

# KEMAMPUAN ADSORPSI Pb DARI LIMBAH INDUSTRI OLEH TUMBUHAN KAYU AMBANG (*Lemna minor*), KAYU APU (*Pistia stratiotes*), DAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes solm*)

Yustiti Arum Dieta dan Novirina Hendrasarie

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Email: [novirina@upnjatim.ac.id](mailto:novirina@upnjatim.ac.id)

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini dipilih tanaman air yang biasa tumbuh liar di habitat air yaitu tanaman air dengan menggunakan tumbuhan kayu ambang (*Lemna minor*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes solm*). Penelitian ini bertujuan menguji kemampuan tumbuhan kayu ambang (*Lemna minor*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes solm*) untuk menyerap Pb (timbal) di lingkungan air. Metode penelitian yang dipilih adalah fitoremediasi secara alami berarti proses ini tidak ditambahkan aerasi buatan, media pasir maupun pupuk. Daya hidup tumbuhan yang ditinjau adalah berat biomassa, rontok daun, dan panjang akar; dilakukan selama 20 hari. Tumbuhan kayu ambang dapat menyerap Pb dari 2,104 mg/l menjadi 1,884 mg/l disertai kerontokan daun yang sangat banyak. Tumbuhan kayu apu mampu menyerap Pb dari 2,102 mg/l menjadi 1,850 mg/l disertai memendeknya akar tumbuhannya. Tumbuhan eceng gondok dapat menyerap Pb dari 2,105 mg/l menjadi 1,708 mg/l disertai pertumbuhan biomassa yang semakin pesat. Hasil dari penelitian menunjukkan ketiga tumbuhan tersebut mampu menyerap Pb dalam kondisi alami di lingkungan air.

**Kata kunci:** Penjerapan Pb, Tumbuhan Air

## ABSTRACT

In this study selected water plants that commonly grow wild in aquatic habitats are aquatic plants using timber threshold (*lemna minor*), apu wood (*pistia stratiotes*), and water hyacinth (*eichhornia crassipes solm*). This study aims to examine the ability of wood threshold (*lemna minor*), apu wood (*pistia stratiotes*), and water hyacinth (*eichhornia crassipes solm*) to absorb pb (lead) in the water environment. The research method chosen was phytoremediation naturally, meaning that this process was not added to artificial aeration, sand or fertilizer media. The life force of plants reviewed is weight of biomass, leaf loss, and root length; done for 20 days. Timber threshold can absorb pb from 2.104 mg / l to 1.884 mg / l with very large leaf loss. Apu wood can absorb pb from 2,102 mg / l to 1,850 mg / l accompanied by shortening the roots of the plant. Water hyacinth plants can absorb pb from 2.105 mg / l to 1.708 mg / l accompanied by increasingly rapid biomass growth. The results of the study showed that the three plants were able to absorb pb in natural conditions in the water environment.

**Keywords:** pb absorption, water plants

## PENDAHULUAN

Pb (timbal) lebih tersebar luas dibandingkan kebanyakan logam toksik lainnya. Kadarnya dalam lingkungan meningkat karena penambangan, peleburan, dan berbagai penggunaannya dalam industri. Salah satu pendekatan untuk menilai kualitas lingkungan air adalah dengan menggunakan tumbuhan air yang mengapung (*floating plant*) sebagai alternatif. Penerapan ini merupakan suatu sistem teknologi dengan biaya murah, sederhana, dan mudah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*), kayu ambang (*Lemna minor*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes solm*) terhadap penyerapan limbah Pb (timbal). Air limbah diperoleh dari PT. SIER. Manfaat dari penelitian ini adalah memanfaatkan tumbuhan air untuk mengurangi beban pencemar khususnya Pb (timbal) dalam badan air.

