase penurunan kadar TPH tertinggi yaitu sebesar 83,15% dengan TPH awal 5,4 ppm dengan menggunakan *S. natans* selama 3 bulan. Maymunah (2008: 32-33) melaporkan bahwa nilai persentase penurunan TPH tertinggi yaitu sebesar 61,5% pada konsentrasi limbah 75% dengan TPH awal 7,2 ppm selama 2 bulan proses fitoremediasi.

*Azolla pinnata* merupakan salah satu tumbuhan air yang memungkinkan dalam pengolahan limbah cair minyak bumi. *A. pinnata* memiliki akar serabut dengan rambut akar di setiap akarnya. Menurut Lumpkin & Plucknett (1980: 111), *A. pinnata* hidup bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* yang mampu memfiksasi nitrogen dari udara, sehingga dapat hidup dengan baik pada lingkungan yang tidak mengandung nitrogen. Djojowito (2000: 23) menambahkan *A. pinnata* melakukan perbanyakan secara

vegetatif yaitu dengan cara pemisahan cabang samping dari cabang utama yang dapat membentuk tumbuhan baru. Waktu penggandaan biomassa *A. pinnata* terjadi sekitar 3-5 hari.

Hasil analisa logam berat Fe, Zn, Pb dan Cd pada bagian akar *Azolla* sp. yang diambil dari penampungan air pengolahan emas PT. Antam Pongkor Bogor-Jawa Barat yaitu masing-masing 21,748 ppm, 128 ppm, 18,2 ppm dan 0,48 ppm (Juhaeti & Syarif 2003: 135). *Azolla* telah diketahui mampu menyerap dan mengakumulasikan logam berat, diharapkan *Azolla* juga berpotensi pada fitoremediasi limbah cair minyak bumi dalam menurunkan konsentrasi senyawa hidrokarbon juga konsentrasi logam berat. Menurut Novianti (2010: 3), limbah minyak bumi selain mengandung senyawa hidrokarbon juga mengandung logam berat, yaitu Hg, Cd, Ni, Pb, As, Cr, Zn, Cu.

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan fitoremediasi salah satunya konsentrasi limbah (Prihandrijanti 2009: 3). Konsentrasi limbah yang sangat tinggi tidak memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh dan bertahan. Limbah dengan konsentrasi yang sangat tinggi menyebabkan tumbuhan akan menampilkan gejala seperti klorosis, nekrosis dan kematian seluruh bagian tumbuhan (Hanum 2009: 132). Konsentrasi limbah yang rendah menyebabkan fitoremediasi tidak efisien, karena penurunan konsentrasi polutan yang terjadi lebih rendah daripada kemampuan optimum tumbuhan dalam menurunkan konsentrasi polutan. Fitoremediasi akan lebih efisien bila digunakan dalam konsentrasi limbah yang sesuai. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi *A. pinnata* pada konsentrasi limbah yang sesuai.



## 1.2. Rumusan Masalah

Pengolahan limbah cair minyak bumi metode fitoremediasi dengan menerapkan prinsip dan aktivitas zero waste, dilakukan untuk meminimalkan limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi. *A. pinnata* diketahui berpotensi dalam fitoremediasi logam berat, diharapkan tumbuhan ini juga berpotensi dalam fitoremediasi senyawa hidrokarbon serta logam berat yang ada di limbah cair minyak bumi. Namun, keberhasilan dari fitoremediasi dipengaruhi oleh konsentrasi limbah. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang potensi dari *A. pinnata* dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi pada beberapa konsentrasi.

