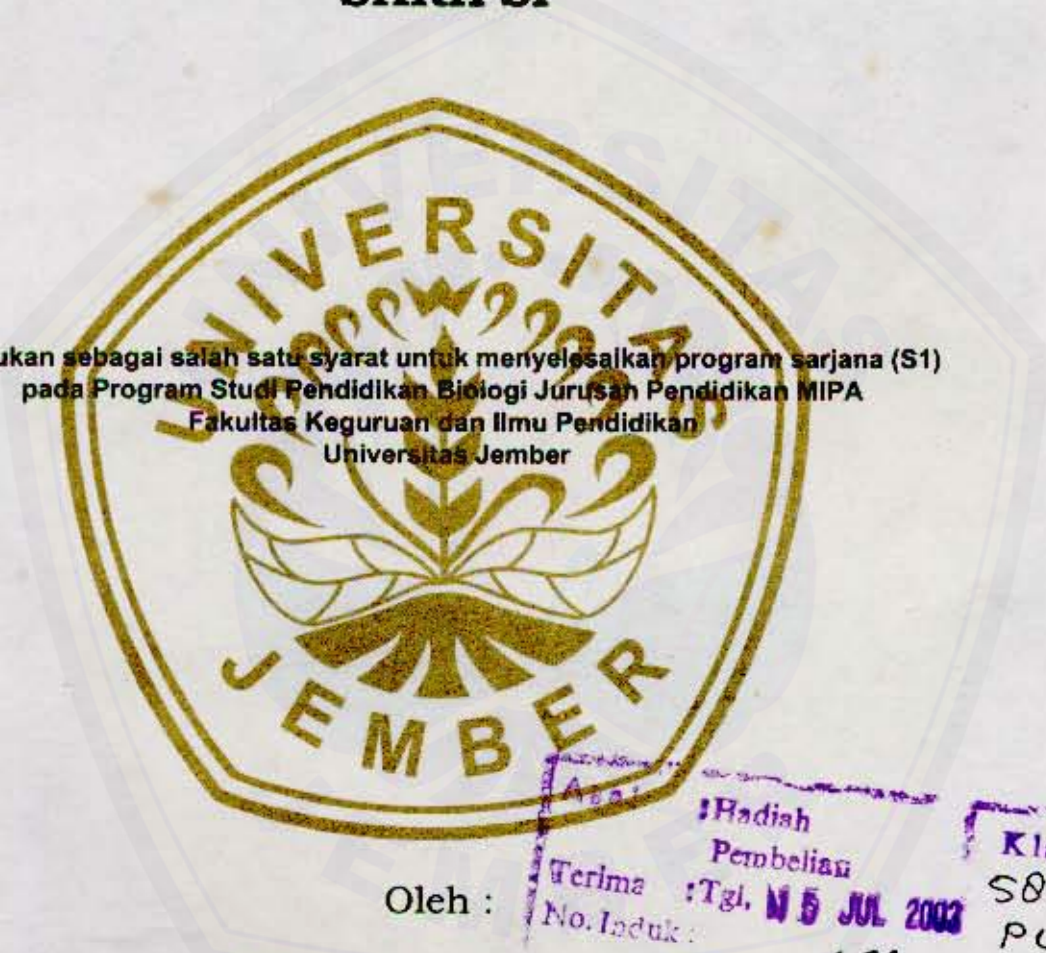




**DAYA ABSORPSI TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk)
TERHADAP UNSUR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana (S1)
pada Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Oleh :

Henny Puspitasari

NIM. 970210103006

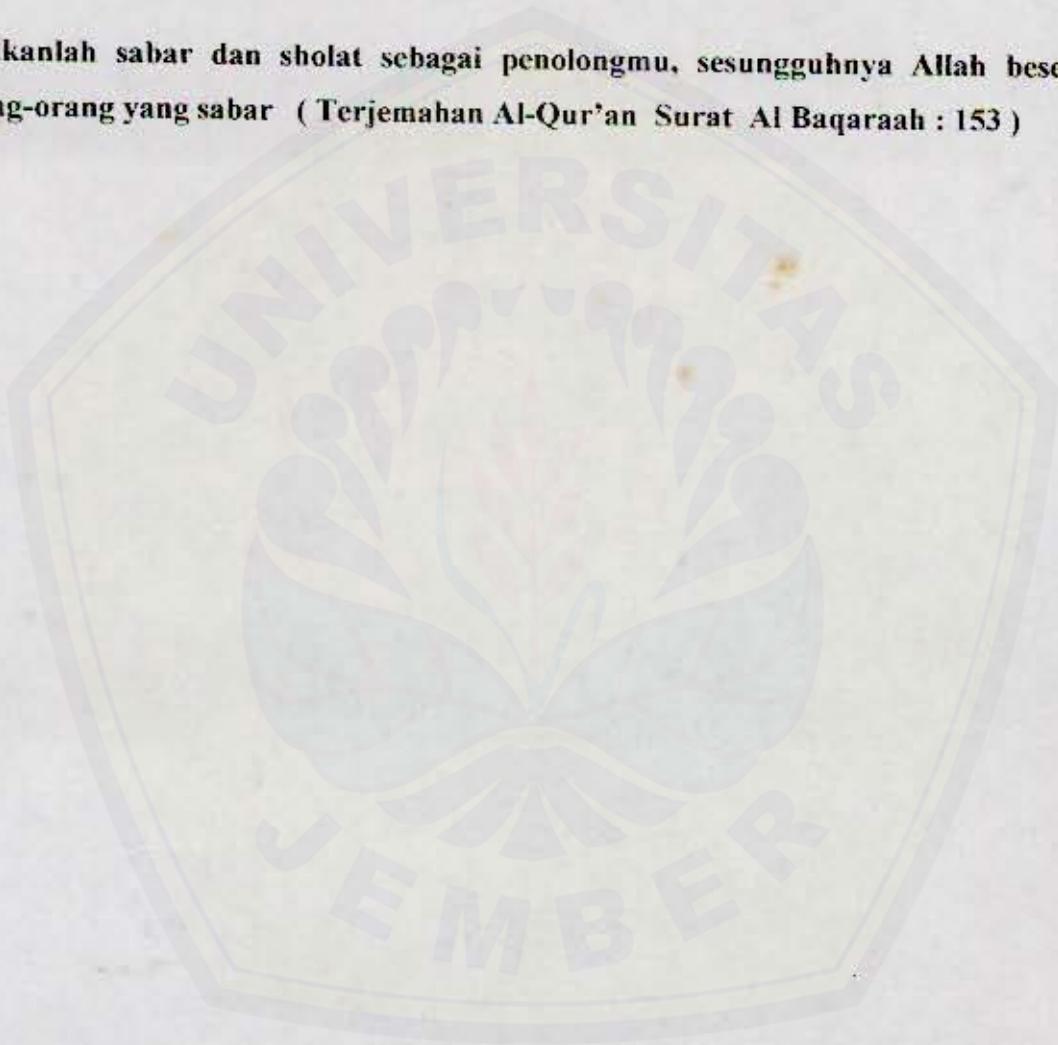
Terima :
No. Induk :
: Radish
Pembelian :
: Tgl. 15 JUL 2003
SRS
Klass
SBI.1
PUS
d
e.1

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
JUNI 2003**

MOTTO

**Diam adalah suatu kebijaksanaan, tapi sedikit benar orang yang berbuat demikian
(HR. Baihaqi)**

**Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta
orang-orang yang sabar (Terjemahan Al-Qur'an Surat Al Baqaraah : 153)**



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya Tulis Ilmiah ini saya persembahkan buat :

1. Ayahanda (Bapak Salamun) dan Ibunda tercinta (Ibu Suparmi) yang telah memberikan segalanya, baik do'a , moril dan materiil
2. Suami (Dwi Setiawan) dan anak tercinta (Bima Pratama W) , terima kasih atas kesabaran dan dukungan yang diberikan
3. Nenek tercinta , terima kasih atas motivasi dan do'a yang diberikan pada saya
4. Segenap keluargaku yang tidak dapat aku sebutkan semuanya
5. Almamater yang kubanggakan.

HALAMAN PENGANTAR

Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb)

Skripsi

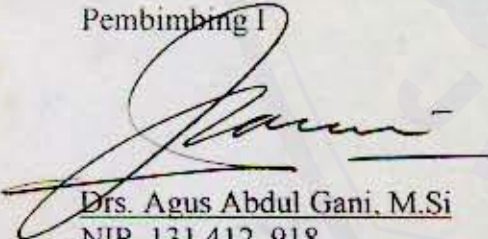
Diajukan untuk dipertahankan di depan tim penguji guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan program sarjana (S1) Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam FKIP Universitas Jember

Oleh


Nama : Henny Puspitasari
NIM : 970210103006
Jurusan/Program : P.MIPA/ P. Biologi
Daerah Asal : Kediri, Jawa Timur
Tempat/tanggal lahir : Kediri / 9 Maret 1979

Disetujui oleh:

Pembimbing I


Drs. Agus Abdul Gani, M.Si
NIP. 131 412 918

Pembimbing II


Ir. Imam Mudakir, M.Si
NIP. 131 877 580

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember sebagai skripsi


Hari : Senin
Tanggal : 2 Juni 2003
Tempat : Gedung 3 FKIP Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua


Drs. Suratno, M.Si
NIP. 131 993 443

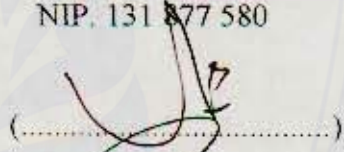
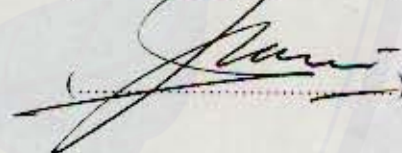
Sekretaris


Ir. Imam Mudakir M.Si
NIP. 131 877 580

Anggota

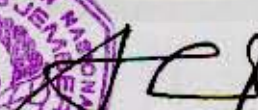
1. Dra. Pujiastutik M.Si
NIP. 131 660 788

2. Drs. Agus Abdul Gani M.Si
NIP. 131 412 918


(.....)

(.....)

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember




Dwi Suparno, M. Hum
NIP. 131 274 727

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah (skripsi) yang berjudul “ Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb) “. Skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar S1 dari Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
3. Drs. Agus Abdul Gani M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Ir. Imam Mudakir M.Si selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan serta saran yang telah diberikan mulai awal sampai akhir penyusunan skripsi ini.
4. Ketua Laboratorium Fakultas MIPA Kimia Universitas Malang, Teknisi Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Malang, Teknisi Laboratorium Biologi FKIP Universitas Jember, terima kasih atas semua bantuan dan peminjaman alatnya.
5. Segenap dosen FKIP umumnya dan dosen Jurusan Pendidikan MIPA FKIP khususnya yang telah membimbing segala proses pencapaian gelar S1 Universitas Jember.
6. Teman-teman Biologi '97, terima kasih atas dukungannya.
7. Adik – adik di Barokah Graha jalan Kalimantan X / 23A, terima kasih atas persahabatan dan dukungan yang telah diberikan.
8. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam tulisan ini masih perlu kritik dan saran untuk penyempurnaan. Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Amien.

