

**ANALISA TENTANG KEMAMPUAN ECENG GONDOK
(*Eichhornia crassipes*) DALAM MENYERAP LOGAM TIMBAL
(Pb) DENGAN KONSENTRASI BERBEDA**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**OLEH :
RADIT KURNIAWAN
0510810053**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

**ANALISA TENTANG KEMAMPUAN ECENG GONDOK
(*Eichhornia crassipes*) DALAM MENYERAP LOGAM TIMBAL (Pb)
DENGAN KONSENTRASI BERBEDA**

Laporan Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapat Gelar
Sarjana Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Malang

Oleh
RADIT KURNIAWAN
0510810053

Dosen Penguji I

(Ir. MULYANTO, MS)
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal

Dosen Penguji II

(Ir. MUHAMAD MAHMUDI, MS)
NIP. 19600505 198601 1 004
Tanggal

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. ENDANG YULI H, MS)
NIP. 19570704 198403 2 001
Tanggal

Dosen Pembimbing II

(ASUS MAIZAR S, S.Pi., MP)
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. HAPPY NURSYAM, MS)
NIP. 19600322 198601 1 001
Tanggal

RINGKASAN

RADIT KURNIAWAN. Skripsi Analisa Tentang Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda (dibawah bimbingan **Dr. Ir. ENDANG YULI H, MS** dan **ASUS MAIZAR S, S.Pi., MP**)

Meningkatnya jumlah industri dan sarana transportasi menyebabkan semakin banyak polutan di buang ke lingkungan perairan. Salah satu jenis polutan yang dapat mencemari air adalah logam Pb. Semakin besar konsentrasi logam Pb dalam air maka semakin besar pula daya racunnya, sehingga perlu usaha untuk mengurangnya. Fitoremediasi merupakan teknologi yang dapat diterapkan untuk menyerap polutan di dalam air tidak terkecuali logam Pb. Teknologi ini dikenal efisien dan ekonomis, tumbuhan yang biasa di gunakan adalah eceng gondok. Logam Pb yang diserap oleh akar tumbuhan adalah dalam bentuk ion. Penyerapan ion oleh akar tumbuhan berhubungan dengan konsentrasi ion yang ada disekitar akar.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi logam Pb terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) serta pada komponen tubuh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mana, akumulasi logam Pb tertinggi. Penelitian ini dilakukan pada bak-bak percobaan di Workshoop Ilmu-Ilmu Perikanan FPIK dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dilaksanakan selama 29 hari mulai tanggal 28 Juni sampai 27 Juli 2009.

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diuji meliputi : 1) Eceng gondok 5 rumpun + air tanah (kontrol) / (E0), 2) Eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm (E1), 3) Eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm (E2), 4) Eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm (E3), 5) Eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm (E4), dan 6) Eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm (E5). Parameter utama yang diamati adalah konsentrasi logam Pb dalam eceng gondok (akar, tangkai, dan daun) dan air, sedangkan parameter kualitas air pendukung meliputi suhu dan pH. Pengambilan sampel dilakukan 1 minggu sekali pada pukul 10.00 - 14.00 WIB

Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok selama pengamatan perlakuan E0 (0,10 ppm - 0,35) ppm, E1 (0,12 - 0,68) ppm, E2 (0,12 ppm - 1,58) ppm, E3 (0,12 - 2,73) ppm, E4 (0,12 - 3,37) ppm dan E5 (0,12 - 4,25) ppm. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air selama pengamatan perlakuan E0 (0,006 - 0,010) ppm, E1 (1 - 0,021) ppm, E2 (2 ppm - 0,027) ppm, E3 (3 - 0,043) ppm, E4 (4 - 0,066) ppm dan E5 (5 - 0,083 ppm). Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar, tangkai, dan daun eceng gondok selama pengamatan perlakuan E0 masing-masing berkisar (0,10 - 0,21) ppm, (0,12 - 0,39) ppm, (0,08 - 0,47) ppm, perlakuan E1 masing-masing berkisar (0,10 - 0,70) ppm, (0,16 - 0,60) ppm, (0,11 - 0,75) ppm, perlakuan E2 masing-masing berkisar (0,10 - 1,55) ppm, (0,16 - 1,57) ppm, (0,11 - 1,63) ppm, perlakuan E3 masing-masing berkisar (0,10 - 2,71) ppm, (0,16 - 2,67) ppm, (0,11 - 2,81) ppm, perlakuan E4 masing-masing berkisar (0,10 - 3,29) ppm, (0,16 - 3,16) ppm, (0,11 - 3,65) ppm, perlakuan E5 masing-masing berkisar (0,10 - 4,28) ppm, (0,16 - 4,09) ppm, (0,11 - 4,39) ppm. Penyerapan logam Pb oleh eceng gondok juga dipengaruhi oleh suhu (23,1- 26,4) °C dan pH (6,87 - 7,29). Hasil uji F, diperoleh F hitung perlakuan

konsentrasi logam Pb yang berbeda berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (Lampiran 1). Berdasarkan hasil Uji BNT, perlakuan E5 memberikan pengaruh tertinggi terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok lalu diikuti perlakuan E4, E3, E2, E1, dan E0 (Lampiran 2).

Penelitian ini dilakukan dengan kondisi air yang tenang, sehingga perlu ada penelitian lanjutan yang serupa, akan tetapi dengan kondisi air yang mengalir untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan dan tidak henti mengucapkan hamdalah kepada TUHAN Yang Maha Esa karena dengan Rahmat dan HidayahNya skripsi ini dapat terselesaikan tanpa kendala berarti. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Dalam proses menyusun skripsi ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- Orang Tua yang sudah banyak mendoakan untuk kelancaran selama studi.
- Ibu DR. Ir. Endang Yuli H, MS dan Bapak Asus Maizar S, S.Pi., MP selaku Dosen Pembimbing.
- Bapak Ir. Mulyanto, MS dan Bapak Ir. Muhamad Mahmudi, MS selaku Dosen Penguji.
- Semua teman-teman MSP dan pihak-pihak yang sudah membantu yang tidak mungkin disebutkan namanya satu-persatu.

Atas semua doa, bantuan, bimbingan, petunjuk dan saran yang dengan ikhlas diberikan kepada penulis sejak penyusunan usulan skripsi sampai dengan terselesaikannya laporan skripsi.

Sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca dan tidak lupa penulis juga meminta maaf jika ada kesalahan dalam penulisan kata, nama, gelar, instansi, dll karena manusia tidak bisa lepas dari kesalahan.

Malang, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kegunaan Penelitian	3
1.5 Hipotesa	4
1.6 Tempat dan Waktu	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Klasifikasi Eceng gondok	5
2.2 Morfologi dan Ekologi Eceng gondok	5
2.3 Kualitas Air Eceng gondok	7
2.4 Syarat Tumbuhan Penyerap Logam Berat	7
2.5 Mekanisme Penyerapan Logam Pb Oleh Eceng gondok	8
2.6 Hasil Penelitian Penyerapan Logam Pb Oleh Eceng gondok	9
2.7 Manfaat dan Kerugian Eceng gondok	9
2.8 Parameter Utama	11
2.8.1 Logam Pb	11
2.9 Parameter Kualitas Air Pendukung	14
2.9.1 Parameter Fisika	14
2.9.1.1 Suhu	14
2.9.2 Parameter Kimia	15
2.9.2.1 pH	15
BAB III. MATERI DAN METODE	
3.1 Materi Penelitian	16
3.2 Metode Penelitian	16
3.3 Rancangan Percobaan	16
3.4 Parameter Kualitas Air	18
3.5 Prosedur Penelitian	18

3.5.1 Tempat Penelitian	18
3.5.2 Pelaksanaan Penelitian	19
3.6 Analisa Logam Pb	20
3.6.1 Sampel Padat.....	20
3.6.2 Sampel Cair	21
3.7 Analisa Parameter Kualitas Air Pendukung.....	21
3.7.1 Parameter fisika	21
3.7.1.1 Suhu	21
3.7.2 Parameter Kimia	22
3.7.2.1 pH.....	22
3.8 Analisa Data	22

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Logam Pb Dalam Eceng gondok.....	23
4.2 Logam Pb Dalam Air	26
4.3 Logam Pb Dalam Akar, Tangkai, dan Daun Eceng gondok	28
4.3.1 Akar	28
4.3.2 Tangkai.....	31
4.3.3 Daun.....	34
4.4 Parameter Kualitas Air Pendukung.....	38
4.4.1 Parameter Fisika	38
4.4.1.1 Suhu.....	38
4.4.2 Parameter Kimia	40
4.4.2.1 pH.....	40

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

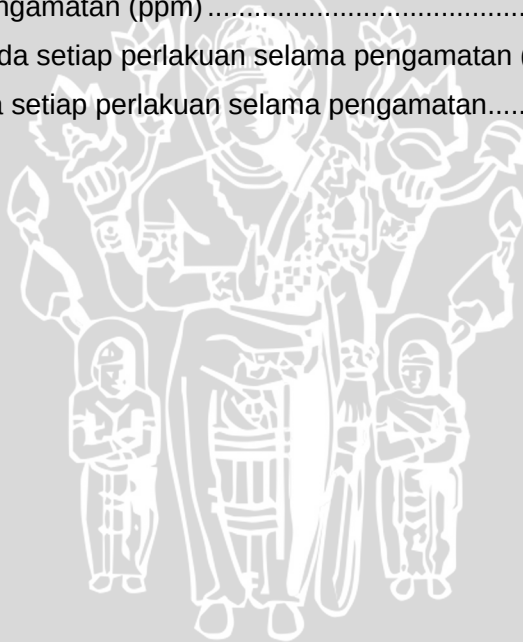
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA	44
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	47
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter utama dan pendukung	18
2. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	23
3. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	26
4. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	29
5. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	32
6. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	34
7. Rata-rata suhu air pada setiap perlakuan selama pengamatan (°C).....	38
8. Rata-rata pH air pada setiap perlakuan selama pengamatan.....	41

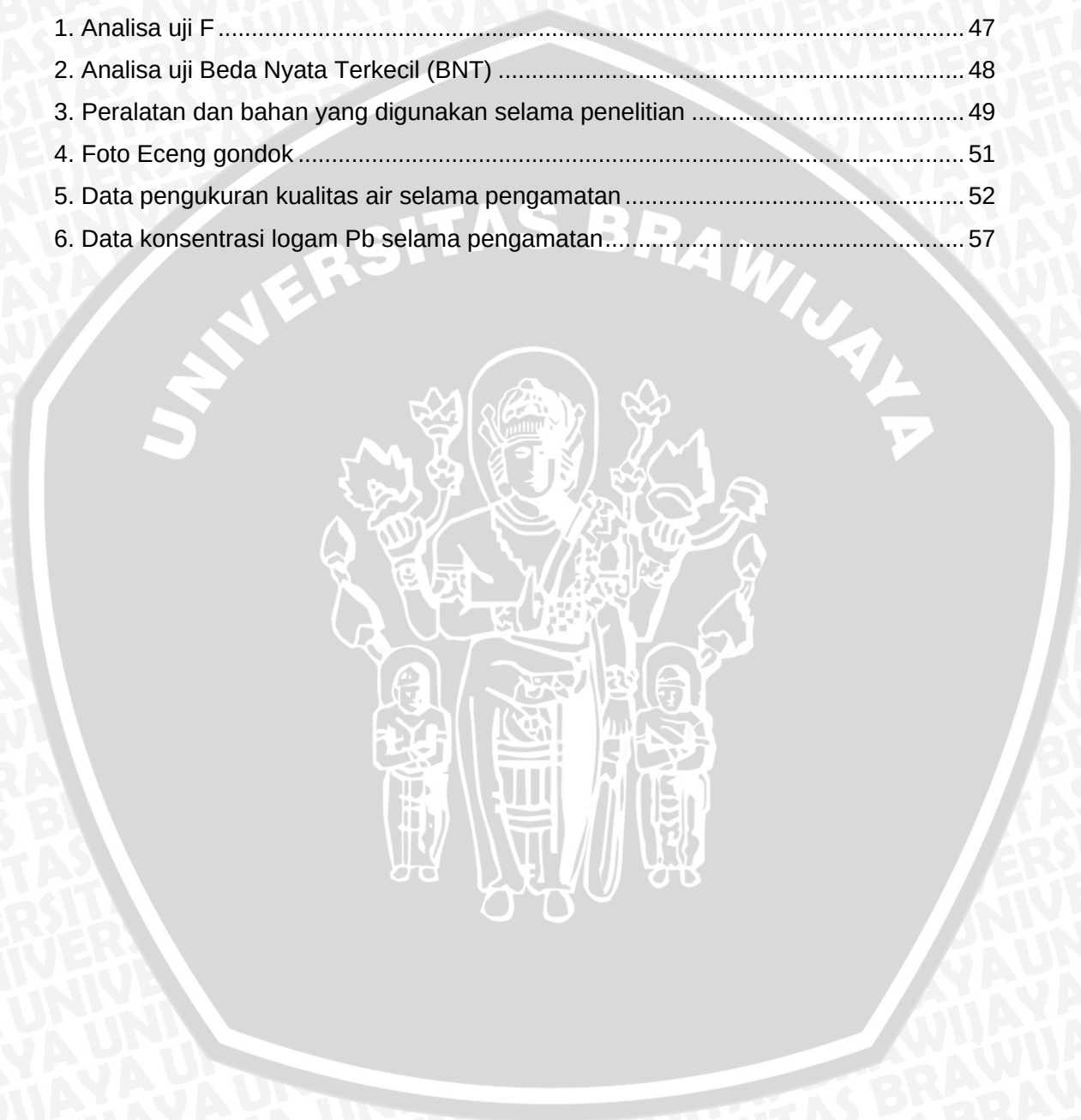


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	6
2. Skema distribusi logam Pb dalam perairan dangkal	12
3. Tata letak bak percobaan.....	18
4. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	25
5. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	27
6. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	30
7. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	33
8. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm)	35
9. Akumulasi logam Pb dalam akar, tangkai, dan daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan.....	36
10. Rata-rata suhu air pada setiap perlakuan selama pengamatan (°C).....	39
11. Rata-rata pH air pada setiap perlakuan selama pengamatan	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisa uji F	47
2. Analisa uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	48
3. Peralatan dan bahan yang digunakan selama penelitian	49
4. Foto Eceng gondok	51
5. Data pengukuran kualitas air selama pengamatan	52
6. Data konsentrasi logam Pb selama pengamatan	57



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk memicu peningkatan jumlah industri dan transportasi untuk memenuhi kebutuhan manusia, hal tersebut menyebabkan semakin banyak limbah dibuang ke lingkungan perairan. Pembuangan limbah secara terus-menerus tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menambah kerusakan lingkungan. Saat ini masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi turunnya kualitas dan kuantitas yang disebabkan banyaknya limbah yang mencemari air. Limbah dari kegiatan industri dan transportasi yang dapat menimbulkan pencemaran dalam perairan diantaranya adalah logam berat.