## 1.2. Hipotesis

*Azolla pinnata* berpotensi dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi pada konsentrasi yang sesuai.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari *A. pinnata* dalam fitoremediasi limbah cair minyak bumi dengan mengukur TPH, pH, berat basah serta mengamati perubahan fisik *A. pinnata* selama 15 hari proses fitoremediasi.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan *A. pinnata* dapat dijadikan referensi dalam proses pengolahan limbah cair minyak bumi dengan metode fitoremediasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir, S., 1976. Sekilas Uraian Mengenai *Azolla*. *Buletin Kebun Raya Bogor*. 2 (5). 171-176 hlm.
- Apridayanti, E. 2008. Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur. *Tesis, Program Magister Ilmu Lingkungan*. Universitas Diponegoro. Semarang. 95 hlm. 01 Oktober 2011.
- Arifin, Z. 1996. *Azolla Pembudidayaan dan Pemanfaatan pada Tanaman Padi*. Penebar Swadaya PS. Jakarta. 57 hlm.
- Atlas R.M. & R. Bartha. 1998. *Microbial Ecology: Fundamental and Application* 4th ed. Benjamin Cummings Publishing, Co. Inc. Redwood City, California. 563 hlm.
- Djojokuswito, S. 2000. *Azolla Pertanian Organik dan Multiguna*. Kanisius. Yogyakarta. 60 hlm.
- Eddy, S. 2008. Pemanfaatan Teknik Fitoremediasi pada Lingkungan Tercemar Timbal (Pb). <http://blog.unsri.ac.id/userfiles/posting%20blog.DOC>. 07 Desember 2010.
- Erickson L.E., M. K. Banks, L.C. Davis, A.P. Schwab, N. Muralidharan, & K. Reilley. 1999. Using Vegetation To Enhance In Situ Bioremediation. <http://www.engg.ksu.edu/HSRC/phytorem/vegenhance.html>. 08 Februari 2011.
- Eris, F.R. 2006. Pengembangan Teknik Bioremediasi dengan Surry Bioreaktor untuk Tanah Tercemar Minyak Diesel. *Tesis, Sekolah Pascasarjana*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 1-82 hal. 15 Februari 2011.
- Etikawati, N & Jutono. 2000. Perkembangan Biota pada Perakaran *Azolla microphylla* Kaulfuss. *Junal Biodiversitas*. 1 (1): 30-35. 08 Februari 2011.
- Fahma, S.C. 2006. Pengaruh *Azolla pinnata* terhadap Sifat Kimia Kualitas Air di daerah Hilir sungai Bengawan Solo. *Skripsi Jurusan Biologi*, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang. Malang. 63 hlm. 25 Maret 2011.
- Frick, C.M., R.E. Farrell, & J.J. Germida. 1999. *Assesment of Phytoremediation as an In\_situ Technique for Cleaning Oil Contaminated Sites*. Petroleum Technology Alliance. Canada. 82 hlm. 01 Desember 2010.
- Hanum, C. 2009. *Ekologi Tanaman*. USU Press. Medan. 175 hlm. [http://books.google.co.id/books?id=2JvzO91BwtQC&printsec=frontcover&dq=Ekologi+Tanaman&hl=id&ei=ksyvTo76OMfnrAe278Bv&sa=X&oi=book\\_result&ct=book](http://books.google.co.id/books?id=2JvzO91BwtQC&printsec=frontcover&dq=Ekologi+Tanaman&hl=id&ei=ksyvTo76OMfnrAe278Bv&sa=X&oi=book_result&ct=book)

[-preview-link&resnum=1&ved=0CCwQuwUwAA#v=onepage&q&f=true](#). 23 April 2011.

- Haryanti, S., N. Setiari, R.B. Hastuti, E.D. Hastuti, & Y. Nurchayati. 2007. Respon Fisiologi dan Anatomi (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) di berbagai Perairan Tercemar. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 10 (1): 30 – 40. 05 Juni 2011.
- Hasan, M.R. & R. Chakrabarti. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 531*. Chief, Publishing Policy and Support Branch, Office of Knowledge Exchange, Research and Extension, FAO. Italy. 123 hlm. 23 April 2011.
- Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Jurnal hayati*. 12(1): 35-40. 23 Oktober 2011.
- ITRC. 2001. Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance Document. *Technical/Regulatory Guidelines*. 78 hlm. 01 Desember 2011.
- Juhaeti, T., & F. Syarif. 2003. Studi Potensi beberapa Jenis Tumbuhan Air untuk Fitoremediasi. *Laporan Teknik*. Puslit Biologi-LIPI. Bogor. 133-140 hlm. 15 Januari 2011.
- Kannaiyan, S. & K. Kumar. 2008. Biodiversity of *Azolla* and Its Algal Symbiont *Anabaena Azollae*. *NBA Scientific Bulletin Number-2*, National Biodiversity Authority. 1-31 hlm. 17 Nopember 2011.
- Karliawan, A. 2009. Pembuatan dan Pencirian Pektin Asetat. [http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/11411/G09aka-3\\_BAB%20I%20Pendahuluan.pdf?sequence=7](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/11411/G09aka-3_BAB%20I%20Pendahuluan.pdf?sequence=7). 19 Februari 2011.
- Kepmen LH No. 128. 2003. Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi oleh Minyak Bumi secara Biologis. *Salinan*. 5 hlm. <http://www.proxsis.com/perundangan/LH/Peraturan%20LH%20Web-Based.htm>. 07 April 2011.
- Kristanto, P. 2006. *Ekologi Industri*. Andi. Yogyakarta. 352 hlm.
- 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>. 19 Februari 2011.
- Lin, X., B. Yang., J. Shen. 2009. Biodegradation of Crude Oil by an Arctic Psychrotrophic Bacterium *Pseudoalteromonas* sp. P29. *Curr Microbiol*. 59: 341-345.