Jember, Juni 2003

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN PENGANTAR	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK.....	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	4
2.1.1 Lingkungan Perairan	5
2.2 Air Limbah.....	6
2.3 Logam Berat Timbal dalam Perairan	7
2.4 Kepekaan Tanaman Terhadap Logam Berat.....	9
2.5 Pengaruh Timbal (Pb) dalam Tanaman.....	10
2.6 Mekanisme Toksisitas Timbal Tanaman	10
2.7 Mekanisme Akumulasi Timbal dalam Tanaman	11

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.2.1 Alat-alat Penelitian	12
3.2.2 Bahan Penelitian	12
3.3 Rancangan Percobaan	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian	13
3.4.1 Penyemaian Benih Kangkung Air	13
3.4.2 Persiapan Bahan dan Pembuatan Larutan Nutrisi Tanaman Kangkung Air dalam Sistem Hidroponik	13
3.4.3 Perlakuan Penanaman Kangkung Air	14
3.5 Pengambilan Data Kangkung Air	15
3.5.1 Parameter Pertumbuhan Kangkung Air	15
3.5.2 Parameter Kandungan Timbal Dalam Kangkung Air	15
3.6 Pengukuran Sampel	16
3.7 Analisis Data	16

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	17
4.1.1 Kemampuan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) Dalam Menyerap Timbal (Pb)	17
4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Panjang Batang, Panjang Akar, Dan Jumlah Daun Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk)	19
4.1.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal Dalam Air Terhadap Berat Basah Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk)	20
4.1.4 Pengaruh Konsentrasi Timbal Dalam Air Terhadap Berat Kering Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk)	21

4.2 Pembahasan	23
4.2.1 Kemampuan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) Dalam Menyerap Timbal.....	23
4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Timbal Terhadap Pertumbuhan Kangkung air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	28
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Berat Basah Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	31
4.2.4 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Berat Kering Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

NO	Judul	Hal
1.	Kandungan Logam Berat dalam Air Kondisi Alamiah	7
2.	Kepekatan logam berat pada daun yang memperlihatkan batas toksisitas terhadap tanaman	9
3.	Data Rata-Rata Berat Basah Total Organ Kangkung Air	17
4.	Data Rata-Rata Berat Kering Total Organ Kangkung Air	18
5.	Kandungan Rata-Rata Timbal dalam Organ Tanaman Kangkung Air	18
6.	Parameter Rata- Rata Panjang Batang, Panjang Akar, Jumlah Daun Kangkung Air	20
7.	Data Rata-Rata Berat Basah Organ Tanaman Kangkung Air	21
8.	Data Rata-Rata Berat Kering Organ Tanaman Kangkung air	22

DAFTAR GAMBAR

NO	Judul	Hal
1.	Diagram Batang Kandungan Timbal Dalam Kangkung Air	19
2.	Ikatan Kompleks antara Timbal dengan Protein	27



DAFTAR LAMPIRAN

NO	Judul	Hal
1.	Data Berat Basah Total, Berat Kering Total, Abu Total, Konsentrasi Timbal, dan Perhitungan Kandungan Timbal dalam Kangkung Air	37
2.	Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal Dalam Batang Kangkung Air	40
3.	Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal Dalam Daun Kangkung Air	41
4.	Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal Dalam Akar Kangkung Air	42
5.	Data dan Hasil Sidik Ragam Panjang Batang Kangkung Air	43
6.	Data dan Hasil Sidik Ragam Jumlah Daun Kangkung Air	44
7.	Data dan Hasil Sidik Ragam Panjang Akar Kangkung Air	45
8.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Batang Kangkung Air....	46
9.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Daun Kangkung Air	47
10.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Akar Kangkung Air	48
11.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Batang Kangkung Air	49
12.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Daun Kangkung Air....	50
13.	Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Akar Kangkung Air....	51
14.	Matrik Penelitian	52
15.	Foto Kegiatan Penelitian	53
16.	Kegiatan Konsultasi Penyusunan Skripsi	55

ABSTRAK

Henny Puspitasari. Juni. 2003. **Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb).** Program Studi Pendidikan Biologi. Jurusan Pendidikan MIPA. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pembimbing I : Drs. Agus Abdul Gani M.Si

Pembimbing II : Ir. Imam Mudakir M.Si

Telah dilakukan penelitian daya absorpsi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) terhadap unsur logam berat timbal. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan daya absorpsi tanaman kangkung air pada akar, batang, dan daun terhadap timbal dan bagaimana pengaruh timbal terhadap pertumbuhan kangkung air. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan 3 ulangan. Kangkung air hasil perlakuan didekstruksi secara kering. Larutan sampel dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi timbal di air dapat mempengaruhi kandungan timbal pada organ kangkung air. Semakin besar konsentrasi timbal dalam air maka semakin besar pula kandungan timbal dalam organ kangkung air dan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Keberadaan timbal di medium tanam pada konsentrasi 1500 ppm menyebabkan adanya kandungan timbal di akar kangkung air adalah 0,3 %, di daun sebesar 0,69 %, di batang sebesar 0,93%. Medium tanam pada konsentrasi timbal 1500 ppm menghasilkan parameter pertumbuhan paling rendah yaitu panjang batang (17,2 cm), panjang akar (5,5 cm) dan jumlah daun (4,5 helai), berat basah daun (4,15 gram), berat basah akar (2,16 gram), berat basah batang (4,32 gram), berat kering batang (3,13 gram), berat kering daun (3,61 gram), berat kering akar (1,12 gram).

Kata Kunci : Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk), Timbal (Pb), Dekstruksi kering

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kangkung adalah tanaman sayuran, yang sangat dikenal masyarakat Indonesia. Sayuran ini mempunyai kandungan gizi yang sangat tinggi dan lengkap seperti kalori, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor dan zat besi, natrium, kalium, vitamin A, vitamin B, dan vitamin C (Rusdi, 1998: 84)

Syarat yang terpenting bagi pertumbuhan kangkung adalah lokasi lahan terbuka dan cukup mendapat sinar matahari. Pembudidayaan kangkung sangat tergantung dari jenisnya. Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) membutuhkan areal yang banyak mengandung air dan lumpur. Kangkung darat menghendaki tanah yang subur, gembur, dan banyak mengandung humus serta tidak becek. Jika lahan becek, maka akar-akar dan batang kangkung akan mudah membusuk dan akhirnya mati (Rukmana, 1994: 21)

Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) hidup di sungai-sungai atau rawa-rawa. Air sungai banyak mengandung limbah, limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1% berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik (Mahida, 1986:9).

Limbah yang sangat beracun pada umumnya merupakan limbah kimia atau dalam bentuk unsur/ionisasi. Senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup adalah senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Toksisitas dari logam-logam berat seperti tembaga, merkuri, kadmium, timbal dan besi menjadi masalah dunia internasional (Palar, 1994: 31).

Timbal sebagai salah satu logam berat lebih tersebar luas dibanding logam toksik lainnya. Kadarnya dalam lingkungan meningkat karena penambangan, peleburan, pembersihan dan berbagai penggunaan lainnya (Frank, 1995: 358)

Tanaman air dapat digunakan untuk membersihkan limbah. Tanaman kangkung air yang banyak tumbuh di lingkungan perairan juga tidak lepas dari pengaruh adanya limbah. Adanya unsur-unsur logam berat tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kangkung air. Kangkung air

mampu menyerap unsur tak esensial seperti timbal, kadmium, perak dan timah dalam batas yang meracuni (Frank,1995: 370). Timbal merupakan salah satu unsur tak esensial yang disimpan dalam diktiom tanaman yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kangkung air.

Menurut Miller dan Connel (1995: 424) pengaruh timbal tersebut diperlihatkan oleh adanya gangguan pada pembentukan enzim yang terlibat dalam biogenesis klorofil. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti mengadakan penelitian mengenai daya absorpsi tanaman kangkung air pada akar, batang, dan daun terhadap unsur logam timbal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang diungkap adalah:

- 1) adakah pengaruh konsentrasi timbal di air terhadap kandungan timbal pada organ tanaman kangkung air ?
- 2) adakah pengaruh konsentrasi timbal terhadap pertumbuhan kangkung air ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) lama penanaman kangkung air adalah 25 hari (Prihmantoro dan Indriani, 2002:24)
- 2) kadar timbal (Pb) yang diamati adalah kadar Pb total pada akar, batang dan daun kangkung air
- 3) mengamati pertumbuhan kangkung air, pada tinggi tanaman, jumlah akar, jumlah daun, warna daun, berat basah, dan berat kering kangkung air.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) untuk mengetahui ada pengaruh konsentrasi timbal di air terhadap kandungan timbal pada organ kangkung air
- 2) untuk mengetahui pengaruh konsentrasi timbal terhadap pertumbuhan tanaman kangkung air

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diambil setelah dilaksanakan penelitian ini yaitu:

- 1) sebagai bahan pertimbangan untuk menangani limbah logam berat
- 2) sebagai bahan acuan untuk mengurangi pencemaran limbah logam berat
- 3) sebagai bahan referensi untuk mempelajari kemampuan kangkung air dalam menyerap timbal dalam lingkungan yang tercemar.





II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Kedudukan tanaman kangkung air dalam tatanan tumbuhan diklasifikasikan ke dalam:

Divisio	: Spermatophyta
Sub-divvisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledon
Ordo	: Polemoniales
Famili	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomoea</i>
Spesies	: <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk

(Rukmana, 1994: 5)

Kangkung air merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Batang tanaman berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (herbaceous) dan berlubang-lubang. Batang tanaman kangkung air tumbuh merambat atau menjalar dan percabangannya banyak. Sistem perakaran tanaman kangkung air yaitu akar tunggang dan cabang akarnya menyebar ke semua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60-100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100-150 cm atau lebih. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang dan ketiak daunnya terdapat mata tunas yang dapat tumbuh menjadi percabangan baru. Selama fase pertumbuhannya tanaman kangkung dapat berbunga, berbuah, dan berbiji. Bentuk bunga seperti terompet berwarna putih kekuning-kuningan atau kemerah-merahan. Buah kangkung air berbentuk bulat telur yang di dalamnya berisi tiga butir biji. Bentuk biji kangkung bersegi-segi atau agak bulat, berwarna coklat atau kehitam-hitaman dan termasuk biji berkeping dua. Daya adaptasi kangkung air sangat luas terhadap kondisi iklim dan tanah di daerah tropis, sehingga dapat ditanam di berbagai daerah atau wilayah di Indonesia. Kangkung air dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di dataran rendah sampai dataran tinggi \pm 2000 meter di atas permukaan laut, dan

diutamakan di lahan terbuka atau mendapat sinar matahari yang cukup (Rukmana, 1994: 6)

Pada umumnya daun tanaman kangkung air memiliki persamaan struktur, meskipun berbeda-beda tergantung jenisnya. Daun yang tenggelam dalam air umumnya bertoreh-toreh, helaiannya tipis, mesofil hanya beberapa lapis sel atau bahkan tidak mempunyai mesofil. Stomata tidak ada. Epidermis dapat mengandung kloroplas.

Daun terapung umumnya lebih utuh, lebih tebal dengan stomata di atas saja. Daun tumbuhan kangkung air, xilemnya sangat sedikit dibanding floemnya dan terdapat ruang udara yang besar antar sel-sel mesofilnya. Mesofil tidak terdiferensiasi menjadi jaringan bunga karang (Soerodikoesoemo, 1987:30).

2.1.1 Lingkungan Perairan

Air bersifat penting dan merupakan bahan yang paling melimpah di dalam protoplasma, sehingga dapat dikatakan bahwa semua makhluk hidup bersifat akuatik (Soetjipto, 1993:70). Dalam kenyataannya yang dikatakan habitat akuatik adalah habitat dengan air sebagai medium internal dan external. Perairan air tawar dapat dibedakan menjadi perairan yang tidak mengalir dan perairan yang mengalir.

Habitat perairan tawar hanya bagian kecil di permukaan bumi dibandingkan dengan habitat daratan dan perairan lautan, tetapi kepentingannya bagi makhluk hidup terutama bagi manusia jauh lebih besar. Air memiliki sifat termal yang dapat meminimumkan perubahan suhu, sehingga kisaran perbedaan lebih kecil serta perubahan terjadi lebih lambat di air daripada di udara. Sifat termal antara lain: panas jenis lebih tinggi, panas fusi laten tinggi, panas evaporasi tinggi, dan air memiliki massa jenis paling besar pada 4° C (Soetjipto, 1993: 83)

Kadar oksigen terlarut (D.O) dan keperluan oksigen biologik (B.O.D) di lingkungan air tawar menjadi faktor fisik yang paling banyak diukur dan dipelajari dengan intensif. Kadar garam di lingkungan perairan lebih rendah dibandingkan di dalam cairan internal tubuh atau sel makhluk air tawar. Makhluk yang hidup di perairan tawar dapat digolongkan secara ekologi. Berdasarkan sub habitatnya,

ada 3 golongan intrinsik di perairan tawar, yaitu: zone litoral, zone limnetik dan zone profunde (Soetjipto, 1993:75).

Tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) merupakan organisme perairan tawar di zone litoral. Zone ini berupa perairan dangkal yang penetrasi cahaya sampai di dasar perairan. Zone ini banyak ditumbuhi tanaman berakar di danau atau kolam alami, dan dikenal sebagai tanaman hidrofit.

2.2 Air Limbah

Air merupakan zat yang penting dalam kehidupan makhluk hidup dari yang berspesies rendah sampai tinggi termasuk manusia dan tanaman. Air dapat dikatakan sebagai pelarut universal. Air sebagai pelarut universal dapat melarutkan bahan-bahan tertentu, dari bahan yang sifatnya menguntungkan sampai yang berbahaya sehingga dapat menimbulkan pencemaran air. Bahan pencemar yang berbahaya akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan, salah satunya adalah logam berat. Berbagai macam kasus pencemaran logam berat pernah dilaporkan baik di negara maju maupun negara yang sedang berkembang. Begitu pula akibat buruk terhadap lingkungan sekitarnya.