Ketiga tumbuhan ini digunakan sebagai media uji karena dapat menyerap berbagai unsur pencemar dalam air dan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi beban pencemaran dalam badan air khususnya Pb (timbal). Tumbuhan kayu ambang (*Lemna minor*) yang ditumbuhkan dalam medium air limbah yang mengandung bahan beracun akan mengalami kerontokan daun, tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) bisa terus tumbuh atau bertahan hidup tetapi perkembangan akarnya terhambat, dan tumbuhan eceng gondok mempunyai kemampuan adaptasi cukup tinggi dan pertumbuhannya sangat pesat menyebabkan populasi eceng gondok makin besar. Kemampuan tumbuhan dalam penyerapan Pb dipengaruhi oleh morfologi tumbuhan yaitu fase pertumbuhan, lamanya pemaparan, suhu, sinar atau radiasi.

Kayu apu dapat mereduksi kandungan pencemar dalam limbah air lindi sampai 90% dan dapat tumbuh baik pada kondisi COD 165,84 mg/l, sedangkan dapat menurunkan COD sampai 40,7% dan BOD turun sampai 78,5 % pada limbah domestik rumah susun Penjaringan Rungkut. Kayu ambang dapat mereduksi kandungan pencemar dalam limbah Pb sampai 20%, sedangkan eceng gondok dapat menurunkan kandungan BOD sampai 80% pada limbah air lindi. Dari segi waktu,

tanggapan tanaman akan terletak di antara dua ekstrem yaitu terjadi dalam waktu singkat dengan perubahan ukuran tanaman yang besar (sensitif) atau sebaliknya lambat dengan perubahan kecil (insensitif) menjelang tingkat perubahan akhir yang dicapai.

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*), susunan daunnya membentuk roset, warnanya hijau cerah dengan tekstur tebal berdaging serta berambut halus menyerupai beludru. Setiap roset daun tersebut dihubungkan oleh batang kecil menjalar atau stolon yang mudah di potong. Akarnya menyerupai rambut tumbuh tepat di bawahnya. Herba, tinggi 5–10 cm dengan akar menggantung dalam air. Batang pendek, tebal lurus dengan tunas menjalar. Daun berjejal rapat menjadi roset, berdiri serong, berbentuk baji sampai tiga segi terbalik dengan ujung membulat lebar dan sedikit terbalik melekok ke dalam dengan pangkal daun yang berupa spon dan berambut, tulang daun berpangkal semua pada baris daun.



**Gambar -1:** Morfologi Kayu Apu

Sifat-sifat kayu apu adalah tumbuhan ini dapat tumbuh di sungai, danau, dan air yang tergenang. Pertumbuhan optimal pada temperatur 22–30°C, pertumbuhan maksimal pada temperatur 35°C. Tumbuhan ini hidup dengan menyerap unsur hara yang terkandung di dalam air melalui akarnya. Tumbuhan kayu apu merupakan gulma air yang hidupnya mengapung di permukaan air dengan akar yang panjang dengan lebat dan bercabang halus. Tumbuhan ini tumbuh baik pada pH 6–7 dengan memanfaatkan bentuk akar yang demikian, maka tumbuhan ini dapat menyerap Pb atau Cd.

Tanaman kayu ambang atau gulma itik adalah tanaman air kecil yang mengapung di permukaan air ditemukan di seluruh dunia dan sering terlihat tumbuh lebat seperti selimut pada permukaan air yang tenang dan kaya nutrisi. Tanaman kayu ambang berupa terna

air perennial, kecil, mengapung tanpa batas yang nyata antara batang dan daun-daunnya, dengan akar seperti benang, dan adanya reduksi alat vegetatif (batang) yang tidak ditemukan pada tumbuhan lain. Tubuh tumbuhan tereduksi menjadi badan berbentuk jorong, memanjang tanpa diferensiasi morfologi sehingga menyerupai talus. Di sebelah atas terlihat berwarna hijau dan di sebelah bawah seringkali berwarna agak lembayung.



Gambar -2: Morfologi Kayu Ambang

Fungsi terpenting dari tumbuhan ini adalah proses fotosintesis yang ditunjukkan dengan kemampuannya merubah bahan anorganik menjadi organik. Air sebagai media tumbuh *Lemna minor* harus memenuhi kriteria suhu optimum untuk proses hidup 18–40°C dan mengandung unsur hara yang cukup seperti C, H, N, P, K, S, Mg, dan Na.