Air merupakan pelarut universal serta tempat organisme hidup, sifat ini memungkinkan logam berat dapat larut dan masuk ke dalam jaringan tubuh organisme yang hidup dalam air. Logam berat dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*Sub-lethal*) misalnya terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, dan karakteristik morfologi berbagai organisme. Jenis-jenis logam berat antara lain : nikel, cadmium, *zinc*, *copper*, merkuri, dan *lead* (timbal/Pb) (Effendi, 2003). Logam Pb sangat populer dan banyak dikenal orang awam, hal tersebut disebabkan oleh banyaknya logam Pb yang digunakan dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup.

Sumber alami logam Pb adalah *gelenite* (PbS), *gelesite* (PbSO₄), dan *cerrusite* (PbCO₃) (Effendi, 2003). Selain dari sumber alami, asap kendaraan bermotor, industri pipa, industri cat, industri baterai, serta industri tinta juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan logam Pb dalam air. Bentuk senyawa-senyawa logam Pb antara lain : Timbal (II) nitrat [Pb(NO₃)₂], Timbal monoksida (PbO), Timbal (IV) oksida, dan Tetraetil timbal [Pb(C₂H₅)₄] (HIMDIKA, 2008). Semakin tinggi konsentrasi logam Pb

dalam air maka semakin tinggi pula daya racunya, sehingga perlu usaha untuk menguranginya.

Fitoremediasi merupakan teknologi yang memanfaatkan tumbuhan untuk mengurangi keberadaan logam Pb dalam air. Menurut IRRI (1987) dalam Suprobowati (2004), syarat-syarat tumbuhan air untuk menyerap logam berat adalah : 1) Mempunyai pertumbuhan yang cepat, dan 2) Mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menyerap logam berat. Teknologi ini dikenal efisien dan ekonomis, logam Pb yang diserap oleh akar tumbuhan adalah dalam bentuk ion. Tumbuhan yang bisa digunakan antara lain kayu apu, kangkung dan eceng gondok. Menurut Nanda (2007) eceng gondok merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di air memiliki ciri-ciri, yaitu : 1) Tinggi mencapai 0,8 meter serta tidak mempunyai batang, 2) Daun berbentuk oval dan pangkalnya menggelembung, 3) Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau, 4) Bunganya termasuk bunga majemuk, 5) Bijinya berbentuk bulat berwarna hitam, dan 6) Akarnya merupakan akar serabut. Menurut Hasim (2003), eceng gondok mampu menyerap logam Pb dengan presentase penurunan sebesar 99,7 % yang ditanam dalam larutan 5 ppm.

Diketahui dalam perairan umum konsentrasi logam Pb dapat berbeda-beda dengan perairan lain dan keberadaan eceng gondok sering melimpah (perairan tawar) serta kurang dimanfaatkan sebagai mana mestinya. Menurut Agustina (1990), penyerapan ion oleh akar tumbuhan berhubungan dengan konsentrasi ion yang ada disekitar akar. Sehingga perbedaan konsentrasi logam Pb dalam air diduga mempengaruhi kemampuan penyerapan eceng gondok terhadap logam Pb tersebut. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian mengenai kemampuan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyerap logam timbal (Pb) dengan konsentrasi yang berbeda.

1.2 Perumusan Masalah

Meningkatnya jumlah industri dan sarana transportasi menyebabkan pencemaran di perairan semakin bertambah. Salah satu limbah berbahaya yang banyak dihasilkan oleh kegiatan industri dan transportasi adalah logam Pb. Logam Pb yang masuk kedalam tubuh organisme akuatik akan menyebabkan keracunan sehingga perlu upaya untuk mengurangi keberadaan logam Pb dalam perairan. Disisi lain, dalam perairan terdapat tumbuhan eceng gondok yang melimpah dan dapat menyerap logam Pb. Akan tetapi konsentrasi logam Pb dalam suatu perairan berbeda dengan perairan lain, sehingga diduga mempengaruhi kemampuan penyerapan eceng gondok terhadap logam tersebut. Dari uraian diatas yang menjadi permasalahan adalah :

1. Bagaimana perbedaan pengaruh konsentrasi logam Pb terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
2. Pada komponen tubuh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mana, akumulasi logam Pb tertinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi logam Pb terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
2. Mengetahui pada komponen tubuh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang mana, akumulasi logam Pb tertinggi.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi mahasiswa, dapat memberikan pengalaman teoritis dan teknis yang berkaitan dengan masalah-masalah kimia lingkungan dan pencemaran.

2. Bagi lembaga akademik, sebagai bahan informasi tentang pangaruh perbedaan konsentrasi terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
3. Bagi masyarakat, memberi informasi tentang manfaat lain dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selain hanya dianggap sebagai gulma.

1.5 Hipotesa

1. H_0 : diduga perbedaaan konsentrasi logam Pb tidak berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
2. H_1 : diduga perbedaan konsentrasi logam Pb berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan pada bak-bak percobaan di Workshoop Ilmu-Ilmu Perikanan FPIK dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan selama 29 hari, mulai tanggal 28 Juni sampai 27 Juli 2009.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Eceng gondok

Sama dengan tumbuhan lain, eceng gondok juga mempunyai klasifikasi. Adapun klasifikasinya adalah :

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Monocotyledoneae

Suku : Pontederiaceae

Marga : Eichhornia

Jenis : *Eichhornia crassipes* (Nanda, 2007)

Eceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh ilmuwan bernama [Carl Friedrich Philipp von Martius](#), seorang [botanis](#) berkebangsaan [Jerman](#) pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di [sungai Amazon](#), [Brasil](#). Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai [gulma](#) yang dapat merusak lingkungan perairan (Wikipedia^a, 2009).

2.2 Morfologi dan Ekologi Eceng gondok

Menurut Nanda (2007), eceng gondok merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di air dan memiliki ciri-ciri, 1) tinggi mencapai 0,8 meter serta tidak mempunyai batang, 2) Daun eceng gondok berbentuk oval dan pangkalnya menggelembung, 3) Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau, 4) Bunganya termasuk bunga majemuk, 5) Bijinya berbentuk bulat berwarna hitam, dan 6) Akarnya merupakan akar serabut. Lebih jelas mengenai morfologi eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Nanda, 2007).

Menurut Lail (2008), bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tumbuhan dari dalam air. Susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air. Eceng gondok tergolong makrofita yang memiliki daun terletak diatas permukaan air. Zat hijau daun eceng gondok terdapat dalam sel epidermis, dipermukaan atas daun dipenuhi oleh stomata. Bunga eceng gondok bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda dan merupakan bunga majemuk dengan jumlah 6 - 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang didalamnya penuh dengan udara yang berperan agar tetap terapung di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian didalam lapisan ini terdapat lapisan pengangkut (xilem dan floem) (Pandey, 1980). Eceng gondok memperbanyak diri secara vegetatif. Perkembangannya sangat cepat dan "rakus" minum. Eceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai (Wikipedia^a, 2009).

2.3 Kualitas Air Eceng gondok

Menurut Sastroutomo (1990) *dalam* Suprobowati (2004), untuk dapat tumbuh pada lingkungan dengan baik eceng gondok memiliki syarat :

1. Temperatur optimum (28 - 30) °C,
2. Nilai pH optimum (6 - 7,5), dan
3. Cukup matahari untuk pertumbuhannya dan akan tumbuh lebih baik pada keadaan cahaya yang penuh (100 %) jika dibandingkan dengan cahaya matahari 75 %, 50 ,dan 25 %.

Eceng gondok dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan [nitrogen](#), [fosfat](#), dan [potasium](#) (Wikipedia^a, 2009).

2.4 Syarat Tumbuhan Penyerap Logam Berat

Menurut IRRI (1987) *dalam* Suprobowati (2004), penelitian yang memanfaatkan tumbuhan air untuk menyerap logam berat harus memenuhi syarat :

1. Mempunyai pertumbuhan yang cepat, dan
2. Mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menyerap logam berat.

Widagdo (2005) menambahkan bahwa untuk menyerap polutan maka tumbuhan yang digunakan harus memenuhi syarat, yaitu : 1) Mempunyai stomata yang banyak, 2) Mempunyai ketahanan terhadap polutan tertentu, dan 3) Mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat.

2.5 Mekanisme Penyerapan Logam Pb Oleh Eceng gondok

Akar tumbuhan dapat menyerap logam Pb dalam bentuk ion, menurut Soekartono (1984), ion dapat diserap dalam 2 fase :

1. Fase pasif : masuknya ion dengan difusi dan arus massa dengan aliran air lewat ruang bebas pada dinding sel.
2. Fase aktif : penyerapan oleh plasma terus ke cairan sel dalam vakuola karena unsur aktif dari tumbuhan.

Menurut Priyatno dan Prayitno (2009), penyerapan dan akumulasi logam Pb oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses, yaitu : 1) Penyerapan logam oleh akar, 2) Translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan 3) Lokalisasi logam pada bagian tertentu.

1. Penyerapan logam oleh akar

Akar tumbuhan biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin. Sebagai contoh adalah fitosideroferos, molekul fitosideroferos ini akan mengikat ion Fe^{3+} dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif.

2. Translokasi dari akar ke bagian tumbuhan lain

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut ke bagian tumbuhan lain.

3. Lokalisasi logam pada bagian tertentu

Untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar, batang, dan daun.

2.6 Hasil Penelitian Penyerapan Logam Pb Oleh Eceng gondok

Penelitian untuk mengetahui kemampuan eceng gondok menyerap logam Pb dalam perairan dilakukan oleh Hasim (2003), dengan perlakuan eceng gondok 1, 3, dan 5 rumpun ditempatkan di dalam ember plastik berisi air sumur dan larutan

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebesar 5 ppm. Konsentrasi logam Pb diukur ketika hari ke-0, 7, 14, 21, dan 28 dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasilnya ada penurunan konsentrasi logam Pb secara signifikan pada hari ke-7. Konsentrasi logam Pb menurun 5,167 ppm (96,4 %) pada perlakuan 1 rumpun eceng gondok, menurun 5,204 ppm (98,7 %) pada perlakuan 3 rumpun, dan menurun 6,019 ppm (99,7 %) pada perlakuan 5 rumpun dari konsentrasi hari ke-0. Analisis pada hari-hari selanjutnya (hari ke-14, 21, dan 28) menunjukkan perubahan konsentrasi logam Pb tidak terlalu jauh dengan konsentrasi logam Pb pada hari ke-7. Eceng gondok terbukti mampu menurunkan konsentrasi logam Pb.

2.7 Manfaat dan Kerugian Eceng gondok

Menurut Supartono (2008), beragam manfaat yang bisa diambil dari tumbuhan eceng gondok, diantaranya adalah :

1. Pengolah limbah domestik

Eceng gondok mampu menyerap zat kimia baik yang berasal dari limbah industri maupun rumah tangga (domestik). Karena kemampuannya itu, eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah kedua sumber tersebut (industri dan rumah tangga) secara biologi.

2. Bahan baku pulp dan kertas

Ketika pasokan kayu tropis menurun dan meningkatnya kerusakan hutan, eceng gondok dapat dijadikan sebagai penyedia bahan baku pulp yang bernilai ekonomis.

3. Bahan baku pupuk organik

Dalam industri pupuk alternatif, eceng gondok juga dapat dijadikan sebagai bahan baku pupuk organik. Hal ini karena mengandung N, P, K, dan bahan organik yang cukup tinggi. Daerah yang sudah mengembangkan pabrik pupuk berbahan baku eceng gondok adalah Kabupaten Lamongan (pupuk Maharani).

4. Sumber pakan ternak dan ikan

Sebagaimana tumbuhan lainnya, eceng gondok dapat dijadikan pakan ternak. Karena tingginya kandungan serat kasar, eceng gondok harus diolah terlebih dahulu. Salah satu teknik pengolahannya adalah melalui teknologi fermentasi. Pada proses ini, eceng gondok diolah menjadi tepung, kemudian difermentasi secara padat dengan menggunakan campuran mineral dan mikroba *Trichoderma harzianum* yang dilakukan selama 4 hari pada suhu ruang. Proses fermentasi ini mampu meningkatkan nilai gizi yang terkandung dalam eceng gondok. Protein kasar meningkat sebesar 61,81% (6,31 ke 10,21%) dan serat kasar turun 18% (dari 26,61 ke 21,82%).

5. Bahan baku kerajinan tangan

Meningkatnya populasi eceng gondok dalam perairan dapat menyebabkan pendangkalan. Di tangan orang-orang kreatif eceng gondok dapat diubah menjadi benda-benda yang sangat menarik dan berdayaguna, seperti sandal jepit, tas cantik, kursi, dan lain-lain.

6. Penyerap logam berat

Dewasa ini, pencemaran logam berat merupakan salah satu permasalahan yang banyak dihadapi oleh ekosistem perairan. Umumnya, upaya penanganan pencemaran logam berat memerlukan biaya yang cukup mahal. Namun, eceng gondok menawarkan pemecahan masalah tersebut dengan biaya yang cukup murah. Beberapa logam berat yang sering mencemari ekosistem perairan diantaranya Fe, Mg, Mn, Pb, dan Ni.