Pada air tawar yang biasanya mengalir di sungai, logam yang terkandung di dalamnya biasanya berasal dari buangan air limbah, erosi dan dari udara secara langsung. Air tawar biasanya mengandung material anorganik dan organik lebih banyak mengabsorpsi logam, sehingga pencemaran pada air tawar lebih mudah terjadi (Darmono, 1995: 75)

Tabel 1 : Kandungan Logam Berat dalam Air Kondisi Alamiah

Jenis Logam	Air Laut ($\mu\text{g/l}$)	Air Tawar ($\mu\text{g/l}$)
Al	1.00	-
As	0.30	0.05
Cd	0.11	0.3
Cr	0.20	-
Co	0.05	-
Cu	2.00	-
Fe	3.40	-
Pb	0.03	0.3
Mn	1.90	-
Hg	0.15	0.1
Ni	2.00	-
Ag	0.28	-
Zn	2.00	-

(Darmono,1995: 19)

2.3 Logam Berat Timbal dalam Perairan

Timbal atau dalam bahasa kesehariannya disebut timah hitam, dalam bahasa ilmiah dinamakan *Plumbum*, dan logam ini disimbulkan dengan Pb. (Palar, 1994: 74). Timbal adalah sejenis logam lunak dan berwarna coklat kehitaman serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Sifat-sifat dan kegunaan logam timbal adalah mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia aktif, dapat membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, dan kepadatannya melebihi logam lain.

Timbal (Pb) banyak dikenal di masyarakat. Timbal banyak digunakan di perindustrian dan pabrik-pabrik. Bahaya yang ditimbulkan penggunaan timbal ini adalah sering menyebabkan keracunan pada makhluk hidup. Keracunan Pb ini kebanyakan disebabkan oleh pencemaran lingkungan atau udara, terutama di kota-

kota besar (Darmono, 1995: 5-6). Pencemaran logam berat timbal terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam oleh manusia. Suatu proses industri yang memerlukan suhu tinggi seperti pertambangan batubara, pemurnian minyak, pengecoran logam banyak mengeluarkan limbah pencemaran. Logam tersebut biasanya terikat dalam bentuk bahan organik dan fraksi mineral. Jika logam tersebut sampai pada lingkungan sekitar maka akan terjadi aliran massa dari timbal di lingkungan ke dalam tubuh makhluk hidup sehingga menyebabkan keracunan pada makhluk hidup.

Logam timbal di lingkungan perairan umumnya berada dalam bentuk ion. Ion-ion itu merupakan ion bebas, dan pasangan ion organik. Menurut Leckie dan James dalam Palar, (1994: 32), bahwa kelarutan unsur logam berat dalam lingkungan perairan dikontrol oleh:

- 1) pH lingkungan air
- 2) jenis dan konsentrasi logam
- 3) keadaan komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks.

Timbal yang masuk ke dalam perairan sebagai dampak dari aktifitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Diantaranya adalah air buangan dari industri yang berkaitan dengan timbal, air buangan dari pertambangan timbal dan buangan dari industri baterai. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan (Palar, 1994: 81)

Timbal yang larut dalam perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap semua biota perairan tidak sama. Tetapi kehancuran dari satu kelompok dapat menjadikan terputusnya satu mata rantai kehidupan. Pada tingkat selanjutnya, keadaan tersebut dapat menghancurkan tatanan ekosistem perairan.

2.4 Kepekaan Tanaman Terhadap Logam Berat

Tanaman memerlukan unsur mineral dari lingkungan sebagai unsur nutrisi dalam jumlah yang sedikit, tetapi peka terhadap kandungan logam yang tinggi. Pembebasan logam berat dalam jumlah besar akibat ulah manusia menyebabkan

rusaknya lingkungan alamiah termasuk tanaman. Lingkungan yang bersifat asam akan meningkatkan pelarutan dan ketersediaan logam berat yang berlebihan. Hal ini akan mengakibatkan rusaknya spesies tanaman yang diikuti dengan naiknya kandungan logam berat dalam akar dan tanah sekitarnya (Darmono, 1995:17).

Logam berat yang terikat dengan asam kompleks dan garam kompleks kurang dapat digunakan oleh akar tanaman dibanding ion logam yang bebas. Toksisitas logam berat seperti Zn, Cu, Pb, Fe dalam pertumbuhan tanaman tergantung pada tanaman bibit dan sistem akarnya. Disamping lama waktu terjadinya toksisitas, derajat toksisitas juga dipengaruhi oleh ketersediaan logam serta interaksi dengan logam lain. Beberapa spesies tanaman dapat mentolerir toksisitas logam, tetapi spesies tertentu yang peka akan menderita keracunan meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Kepekatan yang berlebihan dari sebagian logam berat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan produktifitas tanaman serta kematian dalam beberapa kasus.

Tabel 2 : Kepekatan logam berat pada daun yang memperlihatkan batas toksisitas terhadap tanaman.

Tanaman	Logam	Batas Toksisitas (ppm)
Tanaman tingkat tinggi	Timah hitam	1000
	Seng	100
	Kadmium	10
<i>Hypogymnia physodes</i> (lumut)	Timah hitam	718-918
	Tembaga	210-405
	Seng	168-233
	Kadmium	5
<i>Parmelia squarrosa</i>	Timah hitam	175-575
	Tembaga	255-283
	Seng	200-260
	Kadmium	3.5-4.7

(Cornell dan Miller, 1995: 423)

2.5 Pengaruh Timbal (Pb) dalam Tanaman

Mekanisme toksisitas logam secara umum dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu: (1) yang menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul, (2) yang menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul, (3) yang mengubah konformasi aktif biomolekul (Connel dan Miller, 1995: 370). Berdasarkan pembagian tersebut, maka kepekatan yang berlebihan logam timbal dapat menghambat gugus fungsi biologis dalam biomolekul tanaman yaitu enzim.

Enzim adalah suatu katalis dalam mempercepat laju metabolik makhluk hidup yang tersusun atas protein (Salisbury dan Ross, 1992: 3). Adanya timbal sebagai senyawa penghambat dapat menghalangi efek katalis enzim. Bila kombinasi enzim dan penghambat terbentuk maka konsentrasi molekul enzim yang efektif berkurang dan dapat menurunkan laju reaksi. Timbal dapat mengganti gugus -SH pada ikatan disulfida dengan -H- sehingga terjadi denaturasi. Apabila protein mengalami denaturasi maka pembentukan enzim akan terhambat.

Adanya timbal dapat menyebabkan terbatasnya jumlah fosfor, kalium, dan besi dalam jaringan akar tanaman. Pelepasan timbal ke dalam sitoplasma tumbuhan dapat menghambat pembentukan enzim asam γ -aminolevulinat hidratase dan profobilinogenase dalam proses biogenesis klorofil (Connel dan Miller, 1995: 424).

2.6 Mekanisme Toksisitas Timbal (Pb) dalam Tanaman

Pengaruh toksisitas timbal terhadap tumbuhan disebabkan karena kondisi asam lingkungan sekitarnya (Darmono, 1995: 16). Toksisitas Pb menyebabkan menurunnya mineral dalam bahan organik tumbuhan. Pengaruh utama timbal ialah menurunkan daya absorpsi tanaman terhadap unsur fosfor, kalium dan besi dalam jaringan tanaman (Connel dan Miller, 1993: 424). Apabila tanaman kekurangan unsur fosfor, kalium dan besi maka pertumbuhan tanaman akan terganggu. Fosfor dan kalium merupakan unsur makro bagi tanaman yang dapat memacu pertumbuhan akar dan jaringan meristem.

Jumlah timbal yang tinggi dalam air disebabkan oleh lepasnya kation sehingga menyebabkan konsentrasi timbal meningkat dan konsentrasi fosfor, kalium dan besi menurun. Perbedaan perbandingan tersebut dapat menyebabkan kompetisi dari unsur-unsur itu. Apabila unsur fosfor, kalium, besi menurun maka lingkungan menjadi asam. Jika lingkungan asam maka nutrisi akan bersifat asam pula yang akan mengakibatkan rusaknya akar. Akar tanaman yang rusak akan menyebabkan proses penyerapan air dan nutrisi terganggu sehingga tumbuhan lebih peka terhadap hama dan penyakit serta menghambat proses fotosintesis.

2.7 Mekanisme Akumulasi Timbal (Pb) Dalam Tanaman

Dinamika logam dalam air baik jenis air maupun biota yang hidup di air telah banyak diteliti, terutama dalam memonitor pencemaran logam berat pada lingkungan perairan. Pada musim hujan kandungan logam berat akan lebih kecil karena adanya proses pelarutan sedangkan pada musim kemarau kandungan logam berat lebih terkonsentrasi. Kandungan logam berat dalam biota air akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam bioakumulatif (Darmono, 1995:24)

Pada logam-logam esensial biasanya mengalami regulasi tetapi pada logam nonesensial (Pb, Hg, Cd) kandungan logam dalam jaringan akan terus naik sesuai dengan konsentrasi logam dalam lingkungan air. Logam berat Pb, Hg, Cd masuk ke dalam tumbuhan melalui penetrasi ke dalam membran sel. Membran sel bersifat lipid bilayer artinya terdiri atas dua lapisan dan mengandung lipida 50% dan protein 50% (Kimball, 1983: 88). Timbal masuk melalui membran sel diikat oleh protein dalam membran dan bersenyawa dengan protein membentuk senyawa *metalotionein* (Darmono, 1983:27)

Akumulasi timbal dalam tanaman dapat terjadi pada diktiom (Hay dan Fitter, 1981:265). Keberadaan timbal dalam tanaman selain diakumulasikan dalam diktiom, timbal juga dapat mempengaruhi banyak organel sel karena timbal dapat bersenyawa dengan protein jaringan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Greenhouse Laboratorium Biologi FKIP Universitas Jember sebagai tempat penanaman kangkung air secara hidroponik dan Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Negeri Malang sebagai tempat untuk pengukuran timbal dalam organ kangkung air. Adapun waktu penelitian berlangsung selama 3 bulan, mulai 5 November tahun 2002 sampai dengan 30 Januari tahun 2003.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: bak kaca ukuran 30 x 30 x 30 cm, neraca, gelas ukur 50 ml, beaker gelas 250 ml, pipet ukur, corong, AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) tipe 6200 merek Shimadzu, styro foam, tabung erlenmeyer, cutter, aerator, jam dinding, mortar, penumbuk, heater elektrik, cawan porselen, gelas arloji, pengaduk, beaker glass 1000 ml, bak pembibitan, pemberat aerator, selang air, penggaris, spon.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : tanaman kangkung air, aquades, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, Fe-EDTA, H_3BO_3 , $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2CO_3 , semua bahan berkualitas *pure analysis*.

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan variasi konsentrasi timbal (Pb) dalam satuan part per milium (ppm) yang terdiri dari 4 taraf dengan 3 kali ulangan

- p0 : 0 ppm
- p1 : 500 ppm
- p2 : 1000 ppm
- p3 : 1500 ppm

Model matematis yang digunakan Pollet (1994:324), sebagai berikut:

$$Y_{ij} = U + T_i + \Sigma_{ij}$$

Keterangan :

- i : perlakuan 1, 2, 3, 4 dan 5
- j : ulangan 1, 2, 3
- U : nilai tengah umum
- Y_{ij} : nilai pengamatan dengan percobaan ke-I dan ulangan ke-j
- T_i : pengaruh perlakuan ke - i
- Σ_{ij} : kesalahan atau galat percobaan pada perlakuan ke-i ulangan ke-j

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyemaian Benih Kangkung Air

Mengukur spon ukuran 10 cm x 20 cm. Pada spon tersebut dibuat kotak bujursangkar ukuran 2 cm x 2 cm. Pada masing-masing kotak bujursangkar disayat dengan cutter sedalam kurang lebih 1 cm dan panjang 1 cm secara vertikal. Kemudian benih disemaikan pada masing-masing sayatan tersebut. Tiap sayatan diberi 2 benih kangkung air. Spon yang telah diberi benih kemudian ditaruh di bak persemaian dan diberi air setinggi 1 cm. Setelah benih tumbuh menjadi bibit, maka larutan nutrisi diberikan juga pada air sebagai nutrisi awal bibit kangkung air. Bibit siap ditanam setelah 8 hari dari pembenihan.

3.4.2 Persiapan Bahan dan Pembuatan Larutan Nutrisi Tanaman Kangkung Air dalam Sistem Hidroponik

Medium tanam yang digunakan adalah air murni dalam bak kaca ukuran 30 x 30 x 30 cm. Air murni yang diperlukan sebanyak 10 liter setiap 1 bak kaca.. Sirkulasi udara dilakukan dengan menggunakan aerator. Dua bak kaca dapat menggunakan 1 aerator.

Formula nutrisi kangkung air yang digunakan dalam penelitian ini adalah formula Evergreen. Komposisi bahan-bahan nutrisi tersebut terdiri atas:

1) KNO_3	14,14 gram
2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7,08 gram
3) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4,92 gram
4) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	3,04 gram
5) Fe-EDTA	0,4 gram
6) H_3BO_3	0,06 gram
7) $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,04 gram

Bahan-bahan nutrisi tersebut dilarutkan dalam 10 liter aquades kemudian dimasukkan ke dalam satu bak kaca. Setelah membuat larutan nutrisi, maka bibit tanaman kangkung air siap ditanam.