Tanaman eceng gondok termasuk tanaman perennial yang dapat mengapung bebas di air dalam berakar di dasar yang dangkal, batang dengan buku yang pendek, garis tengah 1–2,5 cm, panjang 1–30 cm, memiliki tudung akar, panjang satu sampai beberapa puluh sentimeter, stolon bergaris tengah 0,5–2 cm, daun dalam roset, helaian daun bulat telur lebar, tulang daun melengkung rapat, panjang 7–25 cm, karangan bunga berbentuk bulir, bertangkai panjang, berbunga 10–35, tangkai daun berbatasan dengan helaian daun yang menyempit bagian yang menggelembung seperti gondok untuk mengapung, benang sari 6, bakal buah beruang 3, biji banyak, menghasilkan tunas merayap yang keluar dari ketiak dan tumbuh lagi menjadi tanaman baru dengan kecepatan tinggi 0,4–0,8 cm.

Sifat-sifat biologi eceng gondok adalah mampu memanfaatkan energi matahari secara efisien sehingga dapat menghasilkan energi yang potensial. Di samping sebagai produsen

primer perairan yang merupakan sumber makanan bagi konsumen primer.



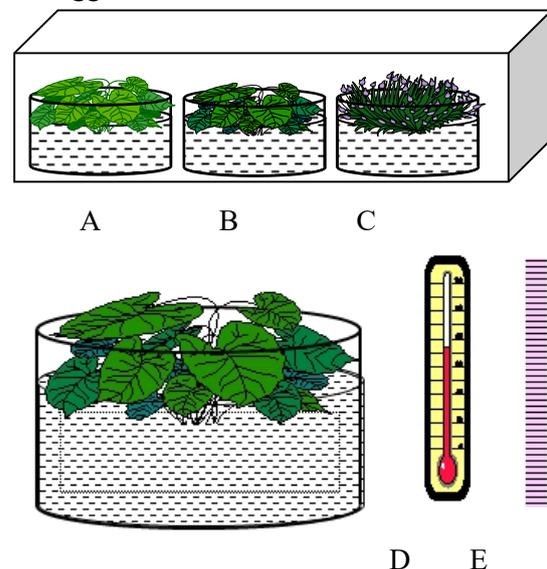
Gambar -3: Morfologi Eceng Gondok

Eceng gondok juga dapat membantu aerasi perairan melalui proses fotosintesis, mengatur aliran air dan dapat menyerap partikel serta unsur-unsur mineral. Tumbuhan ini tumbuh subur pada habitat air bersih maupun air kotor kolam yang dangkal, danau, dan sungai. Tumbuh baik pada intensitas cahaya tinggi, tahan terhadap suhu udara sampai 40°C.

## METODE PENELITIAN

### ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Bak untuk ketiga tanaman akan dijadikan dalam 1 reaktor persegi panjang dimensi 4 m x 3 m. Setiap tabung tanaman memiliki ukuran diameter 47 cm dan tinggi 40 cm dengan ketinggian tanaman 35 cm.



- Keterangan:  
 Bak A = bak dengan tanaman eceng gondok  
 Bak B = bak dengan tanaman kayu apu  
 Bak C = bak dengan tanaman kayu ambang  
 D = termometer  
 E = kertas pH

Gambar -4: Peralatan Penelitian

Berikut ini adalah tabel 1 karakteristik tumbuhan uji.

**Tabel -1:** Karakteristik Tumbuhan Uji

Keterangan	Kayu Ambang	Kayu Apu	Eceng Gondok
Daun	a. 400 Helai b. Berdaun hijau segar c. Ukuran 3 mm	a. 6 Helai b. Berdaun hijau segar c. Ukuran 5–6 cm	a. 6 Helai b. Berdaun hijau segar c. Ukuran 5–6 cm
Berat	a. 50 gram b. Setara dengan 100 tumbuhan	a. 50 gram b. 1 tumbuhan	a. 50 gram b. 1 tumbuhan
Panjang Akar	10,1 cm	28 cm	26,5 cm

Parameter yang digunakan adalah:

