

PENYERAPAN LOGAM BERAT CUPRUM (Cu) OLEH KIAMBANG (*Salvinia molesta*) DAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) PADA BAK-BAK PERCOBAAN

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN

Oleh :

ANDINA CHAIRUN NISA

NIM. 0910810083



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

PENYERAPAN LOGAM BERAT CUPRUM (Cu) OLEH KIAMBANG (*Salvinia molesta*) DAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) PADA BAK-BAK PERCOBAAN

OLEH :

ANDINA CHAIRUN NISA

NIM. 0910810083

**Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal : 25 Juni 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Menyetujui

Dosen Penguji I

Prof. Dr.Ir. Endang Yuli H., MS
NIP. 19570704 198403 2 001
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dr. Ir. Moh. Mahmudi, MS
NIP. 19600505 198601 1 004
Tanggal:

Dosen Pembimbing I

(Ir. Herwati Umi S, MS)
NIP. 19520402 198003 2 001
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si)
NIP. 19610303 198602 2 001
Tanggal:

**Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP**

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)
NIP. 19600322 198601 1 001
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Malang, 11 Juli 2013

Mahasiswa,

ANDINA CHAIRUN NISA



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada Bak-bak Percobaan".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam persiapan, pelaksanaan dan penyusunan Skripsi. Terima kasih disampaikan pada :

1. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang yang telah memberikan fasilitas kuliah untuk dapat menunjang proses kegiatan PKL.
2. Bapak Ir. Putut Widjanarko, MS selaku Ketua Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan dan Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam, MS selaku Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan
3. Ibu Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS dan Ibu Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan serta nasehat yang telah diberikan.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS dan Bapak Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS selaku dosen penguji atas saran dan nasehat yang diberikan.
5. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta
6. Teman-teman MSP angkatan 2009 yang telah membantu selama Skripsi berlangsung serta dalam penyusunan laporan.

Malang, 11 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Kegunaan.....	4
1.5 Hipotesis	5
1.6 Waktu dan Tempat	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran.....	6
2.2 Fitoremediasi.....	7
2.3 Agen Fitoremediasi	8
2.3.1 Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	8
2.3.2 Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	10
2.3 Definisi Logam Berat	12
2.5 Logam Berat Cuprum (Cu)	13
2.6 Parameter Kualitas Air Pendukung.....	17
2.6.1 Suhu.....	17
2.6.2 pH.....	18
2.6.3 DO (Oksigen Terlarut)	19
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Materi Penelitian.....	20
3.2 Metode Penelitian.....	20
3.2.1 Persiapan Penelitian.....	23
3.2.2 Analisis Logam Berat Cuprum	25
3.3 Analisis Parameter Kualitas Air Pendukung.....	27
3.3.1 Suhu	27

3.3.2 pH	28
3.3.3 DO (Oksigen Terlarut)	28
3.4 Analisis Data	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Kiambang dan Kayu apu Sebelum dan Sesudah Penelitian...	31
4.2 Konsentrasi Logam Berat Cuprum pada Akar Kiambang dan Kayu apu	32
4.3 Konsentrasi Logam Berat Cuprum pada Daun Kiambang dan Kayu apu.....	36
4.4 Konsentrasi Logam Berat Cuprum dalam Air.....	39
4.5 Rerata Suhu, pH dan DO Hasil Penelitian	42
4.5.1 Suhu.....	42
4.5.2 pH.....	44
4.5.3 DO (Oksigen Terlarut)	46

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

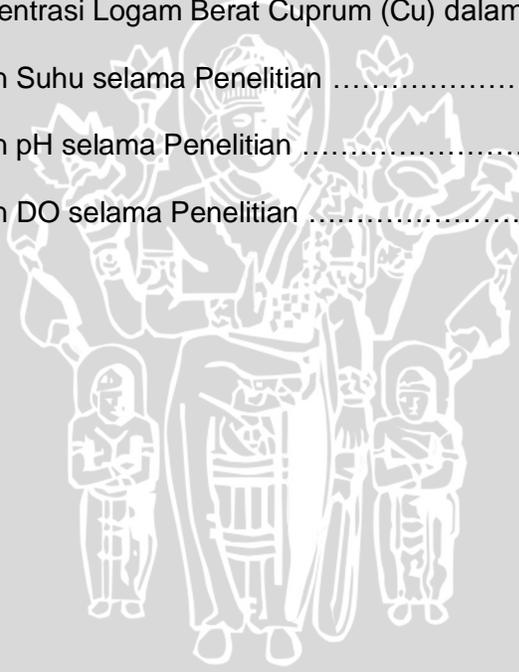


DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian	20
2. Kombinasi Perlakuan Jenis Tumbuhan Air dan Lama Tanam RAL Faktorial	21
3. Tabel Beda Nyata Terkecil	30
4. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) pada Akar Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dan Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	32
5. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Cuprum pada Akar	34
6. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) pada Daun Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dan Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	36
7. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Cuprum pada Daun	38
8. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) dalam Air	39
9. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Suhu (°C) pada Air	42
10. Data Hasil Rata-rata Pengukuran pH pada Air	44
11. Data Hasil Rata-rata Pengukuran DO (mg/l) pada Air	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	9
2. Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	11
3. Denah Tata Letak Bak-bak Percobaan	23
4. Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) pada Akar	32
5. Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) pada Daun	37
6. Penurunan Konsentrasi Logam Berat Cuprum (Cu) dalam Air	41
7. Grafik Perubahan Suhu selama Penelitian	43
8. Grafik Perubahan pH selama Penelitian	45
9. Grafik Perubahan DO selama Penelitian	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Fungsi Alat dan Bahan Penelitian	58
2. Data Hasil Pengamatan Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu)	60
3. Data Kualitas Air	66
4. Gambar Bak-bak Percobaan sebagai Wadah Percobaan Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) oleh Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dan Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	68



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang sangat pesat dewasa ini selain meningkatkan kesejahteraan manusia juga memberikan dampak negatif yaitu dengan adanya limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung dari jenis dan ukuran industri, derajat penggunaan air dan derajat pengolahan air limbah yang ada. Selain limbah cair, limbah padat (sampah) juga merupakan beban pencemaran yang dapat masuk ke perairan baik secara langsung maupun tak langsung. Pada limbah industri, seringkali terdapat bahan pencemar yang sangat membahayakan seperti logam berat (Palar, 1994 *dalam* Apriadi, 2005). Menurut Eddy (2009), logam-logam berat yang dihasilkan baik sebagai bahan utama, bahan penolong ataupun sisa dari berbagai kegiatan seperti pertambangan, industri dan transportasi merupakan limbah yang tergolong dalam kelompok B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang sering ditemukan dalam air, tanah dan udara.

Logam berat termasuk pencemar yang berbahaya karena tidak dapat terdegradasi dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat dalam jumlah yang berlebihan dapat berubah menjadi toksik meskipun ada beberapa logam berat yang masih dibutuhkan makhluk hidup meski dalam jumlah sedikit. Logam berat tersebut disebut logam berat esensial. Contoh logam berat esensial misalnya adalah Cuprum (Cu) yang dibutuhkan untuk perkembangan dan pertumbuhan. Aktivitas manusia seperti kegiatan perindustrian seperti industri pertambangan, elektronika, galangan kapal, buangan rumah tangga dan kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida merupakan penyebab peningkatan akumulasi Cuprum (Cu) di lingkungan.

Cara untuk mengatasi adanya peningkatan akumulasi Cuprum (Cu) di lingkungan salah satunya adalah dengan pengolahan limbah. Lingkungan yang telah tercemar oleh logam berat Cuprum (Cu) dapat dipulihkan secara fisika, kimia dan biologi. Menurut Hardiani (2009), pengolahan limbah yang mengandung Cu hingga saat ini masih menggunakan cara fisika-kimia yang membutuhkan peralatan dan sistem monitoring yang mahal. Konsep pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan media tanam yang dikenal dengan fitoremediasi bukan lagi merupakan hal yang baru. Fitoremediasi adalah salah satu metode dengan mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat. Strategi fitoremediasi ini cukup penting karena tumbuhan berperan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai *fitoakumulator* (Rossiana *et al.*, 2007).

Menurut Chaney *et al.*, (1995) dalam Hidayati (2005), semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi sehingga bersifat hiperakumulator. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dave *et al.*, (2010), pada konsentrasi Cuprum sebesar 300 mg/l, *Salvinia* dapat menyerap 46% dari total konsentrasi Cuprum selama 24 jam pemaparan logam berat pada media. Penelitian yang dilakukan Elankumaran *et al.*, (2003), adanya *Salvinia* dapat menyerap logam berat Cu secara drastis. Hal ini mungkin karena keterlibatan Cu dalam metabolisme tanaman dan berdasarkan penelitian yang dilakukan Thilakar *et al.*, (2012), *Pistia stratiotes* dan *Salvinia* mampu mengakumulasi Cuprum dalam jaringan tubuhnya pada dari konsentrasi Cuprum sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% selama masa tanam 10 hari. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan air mempunyai potensi untuk menyerap logam berat dari air, sehingga tumbuhan air nantinya dapat digunakan

untuk pengolahan limbah yang mengandung logam berat. Menurut Apriadi (2008), Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dapat digunakan untuk pengolahan air limbah. Penelitian ini menggunakan dua jenis tumbuhan yaitu Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Pemilihan jenis tumbuhan yang berbeda ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan jenis tumbuhan yang lebih efisien dalam menyerap logam Cuprum (Cu) di perairan.

Penelitian dilakukan selama 8 hari karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Al-Hamdani dan Blair (2004) setelah 7 hari terpapar logam berat Cuprum (Cu) pada media tanam, pertumbuhan *Salvinia* semakin menurun. Selain itu, pada uji pendahuluan yang dilakukan, pertumbuhan *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* mulai mengalami penurunan pada lama tanam 7 hari. Oleh karena itu penelitian dilakukan hanya selama lama tanam 8 hari. Pengambilan sampel dilakukan setiap 2 hari sekali karena menurut Salisbury dan Ross (1992), setiap 2 hari terjadi pertumbuhan maksimum pada tumbuhan. Dapat dikatakan bahwa pengambilan sampel setiap 2 hari sekali untuk mengetahui logam berat Cuprum (Cu) yang diserap oleh tumbuhan air yang nantinya oleh tumbuhan air tersebut Cuprum (Cu) digunakan untuk pertumbuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan industri yang demikian pesat dewasa ini selain memberikan dampak yang positif juga memberikan dampak negatif. Dampak negatif dari perkembangan industri adalah terdapat bahan pencemar yang sangat berbahaya seperti logam berat. Logam berat termasuk pencemar yang berbahaya karena dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan keracunan meskipun ada beberapa logam berat yang masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, misalnya Cuprum (Cu). Pengolahan

limbah merupakan salah satu cara untuk mengatasi peningkatan akumulasi logam berat. Pengolahan limbah secara biologi seperti fitoremediasi dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah. Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dikenal sebagai tumbuhan air yang dapat menyerap logam berat. Penggunaan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada penelitian ini untuk mengetahui tumbuhan mana yang lebih efisien dalam menyerap logam berat Cuprum (Cu) serta mengetahui berapa konsentrasi Cuprum (Cu) yang dapat diserap selama masa tanam 8 hari dengan konsentrasi Cuprum (Cu) sebesar 1 mg/l dimana konsentrasi maksimal Cuprum (Cu) yang diperbolehkan dalam air adalah 1 mg/l.

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui tingkat penyerapan logam berat Cuprum (Cu) oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)
- Untuk mengetahui konsentrasi Cuprum (Cu) yang dapat diserap oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) selama masa tanam 8 hari dengan konsentrasi Cuprum (Cu) sebesar 1 mg/l

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pembaca mengenai efisiensi penyerapan Cuprum (Cu) oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan mengetahui konsentrasi Cuprum (Cu) yang dapat diserap oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) selama masa tanam 8 hari dengan konsentrasi Cuprum (Cu) yaitu 1 mg/l.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

Ho: Diduga bahwa antara Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) tidak ada perbedaan dalam penyerapan logam berat Cuprum (Cu)

H1 : Diduga bahwa antara Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terdapat perbedaan dalam penyerapan logam berat Cuprum (Cu)

1.6 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Maret di Laboratorium Reproduksi Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang sebagai tempat aklimatisasi Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*), peletakan bak percobaan, pengamatan serta pengukuran suhu dan pH. Sedangkan analisis konsentrasi logam berat media tanam dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988 dalam Kristanto (2002), yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam air atau udara, dan atau berubahnya komposisi air/udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara/air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Effendi (2003), sumber pencemar (polutan) dapat berupa suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/tersebar (*non-point diffuse source*). Sumber pencemar *point source* misalnya knalpot mobil, cerobong asap pabrik dan saluran limbah industri. Sumber pencemar *non-point source* dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak. Misalnya: limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk, limpasan dari daerah pemukiman (domestik) dan limpasan dari daerah perkotaan. Beberapa pencemaran lingkungan dapat disebabkan oleh logam berat toksik yang muncul akibat peningkatan aktivitas manusia, industri yang pesat dan limbah yang berasal dari pertanian (Sheehan, 1997).

Air sering tercemar oleh komponen-komponen organik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan. Industri-industri logam berat tersebut seharusnya mendapat pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan bagi pekerja-pekerjanya maupun lingkungan di sekitarnya (Fardiaz, 1992). Menurut Notodarmojo (2005), pencemaran air perlu dibatasi untuk menjaga agar lingkungan tetap bertahan. Teknologi remediasi telah berkembang dan terus menerus dikembangkan untuk

menjawab tantangan tersebut. Salah satu proses pemulihan lingkungan tercemar dengan menggunakan tumbuhan telah dikenal luas, yaitu fitoremediasi (Mangkoediharjo, 2005).