Selain eceng gondok bermanfaat bagi makhluk hidup, ada kerugian yang ditimbulkan dari melimpahnya jumlah eceng gondok bagi kelestarian dan kehidupan makhluk hidup di sekitar perairan tersebut. Dalam Multiply (2009) disebutkan ada beberapa masalah yang ditimbulkan oleh eceng gondok, diantaranya adalah :

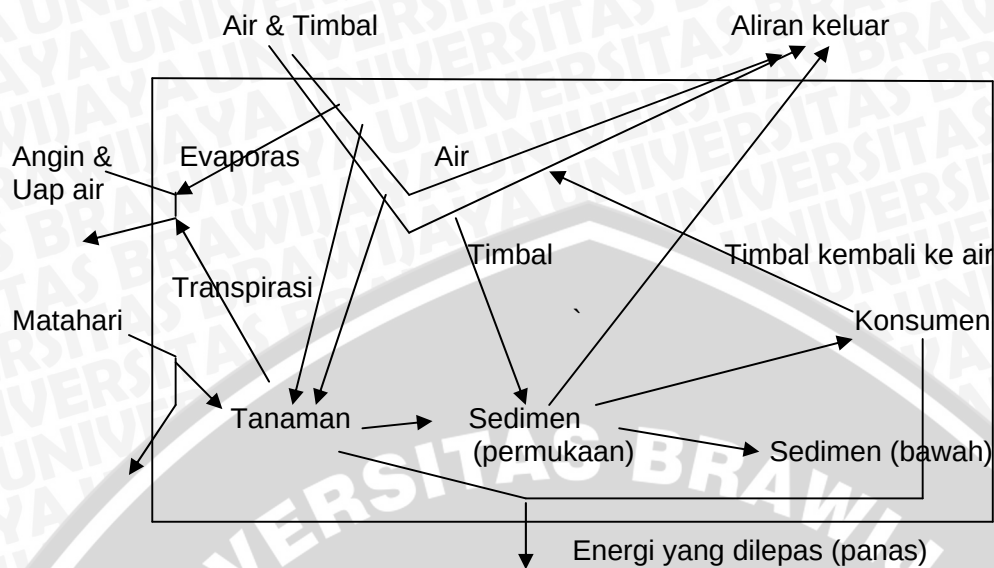
1. Meningkatnya evapotranspirasi,
2. Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan,
3. Mengganggu lalu lintas (transportasi) air,
4. Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia, dan
5. Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

2.8 Parameter Utama

2.8.1 Logam Pb

Logam Pb atau timah hitam adalah satu unsur logam berat yang lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya. Urutan toksisitas beberapa logam dari yang sangat rendah sampai yang sangat tinggi berturut-turut adalah : $\text{Sn} < \text{Ni} < \text{Pb} < \text{Cr} < \text{Co} < \text{Cd} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Ag} < \text{Hg}$ (Effendi, 2003).

Kadar logam Pb dalam lingkungan meningkat karena penambangan, peleburan, dan berbagai penggunaan dalam industri. Logam Pb digunakan antara lain sebagai bahan dalam industri industri pipa, cat, baterai, tinta (HIMDIKA, 2008), amunisi, pabrik tetraethyl lead, pelindung radiasi, gelas keramik, barang-barang elektronik, tube atau container, dan juga dalam proses mematri (Wikipedia^d, 2009). Sumber alami logam Pb adalah *gelena* (PbS), *gelesite* (PbSO_4), dan *crussite* (PbCO_3). Secara alamiah logam Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan logam Pb di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korofikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin yang merupakan salah satu jalur sumber logam Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan (Effendi, 2003). Skema distribusi logam Pb dalam perairan dangkal di sajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema distribusi logam Pb dalam perairan dangkal (Odum, 2000).

Berdasarkan Gambar 2 diatas, garis menunjukan adanya aliran materi dan energi. Garis yang menuju ke dalam (kotak) menggambarkan adanya angin, cahaya matahari, uap air serta air yang mengandung logam Pb (misal dari sungai ataupun air hujan) masuk kedalam badan air. Sedangkan garis yang menuju keluar (kotak) menunjukkan adanya sinar matahari yang dipantulkan oleh air, uap air baik berasal dari evaporasi ataupun transpirasi yang terbawa angin, dan arus air yang membawa bahan organik maupun logam Pb serta energi panas yang dihasilkan oleh tumbuhan dan hewan (metabolisme). Tumbuhan merupakan organisme yang dapat memproduksi makanan (bahan organik) dalam tubuhnya sendiri. Tumbuhan dapat menyerap logam Pb dalam air, ketika tumbuhan ini mati akan menjadi sedimen (*organic detritus*) yang kaya akan bahan organik dan juga mengandung logam Pb di dasar perairan. Di dalam sedimen perairan terdapat organisme (mikroba) yang juga mampu mengambil logam Pb dalam air. Beberapa dari bahan organik tersebut secara bersama-sama akan dikonsumsi oleh mikroba dan hewan kecil lain yang hidup di perairan tersebut, ketika bahan organik yang mengandung logam Pb dikonsumsi, maka akan menyisakan mineral anorganik begitu pula dengan logam Pb yang ada, menyebabkan logam Pb

tersebut akan kembali ke dalam air (Odum, 2000). Logam Pb dalam sistem perairan biasanya dalam bentuk kompleks dalam gugus organik membentuk larutan klorida atau dalam bentuk ion Pb^{2+} dan $PbCl^+$ (Supriharyono, 2002 dalam Permana, 2006).

Menurut HIMDIKA (2008), sifat-sifat dan kegunaan logam Pb adalah :

1. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya.
2. Mudah dibentuk karena logam ini lunak.
3. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan.
4. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya.
5. Kepadatannya melebihi logam lain.

Bahan bakar yang mengandung logam Pb (*leaded gasoline*) juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan logam Pb dalam air. Perairan tawar alami biasanya memiliki kadar Pb < 0,05 ppm, toksisitas logam Pb terhadap organisme akuatik berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut (Effendi, 2003).

Banyak sekali bentuk dari senyawa logam Pb, bentuk senyawa logam Pb menurut HIMDIKA (2008), antara lain :

1. Timbal (II) nitrat atau $Pb(NO_3)_2$, satu-satunya senyawa logam Pb lazim yang larut dan digunakan dalam industri cat.
2. Timbal (II) oksida dan PbO (Timbal monoksida), suatu oksida berwarna kuning yang digunakan dalam pembuatan kaca dan email.
3. Timbal (IV) oksida, terbentuk dalam akumulator timbal asam.
4. Tetraetil timbal $Pb(C_2H_5)_4$, merupakan bahan "antiketuk" yang ditambahkan pada bensin agar mesin kendaraan berjalan halus.

Sampai saat ini, belum ada yang menemukan fungsi logam Pb bagi tumbuhan. Menurut Sembiring dan Sulistyawati (2006), logam Pb dapat menurunkan jumlah klorofil, stomata, dan luas permukaan daun. Bagi manusia, logam ini dapat menyebabkan terjadinya keracunan akut dan kronis dalam tubuh manusia. Keracunan akut pada manusia menyebabkan peradangan mulut dan terjadinya perangsangan gastrointestinal yang disertai diare. Keracunan kronis mengakibatkan anemia, mual, dan kelumpuhan. Pb dapat mengendap dalam jaringan otak dan tertimbun secara akumulatif. Timbal (Pb) merupakan bagian dari partikel yang juga berbahaya bagi pertumbuhan tanaman (Widagdo, 2005).

2.9 Parameter Kualitas Air Pendukung

2.9.1 Parameter Fisika

2.9.1.1 Suhu

Merupakan ukuran derajat panas atau dingin suatu benda (Wikipedia^c, 2008) yang dalam badan air dapat berfluktuasi. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air (Effendi, 2003).

Dalam setiap penelitian pada ekosistem air, pengukuran temperatur air merupakan hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktivitas biologis-fisiologis di dalam air sangat dipengaruhi oleh temperatur. Menurut hukum *VAN't HOFFS*, kenaikan temperatur sebesar 10 °C (hanya pada kisaran temperatur yang masih ditolerir) akan meningkatkan laju metabolisme dari organisme sebesar 2 - 3 kali lipat (Barus, 2001). Menurut Salisbury dan Ross (1955), menyatakan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan disekitar tanaman maka semakin tinggi pula penyerapan tumbuhan,

dikarenakan dengan semakin tinggi suhu menyebabkan proses fotosintesis meningkat sehingga kemampuan penyerapan tumbuhan juga akan meningkat.

2.9.2 Parameter Kimia

2.9.2.1 pH

Merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Wikipedia^b, 2008). Pada suasana asam logam Pb larut membentuk ion Pb^{2+} dengan demikian akan menjadi lebih mobil jika dibandingkan dalam bentuk partikel. Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $pH < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas (Effendi, 2003). Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 2001). Menurut Haslam (1995) dalam Effendi (2003), mengemukakan bahwa tumbuhan air dapat menyerap logam, penyerapan logam oleh tanaman banyak terjadi pada perairan dengan pH rendah.

BAB III. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah logam Pb dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Menurut Hanafiah (2008), percobaan adalah suatu tindakan coba-coba (*trial*) yang dirancang untuk menguji keabsahan (*validity*) dari hipotesis yang diajukan. Percobaan merupakan suatu alat penelitian yang digunakan untuk menyelidiki sesuatu yang belum diketahui atau untuk menguji suatu teori (*principle*) atau hipotesis.

Metode eksperimen dilakukan dengan memberikan *treatment* (perlakuan) yang berbeda pada setiap grup sampel. Dengan adanya *treatment* yang berbeda, maka reaksi yang terjadi akan berbeda. Jadi inti dari metode eksperimen adalah "what if" = apa yang terjadi apabila dilakukan perubahan pada setiap grup sampel. Sedangkan dalam metode ilmiah, eksperimen adalah suatu set tindakan dan pengamatan, yang dilakukan untuk mengecek atau menyalahkan hipotesis atau mengenali hubungan sebab akibat antara gejala. Eksperimen adalah tindakan pertama dalam cara empiris terhadap pengetahuan (Veronica, 2009).

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan perlakuan perbedaan konsentrasi (a) sebanyak 6 dan ulangan perlakuan (n) sebanyak 3. Menurut Gaspersz (1995) dalam Kristikareni (2009), model Rancangan Acak Lengkap yang digunakan adalah :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

- Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
 μ = Nilai rata-rata umum
 T_i = Pengaruh perlakuan ke-i
 ϵ_{ij} = Pengaruh galat percobaan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Pb yang digunakan dalam penelitian ini ada 6 perlakuan, yaitu :

1. E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah (kontrol)
2. E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
3. E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
4. E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
5. E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
6. E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Pb 1 ppm sampai 5 ppm dan eceng gondok 5 rumpun berdasarkan hasil penelitian oleh Hasim (2003), menyatakan bahwa perlakuan 5 rumpun eceng gondok paling besar menyerap logam Pb dibandingkan dengan perlakuan 1 dan 3 rumpun yang ditumbuhkan pada media 5 ppm, dengan penurunan sebesar 99,7 %. Sedangkan konsentrasi logam Pb 5 ppm dijadikan sebagai batas atas konsentrasi logam Pb yang diuji. Sehingga, hasil penelitian tersebut digunakan untuk menentukan jumlah rumpun eceng gondok dan perbedaan perlakuan konsentrasi yang diuji, yaitu : 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm, dan kontrol (air tanah).

Tata letak bak-bak percobaan dilakukan secara acak (menggunakan tabel bilangan rambang), adapun denah tata letak bak-bak percobaan disajikan pada Gambar 3.

E0.1	E3.1	E5.1	E2.1	E4.1	E1.1
E4.2	E5.2	E1.2	E3.2	E2.2	E0.2
E3.3	E0.3	E4.3	E2.3	E1.3	E5.3

Gambar 3. Tata letak bak percobaan.

Keterangan :

E0 - E5 = Perlakuan

1 - 3 = Ulangan perlakuan

3.4 Parameter Kualitas Air

Parameter yang dianalisa meliputi parameter utama dan parameter pendukung yang dilakukan sebelum perlakuan dan setelah perlakuan setiap 1 minggu sekali selama 29 hari. Parameter yang diukur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter utama dan pendukung.

No	Parameter utama	Satuan	Parameter pendukung	Satuan
1	Timbal (Pb)	ppm	Suhu	°C
2			pH	-

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tempat Penelitian

1. Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Workshoop Ilmu-Ilmu Perikanan FPIK Universitas Brawijaya sebagai tempat aklimatisasi eceng gondok, peletakan bak penelitian, pengamatan serta pengukuran suhu dan pH air. Sedangkan analisa konsentrasi logam Pb dalam akar, tangkai, daun, dan air dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang. Peralatan dan bahan yang digunakan selama penelitian pada Lampiran 3.

3.5.2 Pelaksanaan Penelitian

1. Penyortiran eceng gondok

Eceng gondok yang diambil dari waduk Wlingi Raya, Blitar di aklimatisasi dengan air lokal selama 7 hari lalu dilakukan penyortiran sebelum di masukkan kedalam bak-bak perlakuan. Eceng gondok yang dipilih memiliki kriteria :

1. Daun segar (berwarna hijau),
2. Tinggi relatif sama (berkisar 20-30 cm),
3. Berat relatif sama (berkisar 50-60 gram), dan
4. Jumlah tangkai setiap rumpun relatif sama (4 atau 5 cabang).

2. Mengukur parameter utama sebelum perlakuan

Parameter utama yang di analisa sebelum perlakuan meliputi konsentrasi logam Pb dalam air tanah, akar, tangkai, dan daun eceng gondok. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air tanah sebesar 0,006 ppm, akar sebesar 0,10 ppm, tangkai sebesar 0,16 ppm, dan daun sebesar 0,11 ppm.

3. Memasukan logam Pb

Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Pb yang dipergunakan dalam penelitian ini sebesar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm dan kontrol (menggunakan air tanah tanpa diberi logam Pb). Logam Pb yang di gunakan adalah Timbal (II) nitrat atau $[Pb(NO_3)_2]$ berupa serbuk putih yang dimasukkan ke dalam bak berisi air tanah sebanyak 9 liter.

4. Memasukkan eceng gondok ke dalam bak perlakuan

Setiap bak perlakuan (E0, E1, E2, E3, E4, dan E5) terdapat 5 rumpun eceng gondok dengan kriteria sesuai pada poin 1.

5. Mengukur parameter utama dan pendukung setelah perlakuan

Parameter utama yang di analisa meliputi konsentrasi logam Pb dalam air, akar, tangkai serta daun eceng gondok pada bak-bak perlakuan (E0, E1, E2, E3, E4, dan

E5). Sedangkan parameter pendukung yang dianalisa meliputi suhu, dan pH air setiap 1 minggu sekali selama 29 hari.

3.6 Analisa logam Pb

3.6.1 Sampel padat

Pengukuran logam Pb baik sampel padat (akar, tangkai, dan daun eceng gondok) maupun sampel cair (air sampel) dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA, UB, Malang oleh laboran.

