

# Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol

Is Sulistyati Purwaningsih\*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam, Pekanbaru, Riau

## Abstract

Pulp and paper wastewater contains a vast variety of chemicals including phenolic and chlorinated phenolic compounds. The toxicity of these two phenolic compounds in water has led to environmental problem due to resistance or complete recalcitrance to metabolic breakdown by the majority of living species. Phytoremediation is one of the most effective and economic way of reducing the toxic compounds in wastewater system. In this research enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) was chosen as ortho-chlorophenol phytoremediation agent.

Experiment was conducted in 2 batch reactor systems; one reactor without nutrient addition and the other one with 1.06 mg/L of NPK addition as nutrition. Both systems were carried out over range of pollutant concentration of 0 -20 mg/L.

Experimental result showed that the remediation of o-chlorophenol using enceng gondok was influenced by the initial concentration of pollutant. The rate of o-chlorophenol uptake increased when o-chlorophenol concentration higher. It was shown that the highest o-chlorophenol uptake rate reached at 20 mg/L of initial concentration, in which its uptake rate was 4.59 times faster compared to uptake rate at 5 mg/L of o-chlorophenol concentration. With nutrient addition, the rate of o-chlorophenol uptake was 1.23 – 1.33 times faster than the process without nutrient addition. Experimental result also indicated that after 48 hours remediation, every five hundreds (500) gram of enceng gondok was able to adsorb more than 50 % of o-chlorophenol from its initial concentration.

**Keywords:** *Eichhornia crassipes*, o-chlorophenol, phytoremediation, nutrition

## Abstrak

Limbah pabrik pulp dan kertas mengandung senyawa-senyawa fenol dan klorofenol yang sangat berbahaya jika dibiarkan berada di perairan. Senyawa-senyawa tersebut sangat beracun dan sulit untuk didegradasi. Fitoremediasi terbukti merupakan metode yang efektif dan ekonomis untuk mereduksi konsentrasi polutan di sistem perairan. Pada penelitian ini tanaman enceng gondok dipilih untuk meremediasi air yang terkontaminasi o-klorofenol. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 2 reaktor batch yang diberi perlakuan berbeda, yaitu tanpa dan dengan penambahan nutrisi dengan variasi konsentrasi kontaminan 0 hingga 20 mg/L.

Remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi awal o-klorofenol. Semakin besar konsentrasi awal o-klorofenol maka laju remediasi semakin besar. Dari penelitian diperoleh remediasi o-klorofenol terbesar terjadi pada konsentrasi awal 20 mg/L, laju remediasinya 4,59 kali lebih cepat daripada konsentrasi awal 5 mg/L. Laju remediasi o-klorofenol dengan penambahan nutrisi lebih cepat daripada tanpa penambahan nutrisi. Dari penelitian diperoleh remediasi o-klorofenol dengan penambahan nutrisi lebih cepat 1,23–1,33 kali daripada fitoremediasi tanpa penambahan nutrisi. Selain itu, pada fitoremediasi selama 48 jam setiap 500 gram enceng gondok mampu menyerap o-klorofenol sebanyak 41-59% dari konsentrasi awalnya.

**Kata kunci:** enceng gondok, fitoremediasi, o-klorofenol, nutrisi.

## Pendahuluan

Orto klorofenol merupakan senyawa kimia beracun yang ditengarai terkandung dalam limbah cair industri pulp dan kertas. Nagarathnamma dan Pratima (1998) melaporkan bahwa o-klorofenol yang ditemukan dalam limbah cair industri kertas diperkirakan berasal

dari senyawa klorin yang digunakan pada proses *bleaching* yang bereaksi dengan senyawa organik yang terkandung dalam kayu. Dampak negatif adanya senyawa fenol dan turunannya dalam badan air sungai menyebabkan penyimpangan reproduksi pada zooplankton dan invertebrata yang merupakan kelompok sumber makanan dari ikan yang dapat menyebabkan kerusakan genetik dan gangguan sistem kekebalan tubuh pada ikan (Rini, 2002). Menurut *Environmental Protection*

\* Alamat korespondensi: email: is\_pur@yahoo.com; Telp/Fax: 021-7561092

Agency (EPA, 1980), o-klorofenol berbahaya bagi biota air apabila konsentrasinya melebihi 4,38 mg/L. Selain berdampak negatif bagi biota perairan, senyawa tersebut juga membahayakan masyarakat sekitar sungai yang mengonsumsi air tersebut. Bagi manusia, senyawa fenol dan turunannya dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan perkembangan janin, cacat lahir, dan kanker (Rini, 2002).

