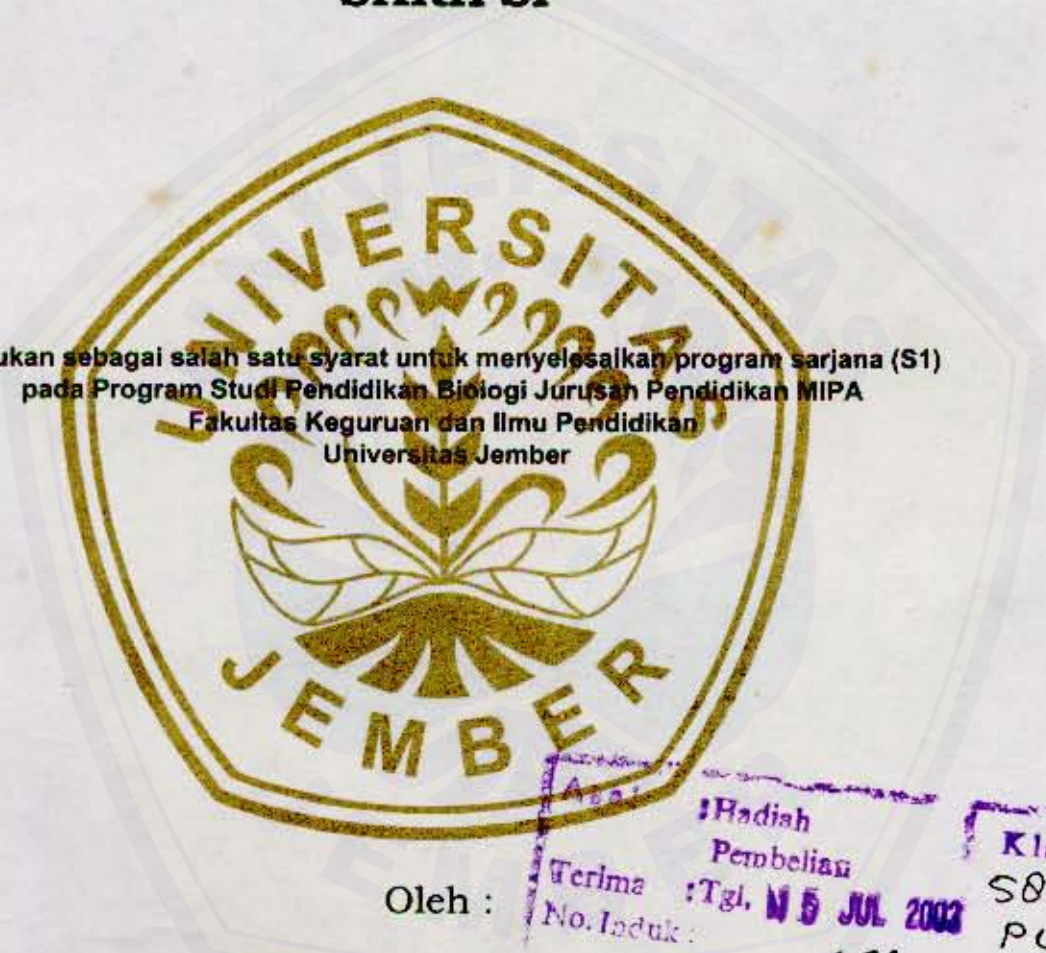




**DAYA ABSORPSI TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk)  
TERHADAP UNSUR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