3.4.3 Perlakuan Penanaman Kangkung Air

Penanaman tanaman kangkung air dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Larutan nutrisi dimasukkan ke dalam bak kaca tanpa penambahan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ pada perlakuan p0 (0 ppm) . Kemudian bibit kangkung air dipindahkan ke bak kaca dengan menanamnya pada styrofoam yang telah diletakkan diatas permukaan air dengan jarak lubang tanam 5 cm. Pada setiap bak kaca terdapat 9 tanaman.
- 2) Larutan nutrisi dimasukkan ke dalam bak kaca dengan menambahkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebesar 7,99 g pada perlakuan p1 (500 ppm) . Kemudian bibit kangkung air dipindahkan ke bak kaca dengan menanamnya pada styrofoam yang telah diletakkan diatas permukaan air dengan jarak lubang tanam 5 cm. Pada setiap bak kaca terdapat 9 tanaman.
- 3) Larutan nutrisi dimasukkan ke dalam bak kaca dengan menambahkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebesar 15,99 g pada perlakuan p2 (1000 ppm) . Kemudian bibit kangkung air dipindahkan ke bak kaca dengan menanamnya pada styrofoam yang telah diletakkan diatas permukaan air dengan jarak lubang tanam 5 cm. Pada setiap bak kaca terdapat 9 tanaman.

- 4) Larutan nutrisi dimasukkan kedalam bak kaca dengan menambahkan $Pb(NO_3)_2$ sebesar 23,99 g pada perlakuan p3 (1500 ppm) . Kemudian bibit kangkung air dipindahkan ke bak kaca dengan menanamnya pada styrofoam yang telah diletakkan diatas permukaan air dengan jarak lubang tanam 5 cm. Pada setiap bak kaca terdapat 9 tanaman.

3.5 Pengambilan Data Tanaman Kangkung Air

Setelah usia 25 hari dari pemindahan bibit ke media tanam secara hidroponik, maka kangkung air dapat dipanen.

3.5.1 Parameter Kandungan Timbal Dalam Tanaman Kangkung Air

Parameter kandungan timbal ini adalah kandungan logam berat timbal (Pb) dalam akar, batang, daun kangkung air. Langkah-langkah penanganannya sebagai berikut:

- 1) organ kangkung air ditimbang beratnya sebagai berat basah
- 2) setelah ditimbang, organ tanaman kangkung air dikeringkan di oven pada suhu $80^{\circ} C$ selama 48 jam
- 3) organ kangkung air yang telah dikeringkan ditimbang lagi sebagai berat kering
- 4) sampel kering ditumbuk halus dan ditimbang beratnya
- 5) menambahkan Na_2CO_3 pada sampel kering yang telah ditumbuk dengan perbandingan antara massa sampel kering dan massa Na_2CO_3 adalah 1:1.
- 6) sampel difurnis pada suhu $600^{\circ} C$ sampai menjadi abu putih
- 7) menambahkan HNO_3 6M sebanyak 200 ml pada 2 gram abu kemudian dipanaskan sampai larutan menjadi jernih
- 8) mengambil larutan sebanyak 10 ml dan diamati di AAS tipe 6200 merek Shimadzu.

3.5.2 Parameter Pertumbuhan Kangkung Air

Parameter pertumbuhan dalam penelitian ini berasal dari

- 1) jumlah daun dan warnanya yaitu menghitung jumlah daun yang sudah mekar penuh.

- 2) tinggi tanaman, yaitu mengukur panjang tunas dari pangkal sampai ujung daun terakhir, diukur pada akhir percobaan
- 3) panjang akar, yaitu mengukur panjang akar utama dari pangkal sampai ujung akar, diukur pada akhir percobaan.
- 4) berat basah akar, batang, daun tanaman kangkung air, yaitu menimbang organ tanaman setelah dipanen pada umur 25 hari.
- 9) berat kering akar, batang, daun tanaman kangkung air, yaitu menimbang organ tanaman setelah dikeringkan pada oven pada suhu 80°C selama 48 jam.

3.6 Pengukuran Sampel

Cara memperoleh data pada penelitian ini adalah dengan mengukur sampel sebanyak 10 ml pada AAS. Dari pengukuran pada AAS akan nampak data absorbansi dan konsentrasi timbal yang terserap

3.7 Analisis Data

Analisis data menggunakan metode statistik dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan dilakukan perhitungan Analisa Sidik Ragam. Jika hasil perhitungan menunjukkan perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji BNT 5% (Sastrosupadi, 1995: 51).

Data juga dibuat dalam bentuk diagram batang untuk mengetahui perbedaan kandungan timbal dalam organ tanaman.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan pengamatan pertumbuhan kangkung air selama 25 hari dan selanjutnya dianalisis kandungan logam berat timbal diperoleh hasil sebagai berikut:

4.1.1 Kemampuan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) Dalam Menyerap Timbal (Pb)

Perlakuan untuk mengetahui kandungan timbal dalam organ kangkung air diawali dengan menimbang berat basah dan berat kering total organ kangkung air. Setelah menimbang berat basah dan berat kering total, organ kangkung air diabukan pada suhu 600°C sampai menjadi abu putih. Hasil pengabuan ditimbang beratnya dan diambil 2 gram sebagai sampel yang dilarutkan dalam HNO_3 pekat pada volume 200 ml. Larutan dipanaskan sampai menjadi jernih dan diambil 10 ml sebagai sampel untuk pengukuran di AAS. Berikut ini data berat basah dan berat kering total organ kangkung air.

Tabel 3. Data Rata-Rata Berat Basah Total Organ Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Berat Basah Total Pada Organ		
	Batang (gram)	Daun (gram)	Akar (gram)
p0 = 0 ppm	29,42	33,6	19,18
p1 = 500 ppm	27,86	27,62	17,48
p2 = 1000 ppm	26,16	27,02	14,78
p3 = 1500 ppm	25,94	24,94	12,98

Tabel 4. Data Rata-Rata Berat Kering Total Organ Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Berat Kering Total Pada Organ		
	Batang (gram)	Daun (gram)	Akar (gram)
p1 = 0 ppm	22,12	27,06	12,88
p0 = 500 ppm	21,00	25,64	11,22
p2 = 1000 ppm	20,34	23,94	9,54
p3 = 1500 ppm	18,78	21,64	6,72

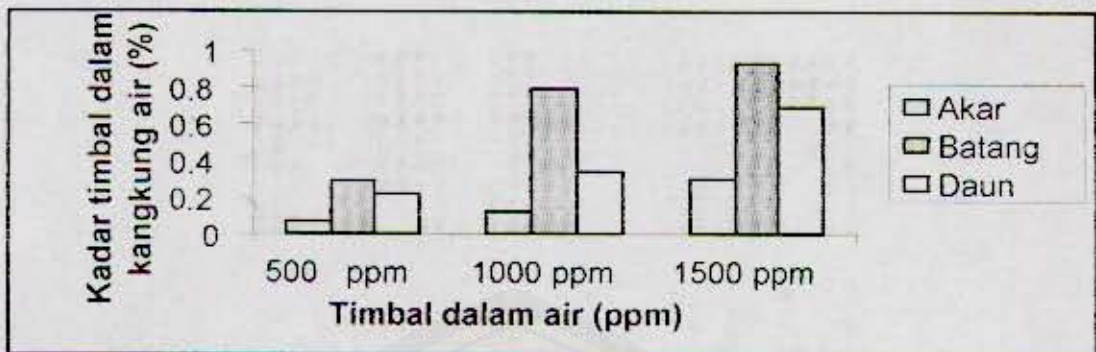
Hasil perhitungan kandungan timbal dalam kangkung air selengkapnya terdapat pada lampiran 1. Hasil uji BNT 5% (lampiran 2.3.4) pengaruh konsentrasi timbal dalam air terhadap kandungan timbal dalam kangkung air ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 5 : Kandungan Rata-Rata Timbal Dalam Organ Tanaman Kangkung Air

Perlakuan	Kandungan Timbal Pada Organ		
	Batang (%)	Daun (%)	Akar (%)
p0 = 0 ppm	0,00 a	0,00 a	0,00 a
p1 = 500 ppm	0,29 b	0,22 b	0,07 b
p2 = 1000 ppm	0,79 c	0,34 c	0,14 c
p3 = 1500 ppm	0,93 d	0,69 d	0,30 d
BNT5%	0,05	0,02	0,02
KK	2,80%	1,41%	1,52%

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5 %.

Dari tabel diatas dapat dibuat diagram batang sebagai berikut:



Gambar 1 : Diagram Batang Kandungan Timbal Dalam Kangkung Air

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa kandungan timbal dalam tanaman kangkung air pada organ-organnya diperoleh hasil tertinggi pada konsentrasi 1500 ppm dan hasil terendah pada konsentrasi 0 ppm. Pada kandungan timbal dalam kangkung air perlakuan p0, p1, p2 dan p3 memberikan hasil yang berbeda sangat nyata antara perlakuan satu dengan yang lainnya.

4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Panjang Batang, Panjang Akar, dan Jumlah Daun Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Berdasarkan hasil sidik ragam konsentrasi timbal dalam air menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap panjang batang, panjang akar, jumlah daun kangkung air (lampiran 5,6,7). Hasil uji BNT 5% (lampiran 5,6,7) pengaruh konsentrasi timbal dalam air terhadap panjang batang, panjang akar, jumlah daun kangkung air ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 6 : Parameter Rata-Rata Panjang Batang, Panjang Akar, Jumlah Daun Kangkung Air

Perlakuan	Parameter Organ Tanaman		
	Panjang Batang (cm)	Jumlah Daun (helai)	Panjang Akar (cm)
p0 = 0 ppm	31,2 a	13,133 a	8,5 a
p1 = 500 ppm	26,4 b	9,567 b	7,6 b
p2 = 1000 ppm	25,5 c	7,100 c	6,5 c
p3 = 1500 ppm	17,2 d	4,500 d	5,5 d
BNT5%	0,805268	1,315745	0,339434
KK	2,46%	11,52%	3,63%

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT5%

Berdasarkan hasil uji BNT5% menunjukkan bahwa panjang batang, panjang akar, jumlah daun tanaman kangkung air diperoleh hasil tertinggi pada konsentrasi 0 ppm dan hasil terendah pada konsentrasi 1500 ppm. Pada panjang batang, panjang akar, jumlah daun perlakuan p0, p1, p2 dan p3 memberikan hasil berbeda nyata antara perlakuan satu dengan yang lainnya.

4.1.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Berat Basah Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Berdasarkan hasil sidik ragam, konsentrasi timbal dalam air menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap berat basah kangkung air (lampiran 8,9,10). Hasil uji BNT 5% (lampiran 8,9,10) pengaruh konsentrasi timbal dalam air terhadap berat basah kangkung air ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 7 :Data Rata-Rata Berat Basah Organ Tanaman Kangkung Air

Perlakuan	Berat Basah Organ Tanaman		
	Batang (gram)	Daun (gram)	Akar (gram)
p0 = 0 ppm	4,90 a	5,60 a	3,20 a
p1 = 500 ppm	4,73 b	4,51 b	2,89 b
p2 = 1000 ppm	4,44 c	4,43 b	2,46 c
p3 = 1500 ppm	4,32 d	4,15 c	2,16 d
BNT 5%	0,075117	0,221551	0,077346
KK	1,23%	3,56%	2,17%

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT5%.

Berdasarkan hasil uji BNT5% menunjukkan bahwa berat basah tanaman kangkung air pada organ-organnya diperoleh hasil tertinggi pada konsentrasi 0 ppm dan hasil terendah pada konsentrasi 1500 ppm. Pada berat basah akar dan batang perlakuan p0, p1, p2 dan p3 memberikan hasil yang berbeda nyata antara perlakuan satu dengan yang lainnya sedangkan berat basah daun perlakuan p0 berbeda nyata dengan p1, p2 dan p3, sedangkan antara p1 dan p2 tidak berbeda nyata.

4.1.4 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap Berat Kering Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Berdasarkan hasil sidik ragam konsentrasi timbal dalam air menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap berat kering kangkung air (lampiran 11,12,13). Hasil uji BNT 5% (lampiran 11,12,13) pengaruh konsentrasi timbal dalam air terhadap berat kering kangkung air ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 8 : Data Rata-Rata Berat Kering Organ Tanaman Kangkung Air

Perlakuan	Berat Kering Organ Tanaman		
	Batang (gram)	Daun (gram)	Akar (gram)
p0 = 0 ppm	3,68 a	4,51 a	2,14 a
p1 = 500 ppm	3,50 b	4,29 b	1,87 b
p2 = 1000 ppm	3,39 c	3,99 c	1,59 c
p3 = 1500 ppm	3,13 d	3,61 d	1,12 d
BNT 5%	0,079697	0,043482	0,066679
KK	1,75 %	0,8 %	2,98 %

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT5%.