2.2 Fitoremediasi

Menurut Djenar dan Budiastuti (2008), kata *phytoremediation* berasal dari bahasa Yunani, kata *phyto* berarti “tanaman” dan kata *remediare* yang berasal dari bahasa Latin yang berarti “untuk memperbaiki”. Penerapan *phytoremediation* adalah untuk mengatasi berbagai pencemaran pada air dan tanah. Menurut Hardiani (2009), fitoremediasi adalah salah satu metode remediasi dengan mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat. Tumbuhan mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat yang bersifat esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan. Keberhasilan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman hiperakumulator sangat cocok digunakan dalam menurunkan kadar pencemar sampai memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Juhaeti *et al*, 2005). Menurut Wong (2003) dalam Widyati (2009), fitoremediasi adalah suatu proses untuk membuang, mengambil dan mengurangi bahaya kontaminan di alam.

Mekanisme tumbuhan air dalam menyerap polutan atau logam berat yang bersifat toksik yaitu *Phytostabilization*: polutan distabilkan di dalam tanah oleh

pengaruh tanaman. *Phytostimulation*: akar tanaman menstimulasi penghancuran polutan dengan bantuan bakteri *rhizosfere*. *Phytodegradation*: tanaman mendegradasi polutan dengan atau tanpa menyimpannya di dalam daun, batang, atau akarnya untuk sementara waktu. *Phytoextraction*: polutan terakumulasi di jaringan tanaman, terutama daun. *Phytovolatilization*: polutan oleh tanaman diubah menjadi senyawa yang mudah menguap sehingga dapat dilepaskan ke udara. *Rhizofiltration*: polutan diambil dari air oleh akar tanaman (Gerloff, 1975 dalam Safitri, 2009).

Menurut Chaney *et al.*, (1995) dalam Hidayati (2005), semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi sehingga disebut bersifat hiperakumulator. Karakteristik tumbuhan hiperakumulator adalah tahan terhadap unsur logam dalam konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuk, tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang tinggi dibandingkan pada tumbuhan lain dan memiliki kemampuan mentranslokasi dan mengakumulasi unsur logam dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi. Menurut Apriadi (2008), Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dapat digunakan untuk pengolahan air fitoremediasi.

2.3 Agen Fitoremediasi

2.3.1 Kiambang (*Salvinia molesta*)

Menurut Safitri (2009), klasifikasi kiambang adalah sebagai berikut :

- Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Pteridopsida

Ordo : Salviniales
Famili : Salviniaceae
Genus : Salvinia
Spesies : *Salvinia molesta* D. mitch



Gambar 1. Kiambang (*Salvinia molesta*)

(sumber : http://en.academic.ru/pictures/enwiki/83/Salvinia_molesta.jpg)

Salvinia molesta termasuk tumbuhan air yang hidup mengapung. Daunnya terdiri dari 3 bagian, yaitu 2 bagian terapung yang berfungsi sebagai daun dan 1 bagian menggantung dalam air berbentuk serabut seperti akar. Pangkal daun berbentuk jantung, panjang dan lebar daun antara 1-2 cm dengan rambut-rambut pada permukaannya (Safitri, 2009). Menurut Cook *et al.*, (1974), batang dari *Salvinia* mengapung, cabangnya tidak beraturan. Daun yang mengapung melakukan proses fotosintesis sedangkan daun yang terendam tidak melakukan proses fotosintesis. Kotak spora terdapat pada segmen yang berkembang di daun yang terendam. Megasporangial yang berkembang terlebih dulu, menghasilkan hingga beberapa 25 megasporangia yang berisi 1 megaspora, mikrosporangial yang berkembang setelahnya, memproduksi sejumlah mikrosporangia yang biasanya berisi 64 mikrospora. Protali berkembang di dalam spora yang terendam. Perkembangbiakan *Salvinia molesta* dapat terjadi secara vegetatif pada saat terputusnya tunas-tunas

lateral yang terpisah dari induknya dan menjadi tumbuhan baru dengan cepat (Moenandir, 2010).

Habitat dari *Salvinia molesta* adalah perairan tenang seperti danau, kolam, parit, sungai yang berarus lambat, rawa-rawa dan sawah (Flores dan Wendel, 2001). Menurut Soerjani *et al.*, (1987) dalam Laela (2002), *Salvinia molesta* hidup pada genangan air atau air dangkal dengan aliran lambat, kolam, danau, air payau, saluran irigasi dan sawah, kadang-kadang sangat banyak dan menutupi permukaan air yang lambat. *Salvinia* dapat dijumpai mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1800 m di permukaan laut, di Indonesia banyak terdapat di Pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan.

2.3.2 Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Menurut Marianto (2002), klasifikasi Kayu apu adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas	: Arecidae
Ordo	: Arales
Famili	: <u>Araceae</u>
Genus	: <u>Pistea</u>
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i> L.



Gambar 2. Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

(sumber : <http://ridiah.files.wordpress.com/2010/10/pistia.html>)

Menurut Emir *et al.*, (2000), karena kemiripannya dengan *lettuce*, tanaman air ini dijuluki *water lettuce* atau di Indonesia disebut apu-apu. Bentuknya memang unik, menyerupai kol yang mengapung di permukaan air. Keluarga Araceae ini berasal dari sebelah barat Afrika, dan banyak tumbuh di sungai Nil. Termasuk jenis *floating plant* yang banyak ditanam sebagai penyemarak bagian tengah kolam atau sebagai *cover ground*. Daunnya hijau terang muncul bergelombang dari akarnya, mirip kelopak bunga mawar. Bila tempat tumbuhnya cocok, garis tengah Kayu apu bisa mencapai 15-20 cm. Menurut Marianto (2002), Kayu apu memiliki akar yang menyerupai rambut tumbuh menggantung tepat di bawah roset daunnya. Cara perbanyak kol air ini sangat mudah, tinggal memotong batang kecilnya yang menjalar (stolon) yang sudah ditumbuhi roset baru. Apungkan potongan tersebut dalam air, tanaman baru pun akan tumbuh dengan sendirinya.

Menurut Nuriasmita (2012), tumbuhan *Pistia stratiotes* diketahui berasal dari Afrika selatan dan Amerika selatan. Namun tumbuhan tersebut ditemukan juga hampir diseluruh negara beriklim tropis. Hal ini disebabkan karena Kayu apu atau yang lebih dikenal dengan *water lettuce* ini bisa bertahan dikondisi lingkungan yang kotor dan basah karena mempunyai kemampuan akumulasi senyawa logam dan non organik

lainnya di dalam sistem perakarannya. Menurut Backer (1968), tumbuhan hijau Kayu apu ini dapat menjadi hama serius di daerah tropis. Tumbuhan ini di daerah Kalimantan Selatan sering tidak digubris oleh orang karena tumbuhnya yang biasanya di sawah, rawa-rawa, selokan dan kolam. Tumbuhan ini sering dianggap sebagai tumbuhan pengganggu atau gulma yang perlu dibasmi.

2.4 Definisi Logam Berat

Logam berat adalah unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah daftar berkala, memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 4 sampai 7 pada tabel periodik (Saeni, 1997 *dalam* Panjaitan, 2009). Logam berat di perairan terdiri atas logam berat esensial dan non esensial. Logam berat yang sering mencemari lingkungan atau non esensial adalah Hg, Zn, Cd, As dan Pb. Selain logam berat non esensial (Hg, Zn, Cd, As dan Pb) terdapat juga logam berat yang bersifat esensial dimana logam berat ini dibutuhkan dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik, misalnya Cr, Ni, Cu dan Zn (Sanusi, 2006 *dalam* Astuty, 2011).

Logam-logam di alam umumnya ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang ditemukan dalam elemen tunggal. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair, misalnya merkuri (Hg). Logam dalam perairan umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai ion pasangan ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Logam ditemukan dalam bentuk partikel pada lapisan atmosfer, unsur-unsur logam tersebut ikut berterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer (Palar, 2004 *dalam* Sembiring, 2009). Senyawa logam berat biasanya banyak terdapat di perairan berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan

buangan industri. Peningkatan konsentrasi logam berat pada air mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme akuatik. Logam berat bersifat ionik, maka logam berat tidak dapat diurai dan terakumulasi dalam sedimen dan biota (Saputra *et al.*, 2010).

Sifat logam berat yang tetap tinggal di dalam jaringan makhluk hidup dalam waktu yang lama dapat menyebabkan gangguan metabolisme (Fardiaz, 1992). Logam berat dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit pada manusia (Sudarmaji *et al.*, 2006 dalam Sutarta dan Rahutomo, 2010). Menurut Ali dan Rina (2010), melalui berbagai perantara seperti udara, makanan maupun air yang terkontaminasi logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu yang lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia. Menurut Davis dan Cornwell (1988), beberapa logam berat penting untuk sistem biologis dan harus ada pada kisaran konsentrasi tertentu. Konsentrasi yang terlalu rendah dapat mengurangi aktivitas metabolik. Pada konsentrasi yang tinggi logam berat ini dapat bersifat toksik. Keberadaan logam non esensial diperbolehkan namun pada konsentrasi yang sangat rendah dan dapat menghambat aktivitas metabolik pada konsentrasi yang lebih tinggi.

2.5 Logam Berat Cuprum (Cu)

Logam Cuprum (Cu) adalah logam berwarna merah yang lunak, dapat ditempa dan melebur pada 1038⁰C. Potensial elektroda standar positif (+0,34 V), logam ini tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer (Panjaitan, 2009). Menurut Sanusi (2006) dalam Desratriyanti (2009), Cuprum (Cu) pada perairan alami terdapat dalam

bentuk partikulat, koloid dan terlarut. Fase terlarut berupa Cu^{2+} bebas dan ikatan kompleks (CuOH^+ , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$).

Menurut Yefrida dan Yuniartis (2007), Cuprum (Cu) bersifat paramagnet dan biasa dipakai sebagai pengantar arus listrik. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, Cuprum (Cu) menempati posisi pada nomor atom 29 dan mempunyai berat atom 63, 546 g/mol. Sifat terpenting pada cuprum (Cu) adalah daya penghantar listrik sangat tinggi. Oleh karena itu, sebagian besar hasil dari Cuprum (Cu) digunakan pada industri listrik. Cuprum (Cu) digunakan untuk pelistrikan bila kemurniannya sangat tinggi. Daya hantar panas dan tahan karat pada Cuprum (Cu) juga tinggi. Hal tersebut memuat Cuprum (Cu) digunakan sebagai bahan dalam pembuatan radiator, ketel dan perlengkapan pemanasan yang lain. Cuprum (Cu) juga bersifat dapat ditempa dan dapat diregangkan (Amanto dan Daryanto, 2003).

Cuprum (Cu) merupakan logam berat yang banyak dihasilkan oleh buangan industri pada pembuatan logam campuran seperti perunggu, emas, industri cat, industri tekstil, zat warna dan penyepuhan logam (Primaharinastiti *et al.*, 2004). Logam Cu yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah maupun sebagai efek samping dari kegiatan manusia. Secara alamiah Cu masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktivitas manusia seperti industri pengelolaan kayu, buangan rumah tangga, pertambangan Cu, industri galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan (Palar, 1994 *dalam* Setyowati *et al.*, 2005). Cuprum juga dapat masuk ke dalam bahan makanan. Cuprum (Cu) terdapat pada sayuran dan buah-buahan yang disemprot pestisida secara berlebihan (Darmono, 1995 *dalam* Widaningrum, 2007).

Logam berat Cuprum (Cu) termasuk dalam logam berat esensial. Menurut Khasanah (2009), logam berat esensial adalah logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Menurut Moore (1991) dalam Effendi (2003), Cuprum (Cu) merupakan logam berat yang dijumpai pada perairan alami dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Cuprum (Cu) adalah unsur penting untuk pertumbuhan dan perkembangan setiap organisme hidup (Haribabu dan Sudha, 2008).

Menurut Nopriani (2011), Cuprum (Cu) merupakan unsur yang ada dalam makanan manusia dan dibutuhkan oleh tubuh. Akan tetapi asupan dalam jumlah yang besar pada tubuh manusia dapat menyebabkan gejala-gejala yang akut. Toksisitas Cuprum (Cu) baru akan terlihat bila logam tersebut masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai ambang batas. Beberapa penelitian menunjukkan racun Cuprum (Cu) mampu membunuh biota perairan. Pada hewan seperti kerang, bila dalam tubuhnya telah terakumulasi Cuprum (Cu) dalam jumlah tinggi, maka bagian otot tubuhnya akan kehijauan. Hal ini dijadikan petunjuk apakah kerang yang hidup di suatu perairan masih layak dikonsumsi atau tidak. Cuprum (Cu) termasuk dalam logam esensial, dimana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi. Konsentrasi Cu terlarut dalam air laut sebesar 0,01 ppm dapat mengakibatkan kematian fitoplankton, sedangkan kadar Cu sebesar 2,5-3,0 ppm dalam badan perairan telah dapat membunuh ikan-ikan (Muhajirin *et al.*, 2004 dalam Martuti, 2012). Menurut Sugiharto (2005) dalam Sinaga (2009), kandungan maksimal logam Cuprum (Cu) yang diizinkan pada suatu badan air adalah 1 mg/l.

Cara untuk mengatasi adanya peningkatan akumulasi Cuprum (Cu) di lingkungan salah satunya adalah pengolahan limbah. Menurut Widjanti (2009), berbagai teknik pengolahan air buangan telah dicoba untuk menyisihkan bahan polutan. Teknik-teknik pengolahan air buangan tersebut secara umum terbagi menjadi tiga metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Pada umumnya sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, dilakukan pengolahan secara fisika agar bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan memberikan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi. Pada dasarnya efisiensi yang tinggi dapat diperoleh dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia. Pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya. Menurut Ulfah (2009), usaha yang dilakukan untuk mengolah air limbah dengan metode biologi adalah dengan memanfaatkan aktivitas biologi dan tanaman air. Salah satu proses pemulihan yang dilakukan untuk lingkungan tercemar dengan menggunakan tumbuhan yang telah dikenal luas, yaitu fitoremediasi (Mangkoediharjo, 2005).