Metode analisis logam Pb pada sampel padat (akar, tangkai, dan daun eceng gondok) menurut Departemen Pekerjaan Umum (1990) sebagai berikut :

1. Menimbang masing-masing sampel padat ± 15 gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Mengoven sampel padat pada suhu ± 105 °C selama 3 - 5 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan sartorius sebagai berat kering.
4. Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam *beaker glass* 100 ml.
5. Menambahkan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 (HNO_3 : HCl) sebanyak ± 10 -15 ml.
6. Memanaskan di atas *hot plate* di dalam kamar asam sampai ± 3 ml.
7. Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
8. Mengulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam *beaker glass* tempat sampel.
9. Menganalisa sampel dengan menggunakan mesin *Atomic Absrobtion Spectrophotometer* (AAS) pada panjang gelombang 283,3 nm.
10. Menyiapkan larutan standar dari kelarutan Pb dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 4 ppm.

11. Menganalisa larutan standar dengan mesin AAS dan mencatat nilai absorbannya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Pb pada sampel, karena prinsip kerja mesin AAS hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

3.6.2 Sampel Cair

Menurut Hutagalung (1997), metode analisis sampel cair (air sampel) adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan sampel cair ke dalam *beaker glass* 50 ml.
2. Menambahkan HNO_3 encer 2,5 N sebanyak $\pm 10 - 15$ ml.
3. Memanaskan sampai mendidih dan mendinginkannya.
4. Mengeringkan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml.
5. Menambahkan aquades sampai tanda batas dan mongocoknya sampai homogen.
6. Menganalisa dengan menggunakan mesin AAS dengan panjang gelombang 283,3 nm dan mencatat absorbansinya. Prinsip perhitungan dan pembuatan larutan standar sama dengan sampel padat.

3.7 Analisa Parameter Kualitas Air Pendukung

3.7.1 Parameter Fisika

3.7.1.1 Suhu

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dalam penelitian ini adalah thermometer digital karena dianggap lebih teliti jika dibandingkan menggunakan thermometer Hg. Menurut FPi (2003), prosedur pengukuran suhu air adalah sebagai berikut :

1. Mencelupkan thermometer digital ke dalam air, dan ditunggu beberapa saat sampai angka dalam monitor menunjuk / berhenti pada angka tertentu.
2. Mencatat nilai yang muncul pada monitor ($^{\circ}\text{C}$).

3.7.2 Parameter Kimia

3.7.2.1 pH

Alat yang digunakan untuk mengukur pH dalam penelitian ini adalah pH meter karena dianggap lebih teliti jika dibandingkan menggunakan pH *paper*. Menurut FPi (2003), prosedur pengukuran pH air adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan pH meter.
2. Membilas pH meter yang akan digunakan dengan aquades (cukup bagian lensa yang berfungsi mendeteksi pH).
3. Memasukkan pH meter (cukup bagian lensa yang berfungsi mendeteksi pH) ke dalam sampel air sampai angka dalam layar digital konstan, catat hasilnya.

3.8 Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi logam Pb terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok dilakukan analisa sidik ragam secara Rancangan Acak Lengkap (RAL) menurut distribusi F, sehingga disebut juga sebagai uji F. Dimana perlakuan berpengaruh nyata jika H_0 ditolak pada taraf uji 5 % ($F_{hit} > F_{tab}$) dan berpengaruh sangat nyata jika H_0 ditolak pada taraf uji 1 % ($F_{hit} > F_{tab}$). Selanjutnya pengujian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan tertinggi.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Logam Pb Dalam Eceng gondok

Eceng gondok merupakan gulma yang mampu menyerap logam Pb. Logam Pb yang terlarut dalam air pertama kali akan diserap oleh akar kemudian oleh jaringan pengangkut (xilem) ditranslokasikan ke bagian tubuh lain. Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Perlakuan	Pengamatan hari ke- (ppm)					
	0	1	8	15	22	29
E0	0,12	0,14	0,13	0,10	0,11	0,35
E1	0,12	0,22	0,43	0,52	0,58	0,68
E2	0,12	0,34	0,92	1,30	1,38	1,58
E3	0,12	0,40	1,43	1,76	2,03	2,73
E4	0,12	0,45	1,50	2,34	2,71	3,37
E5	0,12	0,48	1,87	2,81	3,31	4,25

Keterangan :

E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah

E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm

E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm

E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm

E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm

E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Tabel 2, pengamatan hari ke-29, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada perlakuan E0 sebesar 0,35 ppm, perlakuan E1 sebesar 0,68 ppm, perlakuan E2 sebesar 1,58 ppm, perlakuan E3 sebesar 2,73 ppm, perlakuan E4 sebesar 3,37 ppm, dan perlakuan E5 sebesar 4,25 ppm. Hal ini menunjukkan penyerapan logam Pb oleh eceng gondok tertinggi terjadi pada perlakuan E5 dan terendah terjadi pada perlakuan E0. Sehingga perbedaan penyerapan ini

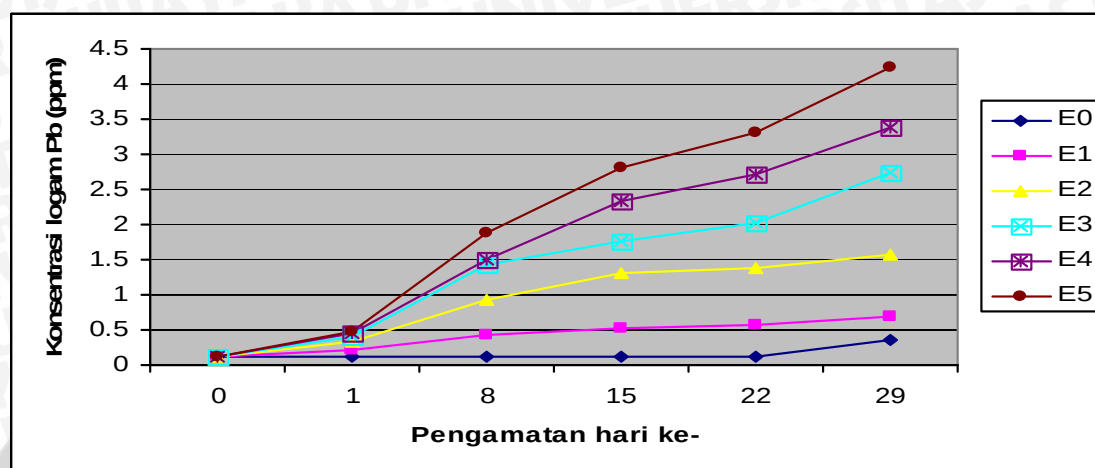
diduga dipengaruhi oleh konsentrasi logam Pb yang tersedia dalam air. Konsentrasi logam Pb yang tersedia pada perlakuan E5 paling tinggi. Sehingga logam Pb yang diserap oleh eceng gondok juga tinggi, dikarenakan laju penyerapan ion meningkat. Sedangkan konsentrasi logam Pb yang tersedia pada perlakuan E0 paling rendah, sehingga logam Pb yang diserap oleh eceng gondok juga rendah karena laju penyerapan ion menurun. Menurut Abidin (1987), laju absorpsi ion-ion oleh akar tumbuhan berbanding lurus dengan *external* konsentrasi.

Logam Pb yang diserap oleh akar eceng gondok adalah dalam bentuk ion (Pb^{2+}). Dalam air, $Pb(NO_3)_2$ akan larut menjadi Pb^{2+} . Menurut Wikipedia^d (2009), persamaan reaksi $Pb(NO_3)_2$ menjadi Pb^{2+} adalah $Pb(NO_3)_2 (s) \rightarrow Pb^{2+} (aq) + 2NO_3^- (aq)$. Penyerapan ion Pb^{2+} dalam air oleh akar dapat terjadi melalui 2 cara, yaitu pasif dan aktif. Serapan ion pasif terjadi apabila ada perbedaan potensial elektro kimia atau perbedaan konsentrasi. Sedangkan serapan aktif terjadi apabila ada atau tersedia energi metabolik untuk melawan adanya gradien atau perbedaan potensial elektro kimia. Konsep serapan aktif dikenal dengan konsep “pembawa”. Setelah ion Pb^{2+} diserap dalam epidermis, maka akan ditransportasikan menuju korteks, endodermis, perisikel, dan xilem (Agustina, 1990). Dengan adanya jaringan pengangkut xilem akar, sebagian logam Pb selanjutnya akan ditranslokasikan menuju tangkai dan daun. Selain logam Pb dapat diserap melalui proses aktif dan pasif, akar eceng gondok juga membentuk suatu zat kelat yang disebut fitokelatin. Menurut Salisbury dan Ross (1991), fitokelatin yaitu peptida kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung belerang. Akan tetapi sejauh ini diketahui bahwa fitokelatin hanya dijumpai bila terdapat logam berat dalam jumlah yang meracuni.

Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (Gambar 4), menunjukkan bahwa perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5 mengalami peningkatan dari pengamatan hari ke-1

yang menunjukkan aktifitas penyerapan logam Pb oleh eceng gondok sudah terjadi.

Hal ini diduga karena eceng gondok cepat beradaptasi pada lingkungan baru.



Gambar 4. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok perlakuan E0, dari pengamatan hari ke-0 sampai pengamatan hari ke-22 cenderung konstan, yaitu berkisar 0,10 ppm sampai 0,14 ppm. Akan tetapi pada hari ke-29 rata-rata konsentrasi logam Pb eceng gondok mengalami peningkatan menjadi 0,35 ppm. Diketahui pada hari tersebut terdapat bagian tubuh eceng gondok (akar, tangkai dan daun) kering jatuh kedalam air, diduga terjadi proses dekomposisi yang menyebabkan logam Pb dalam tubuh eceng gondok terlepas ke air dan akhirnya diserap kembali oleh eceng gondok. Menurut Odum (2000), ketika bahan organik yang mengandung logam Pb terdekomposisi, maka akan menyebabkan logam Pb tersebut kembali ke dalam air.

Berdasarkan analisa uji F (Lampiran 1), diperoleh F hitung perlakuan konsentrasi logam Pb yang berbeda berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 5 % dan 1 %.

Sehingga dari hasil ini hipotesis awal (H_0) yang diajukan bahwa perbedaan konsentrasi logam Pb tidak berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) ditolak. Uji lanjutan untuk mengetahui perlakuan konsentrasi logam Pb berbeda yang memberikan pengaruh tertinggi terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok dilakukan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) (Lampiran 2). Kesimpulan dari uji BNT adalah perlakuan E5 memberikan pengaruh tertinggi terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) lalu diikuti perlakuan E4, E3, E2, E1, dan E0.

4.2 Logam Pb Dalam Air

Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air selama pengamatan menurun pada setiap perlakuan (Gambar 5), kecuali perlakuan E0 dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

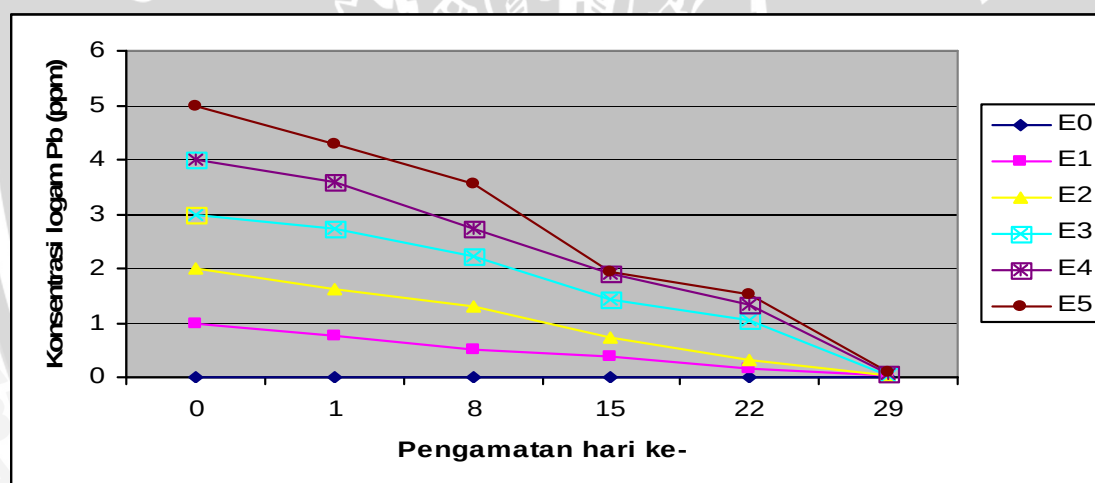
Perlakuan	Pengamatan hari ke- (ppm)					
	0	1	8	15	22	29
E0	0,006	0,008	0,008	0,008	0,006	0,010
E1	1	0,752	0,523	0,393	0,154	0,021
E2	2	1,623	1,317	0,730	0,307	0,027
E3	3	2,717	2,213	1,420	1,063	0,043
E4	4	3,583	2,717	1,917	1,337	0,066
E5	5	4,727	3,540	1,940	1,517	0,083

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Tabel 3, pengamatan hari ke-29, rata-rata konsentrasi logam Pb yang tersisa dalam air perlakuan E0 sebesar 0,010 ppm, perlakuan E1 sebesar 0,021

ppm, perlakuan E2 sebesar 0,027 ppm, perlakuan E3 sebesar 0,043 ppm, perlakuan E4 sebesar 0,066 ppm, dan perlakuan E5 sebesar 0,083. Hal ini menunjukkan perlakuan E5 memiliki sisa logam Pb tertinggi dan terendah terdapat pada perlakuan E0. Walaupun pada pengamatan hari ke-29 menunjukkan logam Pb yang tersisa perlakuan E5 paling tinggi akan tetapi rata-rata logam Pb yang terserap eceng gondok selama pengamatan tetap paling tinggi dibandingkan pada perlakuan lain, yaitu sebesar 4,92 ppm. Berdasarkan pembahasan sebelumnya (Sub bab 4.1), rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air yang diserap oleh eceng gondok selama 29 hari pada perlakuan E5 sebesar 4,13 ppm. Sehingga terdapat selisih 0,79 ppm, selisih ini diduga karena ada aktifitas penyerapan logam Pb oleh organisme lain (bakteri dan plankton) yang terdapat dalam air (selisih angka terjadi pada semua perlakuan).