Penggunaan tanaman untuk memulihkan lahan dan / atau air yang tercemar senyawa organik dan anorganik dengan fitoremediasi sudah terbukti efektif (O'Keefe, dkk., 1987; Frick, dkk., 1999; Robson, 2003 dan Purwaningsih dkk, 2008). Keunggulan metode ini dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah yang lain adalah karena prosesnya yang alami, adanya hubungan yang sinergi antara tanaman, mikroorganisme dan lingkungan atau habitat hidup, serta tidak diperlukan teknologi tinggi. Kelebihan tersebut menyebabkan biaya operasi proses fitoremediasi relatif lebih rendah dibandingkan dengan metode lain. Sebagai bahan perbandingan, di USA biaya operasional fitoremediasi antara \$ 3.00 - \$ 100.00/(m<sup>3</sup>.tahun) dengan cara kimia dan fisika antara \$ 100.00 - \$ 1000.00/(m<sup>3</sup>.tahun), sedangkan dengan bio-remediasi antara \$ 50.00 - \$ 400.00/(m<sup>3</sup>.tahun) (Glass,1998 dan Frick, dkk., 1999).

Diantara tanaman yang prospektif untuk digunakan sebagai agen fitoremediasi limbah organik adalah enceng gondok (*Eichornia crassipes*), yang lebih dikenal sebagai tanaman gulma. Enceng gondok dipilih sebagai remediator karena tanaman ini mampu hidup mengapung di air yang kualitasnya tidak baik dan kemampuan tumbuhnya luar biasa. Dari sepuluh tanaman dewasa dapat berkembang menjadi sekitar 65.000 hanya dalam delapan bulan (O'Keefe, dkk., 1987). Dari hasil penelitiannya, Purwaningsih, dkk. (2008) mendapatkan data bahwa enceng gondok mampu menyerap limbah organik senyawa fenol dan mampu bertahan hidup dalam limbah yang mengandung fenol dibawah konsentrasi 200 mg/L. Di atas konsentrasi tersebut, enceng gondok akan layu dan mati, yang kemungkinan disebabkan karena keracunan.

Larutan nutrisi sebagai sumber mineral merupakan faktor penting untuk pertumbuhan tanaman, karena nutrisi digunakan untuk menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Menurut Wijaya (2008), nutrisi yang sangat penting bagi tanaman adalah unsur N (nitrogen), P (pospor) dan K (kalium). Nitrogen berperan dalam pembentukan sel, jaringan, dan organ

tanaman (Reddy, dkk., 1989). Nitrogen juga berfungsi sebagai sebagai bahan sintesis klorofil, protein, dan asam amino. Pospor merupakan komponen penyusun beberapa enzim, protein, *Adenosin Triphosphate (ATP)*, *Ribose Nucleic Acid (RNA)*, dan *Deoxyribose Nucleic Acid (DNA)*. Pospor juga berperan pada pertumbuhan benih, akar, bunga, dan buah. Sedangkan unsur kalium memiliki peranan pada aktifitas stomata, enzim dan untuk meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit. Pada penelitiannya terdahulu, Purwaningsih, dkk. (2008) mengamati ternyata enceng gondok dapat bertahan hidup di media yang tercemar fenol dan mampu menurunkan konsentrasi fenol hingga 76% setelah kontak selama 68 jam pada media tanpa penambahan nutrisi. Dari penelitian ini, diharapkan dengan penambahan nutrisi pada proses fitoremediasi, maka laju remediasi akan lebih cepat dibandingkan jika tidak ada penambahan nutrisi, karena nutrisi sangat berperan dalam pembentukan maupun pembaharuan sel-sel jaringan yang rusak serta meningkatkan daya tahan tanaman terhadap racun.