2.6 Parameter Kualitas Air Pendukung

2.6.1 Suhu

Menurut Nxawe *et al.*, (2010), suhu air dapat mempengaruhi proses fisiologis selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu di bawah atau di atas tingkat optimal dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme tumbuhan. Selain itu, peningkatan suhu di atas optimum juga dapat meningkatkan aktivitas enzim. Menurut Tirta (2012), ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti faktor lingkungan, antara lain sinar matahari, kelembaban dan suhu serta pemeliharaan seperti : pemupukan, penyiraman serta pengendalian hama dan penyakit. Tetapi suhu yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan.

Menurut Fardiaz (1992), kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut:

1. Jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun.
2. Kecepatan reaksi kimia meningkat.
3. Kehidupan ikan dan hewan lainnya terganggu.
4. Jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya mungkin akan mati.

Suhu optimum untuk pertumbuhan Kayu apu berkisar antara 20-32°C. Faktor lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan adalah pH, yakni kisaran pH optimum antara 6-7,5. Pertumbuhan dari tumbuhan air ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur dan pada ujungnya muncul anak Kayu apu (*runner*). Anak Kayu apu ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru (Ismanto, 2005). Menurut Moenandir (2010), kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*) yaitu berkisar antara 25-

28°C. Ketersediaan nitrogen juga sangat berpengaruh pada pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*).

2.6.2 pH

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan 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. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH rendah (Effendi, 2003). Untuk pertumbuhan, pH yang sesuai 5,0-6,5. Sedangkan bila pH terlalu rendah (<4,5) atau pH terlalu tinggi (>7,0) dapat menghambat atau menghentikan pertumbuhan dan perkembangan kultur secara in vitro (Pierik, 1987 dalam Widiastoety *et al.*, 2005).

Menurut Sudarwin (2003), banyak tanaman air yang dapat bertahan hidup dengan pH berkisar antara 6,5-7,4. Tetapi tidak semua tanaman air hidup pada kisaran itu melainkan tergantung dari jenis tanaman. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion hidrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004).

2.6.3 DO (Oksigen Terlarut)

Menurut Kaban *et al.*, (2010), keberadaan oksigen di perairan biasanya diukur dalam jumlah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yaitu jumlah milligram gas oksigen yang terlarut dalam satu liter air. Pada ekosistem perairan, keberadaan oksigen sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain distribusi suhu, keberadaan produsen autotrof yang mampu melakukan fotosintesis serta proses difusi oksigen dari udara. Kandungan gas oksigen dalam air merupakan salah satu karakteristik kualitas air yang terpenting dalam kehidupan akuatis. Konsentrasi oksigen dalam air mewakili status kualitas air pada tempat dan waktu tertentu (saat pengambilan sampel air). Keberadaan dan besar kecilnya muatan oksigen di dalam air dapat dijadikan indikator ada atau tidaknya pencemaran di suatu perairan (Asdak, 2004 *dalam* Rakhmanda, 2011).

Pada siang hari, proses fotosintesis menghasilkan oksigen di perairan. Sebaliknya pada malam hari oksigen justru dimanfaatkan oleh makhluk hidup untuk keperluan respirasi. Perubahan suhu sangat mencolok menyebabkan kandungan oksigen turun drastis. Oksigen sangat penting bagi pernafasan dan komponen utama untuk metabolisme (Effendi, 2003). Menurut Izzati (2008), oksigen diproduksi oleh komunitas autotrof melalui proses fotosintesis dan dikonsumsi oleh semua organisme melalui pernapasan. Oksigen juga diperlukan untuk perombakan bahan organik dalam ekosistem.

III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah Kiambang (*Salvinia molesta*), Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan logam berat Cuprum (Cu). Parameter kualitas air yang diukur antara lain suhu, pH dan oksigen terlarut. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Fungsi alat dan bahan dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat	Bahan	Parameter	Unit
Termometer digital	Air sampel	suhu	°C
pH meter	Air sampel	pH	
Timbangan Sartorius, oven, beaker glass 100 ml, hot plate, labu ukur 50 ml, pipet volume, bola hisap, beaker glass 50 ml, spatula, botol film, aluminium foil, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	HNO ₃ , encer 2,5 N HCl, aquades, H ₂ SO ₄ pekat, padatan CuSO ₄ , kertas label	analisis sampel padat (daun dan akar dari Kiambang dan Kayu apu) dan sampel cair	mg/l (ppm)
Pipet tetes	Larutan NPK (Nitrat, Phospat dan Kalium)		
Akuarium ukuran 50 x 30 cm	Air sampel		

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Berdasarkan Rancangan Acak Lengkap Faktorial, terdapat 2 variasi perlakuan dalam percobaan ini

yaitu Kiambang dan Kayu apu sebagai faktor A dan lama tanam sebagai faktor B. Faktor A (jenis tumbuhan air) terdiri dari 2 taraf ($A_1 =$ Kiambang dan $A_2 =$ Kayu apu) sedangkan Faktor B (lama hari) terdiri dari 4 taraf ($B_1 = 2$ hari, $B_2 = 4$ hari, $B_3 = 6$ hari, $B_4 = 8$ hari) sehingga kombinasi taraf faktor yaitu $2 \times 4 = 8$ kombinasi perlakuan dengan tiga kali ulangan, sehingga didapatkan rancangan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan Jenis Tumbuhan Air dan Lama Tanam RAL

Faktorial

Faktor A (Jenis tumbuhan air)	Faktor B (Lama Tanam)	Notasi	Ulangan		
			1	2	3
A1 (Kiambang)	B1	A1B1			
	B2	A1B2			
	B3	A1B3			
	B4	A1B4			
A2 (Kayu apu)	B1	A2B1			
	B2	A2B2			
	B3	A2B3			
	B4	A2B4			

Keterangan:

$A_1 =$ Kiambang (*Salvinia molesta*)

$A_2 =$ Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

$B_1 =$ Lama Tanam 2 hari

$B_2 =$ Lama Tanam 4 hari

$B_3 =$ Lama Tanam 6 hari

$B_4 =$ Lama Tanam 8 hari

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yaitu :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Dengan $I = 1, 2, \dots, a$

$J = 1, 2, \dots, b$

$K = 1, 2, \dots, n$

Keterangan:

Y_{ijk} = Variabel respon (Penyerapan Logam berat) karena pengaruh jenis tumbuhan air dan lama tanam

μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

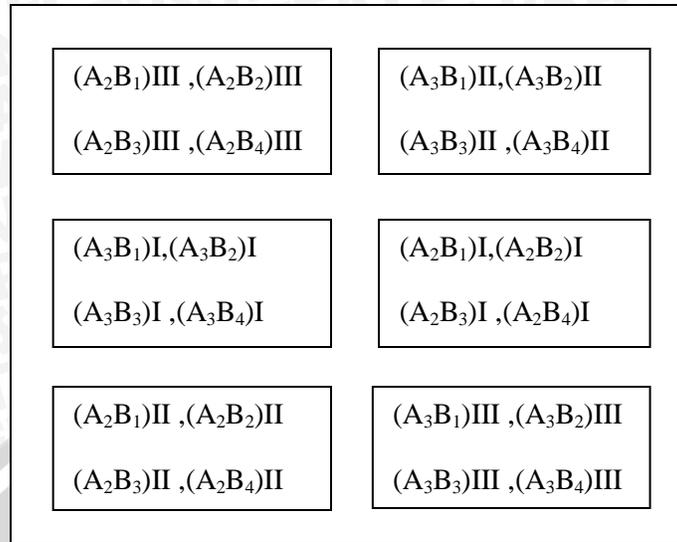
A_i = Efek taraf ke i pada kolom jenis tumbuhan air

B_j = Efek taraf ke j pada kolom lama tanam

AB_{ij} = Efek interaksi antara jenis tumbuhan air dan lama tanam

$\varepsilon_{k(ij)}$ = Efek unit eksperimen ke k dalam kombinasi perlakuan (ij) (*random error*)

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



Gambar 3. Denah Tata Letak Bak-bak Percobaan

3.2.1 Persiapan Penelitian

1. Penyortiran Kiambang dan Kayu apu

Kiambang dan Kayu apu diperoleh dari suatu populasi yang dicuci bersih dan dipilih Kiambang dan Kayu apu yang memiliki daun yang segar dan tidak menguning.

2. Aklimatisasi Kiambang dan Kayu apu

Kiambang dan Kayu apu yang telah dipilih kemudian diaklimatisasi selama 5 hari dengan media tanam akuades dan digunakan sebagai stok kultur yang selanjutnya siap dipakai untuk percobaan. Aklimatisasi dilakukan di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Tumbuhan diaklimatisasi selama 5 hari dengan tujuan agar dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya, untuk mengurangi logam dan pengotor dalam jaringan akar sehingga diharapkan tanaman dapat menyerap dalam kondisi optimal (Ulfin dan Widya, 2005). Selama aklimatisasi air yang digunakan di beri larutan yang mengandung NPK (Nitrat, Phosphat dan Kalium) agar tanaman tetap mendapatkan nutrisi.

3. Pembuatan Larutan Induk Cuprum 1000 ppm.

Konsentrasi larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 ppm atau 1 mg/l (Alfian dan Chairudin, 2008). Menurut Sugiharto (2005) dalam Sinaga (2009), kandungan maksimal logam Cuprum (Cu) yang diizinkan pada suatu badan air adalah 1 mg/l. Sebelum membuat larutan cuprum 1 ppm sebaiknya terlebih dahulu membuat larutan induk 1000 ppm yang bertujuan untuk memudahkan dan meminimalisir kesalahan dalam penimbangan padatan CuSO_4 yang akan dilarutkan. Pembuatan larutan CuSO_4 1000 ppm diawali dengan memasukkan 2,5106 gr padatan CuSO_4 dalam 1 liter akuades. Rumus untuk menentukan massa CuSO_4 ke dalam 1 liter akuades yaitu :

$$\begin{aligned} \text{CuSO}_4 &= \frac{\text{Berat Molekul Cu} + \text{Berat Molekul S} + 4 \times \text{Berat Molekul O}}{\text{Berat Molekul Cu}} \\ &= \frac{63,55 + 32 + 4 \times 16}{63,55} \\ &= 2,5106 \text{ gr} \end{aligned}$$

kemudian membuat larutan 1 ppm dari larutan induk tersebut dengan rumus pengenceran yaitu:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan:

V_1 = volume larutan logam berat

V_2 = volume akuades

N_1 = konsentrasi logam berat yang diketahui

N_2 = konsentrasi logam berat yang diinginkan

Sehingga:

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 6000 \times 1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 6000/1000$$

$$V_1 = 6 \text{ ml}$$

Hasil pengenceran diperoleh 6 ml larutan induk yang dilarutkan ke dalam 6 liter akuades sehingga diperoleh larutan Cu 1 ppm dalam 6 liter air yang siap digunakan dalam percobaan.

4. Memasukkan Kiambang dan Kayu apu ke dalam Bak Percobaan

Kiambang dan Kayu apu yang telah diaklimatisasi kemudian dimasukkan ke dalam akuarium ukuran 50 x 30 cm yang telah diisi larutan cuprum 1 ppm dengan penutupan 100% yaitu dipenuhi seluruh permukaan akuarium .

5. Mengukur Parameter Utama

Parameter utama yang dianalisis meliputi logam berat cuprum. Namun sebelum mengambil sampel, Kiambang dan Kayu apu dilihat kondisi secara fisik dan ditimbang. Cara pengambilan sampel yaitu mengambil sebanyak 50 ml sampel cair dan menimbang 10 gr sampel padat (akar dan daun) pada bak percobaan kemudian dianalisis kadar logam beratnya. Hal tersebut dilakukan selama 4 kali pengambilan yaitu pada hari ke- 2,4,6, dan 8.

3.2.2 Analisis Logam Berat Cuprum

Pengukuran logam berat Cuprum baik sampel padat (akar dan daun) maupun sampel cair (media air) dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Brawijaya, Malang oleh laboran.

a. Sampel Padat

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

1. Menimbang masing-masing sampel padat ± 15 gram dengan timbangan santorius untuk mendapatkan berat basah.

2. Mengoven sample padat pada suhu $\pm 105^\circ$ selama 3-5 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan santorius sebagai berat kering.
4. Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam beaker glass 100ml
5. Menambahkan larutan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 (HNO_3 : HCL) sebanyak ± 10 -15ml
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 akuades ke dalam beaker glass tempat sample.
9. Menganalisis sampel dengan menggunakan mesin *atomic absorbtion spectrophotometer* (AAS).

b. Sampel Cair

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

1. Memasukkan sampel cair ke dalam *beaker glass* 50 ml.
2. Menambahkan HNO_3 encer 2,5 N sebanyak ± 10 -15 ml
3. Memanaskan sampai mendidih dan mendinginkannya.
4. Mengeringkan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml.
5. Menambahkan akuades sampai tanda batas dan menghomogenkannya.
6. Menganalisis dengan menggunakan mesin AAS

c. Pengukuran dengan mesin *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*

Menurut Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (2003). Perhitungan AAS dapat dilakukan sebagai berikut :

Standar baku Cuprum (Cu)

x y

1 ppm 0,1520 abs

2 ppm 0,2475 abs

3 ppm 0,4387 abs

Slop (A) $\frac{\sum xy}{\sum x^2} = 0,1441$

$\frac{\text{abs contoh}}{0,1441} \times 10$ (pengenceran)

= ... ppm

3.3 Analisis Parameter Kualitas Air Pendukung

3.3.1 Suhu

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

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

3.3.2 pH

Menurut Suprpto (2011), untuk mengetahui nilai pH dapat diukur menggunakan pH meter yaitu dengan cara:

1. Mengkalibrasi elektrode dengan akuades
2. Mencilupkan elektrode ke dalam kolam sampai kedalaman yang dikehendaki
3. Menunggu sebentar sampai nilai pHnya stabil/ tidak berubah.
4. Membaca nilai pHnya.