Gambar 5. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air pada setiap perlakuan selama pengamatan (Gambar 5) menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb dalam air perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5 pada pengamatan hari ke-1 terjadi penurunan yang menunjukkan adanya aktivitas penyerapan logam Pb oleh eceng gondok. Sedangkan pada perlakuan E0 rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air, dari pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-29 relatif konstan, bahkan ada kecenderungan sedikit peningkatan yaitu dari 0,006 menjadi 0,010 ppm. Hal ini diduga logam Pb yang terkandung dalam tubuh eceng gondok dapat keluar kedalam air dengan perlahan secara difusi karena konsentrasi logam Pb dalam air lebih rendah dibandingkan dalam tubuh eceng gondok. Menurut Ulfin dan Widya (2005), jaringan akar akan melepas ion logam karena konsentrasi logam Pb dalam jaringan lebih besar daripada media (air). Selain itu dengan adanya proses dekomposisi bagian tubuh eceng gondok yang jatuh dalam air dapat menyebabkan konsentrasi logam Pb dalam air meningkat. Menurut Odum (2000), ketika bahan organik yang mengandung logam Pb terdekomposisi, maka akan menyebabkan logam Pb tersebut terlepas dan kembali ke dalam air.

4.3 Logam Pb Dalam Akar, Tangkai, dan Daun Eceng gondok

Analisa konsentrasi logam Pb yang diserap dalam akar, tangkai, dan daun perlu dilakukan untuk mengetahui tempat akumulasi terbesar logam Pb pada tumbuhan eceng gondok. Menurut Salisbury dan Ross (1991), spesies tumbuhan secara genetis sangat beragam dalam mengakumulasi logam beracun seperti timbal, kadmium, perak, dan lain-lain sebagai bentuk toleransi.

4.3.1 Akar

Akar eceng gondok ditumbuhi bulu-bulu akar yang halus dan berserabut. Salah satu fungsi dari akar adalah untuk menyerap unsur hara yang terlarut dalam air (Ardiwinanta, 1985), tak terkecuali logam berat beracun seperti logam Pb. Hasil

pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar pada setiap perlakuan selama pengamatan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

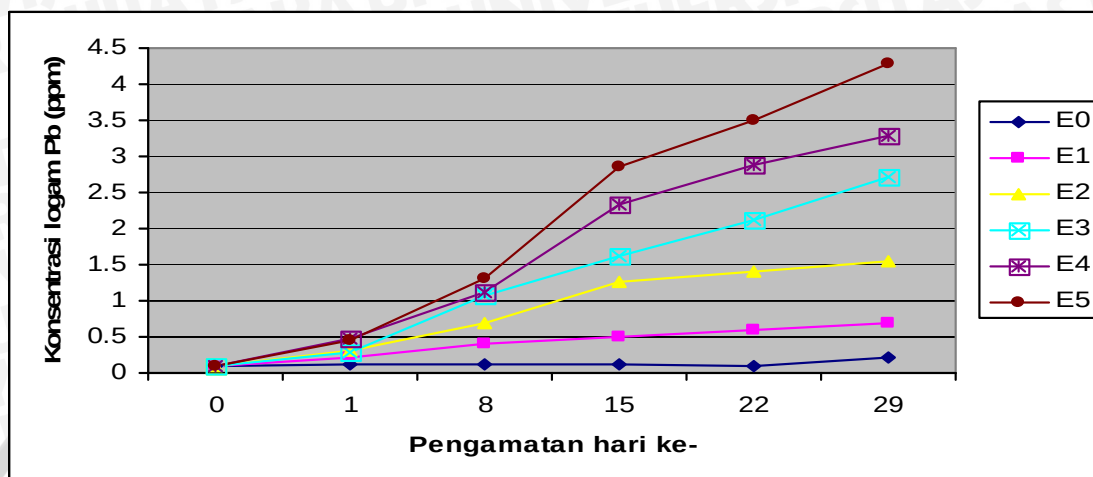
Perlakuan	Pengamatan hari ke- (ppm)					
	0	1	8	15	22	29
E0	0,10	0,16	0,13	0,11	0,10	0,21
E1	0,10	0,22	0,40	0,50	0,59	0,70
E2	0,10	0,32	0,68	1,27	1,41	1,55
E3	0,10	0,29	1,06	1,61	2,12	2,71
E4	0,10	0,48	1,12	2,33	2,87	3,29
E5	0,10	0,45	1,32	2,85	3,50	4,28

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar pada setiap perlakuan selama pengamatan (Tabel 4), diperoleh rata-rata konsentrasi logam Pb pada hari ke-29 perlakuan E0 sebesar 0,21 ppm, perlakuan E1 sebesar 0,70 ppm, perlakuan E2 sebesar 1,55 ppm, perlakuan E3 sebesar 2,71, perlakuan E4 sebesar 3,29 ppm, dan perlakuan E5 sebesar 4,28 ppm. Penyerapan logam Pb tertinggi terdapat pada perlakuan E5. Hal ini karena konsentrasi logam Pb yang tersedia dalam air paling tinggi sehingga logam Pb yang diserap oleh akar juga tinggi, dikarenakan laju penyerapan meningkat. Rata-rata konsentrasi logam Pb terendah terdapat pada perlakuan E0. Hal ini berlaku sebaliknya yaitu karena ketersediaan logam Pb dalam air rendah sehingga logam Pb yang diserap juga rendah dikarenakan laju penyerapan semakin turun. Hal ini didukung oleh Abidin (1987), menyatakan bahwa laju absorpsi ion-ion oleh akar tumbuhan berbanding lurus dengan *external* konsentrasi. Lebih jelas

mengenai konsentrasi logam Pb setiap perlakuan selama pengamatan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Gambar 6, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam akar eceng gondok pada hari ke-1 mengalami peningkatan, yaitu perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5 yang menunjukkan aktifitas penyerapan logam Pb oleh eceng gondok sudah terjadi. Hal ini diduga karena eceng gondok cepat beradaptasi pada lingkungan baru. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb perlakuan E0 dari pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-22 cenderung konstan, yaitu berkisar 0,10 ppm sampai 0,16 ppm dan terjadi peningkatan yang cukup tinggi pada hari ke-29 menjadi sebesar 0,21 ppm. Diketahui pada hari tersebut terdapat bagian tubuh eceng gondok (akar, tangkai dan daun) kering jatuh kedalam air, diduga terjadi proses dekomposisi yang menyebabkan logam Pb yang terdapat di dalam bagian tubuh eceng gondok tersebut terlepas

kedalam air sehingga konsentrasi logam Pb dalam air meningkat dan akhirnya diserap oleh akar eceng gondok tersebut. Menurut Odum (2000), menyatakan bahwa ketika bahan organik yang mengandung logam Pb terdekomposisi, maka akan menyebabkan logam Pb tersebut kembali ke dalam air.

Logam Pb yang terlarut dalam air diserap oleh akar melalui proses pasif dan aktif. Akan tetapi untuk mengurangi resiko keracunan terhadap logam Pb yang beracun, tumbuhan juga menghasilkan zat pengkelat yang disebut fitokelatin. Menurut Andayani dan Purbayanti (1981), untuk meminimumkan pengaruh dari ion toksik yang diabsorpsi terhadap kelangsungan hidup tumbuhan tersebut, salah satu mekanisme pertahanannya adalah dengan membentuk kelat (chelation). Zat kelat inilah yang mampu mengikat logam Pb dalam air dan membawa masuk kedalam sel akar. Setelah logam Pb diserap dalam epidermis, maka akan ditransportasikan menuju korteks, endodermis, perisikel, dan xilem (Agustina, 1990).

4.3.2 Tangkai

Merupakan bagian dari daun yang berfungsi sebagai penopang. Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang didalamnya penuh dengan udara yang berperan agar tetap terapung di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian didalam lapisan ini terdapat lapisan pengangkut (xilem dan floem) (Pandey, 1980). Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada setiap perlakuan selama penelitian (Tabel 5) menunjukkan pada pengamatan hari ke-29, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok perlakuan E0 sebesar 0,39 ppm, perlakuan E1 sebesar 0,60 ppm, perlakuan E2 sebesar 1,57 ppm, perlakuan E3 sebesar 2,67 ppm, perlakuan E4 sebesar 3,16 ppm, dan perlakuan E5 sebesar 4,09 ppm. Sama seperti di

akar, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok tertinggi terdapat pada perlakuan E5. Hal ini karena logam Pb yang tersedia dalam air perlakuan E5 paling tinggi, sehingga logam Pb yang ditranslokasikan menuju tangkai eceng gondok oleh jaringan xilem juga tinggi. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai terendah terjadi pada perlakuan E0 dikarenakan konsentrasi logam Pb yang tersedia dalam air paling rendah, sehingga logam Pb yang ditranslokasikan oleh xilem juga rendah. Menurut Lakitan (1995) dalam Suwondo dkk (2005), ion yang sudah diserap akar, sebagian diangkut ke bagian atas tumbuhan melalui pembuluh xilem pada akar, tangkai, dan daun yang merupakan sistem kontinu.

Tabel 5. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

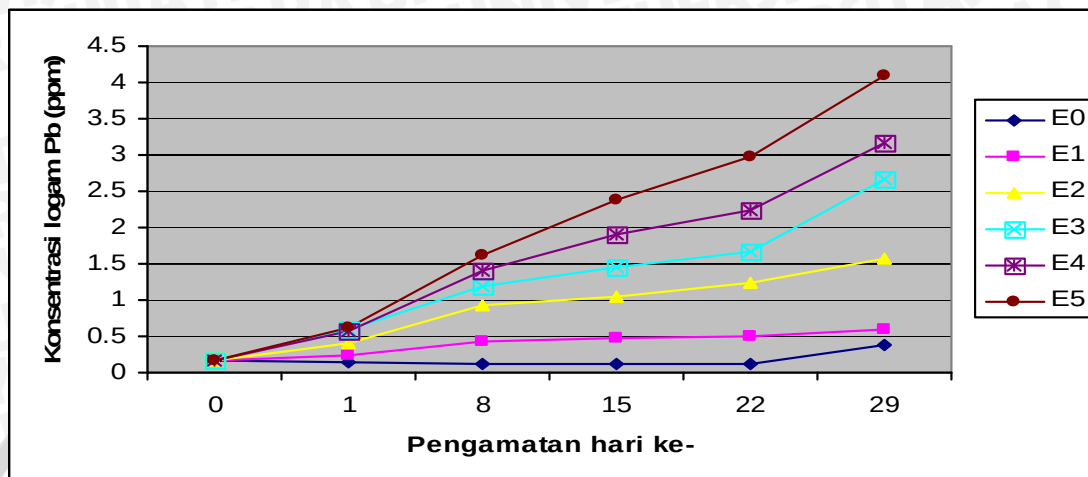
Perlakuan	Pengamatan hari ke- (ppm)					
	0	1	8	15	22	29
E0	0,16	0,14	0,12	0,12	0,13	0,39
E1	0,16	0,25	0,44	0,48	0,51	0,60
E2	0,16	0,41	0,94	1,05	1,24	1,57
E3	0,16	0,59	1,20	1,45	1,67	2,67
E4	0,16	0,57	1,40	1,91	2,23	3,16
E5	0,16	0,61	1,62	2,37	2,98	4,09

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Menurut Priyatno dan Prayitno (2009), penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme

tumbuhan tersebut. Lebih jelas mengenai rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok setiap perlakuan selama pengamatan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Gambar 7, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tangkai eceng gondok pada hari ke-1 mengalami peningkatan, yaitu perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5 yang menunjukkan aktifitas penyerapan logam Pb oleh eceng gondok sudah terjadi. Hal ini diduga karena eceng gondok cepat beradaptasi pada lingkungan baru, dan konsentrasi logam Pb dalam eceng gondok terus mengalami peningkatan sampai hari ke-29. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb perlakuan E0, dari pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-22 cenderung konstan, yaitu berkisar 0,12 ppm sampai 0,16 ppm dan terjadi peningkatan cukup tinggi pada hari ke-29 menjadi sebesar 0,39 ppm. Diketahui pada hari tersebut terdapat bagian tubuh eceng gondok (akar, tangkai dan daun) kering jatuh kedalam air, diduga terjadi proses dekomposisi yang menyebabkan

logam Pb yang terkandung dalam bagian tubuh tersebut terlepas kedalam air dan akhirnya diserap oleh akar eceng gondok. Karena dalam akar terdapat jaringan xilem, logam Pb yang terserap sebagian akan ditranslokasikan menuju tangkai.

4.3.3 Daun

Daun eceng gondok terletak diatas permukaan air, yang didalamnya terdapat lapisan rongga udara yang berfungsi sebagai alat pengapung tumbuhan. Zat hijau daun eceng gondok terdapat dalam sel epidermis dan dipermukaan atas daun dipenuhi stomata (Lail, 2008). Hasil pengukuran rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

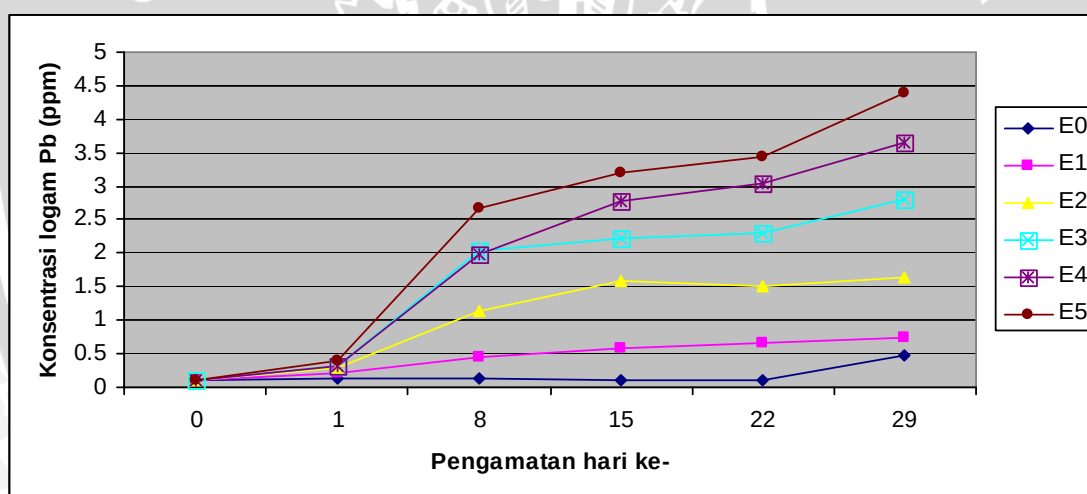
Perlakuan	Pengamatan hari ke- (ppm)					
	0	1	8	15	22	29
E0	0,11	0,13	0,14	0,08	0,10	0,47
E1	0,11	0,20	0,46	0,59	0,65	0,75
E2	0,11	0,30	1,15	1,58	1,50	1,63
E3	0,11	0,31	2,03	2,21	2,31	2,81
E4	0,11	0,31	1,99	2,79	3,03	3,65
E5	0,11	0,39	2,67	3,20	3,45	4,39

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada pengamatan hari ke-29 perlakuan E0 sebesar 0,47 ppm, perlakuan E1 sebesar 0,75 ppm, perlakuan E2 sebesar 1,63 ppm, perlakuan E3 sebesar 2,81 ppm, perlakuan E4 sebesar 3,65 ppm, dan perlakuan E5 sebesar 4,39 ppm. Sama seperti di akar dan

tangkai eceng gondok, rata-rata konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada perlakuan E5. Hal ini dikarenakan logam Pb yang tersedia dalam air perlakuan E5 paling tinggi, sehingga logam Pb yang ditranslokasikan menuju daun eceng gondok oleh jaringan xilem juga tinggi. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun terendah terjadi pada perlakuan E0 dikarenakan konsentrasi logam Pb yang tersedia dalam air paling rendah, sehingga logam Pb yang ditranslokasikan oleh xilem menuju daun juga rendah. Menurut Lakitan (1995) dalam Suwondo dkk (2005), ion yang sudah diserap akar, sebagian diangkut kebagian atas tumbuhan melalui pembuluh xilem pada akar, tangkai, dan daun yang merupakan sistem kontinu. Grafik rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8.