- Lumpkin, T.A. & D.L. Plucknet. 1980. Azolla: Botany, Physiology, and Use as a Green Manure. *Economic Botany*. 34(2): 111-153. 17 Nopember 2011.
- Lumpkin, T.A. & D.L. Plucknet. 1982. Azolla as a Green Manure; Use and Management in Crop Production. Westview Press. Colorado, USA. <http://books.google.co.id/books=Azolla+as+a+Green+Manure;+Use+and+Management+in+Crop+Production&dq=Azolla+as+a+Green+Manure;+Use+and+Management+in+Crop+Production>. 28 Januari 2011.
- 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 Nopember. Surabaya. 9 hlm. 15 Desember 2011.
- Maymunah. 2007. Fitoremediasi Hidrokarbon Petroleum Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms). *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. 78 hlm. (Tidak Dipublikasikan)
- Nichols, D.S. 1983. Capacity of Natural Wetlands to Remove Nutrients from Wastewater. *Journal Water Pollution Control Federation*. 55 (5): 495-505. 17 Januari 2011.
- Moody, K. 1989. *Weeds Reported in Rice South and Southeast Asia*. International Rice Research Institute. Philippines. 550 hlm.
- Novianti, S. 2010. BAB II, Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/16582/4/Chapter%20II.pdf>. 16 Oktober 2011.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *Makara, Teknologi*. 10 (2): 82-89. 17 Januari 2011.
- Pagoray, H. 2009. Biostimulasi dan Bioaugmentasi untuk Bioremediation Limbah Hidrokarbon serta Analisis Keberlanjutan. *Disertasi*, Sekolah Pasca Sarjana. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 103 hlm. 17 Januari 2011.
- Pivetz, B.E. 2001. Ground Water Issue. EPA/540/S-01/500. *Office of Research*. 14 hlm. 20 Desember 2010. 28 Januari 2011.
- Prihandrijanti, M., T. Lidiawati., E. Indrawan., H. Winanda & H. Gunawan. 2009. Fitoremediasi dengan Enceng gondok dan Kiambang untuk Menurunkan Konsentrasi Deterjen, Minyak Lemak, dan Krom Total. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia- STNKI 2009*. Bandung. 6 hlm. 12 Februari 2011.

- Prihantini, N.B., D. Damayanti., & R. Yuniati. 2007. Pengaruh Konsentrasi Medium Ekstrak Tauge (MET) terhadap Pertumbuhan *Acenedesmus* Isolat Subang. *Makara, Sains*, 11 (1): 1-9. 21 Juli 2011.
- Priyanto, B. & J., Prayitno. 2007. *Fitoremediasi sebagai sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, khususnya Logam Berat*. <http://tl.bppt.tripod.com/sublab/lfloral1.htm>. 1 Desember 2010.
- Purwadayu, A.S. 2009. Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air Akibat Pengaruh Surfaktan Nonionik dan Laju Pengadukan. *Karya Ilmiah, Departemen Kimia*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. [http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/12106/G09asp\\_abstract.pdf?sequence=1](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/12106/G09asp_abstract.pdf?sequence=1). 12 Februari 2011.
- Reed, S.C., R.W. Crites & E.J. Midlebrooks. 2005. *Natural System for Waste Management and Treatment*, Second Edition. Mc Graw Hill. New York. xi+423 hlm. 17 Nopember 2011.
- Rossiana, N., T. Supriatum & 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. *Laporan Penelitian*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjajaran. 49 hlm. 17 Januari 2011.
- Salisbury, F.B & C.W. Ross, 1995. *Fisiologi Tumbuhan*, Jilid 1, D. R. Lukman & Sumaryono (penerjemah). ITB. Bandung. 243 hlm.
- Sandy, N.J., T. Nurhidayati., & K.I. Purwani. 2010. Profil Protein 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. 23 Agustus 2011.
- Sartika, W.D. 2009. Pengaruh Pemberian Pupuk Anorganik dan Masa Adaptasi Tanaman terhadap Efektivitas Fitoremediasi Tanah Tercemar Hidrokarbon Minyak Bumi. *Thesis Program Pascasarjana*. Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung. <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-widyadesis-25625&q=fitoremediasi>. 25 Juni 2011.
- Saunders, R.M.K. & K. Fowler. 1993. The supraspecific taxonomy and evolution of the fern genus *Azolla* (*Azollaceae*). *Pl. Syst. Evol.* 184: 175-193. 11 Nopember 2011.
- Shakhashiri. 2008. Chemical of the Week, Carbon dioxide. <http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/pdf/carbondioxide.pdf>. 05 Nopember 2011.
- Smith, G.M. 1955. *Cryptogamic Botany, Bryophytes and Pteridophytes*, Vol II, Second Edition. Kogakusha Company, LTD. Tokyo. 399 hlm.