- a) Limbah Pb (timbal) PT SIER = 2,1 mg/l
- b) Parameter penunjang pH, temperatur, DO, dan kekeruhan

Dengan variasi tumbuhan 3 jenis yaitu kayu apu, kayu ambang, dan eceng gondok dan waktu detensi 0,5; 10; 15; 20; dan 25 hari.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

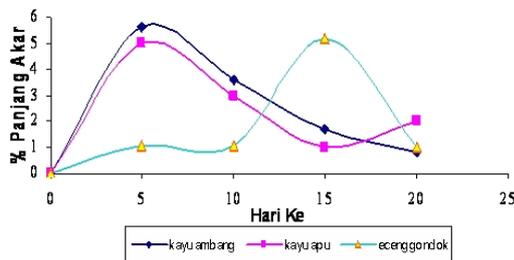
Kemampuan penyerapan Pb (timbal) tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*), kayu ambang (*Lemna minor*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes solm*) berbeda-beda. Pada awal penelitian dilakukan analisa awal untuk mengetahui konsentrasi awal limbah Pb.

**Tabel -2:** Konsentrasi Limbah Pb Awal

Limbah	Konsentrasi Limbah Pb pada Tumbuhan (mg/l)		
	Kayu Ambang	Kayu Apu	Eceng Gondok
Pb	2,104	2,102	2,105

**PANJANG AKAR TUMBUHAN**

Setelah tumbuhan ditanam dalam air yang mengandung limbah Pb (timbal), masing-masing tumbuhan menunjukkan gejala yang mempengaruhi daya hidup tumbuhan.



**Grafik -1:** Persentase Panjang Akar Tanaman

Dari grafik 1 diatas terlihat adanya kenaikan panjang akar pada hari ke-5 sampai 10. Hal ini dikarenakan tumbuhan kayu ambang mengalami fase penyerapan optimal sehingga kayu ambang menyerap zat yang terkandung

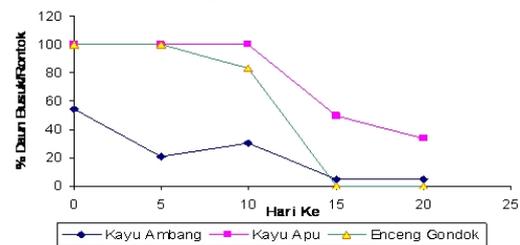
dalam air limbah. Setelah hari ke-10 dan 20 grafik menurun karena tumbuhan kayu ambang mengalami fase penyeleksian dimana kayu ambang memilah-milah mana zat yang bersifat toksin dan bersifat menguntungkan.

Tumbuhan kayu apu pada hari ke-5 mengalami fase penyesuaian diri. Setelah hari ke-5 sampai 10, grafik menurun. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan mengalami proses penyerapan optimal. Pada hari ke-15 sampai 20 grafik naik karena tumbuhan sedikit menyerap zat tersisa yang penting untuk dirinya karena adanya penghambatan pertumbuhan pada akar yang disebabkan kurangnya unsur hara pada media yang diberi limbah Pb.

Pada tumbuhan eceng gondok terlihat adanya tren naik pada hari ke-5 sampai 15 dimana tumbuhan menyerap zat yang terkandung dalam air limbah sebanyak-banyaknya dan pada hari ke-15 sampai 20 grafik menurun. Hal ini disebabkan tumbuhan sudah tidak mampu lagi menyerap secara optimal.

**DAUN BUSUK ATAU RONTOK TUMBUHAN**

Di bawah ini ditampilkan persentase daun busuk dan rontok pada tumbuhan.



**Grafik -2:** Persentase Daun Rontok

Pada hari ke-5, kayu ambang mengalami kerontokan sebanyak 181 helai daun dimana tumbuhan mengalami fase penyerapan optimal pada media limbah. Pada hari ke-10 sampai hari ke 20 mengalami fase penurunan kerontokan daun yang disebabkan terjadinya penurunan konsentrasi limbah Pb. Fase ini menunjukkan kayu ambang mampu menyerap Pb.