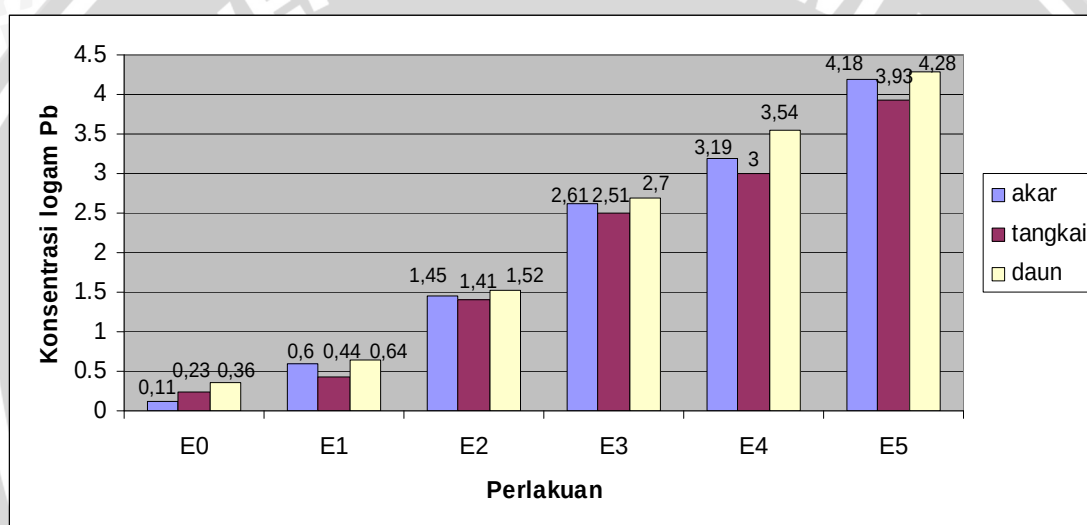
Gambar 8. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan (ppm).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Sama seperti yang terjadi pada akar dan tangkai eceng gondok (Gambar 8), rata-rata konsentrasi logam Pb dalam daun eceng gondok pada hari ke-1 mengalami peningkatan, yaitu perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam Pb perlakuan E0, dari awal sampai hari ke-22 cenderung konstan dan terjadi peningkatan yang tinggi pada hari ke-29.

Dari hasil analisa data masing-masing perlakuan selama pengamatan, rata-rata konsentrasi logam Pb dalam air yang diserap oleh eceng gondok banyak terakumulasi dalam organ daun (Gambar 9).



Gambar 9. Akumulasi logam Pb dalam akar, tangkai, dan daun eceng gondok pada setiap perlakuan selama pengamatan.

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Hal ini menunjukkan bahwa eceng gondok merupakan tumbuhan hiperakumulator terhadap logam Pb. Menurut Brown *et al* (1995) dalam Juhaeti *dkk* (2005), salah satu karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan adalah memiliki laju translokasi logam berat dari akar ke daun yang tinggi

sehingga akumulasinya pada daun lebih tinggi dari pada akar. Logam Pb yang berada di daun tidak mudah bergerak dalam floem sehingga terjadi akumulasi yang tinggi. Diduga karena logam Pb diendapkan dalam sel daun bersama dengan senyawa lain yang tak larut. Sebagai contoh, menurut Salisbury dan Ross (1991) besi banyak menumpuk di daun dikarenakan besi diendapkan dalam sel daun sebagai oksida tak larut atau dalam bentuk senyawa feri fosfat anorganik atau organik sehingga tidak mudah bergerak dalam floem. Selain itu, daun merupakan tempat akumulator terakhir sehingga menyebabkan konsentrasi logam pb dalam daun paling tinggi dibandingkan pada tangkai dan akar.

Sedangkan akumulasi logam Pb terendah terdapat dalam organ tangkai, yaitu untuk perlakuan E1, E2, E3, E4, dan E5. Hal ini dikarenakan tangkai eceng gondok tidak bisa menyerap langsung logam Pb dalam air seperti akar dan bukan merupakan tempat akumulator logam yang terakhir seperti daun, sehingga dapat dimengerti akumulasi logam Pb dalam tangkai paling sedikit. Menurut Suwondo *dkk* (2005), tangkai menyerap unsur hara beserta logam yang berasal dari xilem akar yang diangkut melalui daerah gabungan xilem akar dan tangkai. Akan tetapi pada perlakuan E0 akumulasi logam Pb terendah terdapat di akar, bukan di tangkai. Seperti yang sudah dijelaskan di atas (Sub bab 4.1 dan 4.3.1), akar eceng gondok mampu menghasilkan zat kelat (fitokelatin), dimana zat kelat ini dapat berfungsi untuk mempercepat akumulasi logam pb di akar dan mengurangi resiko keracunan logam Pb. Diketahui logam Pb yang tersedia dalam air perlakuan E0 sangat rendah atau paling rendah dibandingkan perlakuan lain, yaitu berkisar (0,006 – 0,010) ppm, diduga zat kelat yang dihasilkan oleh eceng gondok juga rendah sehingga kemampuan akar untuk menimbun (akumulasi) logam Pb berkurang, menyebabkan banyak logam Pb yang ditranslokasikan ke tangkai dan daun. Menurut Salisbury dan Ross (1991), fitokelatin yaitu peptida kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung belerang dan

sejauh ini diketahui bahwa fitokelatin hanya dijumpai bila terdapat logam berat dalam jumlah yang meracuni.

4.4 Parameter Kualitas Air Pendukung

4.4.1 Parameter Fisika

4.4.1.1 Suhu

Suhu berpengaruh terhadap laju metabolisme organisme akuatik tak terkecuali bagi eceng gondok. Semakin tinggi suhu, maka metabolisme eceng gondok akan meningkat. Dalam setiap penelitian pada ekosistem air, pengukuran temperatur air merupakan hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan semua aktivitas biologis-fisiologis di dalam air sangat dipengaruhi oleh temperatur (Barus, 2001). Hasil pengukuran rata-rata suhu air setiap perlakuan selama pengamatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata suhu air pada setiap perlakuan selama pengamatan (°C).

Perlakuan	Pengamatan hari ke- (°C)						Rerata
	0	1	8	15	22	29	
E0	26,40	23,13	23,36	23,52	24,20	24,43	24,17
E1	26,40	23,15	23,29	23,40	24,22	24,39	24,14
E2	26,40	23,27	23,30	23,33	24,13	24,50	24,15
E3	26,40	23,20	23,46	23,33	24,23	24,33	24,16
E4	26,40	23,13	23,27	23,40	24,27	24,67	24,19
E5	26,40	23,10	23,37	23,10	24,43	24,80	24,20
Rerata	26,40	23,16	23,34	23,35	24,25	24,52	-

Keterangan :

E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah

E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm

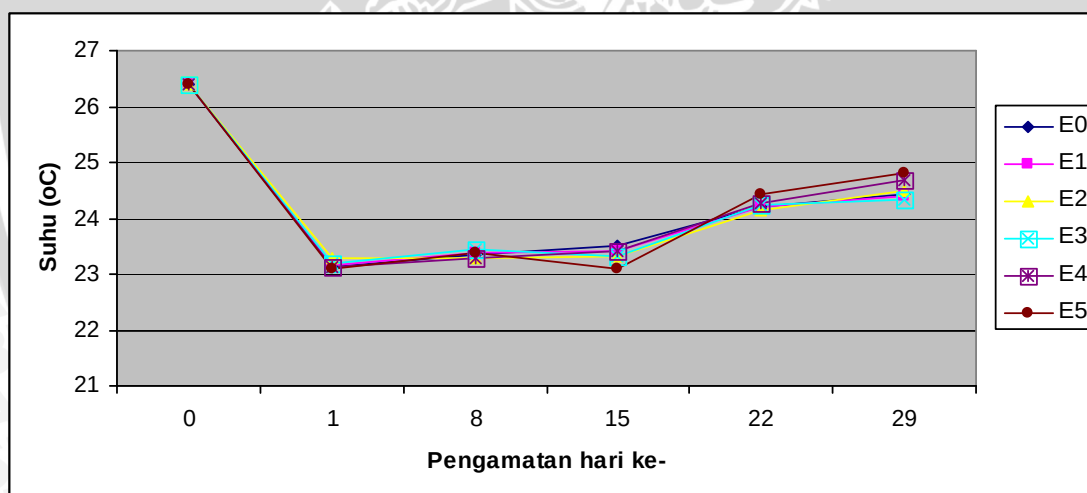
E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm

E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm

E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm

E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata suhu air perlakuan E0 selama 29 hari sebesar 24,17 °C, perlakuan E1 sebesar 24,14 °C, perlakuan E2 sebesar 24,15 °C, perlakuan E3 sebesar 24,16 °C, perlakuan E4 sebesar 24,19 °C, dan perlakuan E5 sebesar 24,20 °C. Walaupun terjadi perbedaan suhu antar perlakuan, akan tetapi sangat kecil dan nyaris sama. Diduga perbedaan konsentrasi logam Pb dalam air tidak berpengaruh terhadap suhu air dalam bak. Perbedaan suhu antar perlakuan lebih disebabkan karena naungan dari eceng gondok yang tidak merata dan saling berbeda masing-masing perlakuan. Menurut Effendi (2003), suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Lebih jelas mengenai suhu air pada setiap perlakuan selama pengamatan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rata-rata suhu air pada setiap perlakuan selama pengamatan (°C).

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Gambar 10, rata-rata suhu air selama pengamatan bersifat fluktuatif. Secara keseluruhan dari perlakuan E0 sampai E5, suhu air tertinggi terjadi pada hari ke-0 dengan rata-rata sebesar 26,40 °C. Hal ini karena hari ke-0 (sebelum diberi perlakuan eceng gondok + timbal) air dalam bak tidak ternaungi oleh eceng gondok sehingga suhu air tinggi, lalu mengalami penurunan pada hari ke-1 menjadi 23,16 °C. Penurunan ini dikarenakan pada hari ke-1, air dalam bak sudah diberi perlakuan sehingga air ternaungi oleh eceng gondok dari sinar matahari. Penurunan suhu terendah terjadi pada pengamatan hari ke-1 karena kondisi dari eceng gondok yang masih segar (belum ada daun eceng gondok yang mengering) dibanding pengamatan hari-hari berikutnya sehingga hampir semua permukaan air ternaungi oleh eceng gondok dari sinar matahari menyebabkan suhu air paling rendah. Sedangkan pada pengamatan berikutnya sampai hari ke 29 suhu air cenderung meningkat hingga mencapai rata-rata sebesar 24,52 °C dikarenakan sedikit demi sedikit daun eceng gondok mulai mengering sehingga mengurangi naungan.

Menurut Sastroutomo (1990) dalam Suprobowati (2004), kisaran suhu optimum bagi kehidupan eceng gondok berkisar 28 °C sampai 30 °C sedangkan pada penelitian ini rata-rata suhu air selama pengamatan berkisar 23,10 °C sampai 26,40 °C. Sehingga dapat disimpulkan suhu air selama pengamatan 29 hari kurang optimal untuk mendukung penyerapan logam Pb oleh eceng gondok.

4.4.2 Parameter Kimia

4.4.2.1 pH

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia, toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH (Effendi, 2003). Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa juga

mempengaruhi proses metabolisme dan respirasi organisme (Barus, 2001). Nilai rata-rata pH air pada setiap perlakuan selama pengamatan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata pH air pada setiap perlakuan selama pengamatan.

Perlakuan	Pengamatan hari ke-						Rerata
	0	1	8	15	22	29	
E0	6,87	7,18	7,22	7,22	7,28	7,29	7,18
E1	6,87	7,17	7,22	7,15	7,22	7,21	7,14
E2	6,87	7,17	7,25	7,17	7,24	7,21	7,15
E3	6,87	7,18	7,22	7,13	7,26	7,23	7,16
E4	6,87	7,20	7,26	7,20	7,19	7,25	7,17
E5	6,87	7,15	7,26	7,17	7,26	7,27	7,17
Rerata	6,87	7,17	7,23	7,17	7,24	7,24	-

Keterangan :

E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah

E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm

E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm

E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm

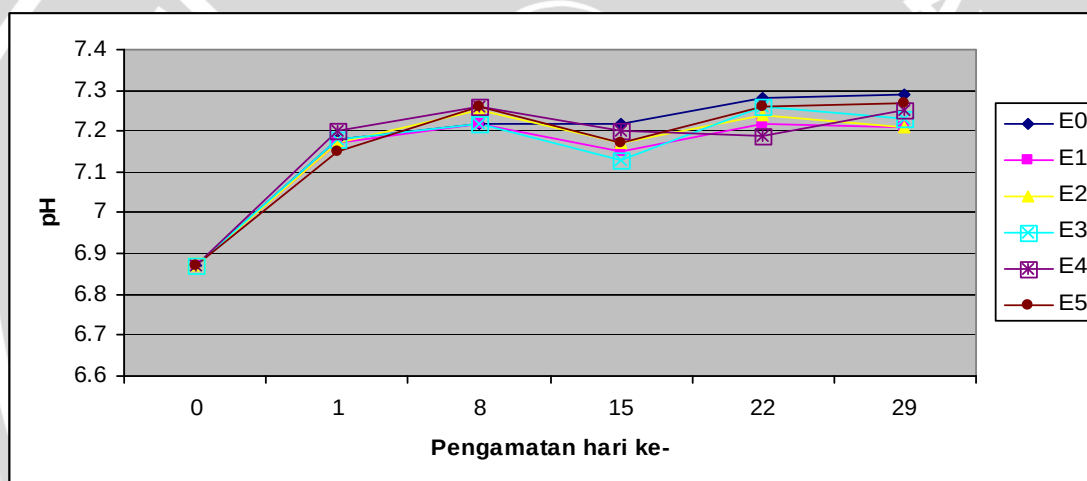
E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm

E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Berdasarkan Tabel 8, rata-rata pH air selama 29 hari perlakuan E0 sebesar 7,18, perlakuan E1 sebesar 7,14, perlakuan E2 sebesar 7,15, perlakuan E3 sebesar 7,16, perlakuan E4 sebesar 7,17, dan perlakuan E5 sebesar 7,17. Rata-rata pH air antar perlakuan relatif sama, sehingga diduga perbedaan konsentrasi logam Pb dalam air tidak berpengaruh terhadap pH air dalam bak. Menurut Effendi (2003), pH berkaitan dengan karbondioksida.