3.3.3 Oksigen Terlarut

Menurut Suprpto (2011), untuk mengetahui oksigen terlarut dalam air dapat diukur dengan menggunakan DOmeter yaitu dengan cara:

- Melakukan kalibrasi alat DO-Meter dengan larutan zero (DO nol%) dan 100% (udara lembab) / sesuai instruksi kerja alat DO Meter
- Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, mengkondisikan contoh uji sampai suhu kamar
- Mengeringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling
- Membilas elektroda dengan contoh uji.
- Mencilupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai DO meter menunjukkan pembacaan yang tetap (jangansampai ada gelembung udara)
- Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari DO meter.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, kemudian dianalisis secara statistik manual dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL-Faktorial). Analisis keragaman (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap

respon yang diukur dengan uji F pada taraf 5% dan 1%. Jika terdapat hasil yang berbeda nyata maka dilakukan uji BNT pada taraf 5% dan 1% untuk mengetahui penyerapan terbesar, dalam hal ini penyerapan logam berat Cu oleh Kiambang dan Kayu apu.

Menurut Hanafiah (2005), apabila hasil analisis keragaman/sidik ragam ternyata berbeda nyata atau berbeda sangat nyata maka dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapatkan urutan perlakuan terbaik dengan menggunakan rumus :

$$SED = \sqrt{\frac{2x KT acak}{r}}$$

BNT 5% = t tabel 5% (db acak) x SED

BNT 1% = t tabel 1% (db acak) x SED

Kemudian dibuat tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata-rata terbesar → terkecil atau sebaliknya., tergantung parameter yang diamati. Selanjutnya dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan:

- Bila selisih < BNT 5% → n.s (*non significant*), berarti tidak berbeda nyata
- Bila BNT 5% < selisih < BNT 1% → *, berarti berbeda nyata
- Bila selisih BNT > 1% → **, berarti berbeda sangat nyata

Ditentukan notasinya dengan ketentuan notasi sama apabila hasilnya tidak berbeda nyata seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Beda Nyata Terkecil

Rata-rata perlakuan	Kecil → besar	Notasi
Kecil ↓ besar		

Layout dan perhitungan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dapat dilihat pada Lampiran 2.

Untuk membandingkan konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) dalam air pada kontrol (tanpa tumbuhan air) dan ada tumbuhan air pada selang waktu 2 hari selama 8 hari digunakan metode deskriptif.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Kiambang dan Kayu Apu Sebelum dan Sesudah Penelitian

Keadaan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) yang digunakan pada awal penelitian kondisi daunnya berwarna hijau segar, ukurannya relatif sama dan dalam kondisi yang sehat. Seiring dengan berjalannya penelitian dan tumbuhan yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini mulai beradaptasi dengan logam yang ada pada bak-bak percobaan, tumbuhan air mulai menunjukkan perubahan.

Daun Kiambang pada hari ke 6 penelitian masih berwarna hijau segar sedangkan daun pada Kayu apu sudah mulai ada yang menguning. Daun Kiambang pada akhir penelitian yaitu pada hari ke 8 masih tetap segar meski ada beberapa yang layu sedangkan pada Kayu apu ada beberapa daun yang menguning namun tidak mendominasi. Sebagian besar Kiambang (*Salvinia molesta*) yang masih hidup pada bak-bak percobaan daunnya tetap segar dan akarnya tidak mengalami kerontokan. Sedangkan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) yang masih hidup pada bak-bak percobaan sebagian kecil diantaranya mengalami kerontokan akar.

Jika konsentrasi Cuprum (Cu) pada suatu perairan tinggi, maka akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan suatu organisme perairan (Laing dan Helm, 1987 dalam Desratriyanti, 2009). Menurut Hardiani (2009), logam berat dapat terakumulasi dalam media dan dengan cepat diserap oleh tumbuhan. Logam berat walaupun dalam konsentrasi yang sangat rendah dapat bersifat toksik. Hal ini dapat dilihat dari beberapa daun Kayu apu yang menguning dan rontoknya akar serta sebagian kecil tumbuhan Kiambang yang layu.

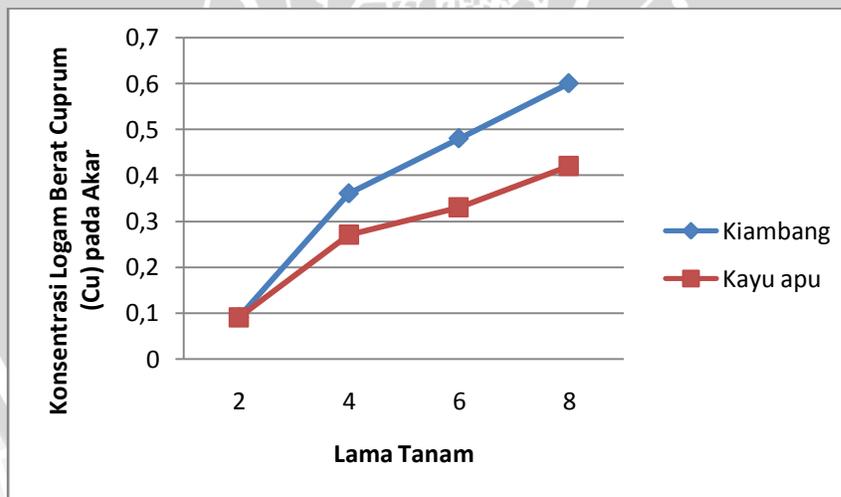
4.2 Konsentrasi Logam Berat Cuprum pada Akar Kiambang dan Kayu apu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada akar dan daun tumbuhan air tersebut mampu menyerap Cu yang ada dalam air dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) pada Akar Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Perlakuan	Pengamatan hari ke-				Total	Rerata
	2	4	6	8		
A1 (Kiambang)	0,09	0,36	0,48	0,6	1,53	0,3825
A2 (Kayu apu)	0,09	0,27	0,33	0,42	1,11	0,2775

Tabel 4 menunjukkan bahwa penyerapan logam berat Cuprum (Cu) terbesar terjadi pada bak percobaan A1 yaitu pada Kiambang (*Salvinia molesta*) di hari ke 4 dari 0,09 mg/l menjadi 0,36 mg/l. Penyerapan Cuprum (Cu) pada akar Kayu apu terbesar terjadi pada hari ke 4 juga yaitu dari 0,09 mg/l menjadi 0,27 mg/l. Hasil analisis penyerapan logam berat Cuprum oleh akar Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dapat digambarkan dalam Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) pada Akar

Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa kadar penyerapan cuprum (Cu) pada akar tumbuhan air baik Kiambang (*Salvinia molesta*) maupun Kayu apu (*Pistia stratiotes*) analisis Cu dimulai pada hari ke 2. Analisis penyerapan Cu pada tumbuhan air

Kiambang (*Salvinia molesta*) dari hari ke 2 sebesar 0,09 mg/l sampai hari terakhir penelitian terus mengalami kenaikan yaitu pada hari ke-8 sebesar 0,6 mg/l. Penyerapan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada hari ke-2 sebesar 0,09 mg/l sampai pada hari terakhir penelitian juga terus mengalami kenaikan yaitu pada hari ke-8 sebesar 0,39 mg/l. Menurut Rosmarkam (2002) dalam Sinaga (2009), Cuprum (Cu) yang ada dalam air diserap oleh tumbuhan air melalui akar secara absorbs. Hara diserap tumbuhan dalam bentuk ion bermuatan positif dan bermuatan negatif. Ion ini berikatan dengan koloid. Fase awal, hara berpindah dari suatu tempat ke permukaan akar tumbuhan. Kemudian setelah sampai di permukaan akar (bulu akar), masuk ke dalam akar yang dari sini ditranslokasi ke jaringan pembuluh lalu disalurkan ke daun. Perpindahan ion terjadi dari tempat kadar tinggi ke tempat lain yang kadarnya rendah. Tumbuhan menyerap ion dari sekitar bulu akar sehingga di sekitar akar kadarnya rendah. Penyerapan ion di akar berkorelasi dengan konsentrasi ion di media yang berhubungan langsung dengan laju reaksi oleh enzim dalam substrat. Hal ini menunjukkan adanya sel penghalang dalam selaput sel itu hanya cocok untuk ion tertentu. Jika konsentrasi ion di substrat tinggi, sel penghalang tersebut akan berada pada tingkat maksimum sampai mencapai tingkat penyerapan jenuh ion tersebut (Fitter, 1982 dalam Sa'ad et al., 2011).

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dapat dilihat pada Lampiran 2, dilakukan uji F untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Cuprum pada Akar

SK	DB	JK	KT	Fhit	F	Tab
					5%	1%
Perlakuan	7					
Faktor A	1	0,06615	0,6615	28**	4,49	8,53
Faktor B	3	0,5751	0,1917	81,14286**	3,24	5,29
Faktor AB	3	0,02835	0,00945	4*	3,24	5,29
Galat	16	0,0378	0,002363			
Total	23					

* =berbeda nyata

** =berbeda sangat nyata

Hasil perhitungan berdasarkan Tabel 5 dengan menggunakan uji F diperoleh nilai F hitung pada faktor A = 28. Nilai F hitung tersebut lebih besar dari F tabel 5% dan 1% jadi dapat diasumsikan terdapat perbedaan sangat nyata antara perlakuan jenis tumbuhan air yang berbeda yaitu Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap penyerapan logam berat Cuprum di akar sedangkan nilai F hitung pada faktor B = 81,14286 jadi dapat diasumsikan terdapat perbedaan sangat nyata antara lama tanam tumbuhan air terhadap penyerapan logam berat cuprum di akar. Nilai interaksi antara pengaruh jenis tumbuhan air yang berbeda dan lama tanam terdapat perbedaan nyata penyerapan logam berat di akar karena nilai F hitung > F tabel 5%. Adanya perbedaan penyerapan yang sangat nyata pada perlakuan jenis tumbuhan air yang berbeda dan lama tanam serta terdapat perbedaan penyerapan yang nyata pada interaksi antara pengaruh jenis tumbuhan air yang berbeda dan lama tanam oleh sebab itu dilakukan uji BNT untuk mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan terhadap penyerapan logam berat Cu pada akar.

Hasil perhitungan BNT (terdapat pada Lampiran 2) pada perlakuan jenis tumbuhan air yang berbeda yaitu Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap penyerapan logam berat Cuprum pada akar didapatkan perbedaan sangat nyata antara perlakuan Kiambang dengan perlakuan Kayu apu. Berdasarkan

nilai uji BNT diketahui penyerapan konsentrasi logam berat Cuprum terbesar pada akar terdapat pada perlakuan Kiambang. Hal ini dapat dikarenakan Kiambang (*Salvinia molesta*) mempunyai akar yang lebih luas dibandingkan dengan akar gulma lainnya (Sugiyanto *et al.*, 1991). Hasil perhitungan BNT pada perlakuan lama tanam tumbuhan air terhadap konsentrasi logam berat Cu dalam air didapatkan hasil perbedaan sangat nyata antara perlakuan B2 yaitu lama tanam 4 hari dengan perlakuan B1 yaitu lama tanam 2 hari, antara perlakuan B3 yaitu lama tanam 6 hari dengan perlakuan B1 dan perlakuan B2, antara perlakuan B4 yaitu lama tanam 8 hari dengan perlakuan B1, B2 dan B3. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui penyerapan konsentrasi logam berat Cuprum terbesar pada akar terdapat pada perlakuan B4 yaitu pada lama tanam 8 hari karena semakin lama interaksi tumbuhan air dengan logam berat pada media semakin tinggi pula akumulasinya pada tumbuhan air tersebut.

Hasil perhitungan BNT pada interaksi pengaruh jenis tumbuhan air yang berbeda dan lama tanam terhadap penyerapan logam berat Cu pada akar didapatkan hasil semua interaksi dari ukuran dan lama tanam terdapat perbedaan sangat nyata kecuali untuk interaksi perlakuan Kayu apu pada lama tanam 4 hari berbeda nyata dengan perlakuan Kiambang pada lama tanam 2 hari dan perlakuan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 2 hari, antara perlakuan Kayu apu pada lama tanam 8 hari berbeda nyata dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 4 hari, antara perlakuan Kiambang pada lama tanam 6 hari berbeda nyata dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 6 hari, antara perlakuan Kiambang pada lama tanam 8 hari dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 8 hari, antara perlakuan Kayu apu pada lama tanam 6 hari tidak berbeda nyata dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 4 hari, antara perlakuan Kiambang pada lama tanam 4 hari tidak berbeda nyata dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 4 hari dan perlakuan Kayu apu pada lama

tanam 6 hari, antara perlakuan Kayu apu pada lama tanam 8 hari tidak berbeda nyata dengan perlakuan Kayu apu pada lama tanam 6 hari dan perlakuan Kiambang pada lama tanam 4 hari, antara perlakuan Kiambang pada lama tanam 6 hari tidak berbeda nyata dengan perlakuan Kiambang pada lama tanam 4 hari, antara perlakuan Kiambang pada lama tanam 8 hari dengan tidak berbeda nyata dengan perlakuan Kiambang pada lama tanam 6 hari. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui penyerapan konsentrasi logam berat Cuprum terbesar pada akar terdapat pada perlakuan Kiambang pada lama tanam 8 hari.