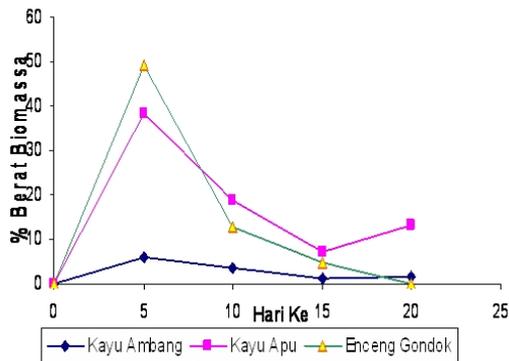
Pada kayu apu tidak terjadi pembusukan atau kerontokan pada hari ke-5 hingga hari ke-10 dikarenakan tumbuhan mengalami fase penyesuaian. Namun, pada hari ke-15 dan 20 kondisi daun kayu apu mulai membusuk

karena unsur hara yang dibutuhkan semakin berkurang.

Pada eceng gondok tidak terjadi pembusukan yang berarti pada hari ke-5 hingga hari ke-20 yang disebabkan eceng gondok mampu beradaptasi dan menyerap secara optimal pada media limbah Pb.

#### BERAT BIOMASSA TUMBUHAN

Dari pengaruh tanaman terhadap berat biomassa tumbuhan dapat ditunjukkan pada grafik 3 di bawah ini.



**Grafik -3:** Persentase Berat Biomassa Tumbuhan

Berat biomassa tumbuhan eceng gondok semakin besar. Hal ini karena tumbuhan eceng gondok hidup di perairan yang tercemar dan dapat memanfaatkan energi matahari secara efisien sehingga dapat beradaptasi terhadap lingkungan yang baru. Bila ditumbuhkan dalam media yang berisi Pb, eceng gondok dapat bertahan hidup dan pertumbuhannya semakin pesat. Pada tumbuhan kayu ambang seiring dengan kerontokan daun, maka biomassa kayu ambang berkurang, sedangkan pada kayu apu biomassa berkurang disebabkan daun mengalami pembusukan dan kemudian rontok.

#### PENGARUH PARAMETER LINGKUNGAN TERHADAP DAYA HIDUP TUMBUHAN

Adanya memendeknya pertumbuhan pada kayu apu terjadi karena faktor dalam yang mempengaruhi sistem perakaran yaitu gen dan beberapa hormon pertumbuhan tertentu. Hal ini berbeda dengan eceng gondok yang dapat beradaptasi dengan sangat baik terhadap lingkungan yang baru, sehingga bila ditumbuhkan dalam media yang berisi Pb, pertumbuhan biomasnya semakin pesat. Eceng gondok dapat tumbuh pesat pada konsentrasi Cr yang tinggi. Pertumbuhan

tumbuhan kayu ambang terhambat ditandai dengan kerontokan daun.

#### TEMPERATUR (SUHU)

Temperatur media yang ditanami kayu apu sebesar 32,5°C–33°C, kayu ambang sebesar 33°C, dan eceng gondok sebesar 32,5°C–33°C. Kenaikan temperatur dapat menyebabkan toksisitas meningkat sehingga pertumbuhan tumbuhan terhambat. Pada kayu ambang ditandai dengan kerontokan daun, sedangkan kayu apu ditandai dengan memendeknya akar dan pada eceng gondok terjadi peningkatan pertumbuhan biomassa.

#### DERAJAT KEASAMAN (pH)

Nilai pH untuk tumbuhan kayu apu berkisar 8–8,4. Pada kayu ambang dan eceng gondok sebesar 8–8,2. Hal ini berarti bahwa pH air yang ditanami ketiga tumbuhan bersifat basa. Perubahan keasaman yang terlalu tinggi baik arah alkali (pH naik) maupun pada pertumbuhan akar dan daun arah asam (pH turun) berpengaruh. Pada umumnya tumbuhan dapat tumbuh optimal pada pH netral, pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas senyawa logam berat terutama Pb bersifat toksik, sedangkan pH yang tinggi akan menyebabkan keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam air terganggu.