Hasil dari pengukuran rata-rata pH air selama pengamatan (Gambar 11), menunjukkan pH air semua perlakuan terendah terjadi pada hari ke-0 (sebelum diberi perlakuan eceng gondok + timbal) dengan rata-rata sebesar 6,87 dan pada pengamatan hari ke-1 terjadi peningkatan menjadi sebesar 7,17. Peningkatan ini disebabkan karena pada hari ke-1 sudah ada perlakuan eceng gondok + timbal,

dimana aktifitas fotosintesis oleh eceng gondok akan menghasilkan oksigen yang dapat masuk kedalam air dengan cara difusi. Dimana, pada siang hari proses fotosintesis lebih tinggi dibanding respirasi, sehingga jumlah karbondioksida terlarut lebih rendah dibandingkan jumlah oksigen terlarut yang menyebabkan pH air meningkat. Menurut Dwidjoseputra (1985), dengan adanya proses fotosintesis maka kadar CO_2 dalam sel tumbuhan menurun karena sebagian dari CO_2 mengalami reduksi menjadi CH_2O . Peristiwa reduksi ini menyebabkan berkurangnya ion-ion H^+ sehingga pH lingkungan bertambah menuju basa. Pengamatan pH air hari ke-8, 15, 22, dan 29 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dari pengamatan hari ke-1 atau cenderung konstan.



Gambar 11. Rata-rata pH air pada setiap perlakuan selama pengamatan.

Keterangan :

- E0 = eceng gondok 5 rumpun + air tanah
- E1 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm
- E2 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm
- E3 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm
- E4 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm
- E5 = eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm

Menurut Sastroutomo (1990) dalam Suprobowati (2004), pH optimum bagi kehidupan eceng gondok berkisar 6 - 7,5. Sedangkan rata-rata pH air selama pengamatan berkisar 6,87 - 7,29, sehingga dapat disimpulkan pH air selama pengamatan 29 hari sudah optimal untuk mendukung aktivitas penyerapan eceng gondok

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perlakuan perbedaan konsentrasi logam Pb (0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm) berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).
2. Tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) tertinggi pada perlakuan eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm (E5).
3. Akumulasi logam Pb pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) masing-masing perlakuan tertinggi terdapat pada organ daun.
4. Data kualitas air menunjukkan suhu air selama penelitian kurang optimal bagi kehidupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu berkisar (23,10 - 26,40) °C, sedangkan pH air selama penelitian sudah optimal bagi kehidupan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu (6,87 - 7,29) untuk mendukung aktivitas penyerapan logam Pb.

5.2 Saran

Penelitian ini dilakukan dengan kondisi air yang tenang, sehingga perlu ada penelitian lanjutan yang serupa, akan tetapi dengan kondisi air yang mengalir untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 1987. **Dasar Pengetahuan Ilmu Tanaman**. Angkasa. Bandung.
- Agustina, L. 1990. **Dasar Nutrisi Tanaman**. Rineka Cipta. Jakarta.
- Andayani, S dan Purbayanti. 1981. **Fisiologi Lingkungan Tanaman**. Gadjah Mada University Press. Jogjakarta.
- Ardiwinanta, R.O. 1985. **Musuh Dalam Selimut di Rawa Pening**. Kementrian Pertanian Vorking. Bandung.
- Barus, T. A. 2001. **Pengantar Limnologi**. Jurusan Biologi FMIPA USU. Medan.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. **Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air**. Jakarta.
- Dwidjoseputro, D. 1985. **Pengantar Fisiologi Tumbuhan**. Gramedia. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Yogyakarta.
- Fakultas Perikanan (FPI) Universitas Brawijaya. 2003. **Petunjuk Praktikum Limnologi, Analisis Kualitas Air**. Malang.
- Hanafiah, K.A. 2008. **Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi**. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hasim. 2007. [Eceng Gondok Pembersih Polutan Logam Berat](#). FMIPA IPB. Bandung.
- HIMDIKA. 2008. **Timbal**. <http://himdikafkipuntan.blogspot.com/2008/05/timbal.html>. Diakses pada tanggal 5 Agustus 2009.
- Hutagalung, H. P. 1991. **Pencemaran Laut Oleh Logam Berat Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya**. P3O. LIPI. Jakarta.
- Juhaeti, T., F. Syarif dan N Hidayati. 2005. **Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas**. Biodiversitas Vol 6 Nomor 1, Tahun 2006: 4-6 . LIPI. Bogor.
- Kristikareni, R. D. 2009. **Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Kelangsungan Hidup Larva Botia Dalam Sistem Resirkulasi**. FPIK UNPAD. Jatinangor.
- Lail, N. 2008. **Penggunaan Tanaman Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Pre Treatment Pengolahan Air Minum Pada Selokan Air Mataram**.

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (Skripsi).
Jogjakarta.

Multiply. 2009. **Eceng Gondok Sahabat Manusia**.
<http://frutituti.multiply.com/reviews/item/3>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2009.

Nanda, H.P. 2007. **Eceng Gondok Tumbuhan Pengganggu Yang Bermanfaat**.
<http://mapflofa.cogia.net/cetak.php?id=54>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2009.

Odum, H. T. 2000. **Heavy Metals in the Environment**. Lewis Publisher. USA.

Pandey, B.P. 1980. **Plant Anatomi**. S Chard dan Co Ltdramnage. New Delhi.

Permana, R. S. 2006. **Studi Kandungan Logam Berat Pb Pada Lamun (*Enhalus acoroides*) di Pesisir Desa Banjarwati Kecamatan Paciran kabupaten Lamongan Jawa Timur**. FPI UB. Malang.

Priyanto, B dan J. Prayitno. 2009. **Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat**.
<http://itl.bppt.tripod.com/sublab/flora1.htm>. Diakses pada tanggal 3 November 2009.

Salisbury, F. B dan C. W. Ross, 1991. **Fisiologi Tumbuhan Jilid 1**. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Sembiring, E dan E, Sulistyawati. 2006. **Akumulasi Pb dan Pengaruhnya Pada Kondisi Daun *Swietenia macropilla* King**. SITH ITB. Bandung.

Soekartono, S. 1984. **Fisiologi Tumbuhan**. Fakultas Pertanian UB. Malang.

Supartono, T. 2008. **Agar Eceng Gondok Tidak Bikin Gondok**.
<http://katabermakna.blogspot.com/2008/05/agar-eceng-gondok-tidak-bikin-gondok.html>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2009.

Suprobowati, D. 2004. **Pengaruh Penggunaan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) Terhadap Penyerapan Kandungan Nitrat dan Phospat Air Limbah Domestik**. Faperik UB (Skripsi). Malang.

Suwondo, Y., Fauziah dan S. Wariyanti. 2005. **Akumulasi Logam Cuprum (Cu) dan Zincum (Zn) di Perairan Sungai Siak Dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**. Jurnal Biogenesis Vol.1(2) Tahun 2005: 51-56. PMIPA FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.

Ulfin, I dan Widya. 2005. **Study Penyerapan Kromium Dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L)**. Akta Kimindo Vol.1 (1) Tahun 2005 41-48. FMIPA ITS. Surabaya.

Veronica. 2009. **Metode Eksperimen**. www.Yahoo.com/yahoo. Diakses pada tanggal 18 Februari 2009.

Wahyuni, E. T. 2001. **Studi Tentang Pencemaran Logam Berat Pb Dengan Bioindikator Kupang Putih (*Corbula faba* H) di Muara Kepetingan Sidoarjo.** FPI UB. Malang.

Widagdo, S. 2005. **Tanaman Elemen Lanskap Sebagai Biofilter Untuk Mereduksi Polusi (Pb) di Udara.** Makalah pribadi falsafah sains IPB. Bogor.

Wikipedia^a. 2009. **Eceng gondok.** http://id.wikipedia.org/wiki/Eceng_gondok. Diakses pada tanggal 21 Februari 2009.

^b. 2008. **pH.** <http://id.wikipedia.org/wiki/pH>. Diakses pada tanggal 15 November 2008.

^c. 2008. **Suhu.** <http://id.wikipedia.org/wiki/Suhu>. Diakses pada tanggal 15 November 2008.

^d. 2009. **Timbal.** www.wikipedia.org. Diakses pada tanggal 21 Februari 2009.



Lampiran 1. Analisa uji F

Tabel 1. Rata-rata konsentrasi logam Pb dalam tubuh eceng gondok (ppm) (menggunakan data konsentrasi logam Pb pada hari ke-29).

No	Perlakuan	Ulangan (ppm)			Total	Rerata
		1	2	3		
1	E0	0,32	0,39	0,33	1,04	0,35
2	E1	0,72	0,62	0,7	2,04	0,68
3	E2	1,67	1,51	1,57	4,75	1,58
4	E3	2,75	2,69	2,75	8,19	2,73
5	E4	3,36	3,32	3,42	10,1	3,37
6	E5	4,26	4,36	4,14	12,76	4,25
Grand Total					38,91	-

- $FK = (38,91)^2 / 18 = 84,11$
- $JK \text{ total} = \{(0,32)^2 + (0,39)^2 + \dots + (4,14)^2\} - FK = 35,87$
- $JK \text{ konsentrasi} = \{(1,07)^2 + \dots + (12,76)^2\} / 3 - FK = 35,81$
- $JK \text{ galat} = JK \text{ total} - JK \text{ konsentrasi} = 35,87 - 35,81 = 0,06$

Tabel 2. Analisa uji F

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5 %	1 %
Konsentrasi	5	35,81	7,16	1423**	3,11	5,06
Galat	12	0,06	0,005	-	-	-
Total	17	35,87	-	-	-	-

Keterangan :

(**) = berpengaruh sangat nyata

Berdasarkan uji F, dapat disimpulkan bahwa perbedaan konsentrasi logam Pb berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat penyerapan logam Pb oleh eceng gondok.

Lampiran 2. Analisa uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Tabel 3. Analisa uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Perlakuan	Rerata konsentrasi logam Pb (ppm)	0,36	0,68	1,58	2,73	3,37	4,25	Notasi	
								5%	1%
E0	0,35	-	-	-	-	-	-	a	A
E1	0,68	0,32**	-	-	-	-	-	b	B
E2	1,58	1,22**	0,90**	-	-	-	-	c	C
E3	2,73	2,37**	2,05**	1,15**	-	-	-	d	D
E4	3,37	3,37**	3,01**	2,69**	1,79**	0,64**	-	e	E
E5	4,25	3,89**	3,57**	2,67**	1,52**	0,88**	-	f	F

Keterangan :

(**) = berpengaruh sangat nyata

- $SED = (\sqrt{2KTG}) / (\sqrt{6}) = 0,041$
- $BNT\ 5\ \% = T\ 5\ \% (db\ 12) \times SED = 1,782 \times 0,041 = 0,073$
- $BNT\ 1\ \% = T\ 1\ \% (db\ 12) \times SED = 2,681 \times 0,041 = 0,109$

Dari hasil perhitungan uji BNT dapat disimpulkan bahwa perlakuan eceng gondok + timbal 5 ppm (E5) memberikan pengaruh tertinggi dan diikuti perlakuan eceng gondok + timbal 4 ppm (E4), eceng gondok + timbal 3 ppm (E3), eceng gondok + timbal 2 ppm (E2), eceng gondok + timbal 1 ppm (E1), dan eceng gondok + air tanah (E0).

Lampiran 3. Peralatan dan bahan yang digunakan selama penelitian.