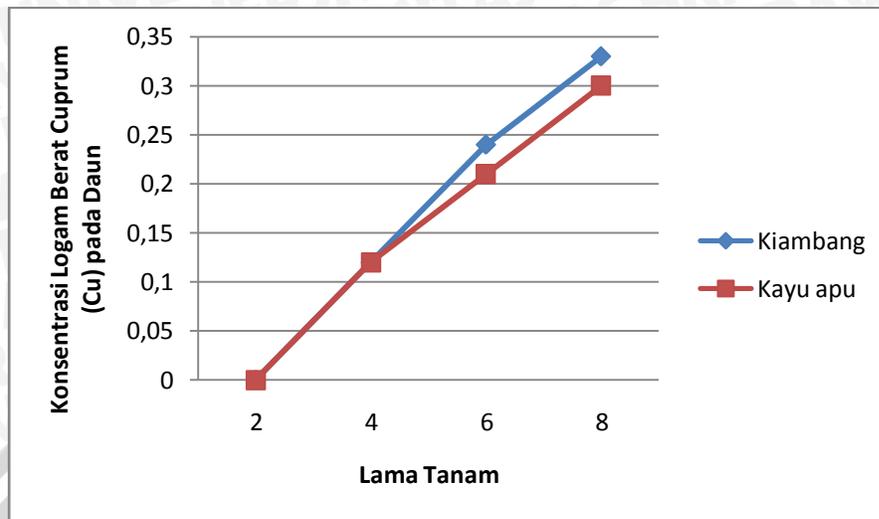
4.3 Konsentrasi Logam Berat Cuprum pada Daun Kiambang dan Kayu apu

Konsentrasi Cuprum (Cu) yang diserap oleh daun dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini :

Tabel 6. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) pada Daun Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Perlakuan	Pengamatan hari ke-				Total	Rerata
	2	4	6	8		
A1 (Kiambang)	0	0,12	0,24	0,33	0,69	0,23
A2 (Kayu apu)	0	0,12	0,21	0,3	0,63	0,16

Tabel 6 menunjukkan bahwa penyerapan Cuprum (Cu) terbesar terjadi pada bak percobaan A1 yaitu pada Kiambang (*Salvinia molesta*) di hari ke 4 dan 6. Penyerapan Cuprum (Cu) pada hari ke-4 dari 0 mg/l menjadi 0,12 mg/l dan pada hari ke-6 dari 0,12 mg/l menjadi 0,24 mg/l. Penyerapan Cuprum (Cu) pada daun Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terbesar terjadi pada hari ke-4 dari 0 mg/l menjadi 0,12 mg/l. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penyerapan pada daun tumbuhan air lebih sedikit menyerap daripada akar tumbuhan air. Grafik penyerapan logam berat Cu dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) pada Daun

Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa kadar penyerapan Cuprum (Cu) pada akar tumbuhan air baik Kiambang (*Salvinia molesta*) maupun Kayu apu (*Pistia stratiotes*) analisis Cu dimulai pada hari ke 4 dikarenakan pada hari kedua tidak ada logam berat cuprum yang diserap oleh kedua tumbuhan air tersebut. Analisis penyerapan cuprum (Cu) pada tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) dari hari ke 4 sebesar 0,12 mg/l sampai hari terakhir penelitian terus mengalami kenaikan yaitu pada hari ke-8 sebesar 0,33 mg/l. Penyerapan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada hari ke-4 sebesar 0,12 mg/l sampai pada hari terakhir penelitian juga terus mengalami kenaikan yaitu pada hari ke-8 sebesar 0,3 mg/l. Belum diserapnya logam berat cuprum (Cu) pada hari ke-2 disebabkan logam berat cuprum (Cu) masih terakumulasi di akar dan belum ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lain. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Akumulasi logam berat dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain karakteristik fisika kimia media pertumbuhan yang digunakan meliputi pH, kapasitas tukar ion, kejenuhan basa, persaingan kation dan lain-lain (Tan, 1982 dalam Pratomo *et al.*, 2004).

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dapat dilihat pada Lampiran 2, dilakukan uji F untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 di bawah ini :

Tabel 7. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Cuprum pada Daun

SK	DB	JK	KT	Fhit	F	
					5%	1%
Perlakuan	7					
Faktor A	1	0,00135	0,00135	0,667	4,49	8,53
Faktor B	3	0,3321	0,1107	54,67*	3,24	5,29
Faktor AB	3	0,00135	0,00045	0,222	3,24	5,29
Galat	16	0,0324	0,002025			
Total	23					

*=berbeda nyata

Hasil perhitungan berdasarkan tabel dengan menggunakan uji F diperoleh nilai F hitung pada faktor A = 0,667,. Nilai F hitung tersebut lebih kecil dari F tabel 5% dan 1% jadi diasumsikan tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan jenis tumbuhan air yang berbeda yaitu Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap penyerapan logam berat cuprum di daun sedangkan nilai F hitung pada faktor B = 54,67 jadi diasumsikan terdapat perbedaan nyata antara lama tanam tumbuhan air terhadap penyerapan logam berat cuprum di daun. Nilai interaksi antara pengaruh jenis tumbuhan air yang berbeda dan lama tanam hasilnya tidak signifikan sehingga tidak terdapat perbedaan nyata penyerapan logam berat di daun karena nilai F hitung < F tabel 5%. Adanya perbedaan nyata pada lama tanam oleh sebab itu dilakukan uji BNT untuk mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan lama tanam terhadap penyerapan logam berat Cu pada daun.

Hasil perhitungan BNT (terdapat pada Lampiran 2) pada perlakuan lama tanam tumbuhan air terhadap konsentrasi logam berat Cu dalam air didapatkan hasil perbedaan sangat nyata antara perlakuan B2 yaitu lama tanam 4 hari dengan

perlakuan B1 yaitu lama tanam 2 hari, antara perlakuan B3 yaitu lama tanam 6 hari dengan perlakuan B1 dan B2 yaitu lama tanam 4 hari, antara perlakuan B4 yaitu lama tanam 8 hari dengan perlakuan B1, B2 dan B3 yaitu lama tanam 6 hari. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui penyerapan konsentrasi logam berat Cuprum terbesar pada daun terdapat pada perlakuan B4 yaitu pada lama tanam 8 hari.

4.4 Konsentrasi Logam Berat Cuprum dalam Air

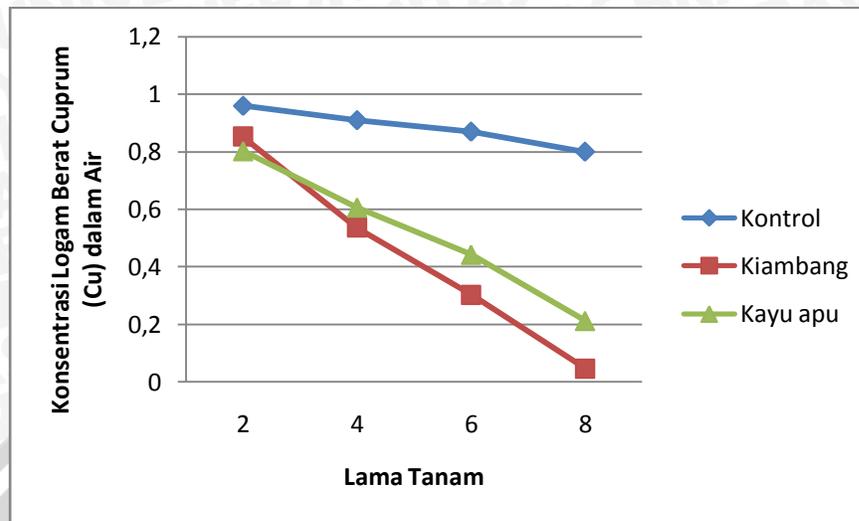
Konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) dalam air pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Cuprum (mg/l) dalam Air

Perlakuan	Lama Hari	Konsentrasi logam Cu yang Tersisa	Logam Cu yang Hilang	Persentase Logam Cu yang Hilang (%)
Kontrol	2	0,96	0,04	4
	4	0,91	0,09	9
	6	0,87	0,13	13
	8	0,8	0,2	20
Kiambang	2	0,853	0,15	15
	4	0,537	0,463	46
	6	0,303	0,697	69,7
	8	0,047	0,953	95,3
Kayu apu	2	0,803	0,197	19,7
	4	0,607	0,393	39,3
	6	0,443	0,557	55,7
	8	0,213	0,787	78,7

Tabel 8 menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi Cuprum (Cu) paling besar terdapat pada bak A1 yang ditanami Kiambang (*Salvinia molesta*) pada hari ke-8 penelitian yaitu sebesar 0,953 mg/l dengan persentase 95,3%. Penurunan konsentrasi Cu pada Kayu apu (*Pistia stratiotes*) terbesar terjadi pada hari ke-8 sebesar 368,75 mg/l dengan persentase 78,7%. Penurunan konsentrasi pada bak kontrol terbesar juga terjadi pada hari ke-8 penelitian yaitu sebesar 0,2 mg/l dengan persentase 20%. Hal ini

menunjukkan adanya tumbuhan air dapat menyerap logam berat sehingga konsentrasi logam Cuprum (Cu) pada air yang semula mengandung cuprum (Cu) 1 mg/l menjadi berkurang konsentrasinya daripada bak percobaan tanpa tumbuhan air. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Defew *et al.*, 2004 dalam Deri *et al.*, 2013). Bak tanpa tumbuhan air yang mengalami penurunan konsentrasi logam cuprum (Cu) diperkirakan karena air yang ada dalam bak tersebut mengalami penguapan. Menurut Effendi (2003), garam-garam cuprum divalen seperti cuprum klorida, cuprum sulfat dan cuprum nitrat bersifat sangat mudah larut dalam air. Apabila masuk ke dalam perairan alami yang alkalis, ion cuprum akan mengalami presipitasi dan mengendap sebagai cuprum hidroksida dan cuprum karbonat. Cuprum (Cu) sendiri yang diserap tumbuhan dalam bentuk Cu^{2+} . Unsur Cu diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk Cu^{2+} dibutuhkan dalam jumlah sedikit dan berperan dalam proses oksidasi, reduksi dan pembentukan enzim (Jaqob dan Uexkull, 1963 dalam Napitupulu, 2008). Grafik konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) yang tersisa dalam air dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penurunan Konsentrasi Logam Berat Cuprum (Cu) dalam Air

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) yang tersisa semakin hari semakin menurun. Terutama konsentrasi yang tersisa dalam bak A1 yang ditanami Kiambang (*Salvinia molesta*). Menurut Salisbury dan Ross (1992), hal ini dinamakan toleransi karena akar dan tajuk mengandung unsur logam berat tersebut dalam jumlah yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat ditahan oleh spesies lain. Salisbury dan Ross (1992) juga menerangkan bahwa logam ditawarkan racun dengan cara dikelat dengan fitokelatin, yakni peptida kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung belerang. Fitokelatin dihasilkan oleh banyak spesies tapi sejauh ini diketahui bahwa fitokelatin hanya dijumpai bila terdapat logam dalam jumlah yang meracuni. Fitokelatin dihasilkan pula oleh spesies yang kelebihan seng dan tembaga sehingga dapat menawarkan racun berbagai logam esensial pula.

Penelitian menunjukkan pada lama tanam 8 hari konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) yang tersisa dalam air pada perlakuan kontrol sebesar 0,8 mg/l, pada perlakuan Kiambang (*Salvinia molesta*) sebesar 0,047 mg/l dan pada perlakuan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebesar 0,213 mg/l. Menurut Sugiarto (2005) dalam Sinaga

(2009), kandungan maksimal logam berat Cuprum (Cu) dalam badan air adalah sebesar 1 mg/l. Penelitian menunjukkan pada perlakuan yang ditanami oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) serta pada perlakuan kontrol, konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) yang tersisa dalam air berada pada kandungan logam berat Cuprum (Cu) yang dapat dibuang ke badan air.

4.5 Rerata Suhu, pH dan DO Hasil Penelitian

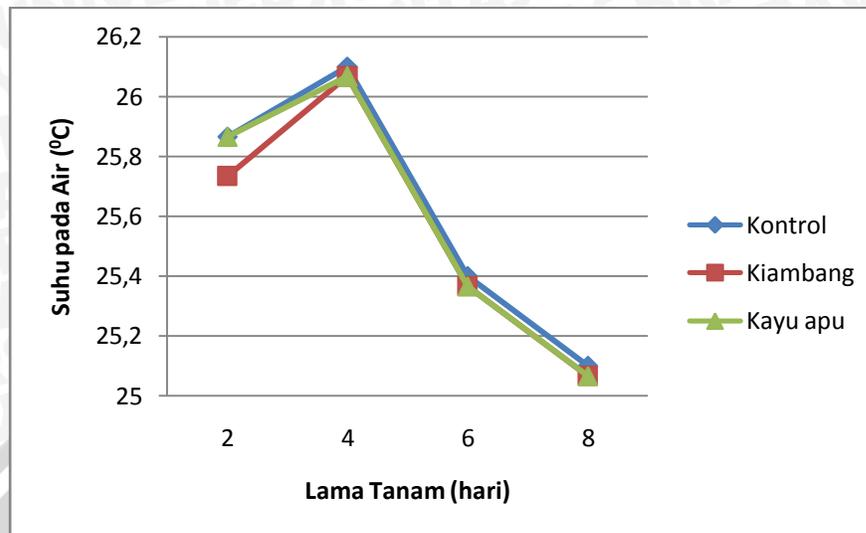
4.5.1 Suhu

Suhu merupakan faktor fisika yang dapat mempengaruhi proses kimia dari tumbuhan air maupun mediana. Hasil pengamatan yang diperoleh bahwa nilai rata-rata kisaran suhu adalah antara 25,07°C – 26,1°C. Pengukuran suhu dilakukan setiap 2 hari sekali. Data hasil pengukuran suhu pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Suhu (°C) pada Air

Perlakuan	Pengamatan hari ke-				Total	Rerata
	2	4	6	8		
Kontrol	25,87	26,1	25,4	25,1	102,47	25,617
A2 (Kiambang)	25,73	26,07	25,37	25,07	102,24	25,558
A3 (Kayu apu)	25,87	26,07	25,37	25,07	102,38	25,595

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa nilai suhu oleh masing-masing perlakuan hampir sama dan tidak ada perbedaan berarti, artinya dari awal sampai akhir pengamatan nilai perubahan suhunya tidak berbeda jauh. Hasil pengukuran suhu dapat digambarkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 .Grafik Perubahan Suhu selama Penelitian

Gambar 7 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi perubahan naik turunnya suhu pada bak-bak percobaan. Suhu terendah terdapat pada bak yang berisi Kiambang (*Salvinia molesta*) dan bak yang berisi Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Hal ini diakibatkan permukaan bak tertutup rapat oleh tumbuhan tersebut sehingga sinar matahari sulit untuk menembus permukaan air karena tertahan oleh daun Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Suhu tertinggi terdapat pada bak yang digunakan sebagai kontrol. Hal ini dikarenakan tidak ada tumbuhan yang menutupi permukaan bak tersebut, sehingga sinar matahari yang ada langsung menembus air tanpa ada yang langsung menghalangi.