## Metode Penelitian

### Bahan

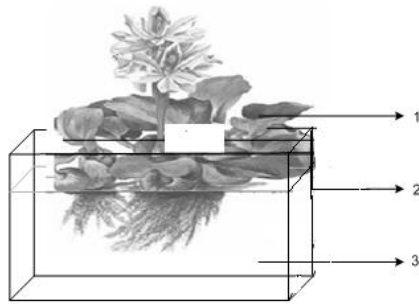
1. Enceng gondok diperoleh dari daerah Palas di sepanjang Sungai Siak, Pekanbaru. Enceng gondok yang diambil adalah yang segar dengan ketinggian kurang lebih 30 cm. Selanjutnya enceng gondok dibersihkan dari kotoran yang melekat dan diaklimatisasi dalam wadah yang berisi air selama 7 hari.
2. Senyawa o-klorofenol di pesan dari CV. Efitia Karya Husada, Padang.
3. Pupuk NPK tipe 17 : 17 :17 dibeli di Toko Gunung Agung, Pekanbaru.

### Alat

Reaktor yang digunakan untuk penelitian dibuat dari flexi glass seperti terlihat pada gambar 1.

### Prosedur kerja

1. Enceng gondok yang sudah diaklimatisasi ditimbang dengan berat  $\pm$  500 gram (30-35 helai) masing-masing dimasukkan ke dalam 2 reaktor *batch* yang berisi larutan o-klorofenol sebanyak 15 liter dengan konsentrasi tertentu. Perlakuan untuk reaktor pertama tanpa pemberian nutrisi dan dengan penambahan nutrisi untuk reaktor kedua.



Keterangan:  
 1. Enceng gondok  
 2. Reaktor fiberglass  
 3. Larutan o-klorofenol

**Gambar 1. Reaktor batch untuk fitoremediasi**

- Perubahan yang terjadi secara fisik pada tanaman enceng gondok diamati selama percobaan, dan perubahan konsentrasi o-klorofenol diamati setiap periode waktu 12 jam dan dihentikan setelah penurunan konsentrasi o-klorofenol relatif konstan. Pengamatan dilakukan secara simultan untuk kedua perlakuan yaitu yang tanpa dan dengan penambahan nutrisi untuk semua konsentrasi o-klorofenol.
- Setiap sampel yang diambil dianalisa kadar o-klorofenol dengan spektrophotometer UV pada panjang gelombang 254 nm.

### Hasil dan Pembahasan

#### Pengaruh konsentrasi awal o-klorofenol

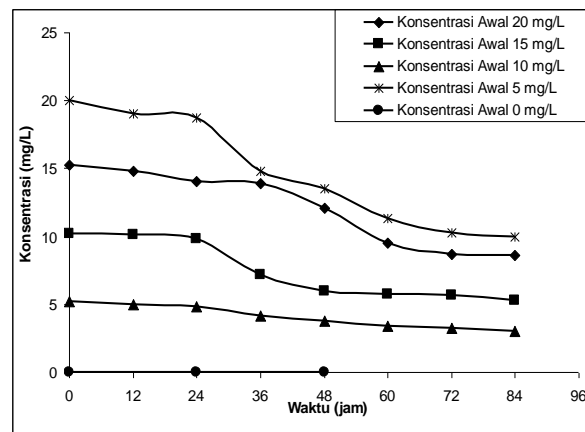
Pengaruh konsentrasi awal o-klorofenol terhadap kemampuan enceng gondok meremediasi o-klorofenol ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan Tabel 1 menunjukkan laju “uptake” o-klorofenol oleh enceng gondok pada berbagai konsentrasi larutan. Dari gambar tersebut tampak bahwa pada fitoremediasi dengan konsentrasi awal o-klorofenol 0 mg/L (kontrol), o-klorofenol dalam larutan tidak terdeteksi. Ini mengindikasikan bahwa tidak ada o-klorofenol yang terkandung pada akar enceng gondok dan dalam air yang digunakan untuk penelitian. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa semakin lama waktu kontak, maka konsentrasi o-klorofenol semakin berkurang. Pada konsentrasi awal larutan 5 mg/L, konsentrasi o-klorofenol dalam larutan berkurang sebesar 27,70% setelah 48 jam waktu kontak, sedangkan untuk konsentrasi awal larutan 15 mg/L dan 20 mg/L terjadi penurunan konsentrasi berturut-turut 20,56% dan 32,53% untuk waktu kontak 48 jam. Penurunan tertinggi terjadi pada konsentrasi awal o-klorofenol sebesar 10 mg/L yang mencapai