Berdasarkan hasil uji BNT5% menunjukkan bahwa berat kering tanaman kangkung air pada organ-organnya diperoleh hasil tertinggi pada konsentrasi 0 ppm dan hasil terendah pada konsentrasi 1500 ppm. Pada berat kering akar, batang dan daun perlakuan p0, p1, p2 dan p3 memberikan hasil yang berbeda nyata antara perlakuan satu dengan yang lainnya.

4.2. Pembahasan

4.2.1 Kemampuan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Dalam Menyerap Timbal

Pengukuran kandungan logam timbal dalam kangkung air dilakukan dengan menggunakan teknik Spektroskopi Serapan Atom (SAA). Hasil pengukuran selengkapnya tertera pada lampiran 4. Berdasarkan diagram batang pada gambar 1 dapat diketahui bahwa pada konsentrasi yang berbeda, kandungan timbal dalam organ kangkung air juga berbeda.

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam tanaman kangkung air mempunyai hubungan dengan besarnya konsentrasi timbal dalam air. Berdasarkan diagram batang membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi (ppm) timbal di air maka semakin besar pula kandungan timbal pada tanaman kangkung air dan organ kangkung air yang paling besar dapat mengakumulasi timbal adalah batang tanaman.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi timbal dalam air akan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada kandungan logam timbal dalam akar. Hal ini berdasarkan nilai hitung f hitung (2695,47) lebih besar daripada f tabel 1% (5,99) dan 5% (3,48). Mulai dari pengamatan konsentrasi 0 ppm sampai dengan 1500 ppm rata-rata tertinggi kandungan timbal pada konsentrasi 1500 ppm yaitu 0,30%. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa konsentrasi 1500 ppm memberikan hasil yang tertinggi. Hal ini disebabkan bahwa semakin besar konsentrasi timbal dalam air maka semakin besar pula kandungan logam dalam akar kangkung air..

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi timbal dalam air memberikan pengaruh yang sangat nyata pada kandungan logam timbal dalam daun kangkung air. Hal ini berdasarkan nilai f hitung (3371,23) lebih besar daripada f tabel 5% (3,48) dan f tabel 1% (5,99). Mulai dari pengamatan konsentrasi 0 ppm sampai dengan 1500 ppm rata-rata tertinggi kandungan timbal pada konsentrasi 1500 ppm yaitu 0,69%. Dari fakta tersebut dapat diketahui semakin besar konsentrasi timbal dalam air maka semakin besar pula kandungan timbal dalam daun.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi timbal dalam air memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kandungan logam timbal pada batang tanaman kangkung air. Hal ini berdasarkan nilai f hitung (916,95) lebih besar daripada f tabel 5% (3,48) dan 1%(5,99). Pada pengamatan konsentrasi timbal 0, 500, 1000, 1500 ppm diperoleh rata-rata tertinggi kandungan timbal pada konsentrasi 1500 ppm yaitu 0,93%. Dari ketiga fakta tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi timbal dalam air maka semakin besar pula kandungan timbal dalam jaringan tanaman. Sesuai dengan pendapat Darmono (1995,27) bahwa kandungan logam nonesensial dalam jaringan akan terus meningkat sesuai dengan kenaikan konsentrasi logam dalam lingkungan air.

Masuknya timbal dalam air ke dalam tanaman kangkung air melalui akar tanaman. Pada waktu air masuk secara osmose ke dalam akar maka secara tak langsung timbal juga akan berosmose ke akar. Air akan berosmosis ke sel-sel korteks yang berbatasan dengan epidermis akar. Peristiwa ini akan terus menerus sehingga air akan mencapai sel-sel xylem akar (Heddy, 1986:23)

Gerakan air dalam jaringan pembuluh xylem dilakukan dengan cara intrafasikuler dengan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekanan akar, daya kapilaritas, daya isap daun dan daya kohesi. Faktor-faktor tersebut menyebabkan air terserap ke batang dan daun. Timbal yang ikut larut dalam air secara tak langsung juga dapat terserap pada batang dan daun. Akumulasi timbal dalam xylem akar akan menyebabkan suatu tekanan akibat mengumpulnya tekanan kinetis masing-masing molekul timbal di air. Tekanan tersebut akan mengakibatkan timbal dalam air naik ke atas tanaman melalui kapiler pembuluh xylem daun dan batang tanaman.

Apabila air dalam daun telah digunakan untuk proses fotosintesis atau transpirasi maka sel-sel daun menjadi lebih pekat sehingga tekanan osmose air dalam daun akan naik. Tingginya tekanan osmose air pada daun merupakan daya menghisap air di sekelilingnya, sehingga air yang terlaruti timbal dari batang juga akan terhisap oleh daun. Proses inilah yang menyebabkan timbal juga terdapat pada daun kangkung air

dalam metabolisme tanaman. Apabila timbal dalam air bersamaan dengan keberadaannya dengan nutrisi tanaman maka secara langsung timbal juga akan terserap oleh akar. Dalam akar ini timbal diakumulasikan dalam diktiosom. Diktiosom merupakan organel sel yang berfungsi sebagai sekresi dalam kompleks protein - polisakarida sehingga dapat menyimpan timbal sebagai unsur yang tidak diperlukan oleh tanaman. Dalam sitoplasma terdapat berbagai molekul - molekul kecil-kecil, ion dan sejumlah besar protein (Kimball, 1983:96). Timbal masuk ke akar melalui penetrasi membran sel dan akan berikatan dengan protein membentuk *metalotionein* (Darmono ,1995: 22).

Logam timbal dalam air selalu dalam bentuk ion. Apabila Pb masuk ke organ tanaman akan diakumulasikan dalam diktiosom bersenyawa membentuk *metalotionein*. Senyawa ini bersifat toksik terhadap tanaman. Timbal merupakan logam berat yang terlibat dalam proses enzimatik dan dapat menimbulkan polusi. Logam ini sangat penting dalam proses metabolisme yang mengganggu terhadap metabolisme sel itu sendiri. Vakuola merupakan organel yang hanya terdapat pada sel tumbuhan . Dalam vakuola disimpan berbagai materi , seperti bahan organik maupaun anorganik serta hasil sisa metabolisme (Kimball, 1983:102). Timbal sebagai unsur tak esensial tanaman bersifat toksik dan memiliki konsentrasi yang tinggi. Vakuola tanaman merupakan organel sel yang dapat menyimpan bahan terlarut dalam konsentrasi yang tinggi pula sehingga dapat menyimpan Pb sebagai bentuk toleransi terhadap timbal.

Timbal masuk ke dalam kangkung air dengan cara penetrasi melalui membran sel. Membran sel bersifat lipid bilayer artinya membran sel itu berlapis dua dan dalam bentuk lipida. Permukaan membran sel itulah yang dapat mengikat timbal ke dalam lapisan lipida dan bersenyawa dengan protein. Hal ini sesuai dengan pendapat Kimball (1983:88) bahwa membran sel mengandung kira-kira 50% lipida dan protein 50%.

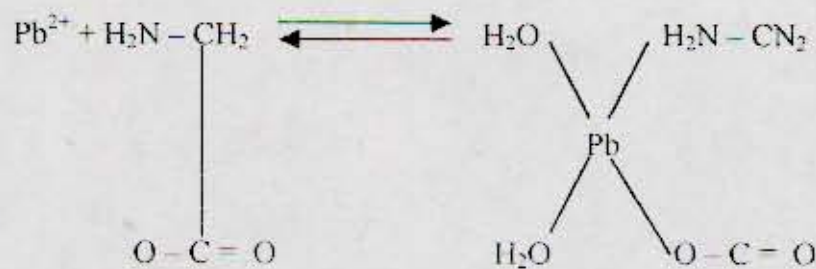
Kebanyakan air secara normal mengandung timbal dalam jumlah sedikit. Oleh karena itu organisme air akan mengadakan penyesuaian terhadap logam di perairan. Mekanisme penyesuaian ini berbeda beda tergantung dari banyak faktor dalam satu spesies atau antar spesies (Darmono, 1993:23).

Dari hasil penelitian ini batang diketahui merupakan organ tanaman yang paling besar dapat mengakumulasi timbal dalam tubuhnya. Timbal disimpan dalam jaringan tanaman dalam bentuk persenyawaan dengan protein. Dalam batang timbal juga bersenyawa dengan protein membentuk *metalotionein*. Senyawa ini disimpan di diktiosom. Diktiosom adalah tumpukan pipih seperti piring berongga dengan tepian yang menggelembung dan dikelilingi oleh benda bulat pada aparat golgi. Tiap piring pipih berongga itu disebut sisterna. Umumnya setiap diktiosom mempunyai 4-6 sisterna yang berjarak 10 nm satu sama lain (Salisbury dan Ross, 1995:14).

Mekanisme masuknya timbal ke dalam jaringan tidak selalu lancar. Penetrasi timbal ke dalam jaringan dihambat oleh adanya proses sintesis ATP (Darmono, 1995:25). Sintesis ATP terjadi melalui proses fotosintesis. Fotosintesis dapat terjadi apabila ada klorofil dan terjadi di daun. Daun dan batang kangkung air memiliki zat hijau daun tetapi pada batang tidak terjadi proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis di daun akan menghasilkan energi untuk sintesis ATP sehingga hal ini akan menghambat masuknya timbal ke daun. Hal tersebut menyebabkan daya absorpsi daun kangkung air lebih rendah dibandingkan batang.

Salah satu mekanisme tumbuhan dalam toleransi terhadap logam berat adalah dengan cara ekskresi (Hay dan Fitter, 1981:262). Mekanisme ekskresi ini terjadi dengan menggunakan kelenjar pada daun tanaman. Jika logam sudah jenuh pada daun maka tumbuhan akan menggugurkan daunnya. Demikian halnya pada kangkung air, ketika akumulasi timbal dalam daun sudah jenuh maka daun akan lebih cepat menggugurkan daunnya dibanding fase gugur daun pada kondisi normal sehingga kandungan timbal pada daun akan berkurang.

Hampir semua ion logam selalu berinteraksi dengan kompleks protein secara cepat. Bentuk ikatan kompleks timbal dengan protein adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Ikatan kompleks antara timbal dengan protein.

(Darmono, 1995:84)

Pada bentuk ikatan tersebut diketahui bahwa kation masih membawa muatan positif. Ikatan yang masih membawa muatan positif tersebut dapat dinetralkan dengan pemberian ion nitrat yang bermuatan negatif. Dalam air, ikatan tersebut dapat bergabung dengan atom oksigen dan hidrogen (Darmono, 1995: 84)

Akar tanaman kangkung air dalam penelitian ini dikondisikan selalu tergenang air. Timbal akan masuk ke dalam akar dengan cara penetrasi melalui dinding sel dan akan berikatan dengan protein jaringan kemudian disimpan dalam diktiosom. Dalam kondisi tergenang air ikatan antara logam dan protein dapat bergabung dengan atom yang bermuatan netral atom oksigen dan hidrogen (H_2O) sehingga akumulasi timbal dalam akar akan berkurang.

Batang pada tanaman merupakan organ yang berkembang dari protoderm, prokambium dan meristem dasar. Susunan dan struktur jaringan primer batang terdiri atas epidermis, korteks batang dan endodermis. Korteks batang terdiri atas jaringan parenkim yang ber dinding tipis. Bagian batang dapat menebal dan bersifat parenkim. Parenkim batang dapat menyimpan pati dan metabolit lainnya (Fahn, 1982:312). Jaringan parenkim batang memiliki vakuola ditengah dan dikelilingi oleh selapis sel-selnya. Timbal sebagai salah satu unsur tak esensial tanaman dapat disimpan dalam vakuola batang dan terakumulasi dalam jumlah yang terus bertambah karena batang dapat menyimpannya sebagai bentuk dari metabolit yang tak penting sebagai bentuk toleransi terhadap lingkungan yang tercemar. Kemampuan parenkim batang sebagai jaringan penyimpan metabolit

inilah yang menyebabkan akumulasi timbal dalam tanaman terus bertambah dibandingkan pada daun dan akar. Parenkim pada daun berfungsi untuk poses fotosintesis karena parenkim daun banyak mengandung klorofil (Fahn, 1982:368). Parenkim pada akar bersifat sebagai jaringan pengisi pada jaringan pengangkut dibandingkan sebagai jaringan penyimpanan (Fahn,1982: 6). Berdasarkan hal tersebut maka batang dapat mengakumulasikan timbal lebih besar dibandingkan pada akar dan daun.

4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Timbal Terhadap Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun kangkung air. Hal ini berdasar pada hasil f hitun ($41,51$) lebih besar dibanding f tabel 5% ($4,07$). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa jumlah daun terbanyak pada perlakuan konsentrasi timbal 0 ppm yaitu 13,3 helai daun dan hasil terendah pada konsentrasi timbal 1500 ppm yaitu 4,5 helai daun.