Menurut Effendi (2003), suhu sangat berpengaruh terhadap perkembangan alga dan tumbuhan air karena akan mempengaruhi metabolisme sel. Suhu di bawah 30°C pada umumnya merupakan suhu yang optimal bagi kebanyakan jenis alga dan tumbuhan air. Suhu air juga dapat memberikan pengaruh tidak langsung terhadap kehidupan biota air. Menurut Kordi dan Tancung (2007), pengaruh suhu secara tidak langsung yaitu mempengaruhi metabolisme, daya larut gas-gas, termasuk oksigen serta

berbagai reaksi kimia di dalam air. Rata-rata suhu pada bak percobaan berkisar antara 25,07°C – 26,1°C sehingga dapat dikatakan bahwa suhu tersebut masih berada dalam kisaran normal bagi pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan air.

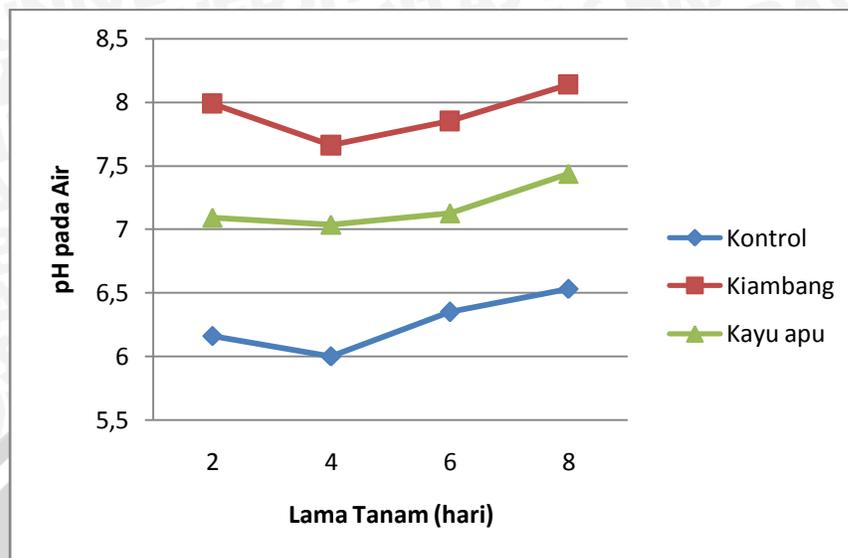
4.5.2 pH

Kadar pH pada penelitian berkisar antara 7,027-8,14 dimana kadar pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi air tidak terlalu asam sehingga tidak menyebabkan kematian bagi organisme perairan dalam hal ini tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Data hasil rata-rata pengukuran pH dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Rata-rata Pengukuran pH pada Air

Perlakuan	Pengamatan hari ke-				Total	Rerata
	2	4	6	8		
Kontrol	6,16	6	6,35	6,53	25,03	6,26
A1(Kiambang)	7,99	7,66	7,85	8,14	31.64	7.91
A2 (Kayu apu)	7,09	7,04	7,13	7,45	28.69	7.17

Tabel 10 menunjukkan pH tertinggi pada bak yang berisi tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) pada penelitian hari ke-8 sedangkan pH terendah terdapat pada bak kontrol tanpa tanaman air. Menurut Effendi (2003), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Hal ini menunjukkan pada penelitian yang dilakukan nilai pH masih berada dalam kisaran yang baik untuk kehidupan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Hasil pengukuran pH yang dilakukan dalam penelitian dapat digambarkan pada Gambar 8 di bawah ini:



Gambar 8. Grafik Perubahan pH selama Penelitian

Nilai pH dari awal sampai akhir penelitian menunjukkan adanya perubahan. Bak yang digunakan sebagai kontrol mengalami perubahan naik turunnya pH. pH pada hari ke-2 penelitian bak kontrol yaitu 6,157 mengalami penurunan pada hari ke-4 menjadi 6 namun naik menjadi 6,347 pada hari ke-6 penelitian dan naik lagi menjadi 6,53 pada hari ke-8 penelitian. Bak yang berisi tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) pada hari ke-2 penelitian menunjukkan nilai pH 7,99 mengalami penurunan pada hari ke-4 menjadi 7,66 dan pada hari ke-6 naik menjadi 7,85 kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-8 penelitian menjadi 8,14. Bak yang berisi tumbuhan air Kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada hari ke-2 penelitian menunjukkan nilai pH 7,09 mengalami penurunan pada hari ke-4 menjadi 7,037 dan pada hari ke-6 naik menjadi 7,127 lalu pH mengalami kenaikan pada hari ke-8 penelitian menjadi 7,437. Menurut Doty (1988) dalam Armita (2011) fluktuasi pH dalam air biasanya berkaitan erat dengan aktivitas fitoplankton dan tanaman air lainnya dalam menggunakan CO₂ dalam air selama berlangsungnya proses fotosintesis. Jika aktivitas fotosintesis semakin tinggi maka akan menyebabkan pH semakin tinggi. pH akan menjadi rendah apabila semakin

banyak gas karbondioksida yang dihasilkan dari proses respirasi (Kordi, 2000 *dalam* Apridayanti, 2008). Nilai pH selain itu juga dapat dipengaruhi secara tidak langsung oleh suhu sehingga dalam hal ini meningkatnya suhu air mengakibatkan dekomposisi bahan organik dan respirasi dalam perairan yang dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut (DO) serta menaikkan CO₂ yang berpengaruh pada penurunan nilai pH (Erlangga, 2005 *dalam* Wirespathi *et al.*, 2012)

4.5.3 DO (Oksigen Terlarut)

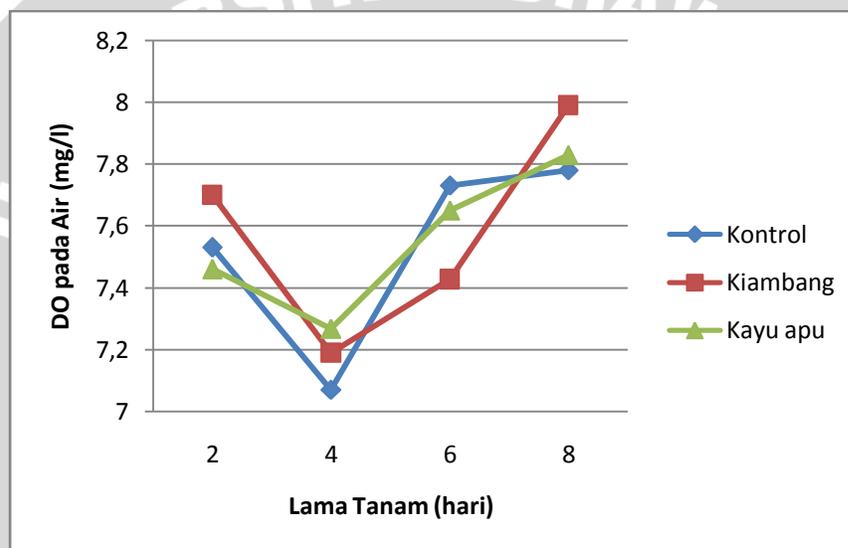
Menurut Novonty dan Olem (1994) *dalam* Sitorus (2009), oksigen terlarut adalah gas oksigen yang terlarut dalam air. Sumber oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer, arus atau aliran air melalui air hujan serta aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Kadar oksigen terlarut yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 7,427^oC-7,9^oC. Data hasil rata-rata pengukuran DO (mg/l) dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Rata-rata Pengukuran DO (mg/l) pada Air

Perlakuan	Pengamatan hari ke-				Total	Rerata
	2	4	6	8		
Kontrol	7,53	7,07	7,73	7,78	30,11	7.528
A1(Kiambang)	7,77	7,19	7,43	7,99	30.31	7.576
A2 (Kayu apu)	7,46	7,267	7,65	7,83	30,21	7.552

Kadar DO pada tabel di atas menunjukkan perubahan naik turunnya kadar DO pada hari ke-2 penelitian dan hari ke-8 penelitian. Kadar DO yang terdapat pada bak kontrol diperoleh dari hasil difusi oksigen yang ada dalam udara sedangkan pada bak yang ditanami tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*), DO yang diperoleh berasal dari hasil fotosintesis yang dilakukan tumbuhan tersebut. Menurut Puspitaningrum *et. al.*, (2012), tumbuhan air efektif meningkatkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis. Karbondioksida dalam proses

fotosintesis diserap dan oksigen dilepas ke dalam air. Adanya kenaikan kadar oksigen terlarut yang terjadi tidak dipengaruhi oleh jenis tumbuhan air. Menurut Meutia *et al.*, (2001), kenaikan kadar oksigen terlarut pada bak-bak yang berisi tumbuhan air, disebabkan karena bertambahnya oksigen terlarut yang berasal dari proses fotosintesis tumbuhan air, dimana jumlahnya tidak tetap dan tergantung jenis tumbuhannya dan oksigen dari atmosfer (udara) yang masuk ke dalam air dengan kecepatan terbatas. Grafik pengukuran DO dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini :



Gambar 9. Grafik Perubahan DO selama Penelitian

Naik turunnya kadar DO dalam penelitian ini selain karena adanya proses fotosintesis, juga dapat dipengaruhi adanya proses respirasi yang dilakukan oleh biota dalam air tersebut. Menurut Kordi dan Tancung (2007), oksigen di dalam air dapat berkurang karena proses difusi, respirasi dan reaksi kimia (oksidasi dan reduksi). Pengurangan oksigen di dalam air yang paling banyak adalah karena proses pernapasan biota, fitoplankton dan zooplankton termasuk lumut, bakteri dan detritus.

Kordi dan Tancung (2007) juga menyatakan bahwa suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme, karena itu penyebaran organisme baik di lautan maupun di perairan tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

- Analisis sidik ragam menunjukkan jenis tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki perbedaan yang sangat nyata dalam penyerapan logam berat Cuprum pada akar dan penurunan konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) dalam air. Setelah analisis uji BNT pada perlakuan jenis tumbuhan air yang berbeda, diketahui penyerapan logam berat Cuprum pada lama tanam 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari di akar dan air juga menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Penyerapan logam berat Cuprum (Cu) yang lebih besar terdapat pada jenis tumbuhan air Kiambang.
- Analisis sidik ragam menunjukkan lama tanam memiliki perbedaan sangat nyata dalam penyerapan logam berat Cuprum pada akar, daun dan penurunan konsentrasi logam berat Cuprum dalam air yang berarti antara lama tanam 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari menunjukkan perbedaan sangat nyata. Penyerapan logam berat Cuprum (Cu) terbesar terdapat pada lama tanam 8 hari.
- Interaksi perlakuan jenis tumbuhan air dan lama tanam memiliki perbedaan sangat nyata dalam penyerapan logam berat Cuprum (Cu) pada akar dan air. Interaksi perlakuan jenis tumbuhan air dan lama tanam yang paling baik dalam menyerap logam berat Cuprum (Cu) terdapat pada interaksi Kiambang pada lama tanam 8 hari.
- Suhu rata-rata yang diperoleh pada penelitian yaitu antara 25,07°C – 26,1°C; pH rata-rata yang diperoleh pada penelitian yaitu antara 6 – 8,14; kadar DO

(oksigen terlarut) yang diperoleh pada penelitian yaitu berkisar antara 7,07 mg/l – 7,99 mg/l. Kondisi kualitas air tersebut masih berada dalam kisaran yang baik kehidupan tumbuhan air Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). Konsentrasi logam berat Cuprum (Cu) yang terdapat pada air berkurang dalam waktu 8 hari dengan adanya pemberian Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*).