41,7% setelah kontak dengan waktu yang sama. Fenomena ini sulit untuk dijelaskan seperti halnya yang dialami oleh O’Keefe, dkk. (1987). kemungkinan kondisi struktur dan anatomi tanaman enceng gondok yang digunakan untuk masing-masing konsentrasi polutan tidak uniform (sedang diteliti).

**Tabel 1. Perbandingan laju remediasi o-klorofenol dan fenol oleh enceng gondok pada berbagai konsentrasi awal**

| O-klorofenol            |                           | Fenol*                         |                            |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Konsentrasi awal (mg/L) | Laju rata-rata (mg/L.jam) | Konsentrasi awal fenol (mg/L)* | Laju rata-rata (mg/L.jam)* |
| 5                       | 0,0260                    | 50                             | 0,925                      |
| 10                      | 0,0580                    | 100                            | 0,872                      |
| 15                      | 0,0785                    | 150                            | 0,600                      |
| 20                      | 0,1191                    |                                |                            |

\*Purwaningsih, dkk. (2008)



**Gambar 2. Pengaruh konsentrasi awal o-klorofenol dan waktu kontak terhadap proses fitoremediasi**

Semakin tinggi konsentrasi o-klorofenol maka tingkat racunnya juga meningkat. Hal ini terlihat pada ciri fisik enceng gondok, dimana enceng gondok pada fitoremediasi dengan konsentrasi awal o-klorofenol 20 mg/L paling cepat layu dan menyusut batang dan daunnya jika dibandingkan dengan konsentrasi 15, 10, dan 5 mg/L. Laju penyerapan o-klorofenol oleh enceng gondok dinyatakan dengan laju remediasi rata-rata, yang datanya disajikan pada Tabel 1. Hasil penelitian tersebut dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwaningsih, dkk. (2008).

Pada Tabel 1 tampak bahwa semakin besar konsentrasi o-klorofenol maka laju remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok semakin besar. Hasil yang sama dilaporkan oleh O’Keefe, dkk. (1987) pada fitoremediasi beberapa senyawa organik dengan menggunakan enceng gondok sebagai agen. Hal ini terjadi karena semakin

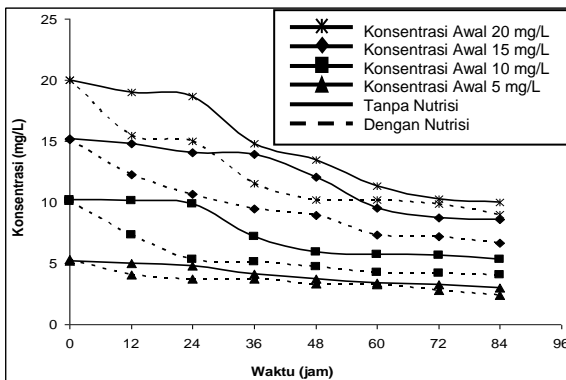
tinggi konsentrasi o-klorofenol dalam media maka semakin banyak kontaminan yang terlarut di sekitar akar, sehingga adsorpsi o-klorofenol oleh akar enceng gondok juga semakin besar. Tetapi jika data laju remediasi o-klorofenol dibandingkan dengan data laju remediasi fenol dari hasil penelitian sebelumnya (Purwaningsih, dkk., 2008) ternyata hasilnya bertolak belakang. Pada remediasi fenol, laju remediasi akan turun dengan meningkatnya konsentrasi kontaminannya. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena fenol lebih toksik daripada o-klorofenol. Sehingga laju penyerapan polutan oleh tanaman terganggu karena sifat racun dari polutan. Dari data MSDS (EPA,1980), diketahui untuk fenol: ORL-RAT LD50 317 mg kg<sup>-1</sup>, sedangkan untuk o-klorofenol ORL-RAT LD50 670 mg kg<sup>-1</sup>. Terlihat bahwa fenol dua kali lebih beracun dibandingkan dengan o-klorofenol.