Panjang batang tanaman atau tinggi tanaman dapat digunakan sebagai salah satu parameter pertumbuhan tanaman. Dari hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi timbal dalam air memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang batang tanaman. Hal ini berdasar pada nilai hitung ($277,84$) lebih besar dibanding f tabel 5% ($4,07$). Dari hasil uji BNT 5% hasil rata-rata tertinggi pada konsentrasi timbal 0 ppm dan terendah pada konsentrasi timbal 1500 ppm. Dari fakta ini menunjukkan bahwa semakin besar kandungan logam timbal dalam tanaman maka semakin rendah pertumbuhan panjang batang.

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar kangkung air. Hal ini berdasar nilai f hitung ($72,26$) lebih besar dibanding f tabel 5% ($4,07$). Dari hasil uji BNT 5% diperoleh hasil tertinggi pada perlakuan tanpa konsentrasi timbal (0 ppm) dan hasil terendah pada konsentrasi 1500 ppm. Panjang akar pada kondisi tanpa penambahan timbal adalah 8,4 cm sedangkan pada konsentrasi

timbangan 1500 ppm adalah 5,4 cm. Dari fakta ini dapat diketahui bahwa semakin besar kandungan timbal dalam air maka panjang akar menjadi semakin rendah.

Pada masa awal pertumbuhan tanaman kangkung air memiliki kemampuan yang sama pada pembentukan jumlah daun tetapi pada 7 hari setelah masa tanam terjadi perbedaan dalam pertumbuhan jumlah daun. Pertambahan jumlah daun sangat dipengaruhi oleh faktor dari dalam tubuh tanaman itu sendiri maupun dari lingkungan sekitarnya. Keberadaan kangkung air pada habitat yang tidak sehat juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Timbal sebagai salah satu unsur yang tak esensial dalam tanaman akan mempengaruhi pertumbuhannya. Keberadaan timbal dalam tanaman akan menghambat proses masuknya unsur esensial tanaman antara lain kalium (K), fosfor (P), dan besi (Fe). Sesuai dengan pendapat Connel dan Miller (1995:424). Proses terhambatnya K, P, Fe ini akibat adanya kompetisi dengan timbal (Pb). Masuknya K, P, Fe ke dalam tanaman dihambat secara kompetitif. Mekanisme penghambatan kompetitif terjadi berdasarkan perbedaan konsentrasi dari ion-ion yang bersangkutan. Konsentrasi Pb dalam penelitian ini adalah 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm sehingga dapat menghambat masuknya unsur K, P, Fe yang memiliki konsentrasi lebih kecil.

Pada konsentrasi bebas timbal atau 0 ppm jumlah daun yang terbentuk lebih besar dibandingkan pada perlakuan 500, 1000, 1500 ppm. Kondisi tanaman yang bebas dari timbal proses pemasukan unsur hara dapat berlangsung dengan baik, sedangkan pada kondisi lingkungan yang tercemar oleh timbal proses pemasukan unsur hara akan terganggu. Hal ini tampak jelas dengan perbedaan jumlah daun tanaman. Semakin besar konsentrasi timbal dalam tanaman maka semakin sedikit jumlah daun yang terbentuk dan penampilan daun tidak sehat.

Daun yang tidak sehat ditandai dengan adanya perubahan warna yang mencolok pada daun muda dan daun tua. Pada daun tua timbul warna kekuningan dari ujung daun menjalar ke pangkal daun, kemudian daun menjadi kering dari bawah permukaan daun ke atas permukaan daun. Pada daun muda timbul warna kekuningan lebih cepat sehingga daun tidak dapat bertambah lebar dan akhirnya akan mati. Gejala-gejala tersebut merupakan ciri dari tanaman yang kekurangan unsur hara terutama besi, fosfor dan kalium. Perubahan warna yang mencolok

pada daun disebabkan daun kekurangan unsur besi . Besi merupakan unsur yang sangat penting pada pembentukan klorofil tanaman (Setyamidjaja,1986:18). Timbal menghambat prose biogenesis klorofil dalam tanaman dengan cara menghambat pembentukan enzim *y-amino levulinat* dan *profobilmogenase*. Jika pembentukan enzim tersebut dihambat maka daun akan berwarna kecoklatan.

Morfologi tanaman kangkung air apabila dilihat secara sepintas maka akan tampak perbedaan yang mencolok antara morfologi kangkung air pada kondisi normal dan kondisi tercemar timbal. Kenampakan daun tanaman kangkung air terlihat tidak sehat dengan ditandai dengan daun yang tumbuh terlihat keriting dan kerdil. Tepi daun tidak rata dan ada noda-noda warna coklat pada tepi daun. Lingkar batang dan akar juga lebih kecil dibandingkan lingkar batang pada kangkung air pada kondisi normal .

Kalium dalam cairan sel tidak disintesis menjadi senyawa organik, sehingga unsur ini tetap dalam bentuk ion K. Kalium diperlukan untuk memperlancar metabolisme tubuh tanaman karena kalium mempunyai peran menjaga keseimbangan air pada jaringan tanaman. Jika air dalam jaringan tanaman telah tercemari maka keseimbangan metabolisme tanaman juga terganggu. Kalium juga berperan dalam katalisator dari enzim yang terlibat dalam fotosintesis tanaman (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996:119). Jadi jika jumlah kalium seimbang dalam tanaman maka proses fotosintesis akan lancar, akhirnya pemanjangan sel berlangsung dengan cepat.

Fosfor merupakan senyawa pembangun tubuh tumbuhan, diantaranya asam nukleat (DNA dan RNA) dan fosfolipida yang merupakan bagian dari inti sel yang sangat penting dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem (Salisbury dan Ross,1992:145) Sejalan dengan bertambahnya umur tanaman, jaringan meristem berkembang membentuk prokambium, protoderm, dan daerah meristem. Perubahan bagian ini diikuti dengan perubahan ukuran sel dan penambahan sel-sel baru sehingga terjadi penambahan sel-sel baru. Pada kondisi lingkungan bebas timbal atau konsentrasi timbal 0 ppm, suplai fosfor berjalan dengan normal sehingga proses terjadinya pertambahan panjang batang lebih cepat dibandingkan pada kondisi yang tercemari timbal. Semakin besar

akumulasi timbal dalam tanaman maka jumlah fosfor akan semakin sedikit sehingga proses pemanjangan sel-sel baru dan penambahan ukuran sel akan lambat akibatnya panjang batang menjadi lebih pendek.

Fosfor merupakan unsur hara makro yang dapat memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran benih dan tanaman muda. Unsur kalium mempercepat pertumbuhan jaringan meristem (Setyamidjaja, 1986:16). Pemanjangan akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di ujung meristem sehingga jika terjadi defisiensi unsur K akan menghambat perpanjangan sel-sel ujung meristem yang berkaitan langsung dengan panjang akar tanaman.

4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal Terhadap Berat Basah Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Berat basah tanaman merupakan salah satu parameter pertumbuhan. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan konsentrasi akan memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat basah kangkung air. Hasil sidik ragam pada akar kangkung air menunjukkan f hitung (186,61) lebih besar daripada f tabel 5%(4,07). Hasil sidik ragam pada batang menunjukkan f hitung (66,52) lebih besar dari f tabel 5%(4,07). Hasil sidik ragam pada daun menunjukkan f hitung (43,67) lebih besar daripada f tabel 5%(4,07).

Berat basah tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan air yang diserap oleh akar, batang, dan daun tanaman. Apabila air yang diserap oleh tanaman tinggi maka berat basah tanaman juga tinggi. Berat basah tanaman dapat digunakan untuk menggambarkan biomassa tanaman. Biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995:89).

Keberadaan timbal dalam air dapat menghambat masuknya unsur-unsur esensial ke dalam tanaman. Kondisi kangkung yang hidup pada air yang telah tercemari oleh timbal mengalami gangguan pertumbuhan sehingga berat basah juga menurun. Apabila ada unsur timbal dalam air maka akan terjadi kompetisi dengan unsur-unsur lain dalam perairan (Hay dan Fitter, 1991:249). Adanya timbal menyebabkan terhambatnya unsur besi masuk ke tanaman. Peranan besi sangat

penting dalam pembentukan klorofil. Klorofil merupakan syarat terjadinya fotosintesis. Klorofil adalah pigmen karena menyerap cahaya radiasi elektromagnetik pada spektrum yang kasat mata (Kimball,1983:74). Dengan kemampuan klorofil mengikat cahaya, maka proses fotosintesis dapat berlangsung baik. Dengan adanya timbal proses pembentukan klorofil mengalami gangguan sehingga fotosintesis terganggu, fotosintat yang dihasilkan juga akan menurun. Fotosintat digunakan untuk proses penambahan sel dan pembelahan sel sehingga pemanjangan batang dan akar serta penambahan jumlah daun akan menurun. Dengan berkurangnya panjang batang, akar dan jumlah daun maka berat basah tanaman kangkung air juga menurun.

4.2.4 Pengaruh Konsentrasi Timbal terhadap Berat Kering Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Parameter pertumbuhan yang paling sering digunakan untuk mempelajari pertumbuhan tanaman adalah biomassa tanaman dan merupakan integrasi dari hampir semua peristiwa yang dialami tanaman sebelumnya. Pengukuran biomassa tanaman dapat dilakukan dengan penimbangan tanaman yang sudah dikeringkan. Pengeringan bahan bertujuan untuk menghilangkan semua kandungan air dalam bahan. Idealnya bahan dikeringkan pada suhu 80°C selama 48 jam (Sitompul dan Guritno, 1995: 91-92). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi timbal memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat kering tanaman. Hasil sidik ragam pada akar menunjukkan nilai f hitung (229,46) lebih besar dibanding f tabel 5% (4,07). Hasil sidik ragam pada batang menunjukkan f hitung (45,30) lebih besar daripada f tabel 5% (4,07). Hasil sidik ragam pada daun menunjukkan nilai f hitung (432,14) lebih besar daripada f tabel 5% (4,07)

Pada akhir pengamatan perlakuan tanpa penambahan timbal mempunyai berat kering tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal ini karena kebutuhan unsur hara dan air tanaman tercukupi sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung dengan lancar. Hasil fotosintesis tanaman juga dapat memenuhi untuk proses penambahan dan pembelahan sel tanaman. Jika akar, batang dan jumlah daun meningkat maka pertumbuhan berlangsung baik dan berat kering

tanaman juga akan meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Agustina (1990:53) bahwa berdasarkan hasil penelitian Nijholt, bobot atau berat kering total tanaman secara bersinambungan bertambah terus selama siklus pertumbuhannya.

Adanya timbal dalam lingkungan tanaman kangkung air maka proses penyerapan hara tanaman akan terganggu. Proses gangguan ini disebabkan karena timbal dapat menghambat masuknya unsur K, P, Fe sebagai unsur hara yang esensial pada tanaman. Apabila tanaman mengalami defisiensi unsur-unsur tersebut maka lingkungan tanaman akan menjadi asam sehingga mengakibatkan rusaknya akar. Jika pertumbuhan akar terhambat maka proses masuknya nutrisi ke dalam tanaman akan terganggu sehingga pertumbuhan kangkung air akan terganggu. Apabila dilihat dari parameter panjang batang panjang akar dan jumlah daun mengalami penurunan dalam berat keringnya. Berat kering yang rendah menunjukkan tingkat penyerapan unsur hara yang jelek sehingga proses sintesis karbohidrat, protein serta zat pengatur tumbuh juga terganggu. Keadaan ini akan menghambat aktivitas meristem tanaman. Meristem tanaman merupakan jaringan pada tumbuhan yang tetap mampu membelah diri secara tak terbatas dan akibatnya sel-sel baru terus bertambah pada tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995 :82). Aktivitas meristem tanaman berguna dalam pembelahan sel tanaman dan pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu akar, batang dan daun.

Setelah dilakukan uji BNT 5% parameter panjang batang, panjang akar, jumlah daun, berat basah dan berat kering, dapat dilihat bahwa perlakuan dengan konsentrasi timbal 1500 ppm mempunyai nilai paling rendah dibanding dengan tidak adanya timbal. Dengan medium ini maka proses pengambilan unsur hara tidak cukup untuk proses fotosintesis guna pemanjangan sel dan pertumbuhan berlangsung tidak sempurna.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) ada pengaruh konsentrasi timbal di air terhadap kandungan timbal dalam organ kangkung air, semakin besar konsentrasi timbal dalam air maka semakin besar pula kandungan timbal dalam organ tanaman kangkung air. Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dapat menyerap timbal di akar sebesar 0,30%, di daun sebesar 0,69 %, di batang sebesar 0,93%.
- 2) medium tanam pada konsentrasi timbal 1500 ppm menghasilkan parameter pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) paling rendah pada panjang batang (17,2 cm), panjang akar (5,5 cm), jumlah daun (4,5 helai), berat basah daun (4,15 gram), berat basah akar (2,16 gram), berat basah batang (4,32 gram), berat kering batang (3,13 gram), berat kering daun (3,61 gram), berat kering akar (1,12 gram).