Tabel 4. Alat - alat yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	Mesin <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS)	untuk menganalisa logam Pb dalam eceng gondok dan air sampel
2	pH meter sebanyak 1 buah	untuk menganalisa pH air sampel
3	Thermometer digital sebanyak 1 buah	untuk menganalisa suhu air sampel
4	Bak plastik ($2. \pi . 15^2 . 17 \text{ cm}^3$) sebanyak 18 buah (berbahan dasar polypropylene/5)	digunakan sebagai tempat eceng gondok dan air sampel
5	Penggaris (30 cm) sebanyak 1 buah	untuk mengukur tinggi eceng gondok
6	Timbangan sartorius sebanyak 1 buah	untuk menimbang berat eceng gondok
7	Pinset 1 buah	untuk mengambil sampel eceng gondok
8	Spatula 1buah	untuk mengambil Timbal (II) nitrat [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] (yang masih dalam bentuk serbuk)
9	Kertas label	untuk memberi keterangan
10	Kantong plastik bening (0,5 liter)	wadah sementara sampel eceng gondok sebelum dianalisa Pb
11	Botol film (33 ml) sebanyak 18 buah	wadah sementara sampel air sebelum dianalisa Pb

Tabel 5. Bahan - bahan yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	Air tanah sebanyak 162 liter	digunakan sebagai media dalam penelitian
2	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) sebanyak 90 rumpun	tumbuhan yang akan dianalisa konsentrasi logam Pb yang terserap
3	Timbal (II) nitrat [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] sebanyak 0,405 gram	senyawa logam Pb yang digunakan sebagai perlakuan
4	Sabun cuci	untuk membersihkan bak
5	Aquades	untuk membilas lensa pH meter

Lampiran 4. Foto Eceng gondok

Pengamatan hari ke-0



Pengamatan hari ke-29



1. E0 (eceng gondok 5 rumpun + air tanah) atau kontrol



2. E1 (eceng gondok 5 rumpun + timbal 1 ppm)



3. E2 (eceng gondok 5 rumpun + timbal 2 ppm)



Lanjutan Lampiran 4



4. E3 (eceng gondok 5 rumpun + timbal 3 ppm)



5. E4 (eceng gondok 5 rumpun + timbal 4 ppm)



6. E5 (eceng gondok 5 rumpun + timbal 5 ppm)

Lampiran 5. Data Pengukuran Kualitas Air Selama pengamatan

a. Hari ke-0

- Suhu : 26,4 °C
- pH : 6,87

b. Hari ke-1

Perlakuan	Ulangan	Suhu (°C)	pH
E0	1	23,16	7,22
	2	23,11	7,18
	3	23,12	7,19
Jumlah		69,39	$19,8 \times 10^{-8}$
Rerata		23,13	7,18
E1	1	23,18	7,20
	2	23,15	7,15
	3	23,12	7,16
Jumlah		69,45	$20,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,15	7,17
E2	1	23,27	7,16
	2	23,24	7,16
	3	23,30	7,19
Jumlah		69,81	$20,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,27	7,17
E3	1	23,22	7,21
	2	23,23	7,19
	3	23,25	7,19
Jumlah		69,60	$19,8 \times 10^{-8}$
Rerata		23,20	7,18
E4	1	23,15	7,22
	2	23,12	7,21
	3	23,12	7,17
Jumlah		69,39	$18,9 \times 10^{-8}$
Rerata		23,13	7,20
E5	1	23,13	7,20
	2	23,11	7,13
	3	23,16	7,12
Jumlah		69,30	$21,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,10	7,15

Lanjutan Lampiran 5

c. Hari ke-8

Perlakuan	Ulangan	Suhu (°C)	pH
E0	1	23,36	7,23
	2	23,35	7,22
	3	23,37	7,21
Jumlah		70,08	18×10^{-8}
Rerata		23,36	7,22
E1	1	23,30	7,21
	2	23,30	7,24
	3	23,27	7,21
Jumlah		69,87	18×10^{-8}
Rerata		23,29	7,22
E2	1	23,30	7,24
	2	23,29	7,27
	3	23,31	7,24
Jumlah		69,90	$16,8 \times 10^{-8}$
Rerata		23,30	7,25
E3	1	23,46	7,18
	2	23,44	7,24
	3	23,48	7,26
Jumlah		70,38	18×10^{-8}
Rerata		23,46	7,22
E4	1	23,29	7,27
	2	23,31	7,29
	3	23,21	7,22
Jumlah		69,81	$16,4 \times 10^{-8}$
Rerata		23,27	7,26
E5	1	23,39	7,28
	2	23,35	7,24
	3	23,37	7,26
Jumlah		70,11	$16,4 \times 10^{-8}$
Rerata		23,37	7,26

Lanjutan Lampiran 5

d. Hari ke-15

Perlakuan	Ulangan	Suhu (°C)	pH
E0	1	23,53	7,24
	2	23,52	7,23
	3	23,51	7,19
Jumlah		70,56	18×10^{-8}
Rerata		23,52	7,22
E1	1	23,43	7,13
	2	23,43	7,12
	3	23,34	7,20
Jumlah		70,20	$21,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,40	7,15
E2	1	23,34	7,16
	2	23,32	7,14
	3	23,33	7,21
Jumlah		69,99	$20,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,33	7,17
E3	1	23,31	7,14
	2	23,31	7,13
	3	23,37	7,12
Jumlah		69,99	$22,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,33	7,13
E4	1	23,35	7,21
	2	23,42	7,18
	3	23,43	7,21
Jumlah		70,20	$18,9 \times 10^{-8}$
Rerata		23,40	7,20
E5	1	23,14	7,16
	2	23,15	7,15
	3	23,14	7,20
Jumlah		69,33	$20,2 \times 10^{-8}$
Rerata		23,10	7,17

Lanjutan Lampiran 5

e. Hari ke-22

Perlakuan	Ulangan	Suhu (°C)	pH
E0	1	24,18	7,22
	2	24,19	7,21
	3	24,23	7,21
Jumlah		72,60	$15,7 \times 10^{-8}$
Rerata		24,20	7,28
E1	1	24,21	7,24
	2	24,22	7,21
	3	24,23	7,21
Jumlah		72,66	18×10^{-8}
Rerata		24,22	7,22
E2	1	24,12	7,23
	2	24,12	7,25
	3	24,15	7,25
Jumlah		72,39	$17,2 \times 10^{-8}$
Rerata		24,13	7,24
E3	1	24,19	7,26
	2	24,24	7,27
	3	24,23	7,25
Jumlah		72,69	$16,4 \times 10^{-8}$
Rerata		24,23	7,26
E4	1	24,30	7,12
	2	24,26	7,19
	3	24,25	7,23
Jumlah		72,81	$19,3 \times 10^{-8}$
Rerata		24,27	7,19
E5	1	24,43	7,29
	2	24,45	7,25
	3	24,41	7,22
Jumlah		73,29	$16,4 \times 10^{-8}$
Rerata		24,43	7,26

Lanjutan Lampiran 5

f. Hari ke-29

Perlakuan	Ulangan	Suhu (°C)	pH
E0	1	24,44	7,21
	2	24,43	7,23
	3	24,42	7,23
Jumlah		73,29	$15,3 \times 10^{-8}$
Rerata		24,43	7,29
E1	1	24,47	7,22
	2	24,37	7,20
	3	24,33	7,21
Jumlah		73,17	$18,4 \times 10^{-8}$
Rerata		24,39	7,21
E2	1	24,45	7,23
	2	24,52	7,20
	3	24,53	7,20
Jumlah		73,50	$18,4 \times 10^{-8}$
Rerata		24,50	7,21
E3	1	24,34	7,21
	2	24,33	7,24
	3	24,32	7,24
Jumlah		72,99	$17,6 \times 10^{-8}$
Rerata		24,33	7,23
E4	1	24,69	7,23
	2	24,66	7,22
	3	24,66	7,30
Jumlah		74,01	$16,8 \times 10^{-8}$
Rerata		24,67	7,25
E5	1	24,81	7,25
	2	24,79	7,29
	3	24,80	7,27
Jumlah		74,40	$16,1 \times 10^{-8}$
Rerata		24,80	7,27

Lampiran 6. Data Konsentrasi Logam Pb Selama Pengamatan

a. Hari ke-0

- Akar : 0,10 ppm
- Tangkai : 0,16 ppm
- Daun : 0,11 ppm
- Air : E0: 0,006 ppm, E1: 1 ppm, E2: 2 ppm, E3: 3 ppm, E4: 4 ppm, E5: 5 ppm

b. Hari ke-1

Perlakuan	Ulangan	Akar	Tangkai	Daun	Air
E0	1	0,16	0,16	0,12	0,006
	2	0,16	0,14	0,13	0,006
	3	0,16	0,12	0,14	0,012
Jumlah		0,48	0,42	0,39	0,024
Rerata		0,16	0,14	0,13	0,008
E1	1	0,25	0,27	0,17	0,761
	2	0,22	0,19	0,18	0,743
	3	0,19	0,29	0,25	0,752
Jumlah		0,66	0,75	0,60	2,256
Rerata		0,22	0,25	0,20	0,752
E2	1	0,24	0,37	0,30	1,620
	2	0,40	0,47	0,26	1,500
	3	0,32	0,40	0,33	1,749
Jumlah		0,96	1,24	0,89	4,869
Rerata		0,32	0,41	0,30	1,623
E3	1	0,24	0,56	0,30	2,760
	2	0,32	0,62	0,30	2,590
	3	0,32	0,59	0,33	2,801
Jumlah		0,88	1,77	0,93	8,151
Rerata		0,29	0,59	0,31	2,717
E4	1	0,40	0,44	0,33	3,449
	2	0,56	0,59	0,30	3,700
	3	0,48	0,68	0,30	3,600
Jumlah		1,44	1,71	0,93	10,749
Rerata		0,48	0,57	0,31	3,583
E5	1	0,40	0,53	0,41	4,600
	2	0,56	0,71	0,37	4,730
	3	0,40	0,59	0,39	4,850
Jumlah		1,36	1,83	1,17	14,180
Rerata		0,45	0,61	0,39	4,727

Lanjutan Lampiran 6

c. Hari ke-8

Perlakuan	Ulangan	Akar	Tangkai	Daun	Air
E0	1	0,16	0,06	0,15	0,012
	2	0,08	0,16	0,11	0,006
	3	0,16	0,13	0,18	0,006
Jumlah		0,40	0,35	0,44	0,024
Rerata		0,13	0,12	0,14	0,008
E1	1	0,43	0,48	0,43	0,543
	2	0,39	0,46	0,44	0,534
	3	0,38	0,38	0,41	0,492
Jumlah		1,20	1,32	1,38	1,569
Rerata		0,40	0,44	0,46	0,523
E2	1	0,78	0,94	1,16	1,400
	2	0,55	1,01	1,02	1,351
	3	0,70	0,88	1,27	1,200
Jumlah		2,03	2,83	3,45	3,951
Rerata		0,68	0,94	1,15	1,317
E3	1	1,09	0,79	2,03	2,229
	2	0,93	1,25	1,89	2,110
	3	1,17	1,57	2,17	2,300
Jumlah		3,19	3,61	6,09	6,639
Rerata		1,06	1,20	2,03	2,213
E4	1	0,94	0,85	1,81	2,610
	2	1,25	1,41	2,10	2,840
	3	1,17	1,94	2,07	2,701
Jumlah		3,36	4,20	5,98	8,151
Rerata		1,12	1,40	1,99	2,717
E5	1	1,40	0,79	2,82	3,540
	2	1,32	1,88	2,72	3,400
	3	1,25	2,19	2,46	3,680
Jumlah		3,97	4,86	8,00	10,620
Rerata		1,32	1,62	2,67	3,540

Lanjutan Lampiran 6

d. Hari ke-15

Perlakuan	Ulangan	Akar	Tangkai	Daun	Air
E0	1	0,08	0,14	0,11	0,006
	2	0,08	0,10	0,07	0,012
	3	0,16	0,14	0,07	0,006
Jumlah		0,32	0,38	0,25	0,024
Rerata		0,11	0,12	0,08	0,008
E1	1	0,44	0,52	0,49	0,409
	2	0,53	0,49	0,64	0,410
	3	0,53	0,43	0,49	0,360
Jumlah		1,50	1,44	1,77	1,179
Rerata		0,50	0,48	0,59	0,393
E2	1	1,24	1,02	1,43	0,620
	2	1,40	1,16	1,71	0,870
	3	1,17	0,96	1,61	0,700
Jumlah		3,81	3,14	4,74	2,190
Rerata		1,27	1,05	1,58	0,730
E3	1	1,56	1,47	2,25	1,560
	2	1,79	1,37	2,03	1,400
	3	1,48	1,53	2,36	1,300
Jumlah		4,83	4,37	6,64	4,260
Rerata		1,61	1,45	2,21	1,420
E4	1	2,48	1,91	2,78	1,760
	2	2,33	2,05	2,89	2,090
	3	2,18	1,78	2,68	1,901
Jumlah		6,99	5,74	8,35	5,751
Rerata		2,33	1,91	2,78	1,917
E5	1	2,80	2,39	3,32	2,120
	2	3,11	2,22	3,22	1,800
	3	2,65	2,49	3,07	1,900
Jumlah		8,56	7,10	9,61	5,820
Rerata		2,85	2,37	3,20	1.940

Lanjutan Lampiran 6

e. Hari ke-22

Perlakuan	Ulangan	Akar	Tangkai	Daun	Air
E0	1	0,08	0,10	0,13	0,006
	2	0,16	0,16	0,07	0,006
	3	0,08	0,13	0,10	0,006
Jumlah		0,32	0,39	0,30	0,018
Rerata		0,10	0,13	0,10	0,006
E1	1	0,64	0,50	0,69	0,190
	2	0,49	0,52	0,69	0,132
	3	0,59	0,51	0,57	0,140
Jumlah		1,77	1,53	1,95	0,462
Rerata		0,59	0,51	0,65	0,154
E2	1	1,41	1,27	1,61	0,311
	2	1,33	1,17	1,34	0,260
	3	1,49	1,27	1,54	0,350
Jumlah		4,23	3,71	4,49	0,921
Rerata		1,41	1,24	1,50	0,307
E3	1	2,12	1,71	2,48	1,049
	2	2,27	1,51	2,18	1,020
	3	1,96	1,78	2,27	1,120
Jumlah		6,35	5,00	6,93	3,189
Rerata		2,12	1,67	2,31	1,063
E4	1	2,98	2,41	2,91	1,340
	2	2,74	2,01	3,18	1,301
	3	2,89	2,28	3,01	1,370
Jumlah		8,61	6,60	9,10	4,011
Rerata		2,87	2,23	3,03	1,337
E5	1	3,53	3,18	3,49	1,531
	2	3,29	3,02	3,61	1,450
	3	3,68	2,75	3,25	1,570
Jumlah		10,50	8,95	10,35	4,551
Rerata		3,50	2,98	3,45	1,517

Lanjutan Lampiran 6

f. Hari ke-29

Perlakuan	Ulangan	Akar	Tangkai	Daun	Air
E0	1	0,24	0,31	0,40	0,012
	2	0,16	0,49	0,53	0,006
	3	0,24	0,38	0,48	0,012
Jumlah		0,64	1,18	1,42	0,030
Rerata		0,21	0,39	0,47	0,010
E1	1	0,80	0,57	0,79	0,019
	2	0,58	0,63	0,65	0,023
	3	0,72	0,60	0,81	0,021
Jumlah		2,10	1,80	2,25	0,063
Rerata		0,70	0,60	0,75	0,021
E2	1	1,58	1,65	1,77	0,030
	2	1,50	1,47	1,56	0,020
	3	1,58	1,59	1,56	0,022
Jumlah		4,66	4,71	4,89	0,072
Rerata		1,55	1,57	1,63	0,027
E3	1	2,68	2,62	2,96	0,049
	2	2,69	2,75	2,65	0,040
	3	2,76	2,65	2,83	0,040
Jumlah		8,13	8,02	8,44	0,129
Rerata		2,71	2,67	2,81	0,043
E4	1	3,31	3,27	3,49	0,060
	2	3,39	2,81	3,75	0,078
	3	3,16	3,40	3,71	0,060
Jumlah		9,86	9,48	10,95	0,198
Rerata		3,29	3,16	3,65	0,066
E5	1	4,42	3,71	4,65	0,080
	2	4,25	4,33	4,49	0,089
	3	4,17	4,23	4,02	0,080
Jumlah		12,84	12,27	13,16	0,249
Rerata		4,28	4,09	4,39	0,083

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.