**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**

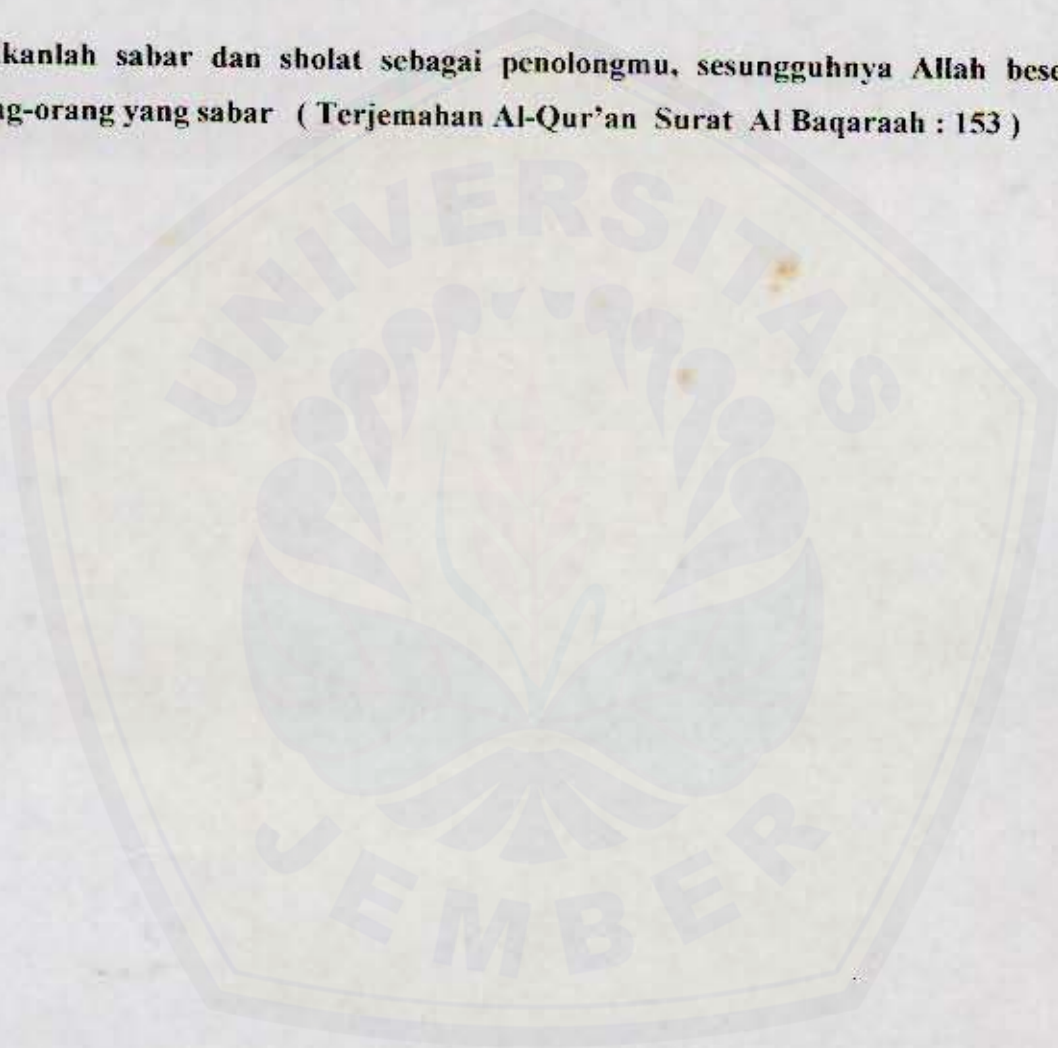
Terima :  
No. Induk :  
: Radish  
Pembelian  
: Tgl. 15 JUL 2003  
SKS  
S  
Klass  
SBI.1  
PUS  
d  
e.1

**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**

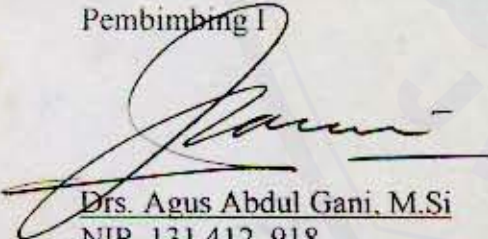
Diajukan untuk dipertahankan di depan tim penguji guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan program sarjana (S1) Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam FKIP Universitas Jember

**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

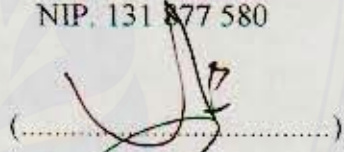

Sekretaris

  
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 PENGAJUAN .....   | iv   |
| HALAMAN PENGESAHAN.....   | v    |
| KATA PENGANTAR.....   | vi   |
| DAFTAR ISI.....   | vii  |
| DAFTAR TABEL.....   | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | xii  |
| ABSTRAK.....  | xiii |
| <br>  |      |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....   | 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    |
| <br>  |      |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....   | 4    |
| 2.1 Tinjauan Umum Tanaman Kangkung Air<br>( <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<br>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)<br>Dalam Menyerap Timbal (Pb) .....  | 17 |
| 4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Timbal dalam Air Terhadap<br>Panjang Batang, Panjang Akar, Dan Jumlah Daun<br>Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) ..... | 19 |
| 4.1.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal Dalam Air Terhadap Berat<br>Basah Tanaman Kangkung Air<br>( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) .....                           | 20 |
| 4.1.4 Pengaruh Konsentrasi Timbal Dalam Air Terhadap Berat<br>Kering Tanaman Kangkung Air<br>( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) .....                          | 21 |