5.2 Saran

- 1) masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui daya absorpsi kangkung air terhadap timbal pada dengan sistem air yang mengalir.
- 2) masih diperlukan penelitian untuk mengetahui mekanisme kangkung air untuk mengatasi pencemaran air.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. 1990. *Dasar Nutrisi Tanaman*. Jakarta: Rineka Cipta
- Benson, L. 1957. *Plant Clasification*. United States of America: D.C. Heath and Company
- Connel, D.W dan G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: UI Press.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : UI Press.
- Heddy,S. 1986. *Biologi Pertanian*. Jakarta: Rajawali Press.
- Holden,M.1976. *Analytical Method dalam Boodwin, T.W Chemistry and Biochemistry of Plant Piqment*. London h 2-32.
- Fahn, A. 1982. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah mada University Press.
- Frank, S. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: ITB
- Kimball, J. W. 1983. *Biologi*. Jakarta : Erlangga.
- Khopkar , S.N.1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakata: UI Press.
- Mahida. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: Rajawali
- Palar. H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta:Rineke Cipta.
- Prihmantoro,H dan Y. H Indriani. 2002. *Hidroponik Tanaman Buah Untuk Bisnis dan Hobi*. Jakata:PT Penebar Swadaya.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Bandung: ITB
- Rukmana, R. 1994. *Bertanam Kangkung*. Yogyakarta: Kanisius.

- Rusdi, T. 1998. *Mandiri di Pekarangan*. Jakarta: Yayasan Bina Pembangunan.
- Salisbury, F.B dan C. W Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sasmitamihardja, D dan A. Siregar. 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sastrosupadi, A. 1995. *Rancangan Percobaan Praktis untuk Bidang Pertanian*. Jakarta: Kanisius.
- Setyamidjaja, D. 1986. *Pupuk dan Pemupukan*. Jakarta: CV. Simplex.
- Soetjipto. 1993. *Ekologi Perairan Tawar*. Jakarta: Depdikbud.
- Soerodikoesoemo, W. 1987. *Materi Pokok Anatomi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka
- Sitompul, S.M dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hay, R.K.M dan A.H. Fitter. 1981. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Lampiran 1. Data Berat Basah Total, Berat Kering Total, Abu Total, Konsentrasi Timbal dan Perhitungan Kandungan Timbal dalam Kangkung Air

Data Berat Basah Total Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Akar (gram)			Batang (gram)			Daun (gram)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0	19,62	19,32	18,66	29,82	29,28	29,16	35,40	33,00	32,40
500	17,64	17,28	17,52	28,44	28,50	26,64	27,54	27,00	28,32
1000	15,00	14,58	14,76	25,20	26,76	26,7	27,48	26,88	26,70
1500	13,08	13,14	12,72	25,32	26,40	26,10	25,02	25,20	24,60

Data Berat Kering Total Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Akar (gram)			Batang (gram)			Daun (gram)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0	13,38	12,72	12,54	22,68	21,96	21,72	26,88	27,12	27,18
500	11,22	11,34	11,1	21,12	20,88	21,00	25,92	25,62	25,38
1000	9,24	9,60	9,78	20,82	20,28	19,92	24,12	23,82	23,88
1500	6,48	6,66	7,02	18,60	18,72	19,02	21,96	21,54	21,42

Data Abu Total Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Akar (gram)			Batang (gram)			Daun (gram)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0	3,38	3,50	3,70	6,50	7,07	7,54	8,60	7,80	8,80
500	3,19	2,14	2,18	6,79	6,56	6,47	7,90	7,32	81,21
1000	2,81	2,67	2,45	3,40	3,43	4,41	7,50	6,30	6,27
1500	2,00	2,04	2,09	3,20	3,14	3,38	6,51	6,81	6,62

Data Konsentrasi Timbal Dalam Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Akar (ppm)			Daun (ppm)			Batang (ppm)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	30,67	34,218	32,42	70,69	78,917	75,321	97,481	86,821	92,21
1000	54,263	53,482	54,414	117,17	132,73	126,54	413,58	451,36	422,75
1500	103,02	92,273	100,21	214,83	230,52	232,32	524,48	541,48	531,63

Data Perhitungan Kandungan Timbal Dalam Kangkung Air

Berdasarkan data di atas maka dapat dicari kandungan timbal dalam kangkung air dengan perhitungan sebagai berikut:

misalkan : konsentrasi timbal dalam kangkung air adalah **A ppm**

berat kering kangkung air adalah **B**

abu adalah **C**

volume akhir aquades dan HNO_3 untuk melarutkan abu sebanyak 2 gram adalah 200 ml

maka kandungan timbal dalam air dapat dihitung sebagai berikut:

$A \text{ ppm} = A \text{ mg/l}$

Dalam 200 ml terdapat $200 \text{ ml}/1000 \text{ ml} \times A = H \text{ mg}$

Dalam abu total terdapat $C/2 \times H \text{ mg} = I \text{ mg}$

Dalam Kangkung Air terdapat $= I \text{ mg}/B \text{ g} \times 100\% = J \%$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh data kandungan timbal dalam kangkung air pada tabel berikut ini :

Data Kandungan Timbal Dalam Kangkung Air

Perlakuan (ppm)	Akar (%)			Batang (%)			Daun (%)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
0	0 %	0 %	0 %	0%	0 %	0%	0 %	0 %	0%
500	0,087%	0,064%	0,063%	0,31%	0,27%	0,28%	0,21%	0,22%	0,24%
1000	0,162%	0,148%	0,130%	0,67%	0,76%	0,94%	0,36%	0,34%	0,33%
1500	0,32%	0,28%	0,29%	0,92%	0,92%	0,94%	0,63%	0,73%	0,72%

Lampiran 2. Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal Dalam Batang Kangkung Air

Data Pengamatan (%)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 (ppm)	0,31	0,27	0,28	0,86	0,29
1000 (ppm)	0,67	0,76	0,94	2,37	0,79
1500 (ppm)	0,92	0,92	0,94	2,78	0,93
Jumlah	1,90	1,95	2,16	6,01	0,50

Data ditransformasikan $(x+0,5)^{1/2}$

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
500 (ppm)	0,90	0,88	0,88	2,66	0,89
1000 (ppm)	1,08	1,12	1,20	3,40	1,13
1500 (ppm)	1,19	1,13	1,20	3,58	1,19
Jumlah	3,88	3,90	3,99	11,77	0,98

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F-Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	2,76782	0,69196	916,959 **	3,48	5,99
Galat/Sisa	10	0,00755	0,00075			
Total	14	2,77537				

Keterangan :

KK 2,80%

- ns berbeda tidak nyata
- ** berbeda sangat nyata
- * berbeda nyata

Hasil Uji BNT 5%

dbg	10
KTG	0,00075
Nilai Tabel	2,228
SD	0,02
BNT 5%	0,05

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
0 (ppm)	0,00	a
500 (ppm)	0,29	b
1000 (ppm)	0,79	c
1500 (ppm)	0,93	d

Keterangan :

Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom notasi menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%

Lampiran 3. Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal Dalam Daun Kangkung Air

Data Pengamatan (%)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 (ppm)	0,21	0,22	0,24	0,67	0,22
1000 (ppm)	0,36	0,34	0,33	1,03	0,34
1500 (ppm)	0,63	0,73	0,72	2,08	0,69
Jumlah	1,20	1,29	1,29	3,78	0,32

Data ditransformasikan $(x+0,5)^{1/2}$

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
500 (ppm)	0,84	0,85	0,86	2,55	0,85
1000 (ppm)	0,93	0,92	0,91	2,75	0,92
1500 (ppm)	1,06	1,11	1,10	3,28	1,09
Jumlah	3,54	3,58	3,58	10,70	0,89

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F-Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	2,13972	0,53493	3371,228 **	3,48	5,99
Galat/Sisa	10	0,00159	0,00016			
Total	14	2,14131				

Keterangan :

KK

1,41%

ns berbeda tidak nyata

** berbeda sangat nyata

* berbeda nyata

Hasil Uji BNT 5%

dbg	10
KTG	0,00016
Nilai Tabel	2,228
SD	0,01
BNT 5%	0,02

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
0 (ppm)	0,00	a
500 (ppm)	0,22	b
1000 (ppm)	0,34	c
1500 (ppm)	0,69	d

Keterangan :

Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom notasi menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%

Lampiran 4 . Data dan Hasil Sidik Ragam Kandungan Timbal dalam Akar Kangkung Air

Data Pengamatan (%)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 (ppm)	0,09	0,06	0,06	0,21	0,07
1000 (ppm)	0,16	0,15	0,13	0,44	0,14
1500 (ppm)	0,32	0,28	0,29	0,89	0,30
Jumlah	0,57	0,49	0,48	1,54	0,13

Data ditransformasikan $(x+0,5)^{1/2}$

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
0 (ppm)	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
500 (ppm)	0,77	0,75	0,75	2,27	0,76
1000 (ppm)	0,81	0,81	0,79	2,41	0,80
1500 (ppm)	0,91	0,88	0,89	2,68	0,89
Jumlah	3,19	3,15	3,14	9,48	0,79

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F-Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	1,55367	0,38842	6348,439 **	3,48	5,99
Galat/Sisa	10	0,00061	0,00006			
Total	14	1,55428				

Keterangan :

ns berbeda tidak nyata

** berbeda sangat nyata

* berbeda nyata

KK

0,99%

Hasil Uji BNT 5%

dbg	10
KTG	0,00006
Nilai Tabel	2,228
SD	0,01
BNT 5%	0,01

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
0 (ppm)	0,00	a
500 (ppm)	0,07	b
1000 (ppm)	0,14	c
1500 (ppm)	0,30	d

Keterangan :

Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom notasi menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%

Lampiran 5. Data dan Hasil Sidik Ragam Panjang Batang Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	30,200	32,100	31,200	31,2	93,600
500	26,700	26,100	26,300	26,4	79,200
1000	23,500	23,400	23,700	23,5	70,600
1500	17,800	16,500	17,400	17,2	51,600

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0.05
Perlakuan	304,9358	3	101,6453	277,8459	4,0661803
Galat	2,926667	8	0,365833		
Total	307,8625	11			

KK = 2,46%

BNTBNT_{0.05} = 0,805268

Perlakuan	Rata-Rata	31,2	26,4	23,5	17,2
0	31,2	0,0	4,8	7,7	14,0
500	26,4		0,0	2,9	9,2
1000	23,5			0,0	6,3
1500	17,2				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	31,2	a
500	26,4	b
1000	23,5	c
1500	17,2	d

Lampiran 6. Data dan Hasil Sidik Ragam Jumlah Daun Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	12,300	12,800	14,300	13,133	39,400
500	10,600	9,100	9,000	9,567	28,700
1000	6,100	6,800	8,400	7,100	21,300
1500	4,800	5,100	3,600	4,500	13,500

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0,05
Perlakuan	121,6292	3	40,54306	41,51166	4,0661803
Galat	7,813333	8	0,976667		
Total	129,4425	11			

KK = 11,52%

BNT

BNT_{0,05} = 1,315745

Perlakuan	Rata-Rata	13,13333	9,566667	7,1	4,5
0	13,13333	0	3,566667	6,033333	8,6333333
500	9,566667		0	2,466667	5,0666667
1000	7,1			0	2,6
1500	4,5				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	13,13333	a
500	9,566667	b
1000	7,1	c
1500	4,5	d

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran 7. Data dan Hasil Sidik Ragam Panjang Akar Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	8,500	8,700	8,200	8,5	25,500
500	7,700	7,800	7,400	7,6	22,900
1000	6,200	6,500	6,800	6,5	19,500
1500	5,700	5,200	5,500	5,5	16,400

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0,05
Perlakuan	15,45667	3	5,152222	79,26496	4,0661803
Galat	0,52	8	0,065		
Total	15,97667	11			

KK = 3,63%

BNT

$BNT_{0,05} = 0,339434$

Perlakuan	Rata-Rata	8,5	7,6	6,5	5,5
0	8,5	0,0	0,9	2,0	3,0
500	7,6		0,0	1,1	2
1000	6,5			0,0	1,0
1500	5,5				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	8,5	a
500	7,6	b
1000	6,5	c
1500	5,5	d

Lampiran 8. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Batang Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	4,970	4,880	4,860	4,90	14,71
500	4,740	4,750	4,720	4,74	14,21
1000	4,420	4,460	4,450	4,44	13,33
1500	4,220	4,400	4,350	4,32	12,97

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0.05
Perlakuan	0,6353	3	0,211767	66,52356	4,066180281
Galat	0,025467	8	0,003183		
Total	0,660767	11			