### Penambahan nutrisi

Penelitian ini dilanjutkan dengan menambahkan nutrisi pada media pada setiap variasi konsentrasi polutan yang digunakan. Sebagai nutrisi untuk tumbuhan enceng gondok, pupuk NPK sebanyak 1,06 mg/L. Nilai ini didasarkan pada penelitian terdahulu (Purwaningsih, dkk., 2008). Hasil pengamatan serta perbandingannya dengan media tanpa diberi nutrisi dan yang diberi nutrisi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan laju remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok tanpa dan dengan penambahan nutrisi pada berbagai konsentrasi awal**

| Konsentrasi Awal o-klorofenol (mg/L) | Laju Remediasi rata-rata (mg/L.jam) |                |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
|                                      | Tanpa Nutrisi                       | Dengan Nutrisi |
| 5                                    | 0,0260                              | 0,0348         |
| 10                                   | 0,0580                              | 0,0714         |
| 15                                   | 0,0785                              | 0,1012         |
| 20                                   | 0,1191                              | 0,1307         |



**Gambar 3. Perbandingan kemampuan remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok pada berbagai konsentrasi awal dengan dan tanpa penambahan nutrisi**

Dari gambar-gambar dan tabel tersebut terlihat bahwa perbandingan laju remediasi o-klorofenol fenol oleh enceng gondok dengan menambahkan nutrisi pada media meningkat antara 1,09-1,34 kali lebih cepat dibandingkan dengan percobaan yang tidak memakai nutrisi untuk kisaran konsentrasi o-klorofenol 5 - 20 mg/l selama rentang waktu kurang lebih 24 jam. Wijaya (2008) melaporkan nitrogen berperan dalam pembentukan sel, jaringan, dan organ tanaman. Nitrogen juga berfungsi sebagai bahan sintesis klorofil, protein, dan asam amino serta sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman (Reddy, dkk., 1989). Bersama fosfor, nitrogen digunakan untuk mengatur pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Fosfor berperan pada pertumbuhan benih, akar, bunga, dan buah. Dengan membaiknya struktur perakaran maka daya serap akar akan lebih baik. Bersama dengan kalium, fosfor dipakai untuk merangsang pembungaan. Sedangkan kalium berperan sebagai pengatur proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, translokasi, transportasi karbohidrat, membuka menutupnya stomata, atau mengatur distribusi air dalam jaringan dan sel. Hal ini sesuai dengan kondisi yang ditunjukkan oleh enceng gondok saat penelitian berlangsung yaitu tumbuh bunga dan tunas baru pada enceng gondok yang diberi tambahan nutrisi. Namun demikian menurut Petrucio dan Esteves (1999), walaupun enceng gondok merespon positif terhadap penambahan nitrogen hingga 5,5 mg/l, tetapi penambahan pospor melebihi 1,06 mg/l larutan akan menghambat laju pertumbuhan.

Pada akhir fitoremediasi penurunan konsentrasi o-klorofenol tanpa dan dengan penambahan nutrisi pada konsentrasi awal o-klorofenol 5 mg/L berturut-turut adalah 41,92% dan 54,68%, dan pada konsentrasi awal o-klorofenol 10 mg/L turun sebesar 47,79% dan 59,58%. Sedangkan untuk konsentrasi awal 15 mg/L adalah sebesar 43,29% dan 56,14% serta 50,00% dan 54,91% untuk konsentrasi awal 20 mg/L. Dari penelitian ini, diperoleh data bahwa 500 gram enceng gondok mampu untuk menyerap o-klorofenol sebesar 2,18-10,98 mg/L (41%-59% dari konsentrasi awal) dengan waktu kontak yang efektif selama 48 jam.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Enceng gondok mampu untuk menyerap o-klorofenol sampai konsentrasi 20 mg/L dan