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

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<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Air Tawar<br>( $\mu\text{g/l}$ ) |
|-------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 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><br>(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  $\gamma$ -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,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , Fe-EDTA,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 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
- $\Sigma_{ij}$  : 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) $\text{KNO}_3$                                       | 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) $\text{H}_3\text{BO}_3$                              | 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 kedalam 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 kedalam 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 kedalam 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  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  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  $80^\circ \text{C}$  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  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada sampel kering yang telah ditumbuk dengan perbandingan antara massa sampel kering dan massa  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  adalah 1:1.
- 6) sampel difurnis pada suhu  $600^\circ \text{C}$  sampai menjadi abu putih
- 7) menambahkan  $\text{HNO}_3$  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  $80^{\circ}\text{C}$  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.



## 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  $\text{HNO}_3$  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%

**BNT**BNT<sub>0.05</sub> = 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<sub>0,05</sub> = 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%

**BNT**

BNT<sub>0,05</sub> = 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<sub>0,05</sub> = 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%

**BNT**BNT<sub>0.05</sub> = 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<sub>0.05</sub> = 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<sub>0,05</sub> = 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<sub>0.05</sub> = 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    |

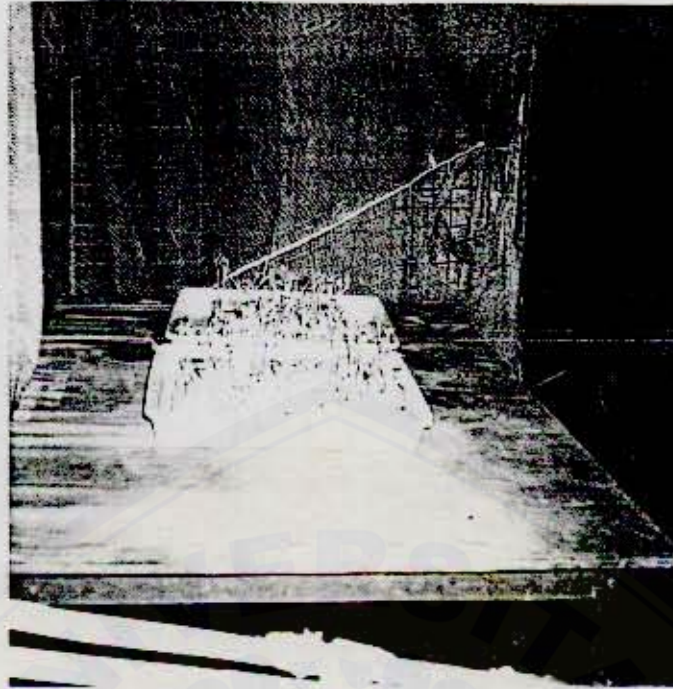
| Perlakuan | Rata-Rata | Notasi |
|-----------|-----------|--------|
| 0         | 2,15      | a      |
| 500       | 1,87      | b      |
| 1000      | 1,59      | c      |
| 1500      | 1,12      | d      |