#### KEKERUHAN AIR

Nilai kekeruhan air pada tumbuhan kayu apu sebesar 71,01–2 NTU, kayu ambang 71,03–2 NTU, dan eceng gondok sebesar 71,03–3 NTU. Apabila kekeruhan air meningkat dapat menyebabkan cahaya matahari tidak dapat menembus ke permukaan air karena terhalang oleh partikel-partikel yang terlarut maupun yang tersuspensi dalam air, sehingga fotosintesis menjadi terhambat dan hasil asimilasi yang diperlukan untuk pertumbuhan berkurang. Kekeruhan air dapat menyebabkan daun dan akar tumbuhan menjadi membusuk.

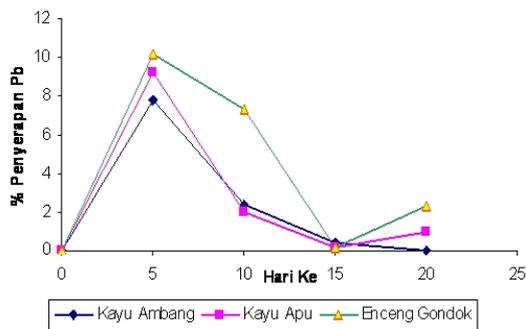
#### OKSIGEN TERLARUT (DO)

DO pada tumbuhan kayu apu 5,0–3,2 mg/l, kayu ambang sebesar 5,0–3,3 mg/l, dan eceng gondok sebesar 5,0–3,3 mg/l. DO mempengaruhi kehidupan tumbuhan. Apabila DO terlalu rendah akan menyebabkan kematian pada tumbuhan air. Sumber utama oksigen terlarut adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara dan proses fotosintesis.

Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan kayu ambang, kayu apu, dan eceng gondok, sehingga pertumbuhan kayu apu menjadi memendek, kerontokan pada kayu ambang, dan peningkatan biomassa eceng gondok.

#### KEMAMPUAN PENJERAPAN Pb PADA TUMBUHAN KAYU AMBANG, KAYU APU, DAN ECENG GONDOK

Persentase penyerapan Pb oleh ketiga tanaman air tersebut dapat dilihat pada grafik 4 di bawah ini.



**Grafik -4:** Persentase Penyerapan Pb oleh Tanaman Air

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa tumbuhan kayu ambang dapat menyerap Pb 2,104 mg/l menjadi 1,884 mg/l. Pada hari ke-10, penyerapan Pb oleh tumbuhan kayu ambang sebesar 7,79% dari 2,104 mg/l menjadi 1,940 mg/l. Hal ini disebabkan karena tumbuhan memperbesar daya serapnya ketika terjadi peningkatan konsentrasi limbah dan kayu ambang mengalami kerontokan sebanyak 181 helai daun. Tumbuhan mengalami fase penyerapan optimal pada media limbah. Pada hari selanjutnya terjadi penurunan penyerapan Pb pada tumbuhan relatif konstan dimana semakin menurunnya konsentrasi Pb semakin berkurang pula jumlah daun yang rontok. Efektifitas penyerapan Pb oleh tumbuhan total sebesar 10,45%. Hal ini karena dibutuhkan lama pemaparan yang lebih panjang untuk mengetahui kemampuan optimal tumbuhan dalam melakukan penyerapan.

Tumbuhan kayu apu dapat menyerap limbah Pb dari 2,102 mg/l menjadi 1,850 mg/l. Pada hari ke-10 tumbuhan kayu apu menyerap Pb sebesar 9,18% dari 2,102 mg/l menjadi 1,909 mg/l. Ini disebabkan tumbuhan memperbesar daya serapnya ketika terjadi peningkatan konsentrasi limbah. Adanya

penghambatan pertumbuhan akar pada kayu apu dalam proses penyerapan Pb dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor dalam (hereditas) adalah gen dan beberapa hormon pertumbuhan tertentu. Faktor dari luar (lingkungan) adalah media tumbuh yang diberi Pb. Memendeknya akar tumbuhan kayu apu membantu tumbuhan dalam proses penyerapan. Pada hari selanjutnya terjadi penurunan penyerapan Pb yang relatif konstan karena unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan semakin berkurang. Dengan mempunyai tekstur daun yang berlapis malam (*wax*) dan permukaan yang lebar tumbuhan ini melakukan penyerapan dari daun ke akar sebagai transpor makanan. Efektifitas penyerapan Pb oleh tumbuhan total sebesar 11,9%. Ini karena dibutuhkannya lama pemaparan yang lebih panjang untuk mengetahui kemampuan optimal tumbuhan dalam melakukan penyerapan.