- bertahan hidup sampai dengan waktu kontak 84 jam.
2. Semakin besar konsentrasi o-klorofenol maka laju remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok semakin besar. Pada penelitian ini, laju remediasi terbesar adalah pada konsentrasi awal 20 mg/L, laju remediasinya 4,59 kali lebih cepat daripada konsentrasi awal 5 mg/L.
  3. Dengan adanya penambahan nutrisi sebanyak 1,06 mg/L, enceng gondok lebih mampu bertahan di lingkungan yang mengandung o-klorofenol sehingga laju remediasinya meningkat daripada tanpa penambahan nutrisi. Laju remediasi o-klorofenol oleh enceng gondok dengan penambahan nutrisi 1,09-1,34 kali lebih cepat dibandingkan tanpa penambahan nutrisi.
  4. Dari penelitian ini, diperoleh data bahwa 500 gram enceng gondok mampu menyerap o-klorofenol 41-59% dari konsentrasi awal dengan waktu kontak efektif selama 60 jam.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada HEIUI IM-HERE PROJECT UNIVERSITAS RIAU yang telah mendanai penelitian ini dengan kontrak no: 278/SG/I-MHERE/UNRI/2007, serta Sdr. Heriyanti yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- EPA, 1980. Ambient Water Quality Criteria for 2-chlorophenol, <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/library/ambientwqc/2chlorophenol80.pdf>, 8 Maret 2007.
- EPA, 2000. Introduction to Phytoremediation, <http://www.cluin.org/download/remed/introphyto.pdf>, 20 Februari 2007.
- Frick, C.M, Farrel, R.E and Germida J.J. 1999. Assessment of Phytoremediation as In-Situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites. Depart. Of Soil Science. Univ of Saskatchewan Saskatoon SK Canada.
- Glass, D., 1998. The 1998 United States Market for Phytoremediation, D. Glass Associates, Inc. Needham, MA, di dalam EPA, 2000, Introduction to Phytoremediation, <http://www.cluin.org/download/remed/introphyto.pdf>, 20 Februari 2007.
- Nagarathnamma, R. dan Pratima B., 1998. Decolorization and Detoxification of Extraction-Stage Effluent from Chlorine Bleaching of Kraft Pulp by *Rhizopus oryzae*, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=91147>, 31 Juli 2008.
- O'Keefe, D. H., Wiese T. E., Brummet, S. R., & Miller, T. D., 1987. Uptake and Metabolism of Phenolic Compounds by The Water Hyacinth, di dalam Saunders, J. A., Kosak-Channing, L., Conn, E. E., Recent Advances in Phytochemistry, Vol. 21, New York and London Plenum Press, New York.
- Petrucio, M.M., and Esteves, F.A., 1999. Uptake Rate of Nitrogen and Phosphorus in The Water By *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*, Rev. Brasil. Biol., 60:229-236.
- Purwaningsih, I.S, Evelyn, Wanda M., dan Yusmanelly, 2008. Laju "Uptake" Fenol oleh Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Proses Fitoremediasi. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Teknologi Oleo & Petrokimia Indonesia, 18 Desember, ISSN 1907-0500. Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Reddy, K. R., Agami, M. & Tucker, J. C., 1989. Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) plants. Aquat. Bot., 36: 33-43.
- Rini, D.S., 2002. Minimasi Limbah Dalam Industri Pulp And Paper, <http://www.terranet.or.id/tulisandetil.php?id=1306>, 17 Februari 2007.
- Robson, D.B., 2003. Phytoremediation of Hydrocarbon-contaminated Soil Using Plants Adapted to The Western Canadian Climate, Disertasi, University of Saskatchewan, Canada.
- Wijaya, S., 2008. Manfaat Nutrisi, <http://myadenium.com/memelihara/memelihara.php>, 17 Februari 2007.