MATRIRK PENELITIAN

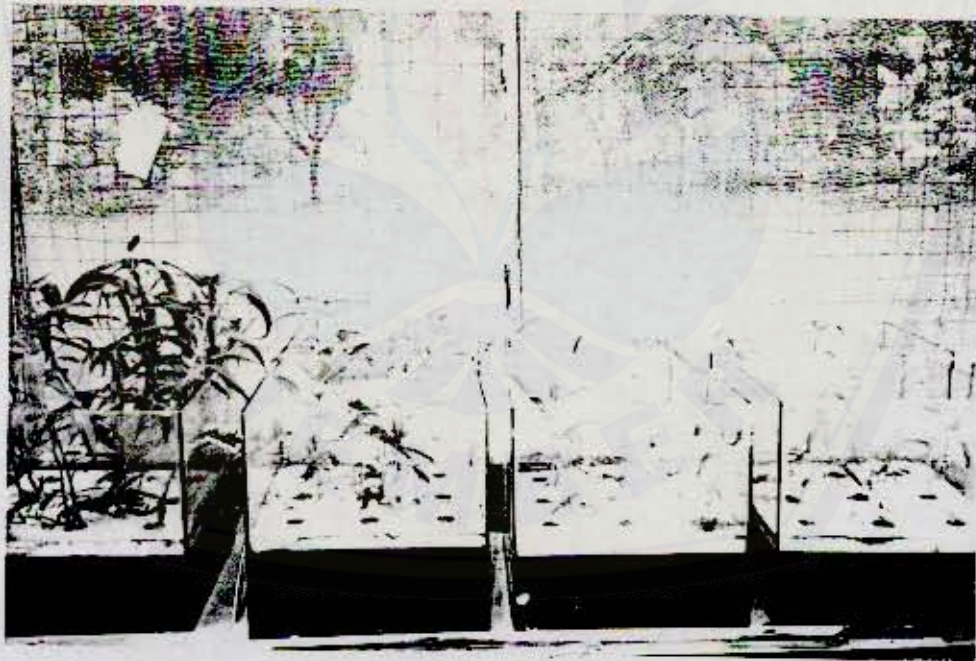
| Judul  | Rumusan Masalah   | Variabel  | Parameter  | Sumber Data                    | Metode Penelitian   |
|--|---|---|--|--------------------------------|---|
| <p>Daya Absorpsi Tanaman Kangkung Air (<i>Iponoea aquatica</i> Forsk) Terhadap Unsur Logam Berat Timbal (Pb)</p> | <p>1. Adakah pengaruh 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> |



Lampiran 15. Foto Kegiatan Penelitian



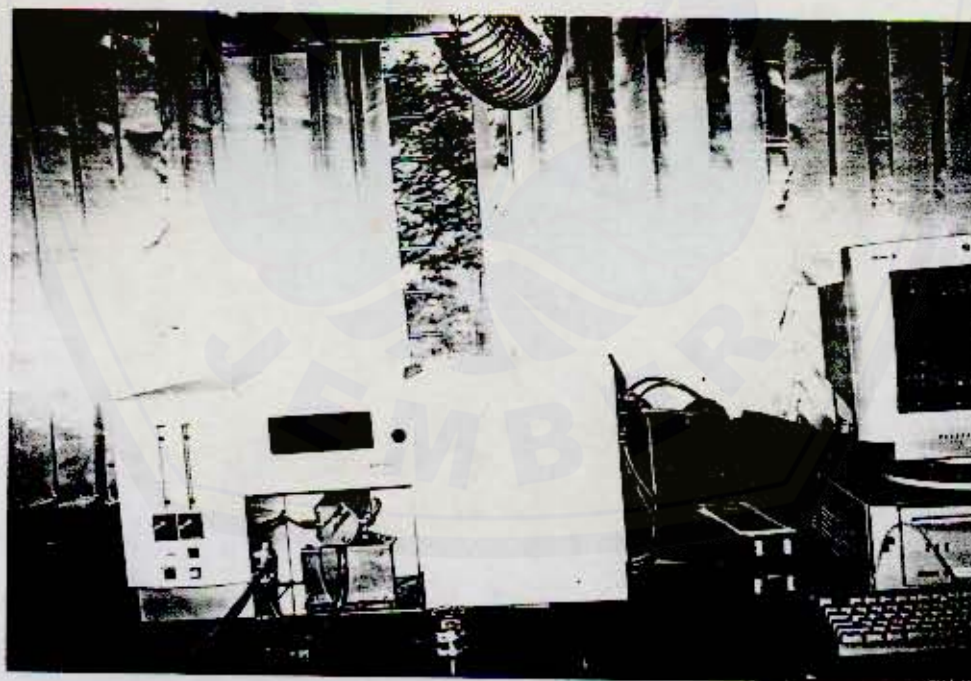
Gambar 1. Bibit kangkung air pada umur 8 hari



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