5.2 Saran

- Adanya penelitian tentang jenis tumbuhan lain yang dapat digunakan sebagai fitoremediator logam berat.
- Adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tentang titik maksimal penyerapan logam berat Cuprum (Cu) dengan menambah lama tanam.
- Perlu perhatian yang lebih teliti, yakni tumbuhan air yang mengandung logam berat Cuprum (Cu) yang tinggi tidak diijinkan untuk digunakan sebagai pakan. Hanya digunakan untuk fitoremediasi di perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Z. dan Chairudin. 2008. *Analisis Logam Raksa dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom yang Digabungkan dengan Teknik CVGA yang Dimodifikasi dengan Pengaruh Gangguan Berbagai Kepekatan Larutan Standar Ag+, Au+, Al³⁺, Ni²⁺, Fe²⁺ dan Zn²⁺*. Jurnal Teknologi Proses **7**(2): 102-107 ISSN 1412-7814
- Al-Hamdani, S. H. and S. L. Blair. 2004. *Influence of Copper on Selected Physiological Responses in *Salvinia minima* and Its Potential Use in Copper Remediation*. American Fern Journal **94**(1):47-56
- Ali, M. dan Rina. 2010. *Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb)*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan **Vol. 2** No. 2
- Amanto, H. dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. PT. Bumi Aksara. Jakarta
- Apriadi, D. 2005. *Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis* L) di Perairan Kamal Muara Teluk Jakarta*. Institut Pertanian Bogor. 85 halaman (skripsi tidak dipublikasikan)
- Apriadi, T. 2008. *Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin*. Institut Pertanian Bogor. 86 halaman
- Apridayanti, E. 2008. *Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur*. Universitas Diponegoro.
- Armita, D. 2011. *Analisis Perbandingan Kualitas Air di Daerah Budidaya Rumput Laut dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut di Dusun Malelaya Desa Punaga, Kecamatan Mangarombang Kabupaten Takalar*. Universitas Hasanuddin. 62 halaman
- Astuty, R. D. 2011. *Kandungan Logam Berat Cd dan Cu Berdasarkan Ukuran Partikel Sedimen di Perairan Teluk Jakarta*. Institut Pertanian Bogor. 45 halaman
- Backer, R.C. 1968. *"Flora of java (Spermathophytes Only)"*, Gronngen. The Netherlands.
- Cook, D. K.C., Bernardo, J. G., Rix, E. M., Schneller, J. dan Seltz, M. 1974. *Water Plants of The World : A Manual For The Identification of Genera of Freshwater Macrophytes*. The Pitman. England

- Dave, S. R., M. S. Damani, D. R. Tipre dan P.S. Dutt. 2010. *Copper Bioremediation from Aqueous Solution and Pigment Industries Waste using Dried Aquatic Plant Biomasses*. Research Journal of Biotechnology Vol **5**(4).
- Davis, M. dan D. A. Cornwell. 1988. *Introduction to Enviromental Engineeering Third edition*. McGraw-Hill. United States.
- Departemen pekerjaan umum. 1990. *Kumpulan SNI Bidang Pekerjaan Umum Mengenai Kualitas Air*. Jakarta
- Dhir, B. 2009. *Salvinia: an Aquatic Fern with Potential Use in Phytoremediation*. International Journal of Science and Technology **4** (23-27) ISSN: 0975-7120
- Djenar, S N. dan H. Budiastuti. 2008. *Absopsi Polutan Amoniak di dalam Air Tanah dengan Memanfaatkan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes)*. Spektrum Teknologi **Vol.15** No. 2
- Deri, Emiyarti dan L.O. A. Afu. 2013. *Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove Avicennia marina di Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia **Vol 1** No.1 : 38-48
- Desratriyanti, R. 2009. *Toksisitas Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) terhadap Perkembangan Embrio Larva Kerang Hijau (Perna viridis)*. Institut Pertanian Bogor. 73 halaman
- Elankumaran R., B. R. Mohan dan M.N. Madhyastha. 2003. *Biosorption of Copper from Contaminated Water by Hydrilla verticillata Casp. and Salvinia sp.* ECO Services International.
- Emir, T., D. WS dan Cherry H. 2000. *Tanaman Air*. PT Gramedia Pustaka Utama; Jakarta
- Eddy, S. 2009. *Pemanfaatan Teknik Fitoremediasi pada Lingkungan Tercemar Timbal (Pb)*. No 02/Th.XVI/2009
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius;Yogyakarta. 258 halaman.
- Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNBRAW. 2003. *Petunjuk Pengukuran Logam Berat*. Malang
- Fakultas Perikanan UNBRAW. 2003. *Petunjuk Praktikum Limnologi, Analisis kualitas Air*. Malang
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Flores, D. dan L. E. Wendel. 2001. *Proposed Field Release of The Salvinia Weevil *Cyrtobagus salviniae* Calder and Sands (Curculionidae: Coleoptera) a Host – Specific Biological Control Agent of Giant Salvinia *Salvinia molesta* D. S.*

Mitchell (Salviniaceae: Polypodiophyta) a Federal Noxious Weed Indiginous to Southeast Brazil. Study in USDA/APHIS/PPQ/CPHST/Mission Plant Protection Center-MPPC.United States

Google Image. 2013. *Kiambang*. http://en.acaemic.ru/pictures/enwiki/83/Salvinia_molesta.jpg. Diakses pada 05 Februari 2013

_____. 2013. *Kayu apu*. <http://ridiah.files.wordpress.com/2013/pistia.html>
Diakses pada 05 Februari 2013

Hanafiah, K. A. 2005. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*, Edisi Ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta

Hardiani, H. 2009. *Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. BS **Vol 44** No.1 : 27-40

Haribabu, T.E dan P.N Sudha. 2011. *Effect of Heavy Metals Copper and Cadmium Exposure on the Antioxidants Properties of The Plant Cleome Gynandra*. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. **Volume 1** Issue-2:2011

Hidayati, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. Jurnal Hayati **Vol. 12** No. 1 ISSN 0854-8587

Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh logam berat dalam status pencemaran laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P30. LIPI. Jakarta

Ismanto, F. N. 2005. *Pemanfaatan Enceng Gondok (Eichhornia crassipes), Kayu Apu (Pistia stratiotes L) dan Kangkung (Ipoema aquatic) Secara Bertahap Dalam Memperbaiki Kualitas Air Limbah Kantin*. ITB. Bogor. 62 halaman.

Izzati, M. 2008. *Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak setelah Penambahan Rumput Laut Sargassum plagyophyllum dan Ekstraknya*. 60-69. 11 halaman

Juhaeti, T., F. Syarif, dan N. Hidayati. 2005. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas . LIPI; Bogor. Biodiversitas.Volume 6:* 31-33.

Kaban, S., E. Prianto dan Solekha. 2010. *Telaah Salinitas dan Oksigen Terlarut di Muara Sungai Pantai Timur Sumatera*. Prosiding Seminar Nasional Limnologi

Kordi, K. dan Tancung, B. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air*. Rineka Cipta. Jakarta

Kristanto, P. 2002. *Ekologi Indutri*. Andi Publisher. Yogyakarta

Khasanah, E. N. 2009. *Adsorpsi Logam Berat*. Jurnal Oseana Vol.XXX1V No.4 1-7

- Laela, F. 2002. *Kadar Lemak Beberapa Bagian Tubuh Itik Lokal Jantan (Anas Platyrhynchos) yang Diberi Berbagai Taraf Kayambang (Salvinia molesta) dalam Ransumnya*. Insitut Pertanian Bogor. 57 halaman
- Mangkoediharjo, S. 2005. *Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak*. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan.
- Mariato. L. A. 2002. *Merawat dan Menata Tanaman Air*. Agro Media Pustaka. Depok. Halaman 41.
- Martuti, N. K. T. 2012. *Kandungan Logam Berat Cu dalam Ikan Bandeng Studi Kasus di Tambak Wilayah Tapak Semarang*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
- Meutia, A. A., N. H. Sadi dan K. Ratnawati. 2001. *Penyisihan Logam Berat Tembaga, Seng, Besi dan Mangan di dalam Lahan Basah Buatan*. Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia. No.33 : 63-76
- Moenandir, J. 2010. *Ilmu Gulma*. UB Press. Malang
- Napitupulu, M. 2008. *Analisis Logam Berat Seng, Kadmium dan Tembaga pada Berbagai Tingkat Kemiringan Tanah Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari dengan Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA)*. Universitas Sumatera Utara. 72 halaman
- Nopriani, L. E. 2011. *Teknik Uji Cepat untuk Identifikasi Pencemaran Logam Berat Tanah di Lahan Apel Batu*. Universitas Brawijaya. 66 halaman
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah Dan Air*. Penerbit ITB. Bandung.
- Nuriasasmita. 2012. *Penyebaran Tumbuhan Hiperakumulator Perak Pistia stratiotes*. <http://nuriasasmita.wordpress.com/2012/10/24/penyebaran-tumbuhan-hiperakumulator-perak-pistia-stratiotes/>. Diakses pada 23 November 2012
- Nxawe, S., P. A. Ndakidemi dan C. P. Laubscher. 2010. *Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrient sand other metabolites* : South Africa. African Journal of Biotechnology **Vol. 9**(54), pp. 9128-9134.
- Panjaitan, G. Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon Avicennia marina. di Hutan Mangrove*. Universitas Sumatera Utara. 58 halaman

- Pratomo S., Sumarno dan M. A. Subroto. 2004. *Fitoremediasi Zn (Seng) Menggunakan Tanaman Normal dan Transgenik Solanum nigrum L.* Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN:1411-4216
- Primaharinastiti, R., A. T. Poernomo dan N. S. Erma. 2004. *Bioakumulasi Logam Berat Cu oleh Bacillus sp.* Penelitian Hayati: 10 (19-23)
- Puspitaningrum M., M. Izzati dan S. Haryanti. 2012. *Produksi dan Konsumsi Oksigen Terlarut oleh Beberapa Tumbuhan Air.* Buletin Anatomi dan Fisiologi. **Volume XX** Nomor 1
- Rakhmanda, A. 2011. *Estimasi Populasi Gastropoda di Sungai Tambak Bayan Yogyakarta.* Jurnal Ekologi Perairan No. 1: 1-7
- Rossiana, N., T. Supriatun dan Y. Dhahiyat. 2007. *Fitoremediasi Limbah Cair dengan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi dengan Sengon (Paraserianthes falcataria) Bermikoriza.* Universitas Padjajaran. 49 halaman
- Sa'ad, N. S., R. Artanti dan T. Dewi. 2011. *Phyto-Remediation For Rehabilitation of Agricultural Land Contaminated by Cadmium and Copper.* Indonesian Journal of Agricultural 4(1) : 17-21
- Safitri, R. 2009. *Phytoremediasi Grey Water Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) dan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Serta Pemanfaatannya Untuk Tanaman Selada (Lactuca sativa) Secara Hidroponik.* Institut Pertanian Bogor. Bogor. 57 halaman.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid Satu.* Penerbit ITB. Bandung
- Saputra, A., A. B. Prasetio dan N. Radiata. 2010. *Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Danau Maninjau Propinsi Sumatera Barat.* Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur.
- Sembiring, R. 2009. *Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb Daging Kijing Lokal (Pilsbryconcha exilis) dari Perairan Situ Gede Bogor.* Institut Pertanian Bogor. 73 halaman
- Sheehan, D. 1997. *Bioremediation Protocols.* Humana Press Inc. New Jersey
- Setyowati, S., N. H. Suprpti dan E. Wiryani. 2005. *Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (Eichornia crassipes Solms.) Perairan, Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan.* Jurnal Penelitian

- Sinaga, F. D. R. 2009. *Perbedaan Daya Serap Pistia stratiotes, Hydrilla verticillata dan Limnophilla sessilliflora sebagai Fitoremediator Cu di Bak-bak Percobaan*. Universitas Brawijaya. 66 halaman
- Sitorus, M. 2009. *Hubungan Nilai Produktivitas Primer dengan Konsentrasi Klorofil a dan Faktor Fisik Kimia di Perairan Danau Toba, Balige, Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara. 106 halaman
- Sudarwin, 2003. *Analisis Spasial Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sugiyanto, T., M. Darussalam dan N. Nurhidayat. 1991. *Pemanfaatan Gulma Air untuk Menanggulangi Pencemaran Limbah Aktif Cr-51*. Proceedings Seminar Reaktor Nuklir dalam Penelitian Sains dan Teknologi Menuju Era Tinggal Landas. PPTN-BATAN. Bandung
- Suprpto. 2011. *Metoda Analisis Parameter Mutu Air Untuk Budidaya Udang*. Shrimp Club Indonesia.
- Suryati, T. dan B. Priyanto. 2003. *Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air*. Jurnal Teknologi Lingkungan, P3TL-BPPPT. 4(3): 143-147
- Sutarta, E. S dan S. Rahutomo. 2010. *Penanggulangan Keracunan Logam Berat Cd dan Ni pada Bibit Kelapa Sawit melalui Aplikasi Bahan Organik*. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit 18 (3) :129-136
- Thilakar, J. R., J. Rathi dan P. M. Pillai. 2012. *Phytoaccumulation of Chromium and Copper by Pistia stratiotes L. and Salvinia natans (L.) All.* Journal of National Product Plant Resources 2 (8): 725-730
- Tirta, I. G. 2012. *Pengaruh Suhu dan Kelembaban terhadap Laju Pertumbuhan Paphiopedillum javanicum (Reinw, ex Lindl.) Pfitzer*. Widyatech Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 11 No.3
- Ulfah, N. W. 2009. *Pengolahan Air Limbah Kantin secara Biologi suatu Kajian terhadap Efektivitas Penggunaan Bacillus sp. dan Kangkung Air (Ipomea aquatica)*. Institut Pertanian Bogor. 83 halaman
- Ulfin, I., dan W. Widya. 2005. *Studi Penyerapan Kromium Dengan Kayu Apu (Pistia stratiotes) ITS*. Surabaya. Akta Kimindo .Vol. 1 No. 1 Oktober 2005: 41-48.
- Wardhana, W.A., 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. *Bahaya Kontaminasi Logam Berat pada Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian **Vol. 3**

Widiastoety, D., S. Kartikaningrum dan Purbadi. 2005. *Pengaruh pH Media terhadap Pertumbuhan Plantlet Dendrobium*. J. Hort 15 (1): 18-21

Widjajanti, E. 2009. *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia*. http://staff.uny.ac.id/endang-widjajanti/penanganan-limbah-laboratorium_kimia. Diakses pada 08 Februari 2013

Widowati, H. 2011. *Pengaruh Logam Berat Cd, Pb terhadap Perubahan Warna Batang dan Daun Sayuran*. El-Hayah **Vol. 1** No .4

Widyati, E. 2009. *Kajian Fitoremediasi sebagai Salah Satu Upaya Menurunkan Akumulasi Logam Akibat Air Asam Tambang pada Lahan Bekas Tambang Batubara*. Jurnal Tekno Hutan Tanaman **Vol.2** No.2 67-65

Wireshpathi E. A. M. O., Raharjo dan W. Budiastuti. 2012. *Pengaruh Kromium Hexavalen VI terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)*. Universitas Negeri Surabaya. Lentera Bio. **Vol.1** No.2 Mei 2012:75-79

Yefrida, A. dan Yuniartis. 2007. *Laporan Akhir Penelitian BBI*. http://repository.unand.ac.id/3676/1/Laporan_Yefrida.MSI.pdf Diakses pada 08 Februari 2013