Tumbuhan eceng gondok dapat menyerap limbah Pb dari 2,105 mg/l menjadi 1,708 mg/l. Pada hari ke-5 penyerapan Pb oleh tumbuhan kayu ambang sebesar 10,2 % dari 2,105 mg/l menjadi 1,890 mg/l dan pada hari ke-10 penyerapan sebesar 7,30 % dari 1,890 mg/l menjadi 1,752 mg/l. Hal ini disebabkan karena tumbuhan memperbesar daya serapnya ketika terjadi peningkatan konsentrasi limbah. Dengan memanfaatkan energi matahari secara efisien. Eceng gondok dapat beradaptasi dengan sangat baik terhadap lingkungan yang baru, sehingga bila ditumbuhkan dalam media yang berisi Pb pertumbuhan biomasnya semakin pesat. Penurunan penyerapan Pb pada tumbuhan pada hari ke-15 sampai 20 relatif konstan karena tumbuhan sudah tidak mampu lagi menyerap secara optimal. Efektifitas penyerapan Pb oleh tumbuhan total sebesar 18,8%. Ini karena dibutuhkannya lama pemaparan yang lebih panjang untuk mengetahui kemampuan optimal tumbuhan dalam melakukan penyerapan.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kayu apu (*Pistia stratiotes*), kayu ambang (*Lemna minor*), eceng gondok menurunkan Pb (timbal). Kemampuan tumbuhan kayu ambang, kayu apu, dan eceng gondok dalam penyerapan Pb yaitu kayu apu (*Pistia stratiotes*) mempunyai efektifitas sebesar 10,45%, kayu ambang (*Lemna minor*) sebesar 11,9%, eceng gondok (*Eichhornia crassipes*

*solm*) sebesar 18,8% dalam melakukan penyerapan Pb selama 20 hari secara alami. Pengaruh penyerapan Pb terhadap tumbuhan dapat dilihat adanya penghambatan pertumbuhan akar pada kayu apu (*Pistia stratiotes*) yaitu akarnya semakin pendek. Pada kayu ambang (*Lemna minor*) ditandai dengan kerontokan daun. Hal ini berbeda dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes solm*) meskipun ditumbuhkan dalam air yang mengandung limbah Pb (timbal) biomasnya semakin besar bahkan pertumbuhannya semakin pesat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002) Surat Keputusan Gubernur Jatim, Nomor 45 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri, Surabaya.
- Connel, D.W (1995) Bioakumulasi Senyawa Xenobiotik, Universitas Indonesia, Jakarta
- Jorgensen, S.E., Sorensen, B., H., Mahler, H., (1998) Handbook of Estimation Methods in Ecotoxicology and Environmental Chemistry, London, New York Washington, D.C.
- Manahan, Stanley, E. (1992) " Toxicological Chemistry ", Second Edition, Lewis Publishers, Inc, Chelsea, Michigan.
- Pratama, Widagda (2005) Studi Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes Linn*) Untuk Menurunkan Konsentrasi BOD dan COD Pada Limbah Domestik Rumah Susun Menanggal Surabaya, *Skripsi Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Jatim*
- Supriyanto, Hernomo, Muladi, Sipon (1999) Kajian Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Industri dan Penyelamatan Lingkungan hidup di daerah Perairan, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Perdhani, Rizka (2003) Laju Penjerapan Zat Organik oleh Tumbuhan Air Eceng Gondok, Kayu Apu dan Duckweed, *Skripsi Teknik Lingkungan, ITS Surabaya*