KK = 1,23%

BNTBNT_{0,05} = 0,075117

Perlakuan	Rata-Rata	4,90	4,74	4,44	4,32
0	4,90	0,00	0,16	0,46	0,58
500	4,74		0,00	0,30	0,42
1000	4,44			0,00	0,12
1500	4,32				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	4,90	a
500	4,74	b
1000	4,44	c
1500	4,32	d

Lampiran 9. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Daun Kangkung Air

Pertakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	5,900	5,500	5,400	5,600	16,800
500	4,590	4,520	4,440	4,517	13,550
1000	4,580	4,480	4,230	4,430	13,290
1500	4,170	4,200	4,100	4,157	12,470

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0,05
Pertakuan	3,628158	3	1,209386	43,67329	4,0661803
Galat	0,221533	8	0,027692		
Total	3,849692	11			

KK = 3,56%

BNT

BNT_{0,05} = 0,221551

Pertakuan	Rata-Rata	5,6	4,5	4,4	4,2
0	5,6	0,0	1,1	1,2	1,4
500	4,5		0,0	0,1	0,4
1000	4,4			0,0	0,3
1500	4,2				0
Notasi		a	b	b	c

Pertakuan	Rata-Rata	Notasi
0	5,6	a
500	4,5	b
1000	4,4	b
1500	4,2	c

Lampiran 10. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Basah Akar Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	3,270	3,220	3,110	3,20	9,600
500	2,940	2,820	2,920	2,89	8,680
1000	2,500	2,430	2,460	2,46	7,390
1500	2,180	2,190	2,120	2,16	6,490

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0.05
Perlakuan	1,8894	3	0,6298	186,6074	4,066180281
Galat	0,027	8	0,003375		
Total	1,9164	11			

KK = 2,17%

BNTBNT_{0.05} = 0,077346

Perlakuan	Rata-Rata	3,20	2,89	2,46	2,16
0	3,20	0,00	0,31	0,74	1,04
500	2,89		0,00	0,43	0,73
1000	2,46			0,00	0,30
1500	2,16				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	3,2	a
500	2,9	b
1000	2,5	c
1500	2,2	d

Lampiran 11. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Batang Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	3,780	3,660	3,620	3,69	11,060
500	3,520	3,480	3,500	3,50	10,500
1000	3,470	3,380	3,320	3,39	10,170
1500	3,100	3,120	3,170	3,13	9,390

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0.05
Perlakuan	0,487	3	0,162333	45,30233	4,066180281
Galat	0,028667	8	0,003583		
Total	0,515667	11			

KK = 1,75%

BNT

BNT_{0.05} = 0.079697

Perlakuan	Rata-Rata	3,69	3,50	3,39	3,13
0	3,69	0,00	0,19	0,30	0,56
500	3,50		0,00	0,11	0,37
1000	3,39			0,00	0,26
1500	3,13				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	3,69	a
500	3,50	b
1000	3,39	c
1500	3,13	d

Lampiran 12. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Daun Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	4,480	4,520	4,530	4,51	13,53
500	4,320	4,270	4,290	4,29	12,88
1000	4,020	3,970	3,980	3,99	11,97
1500	3,660	3,590	3,570	3,61	10,82

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0,05
Perlakuan	1,382867	3	0,460956	432,1458	4,0661803
Galat	0,008533	8	0,001067		
Total	1,3914	11			

KK = 0,80%

BNT

BNT_{0,05} = 0,043482

Perlakuan	Rata-Rata	4,51	4,29	3,99	3,61
0	4,51	0,00	0,22	0,52	0,90
500	4,29		0,00	0,30	0,68
1000	3,99			0,00	0,38
1500	3,61				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	4,51	a
500	4,29	b
1000	3,99	c
1500	3,61	d

Lampiran 13. Data dan Hasil Sidik Ragam Berat Kering Akar Kangkung Air

Perlakuan	U1	U2	U3	Rata-rata	Total
0	2,230	2,120	2,090	2,150	6,440
500	1,870	1,890	1,850	1,870	5,610
1000	1,540	1,600	1,630	1,590	4,770
1500	1,080	1,110	1,170	1,120	3,360

ANOVA

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F hitung	F 0.05
Perlakuan	1,7267	3	0,575567	229,4618	4,066180281
Galat	0,020067	8	0,002508		
Total	1,746767	11			

KK = 2,98%

BNT

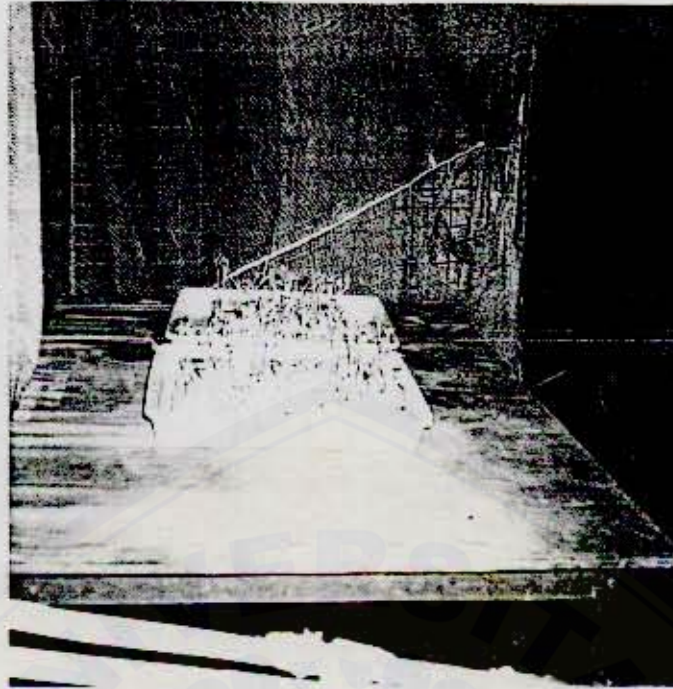
BNT_{0.05} = 0,066679

Perlakuan	Rata-Rata	2,15	1,87	1,59	1,12
0	2,15	0	0,28	0,56	1,03
500	1,87		0	0,28	0,75
1000	1,59			0	0,47
1500	1,12				0
Notasi		a	b	c	d

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
0	2,15	a
500	1,87	b
1000	1,59	c
1500	1,12	d

MATRICK PENELITIAN

Judul	Rumusan Masalah	Variabel	Parameter	Sumber Data	Metode Penelitian
<p>Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb)</p>	<p>1. Adakah pengaruh konsentrasi timbal dalam air terhadap kandungan timbal pada organ kangkung air ?</p> <p>2. Adakah pengaruh konsentrasi timbal (Pb) terhadap pertumbuhan kangkung air?</p>	<p><u>Variabel bebas</u></p> <p>Konsentrasi logam berat timbal yang diberikan pada medium penanaman</p> <p><u>Variabel terikat</u></p> <p>- Daya absorpsi tanaman kangkung air terhadap timbal.</p> <p>- Pertumbuhan tanaman kangkung air</p>	<p>- Kandungan timbal dalam akar, batang, dan daun pada tanaman kangkung air</p> <p>- Panjang Batang</p> <p>- Panjang akar</p> <p>- Jumlah daun</p> <p>- Berat basah</p> <p>- Berat kering</p>	<p>Penelitian laboratorium</p>	<p>1. Tempat penelitian: -Green house Laboratorium Biologi UNEJ dan Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Malang</p> <p>2. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan 3 ulangan</p> <p>p0 = 0 ppm</p> <p>p1 = 500 ppm</p> <p>p2 = 1000 ppm</p> <p>p3 = 1500 ppm</p> <p>Pengukuran sampel menggunakan AAS.</p> <p>3. Analisa data</p> <p>Analisa data menggunakan analisa sidik ragam</p>



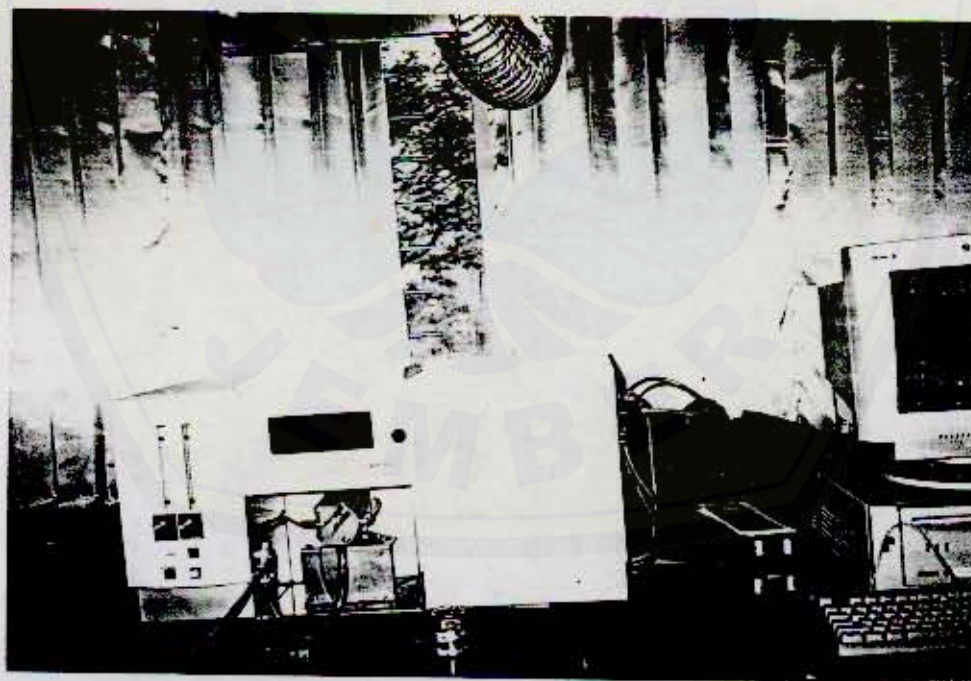
Gambar 1. Bibit kangkung air pada umur 8 hari



A B C D
Gambar 2. Tanaman kangkung air pada umur 25 hari
A = p0 (0 ppm)
B = p1 (500 ppm)
C = p2 (1000 ppm)
D = p3 (1500 ppm)



Gambar 3. Alat untuk pengabuan sampel pada suhu 600 °C



Gambar 4. Atomis Absorption Spectrophotometry Tipe 6200 Merek Shimatsu

Lampiran 16. Kegiatan Konsultasi Penyusunan Skripsi

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Nama : Henny Puspitasari
 NIM/ Angkatan : 970210103006
 Jurusan/Program Studi : P. MIPA/ P. Biologi
 Judul Skripsi : Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb)
 Pembimbing I : Drs. Agus Abdul Gani MSi

Kegiatan Konsultasi

No	Tanggal	Materi Konsultasi	T T Pembimbing
1	12 Desember 2000	Acc Judul	
2	3 Maret 2001	Matrik Penelitian	
3	10 Juni 2001	Bab I, II, III	
4	20 Juli 2001	Bab I, II, III	
5	8 Agustus 2001	Bab I, II, III	
6	2 September 2001	Bab I, II, III	
7	18 Oktober 2001	Bab I, II, III	
8	23 Januari 2002	Acc Seminar Proposal Skripsi	
9	5 Oktober 2002	Revisi Seminar Skripsi	
10	2 November 2002	Penelitian Skripsi	
11	20 Maret 2003	Bab I, II, III, IV, V	
12	4 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	
13	20 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	
14	3 Mei 2003	Acc Ujian Skripsi	

- CATATAN :**
1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
 2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar Proposal Skripsi dan Ujian Skripsi



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Nama : Henny Puspitasari
 NIM/ Angkatan : 970210103006
 Jurusan/Program Studi : P. MIPA/ P. Biologi
 Judul Skripsi : Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb)
 Pembimbing II : Ir. Imam Mudakir, MSi

Kegiatan Konsultasi

No	Tanggal	Materi Konsultasi	T.T Pembimbing
1	16 Desember 2000	Acc Judul	✓
2	5 Maret 2001	Matrik Penelitian	✓
3	12 Juni 2001	Bab I, II, III	✓
4	23 Juni 2001	Bab I, II, III	✓
5	14 Juli 2001	Bab I, II, III	✓
6	18 Agustus 2001	Bab I, II, III	✓
7	12 September 2001	Bab I, II, III	✓
8	20 Oktober 2002	Bab I, II, III	✓
9	4 November 2002	Bab I, II, III	✓
10	12 Desember 2002	Acc Seminar Proposal Skripsi	✓
11	23 Januari 2003	Seminar Proposal Skripsi	✓
12	10 Oktober 2003	Revisi Seminar Proposal	✓
13	2 November 2003	Penelitian Skripsi	✓
14	22 Maret 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
15	6 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
16	13 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
17	20 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
18	28 April 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
19	5 Mei 2003	Bab I, II, III, IV, V	✓
20	14 Mei 2003	Acc Ujian Skripsi	✓

CATATAN . 1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
 2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar Proposal Skripsi dan Ujian Skripsi