- Suardana, I.W. 2009. Pemanfaatan Eceng Gondok {*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm} sebagai Teknik Alternatif dalam Pengolahan Biologis Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Pesangaran Denpasar-Bali. *Berita Biologi*. Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana. 9 (6): 759-766. 25 Maret 2011.
- Sudarman, R., M. Edihar, & Subardin. 2011. *Makalah Pengolahan Limbah Minyak bumi*. <http://dwioktavia.wordpress.com/2011/04/14/pengolahan-limbah-minyak-bumi/>. 25 Maret 2011.
- Subroto, M.A. 1996. Fitoremediasi. *Prostiding Pelatihan dan Lokakarya "Peranan Bioremediasi dan Pengelolaan Lingkungan*. Puslitbang Bioteknologi-LIPI. Bogor. 52-69 hlm. 21 Oktober 2011.
- Sumarsih. 2008. XI. *Fitoremediasi*. [sumarsih07.files.wordpress.com/2008/09/xi-fitoremediasi.pdf](http://sumarsih07.files.wordpress.com/2008/09/xi-fitoremediasi.pdf). 25 Maret 2011.
- Supradata. 2005. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* L. dalam Sistem lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). *Tesis, Program Studi Ilmu Lingkungan*. Universitas Diponegoro. Semarang. 67 hlm. 17 Nopember 2011.
- Susanna, D. 1992. Penggunaan *Azolla pinnata* R. Br. dan *Hydrilla verticillata* Royle pada penyerapan Logam Timah (Pb) dan Cadmium (Cd) Air Limbah Industri. *Tesis, Program Pascasarjana*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia. Jakarta. 122 hlm. 02 Februari 2011.
- Surakuma, W. 2010. *Fitoremediasi Ekologi dan Pembangunan*. <http://file.upi.edu/Direktori/D%20-%20FPMIPA/JUR.%20PEND.%20BIOLOGI/197212031999031%20-%20WAHYU%20SURAKUSUMAH/Fitoremediasi%20dan%20pembangunan%20berkelanjutan.pdf>. 12 Februari 2011.
- Toulousia, S.I. 2008. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Cu dan Pb Limbah Padat Proses Deinking Industri kertas oleh Tanaman Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *Tesis, Program magister Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung. <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbtp-gdl-rrsetyotou-32794&q=fitoremediasi>. 08 Oktober 2011.
- Utami, A.A.W. 2010. Pengelolaan Kualitas Lingkungan, Bioremediasi Minyak Bumi. *Makalah Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan*, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Banjar Baru. 16 hlm. 13 Februari 2011.
- U.S. EPA. 2000. Introduction to Phytoremediation. EPA 600-R-99-107, *Office of Research and Development*. 49 hlm. <http://clu-in.org/download/remed/introphyto.pdf>. 01 Desember 2011.

- Widiyarti. 2007. Proses Degradasi Senyawa Hidrokarbon dalam Limbah Lumpur Minyak Bumi oleh Mixed Culture Bakteri Rhizopetrofilik dengan Penambahan Surfactant Producing Bacteria (*Azotobacter vinelandii*). *Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung. <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-widiyartin-27682&q=hidrokarbon>. 08 Oktober 2011.
- William J.Z., A.T. Lumpkin & I. Watanabe. Classification of *Azolla* spp., section *Azolla*. *Euphytica* 43: 223-232 hlm. 17 Nopember 2011.
- Yoswaty, D. 2002. Pemanfaatan Bakteri Pemecah Minyak dalam Proses Bioremediasi. (Studi kasus: pengolahan tanah terkontaminasi minyak minas SBU, PT. Caltex Pasific Indonesia, Riau). *Thesis S2*. Departemen Teknik Lingkungan. Universitas Indonesia. Jakarta. 180 hlm. 08 Oktober 2011.
- Yunnie. 2008. Fitoremediasi Hidrokarbon Petroleum menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Salvinia natans* (L.) Allioni). *Skripsi Sarjana Sains Bidang Studi Biologi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. Indralaya. 89 hlm. (Tidak Dipublikasikan).
- Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2): 136-144 hlm.
- Yusuf, M. 2010. *Jenis Limbah Industri*. <http://www.scribd.com/doc/29381904/Baku-Mutu-Dan-Bahan-Buangan-Beracun>. 13 Februari 2011.