Lampiran 1. Fungsi Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	Untuk menganalisa logam cuprum dalam Kiambang, Kayu apu dan air.
2.	Oven	Untuk mengeringkan sampel padat (akar dan daun)
3.	Timbangan santorius	Untuk menimbang berat basah Kiambang dan Kayu apu
4.	Akuarium ukuran 50 x 30 cm	Sebagai wadah percobaan
5.	Hot plate	Untuk memanaskan sampel
6.	Termometer digital	Untuk mengukur suhu air
7.	pH meter	Untuk mengukur pH air
8.	Beaker Glass 100 ml	Sebagai wadah sampel kering
9.	Beaker Glass 1000 ml	Untuk melarutkan larutan induk logam berat Cuprum
10.	Labu ukur 100 ml	Sebagai wadah untuk menghomogenkan larutan Cuprum
11.	Gelas Ukur 50 ml	Untuk mengukur volume air
12.	Spatula	Sebagai alat untuk menghomogenkan larutan Cuprum
13.	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan dalam skala kecil
14.	Pipet volume	Untuk mengambil larutan sesuai volume yang diinginkan.
15.	Bola hisap	Untuk membantu mengambil larutan.
16.	Botol film	Sebagai wadah sementara sampel cair dan padat (akar dan daun)
17.	Alumunium foil	Untuk melindungi sampel dari kontak langsung dengan matahari.
18.	Kertas Label	Untuk memberi keterangan.

b. Bahan Penelitian

No	Nama bahan	Fungsi
1.	Aquades	sebagai media dalam penelitian dan melarutkan padatan CuSO_4
2.	Tumbuhan air Kiambang dan Kayu Apu	Sebagai tumbuhan yang akan dianalisis konsentrasi logam Cu yang terserap
3.	Padatan CuSO_4	Senyawa logam yang digunakan sebagai perlakuan
4.	HCL pekat	Untuk mencegah pengendapan cuprum
5.	H_2SO_4 pekat	Sebagai bahan pelarut logam CuSO_4
6.	HNO_3 2,5 N	Sebagai bahan uji analisis logam berat cuprum
7.	Air tanah	Untuk membersihkan alat
9.	Larutan NPK	Sebagai unsur hara tanaman selama penelitian.



Lampiran 2. Data Hasil Pengamatan Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu)

- Penyerapan Logam Berat Cu pada Akar

Perlakuan	Lama Hari	Ulangan			Total	Rerata
		I	II	III		
Kiambang	2 hari	0,09	0,09	0,09	0,27	0,09
	4 hari	0,45	0,27	0,36	1,08	0,38
	6 hari	0,54	0,45	0,45	1,44	0,48
	8 hari	0,63	0,54	0,63	1,8	0,6
Kayu apu	2 hari	0,09	0,09	0,09	0,27	0,09
	4 hari	0,27	0,27	0,27	0,81	0,27
	6 hari	0,36	0,36	0,27	0,99	0,33
	8 hari	0,45	0,45	0,36	1,26	0,42

Total untuk Tiap Perlakuan

Faktor B	Faktor A		Total	Rerata
	A2	A3		
B1	0,27	0,27	0,54	0,27
B2	1,08	0,81	1,89	0,945
B3	1,44	0,99	2,43	1,215
B4	1,8	1,26	3,06	1,53
Total	4,59	3,33	7,92	
Rerata	1,1475	0,8325		

Perhitungan:

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Jendral})^2}{\text{Banyak pengamatan (r.a.b)}} = \frac{(7,92)^2}{(3.2.4)} = \frac{13978,33}{24} = 2,6136$$

$$\text{JKT} = \text{Jumlah Kuadrat Nilai Pengamatan} - \text{FK} = 3,321 - 2,6136 = 0,7074$$

$$\text{JKP} = \frac{(\text{Jumlah (Total Perlakuan)})^2}{r} - \text{FK} = \frac{(9,8496)^2}{3} - 2,6136 = 0,6696$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP} = 0,7074 - 0,6696 = 0,0378$$

$$\text{JKA} = \frac{\text{Jumlah h (Total taraf Faktor A)}^2}{r.b} - \text{FK} = \frac{32,157}{(3.4)} - 2,6136 = 0,06615$$

$$\text{JKB} = \frac{\text{Jumlah h (Total taraf Faktor B)}^2}{r.a} - \text{FK} = \frac{19,1322}{(3.2)} - 2,6136 = 0,5751$$

$$\text{JKAB} = \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} = 0,6696 - 0,06615 - 0,5751 = 0,02835$$

Tabel Sidik Ragam

SK	DB	JK	KT	Fhit	F	Tab
					5%	1%
Perlakuan	7					
Faktor A	1	0,06615	0,6615	28**	4,49	8,53
Faktor B	3	0,5751	0,1917	81,14286**	3,24	5,29
Faktor AB	3	0,02835	0,00945	4*	3,24	5,29
Galat	16	0,0378	0,002363			
Total	23					

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Jenis tumbuhan air, lama tanam dan interaksi jenis tumbuhan air dan lama tanam memberikan pengaruh nyata terhadap penyerapan logam berat Cu di akar tumbuhan air. Untuk itu dilakukan uji BNT untuk jenis tumbuhan air, lama tanam dan interaksi jenis tumbuhan air dan lama tanam terhadap penyerapan logam berat Cu di akar.

Perhitungan BNT

$$SED = \sqrt{\frac{2x \text{ KT acak}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{2x 0,00263}{3}}$$

$$= 0,03969$$

Perlakuan A :

$$\text{BNT } 5\% = 4,49 \times 0,0396$$

$$= 0,177804$$

$$\text{BNT } 1\% = 8,53 \times 0,0396$$

$$= 0,337788$$

Perlakuan B :

$$\text{BNT } 5\% = 3,24 \times 0,0396$$

$$= 0,128$$

$$\text{BNT } 1\% = 5,29 \times 0,0396$$

$$= 0,209$$

Perlakuan AB :

BNT 5% = 3,24 x 0,0396

= 0,128

BNT 1% = 5,29 x 0,0396

= 0,209

Tabel Analisis BNT Jenis Tumbuhan Air terhadap Penyerapan Logam Berat Cu pada

Akar

Rerata	A3=0,8325	A2= 1,1475	Notasi
A3= 0,8325			a
A2= 1,1475	0,315**		b

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Tabel Analisis BNT Lama Tanam Tumbuhan Air terhadap Penyerapan Logam Berat Cu

pada Akar

Rerata	B1= 0,27	B2=0,945	B3= 1,215	B4=1,53	Notasi
B1= 0,27					a
B2= 0,945	0,675**				b
B3=1,215	0,945**	0,27**			c
B4=1,53	1,26**	0,585**	0,315**		d

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Tabel Analisis Interaksi Jenis Tumbuhan Air dan Lama Tanam terhadap Penyerapan

Logam Berat Cu pada Akar

Rerata	A2B1= 0,09	A3B1= 0,09	A3B2= 0,27	A3B3= 0,33	A2B2= 0,38	A3B4= 0,42	A2B3= 0,48	A2B4= 0,6	Notasi
A2B1=0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	a
A3B1= 0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	a
A3B2=0,27	0,18*	0,18*	-	-	-	-	-	-	ab
A3B3=0,33	0,24**	0,24**	0,06 ^{ns}	-	-	-	-	-	b
A2B2=0,38	0,29**	0,29**	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-	-	-	-	bc
A3B4=0,42	0,33**	0,33**	0,15*	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-	-	-	c
A2B3=0,48	0,39**	0,39**	0,21**	0,15*	0,1 ^{ns}	-	-	-	cd
A2B4=0,6	0,51**	0,51**	0,33**	0,27**	0,22**	0,18*	0,12 ^{ns}	-	d

^{ns}=tidak berbeda nyata

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

- Penyerapan Logam Berat Cu pada Daun

Perlakuan	Lama Hari	Ulangan			Total	Rerata
		I	II	III		
Kiambang	2 hari	0	0	0	0	0
	4 hari	0,09	0,18	0,09	0,36	0,12
	6 hari	0,27	0,27	0,18	0,72	0,24
	8 hari	0,36	0,36	0,27	0,99	0,33
Kayu apu	2 hari	0	0	0	0	0
	4 hari	0,09	0,18	0,09	0,36	0,12
	6 hari	0,18	0,27	0,18	0,63	0,21
	8 hari	0,27	0,36	0,27	0,9	0,3

Total untuk Tiap Perlakuan

Faktor B	Faktor A		Total	Rerata
	A2	A3		
B1	0	0	0	0
B2	0,36	0,36	0,72	0,36
B3	0,72	0,63	1,35	0,675
B4	0,99	0,9	1,89	0,945
Total	2,07	1,89	3,96	
Rerata	0,5175	0,4725		

Perhitungan:

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Jendral})^2}{\text{Banyak pengamatan} \cdot (r \cdot a \cdot b)} = \frac{(3,96)^2}{(3 \cdot 2 \cdot 4)} = \frac{15,6816}{24} = 0,6534$$

$$\text{JKT} = \text{Jumlah Kuadrat Nilai Pengamatan} - \text{FK} = 1,0206 - 0,6534 = 0,3672$$

$$\text{JKP} = \frac{(\text{Jumlah} \cdot (\text{Total Perlakuan})^2)}{r} - \text{FK} = \frac{2,9646}{3} - 0,6534 = 0,3348$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP} = 0,3672 - 0,3348 = 0,0324$$

$$\text{JKA} = \frac{\text{Jumlah} \cdot (\text{Total taraf Faktor A})^2}{r \cdot b} - \text{FK} = \frac{7,857}{(3 \cdot 4)} - 0,6534 = 0,00135$$

$$\text{JKB} = \frac{\text{Jumlah} \cdot (\text{Total taraf Faktor B})^2}{r \cdot a} - \text{FK} = \frac{5,913}{(3 \cdot 2)} - 0,6534 = 0,3321$$

$$\text{JKAB} = \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} = 0,3348 - 0,00135 - 0,3321 = 0,00135$$

Tabel Sidik Ragam

SK	DB	JK	KT	Fhit	F	
					5%	1%
Perlakuan	7					
Faktor A	1	0,00135	0,00135	0,666667	4,49	8,53
Faktor B	3	0,3321	0,1107	54,6667*	3,24	5,29
Faktor AB	3	0,00135	0,00045	0,222222	3,24	5,29
Galat	16	0,0324	0,002025			
Total	23					

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata

Lama tanam tumbuhan air memberikan pengaruh nyata terhadap penyerapan logam berat Cu di daun tumbuhan air. Untuk itu dilakukan uji BNT untuk lama tanam terhadap penyerapan logam berat Cu di daun.

Perhitungan BNT

$$\begin{aligned}
 SED &= \sqrt{\frac{2x \text{ KT ac ak}}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2x 0,002025}{3}} \\
 &= 0,03674
 \end{aligned}$$

Perlakuan B :

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 5\%} &= 3,24 \times 0,0396 \\
 &= 0,128
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 1\%} &= 5,29 \times 0,0396 \\
 &= 0,209
 \end{aligned}$$



Tabel Analisis BNT Lama Tanam Tumbuhan Air terhadap Penyerapan Logam Berat Cu pada Daun

Rerata	B1=0	B2= 0,36	B3=0,675	B4=0,945	Notasi
B1=0					a
B2=0,36	0,36**				b
B3=0,675	0,675**	0,315**			c
B4=0,945	0,945**	0,585**	0,27**		d

*=berbeda nyata

**=berbeda sangat nyata



Lampiran 3. Data Kualitas Air

- Pengukuran Suhu (°C)

Perlakuan	Lama Tanam	Ulangan		
		I	II	III
Kontrol	2 hari	25.7	25.8	26.1
	4 hari	26.1	26.2	26
	6 hari	25.4	25.4	25.4
	8 hari	25.1	25.2	25
Kiambang	2 hari	25.8	25.6	25.8
	4 hari	26.1	26	26.1
	6 hari	25.4	25.3	25.4
	8 hari	25.1	25	25.1
Kayu apu	2 hari	25.8	25.9	25.9
	4 hari	26.2	26	26
	6 hari	25.3	25.4	25.4
	8 hari	25.2	25	25

- Pengukuran pH

Perlakuan	Lama Tanam	Ulangan		
		I	II	III
Kontrol	2 hari	6.2	6.15	6.12
	4 hari	5.9	6	6.1
	6 hari	6.4	6.49	6.15
	8 hari	6.55	6.53	6.52
Kiambang	2 hari	7.9	7.88	7.92
	4 hari	7.69	7.61	7.68
	6 hari	7.9	7.72	7.84
	8 hari	8.18	8.07	8.17
Kayu apu	2 hari	7.12	7.16	6.99
	4 hari	6.89	7.14	7.08
	6 hari	7.52	6.93	6.93
	8 hari	7.66	7.4	7.25

- Pengukuran DO (mg/l)

Perlakuan	Lama Tanam	Ulangan		
		I	II	III
Kontrol	2 hari	7.58	7.53	7.49
	4 hari	7.1	6.9	7.2
	6 hari	7.96	7.72	7.52
	8 hari	7.75	7.8	7.79
Kiambang	2 hari	7.72	7.6	7.78
	4 hari	7.19	7.2	7.18
	6 hari	7.61	7.7	6.97
	8 hari	8.06	7.79	8.12
Kayu apu	2 hari	7.47	7.46	7.45
	4 hari	7.2	7.31	7.29
	6 hari	7.63	7.65	7.67
	8 hari	7.78	7.81	7.9



Lampiran 4. Gambar Bak-bak Percobaan sebagai Wadah Percobaan Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)



a. Aquarium Ukuran 50 x 30 cm sebagai Wadah Percobaan Penyerapan Logam Berat Cuprum (Cu) oleh Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)



b. Aquarium yang Ditanami Kayu apu (*Pistia stratiotes*)



c. Akuarium yang Ditanami Kiambang (*Salvinia molesta*)

