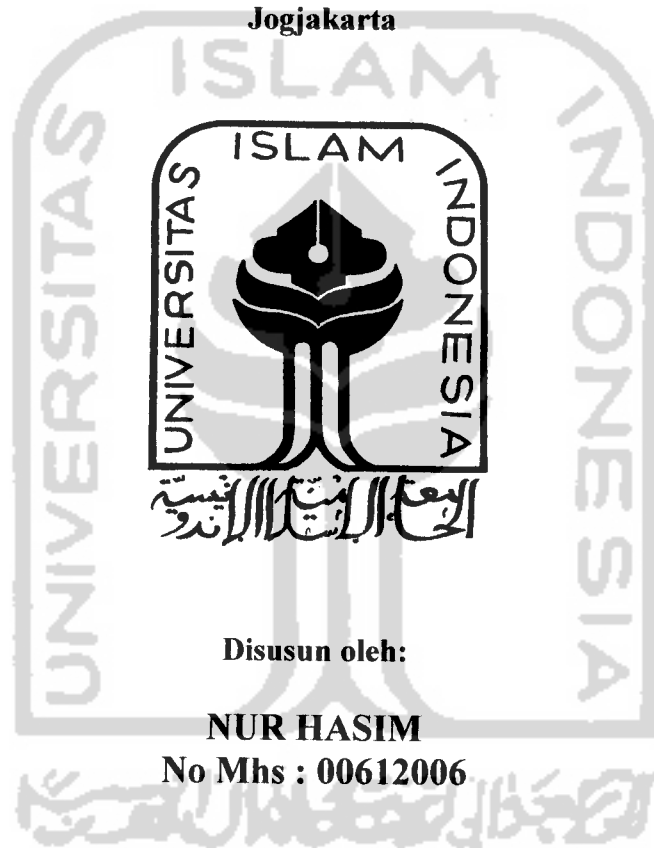


**FITOREMEDIASI LOGAM Cd  
OLEH TANAMAN TERATAI (*Nymphaea Spp.*)**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai  
gelar Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Ilmu Kimia  
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta**



**Disusun oleh:**

**NUR HASIM**

**No Mhs : 00612006**

**JURUSAN ILMU KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2005**

**FITOREMEDIASI LOGAM Cd**  
**OLEH TANAMAN TERATAI (*Nympaea Spp.*)**

Oleh :

**NUR HASIM**

**No. Mhs : 00612006**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi  
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia

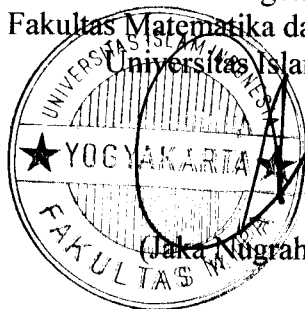
Tanggal : 28 April 2005

Dewan Penguji

1. Drs. Allwar, M.Sc.
2. Is Fatimah, M.Si.
3. Rudy Syahputra, M.Si.
4. Tatang Shabur Julianto, S.Si.

Tanda Tangan

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M.Si.)

## *PERSEMBAHAN:*

*Thanks to :*

*Bapak dan Ibuku tercinta, terima kasih atas doa, kasih sayang, dan dukungannya selama ini hingga sampai kapanpun*

*Kakak-kakaku Dan Adik-adikku tersayang, atas doa dan semangat yang selalu kau berikan untukku*

*Seluruh teman-teman dan semua pihak yang nggak dapat disebutin satu persatu, terima kasih atas dukungannya baik moril maupun materiil dan bantuannya baik secara langsung ataupun tidak langsung. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.*

*Amien.....*

*Ingat...suatu masalah bukan untuk dihindari tapi untuk dihadapi. Percayalah bahwa dibalik kesulitan pasti ada kemudahan yang menanti.*

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Fitoremediasi Logam Cd oleh Tanaman Teratai (*Nymphaea Spp.*)”.

Skripsi ini berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UII, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam pelaksanaan maupun penulisan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan, petunjuk, bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Rudy Syahputra, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah membimbing penulis selama menempuh studi di jurusan kimia UII. dan juga selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, dorongan, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi.

3. Bapak Tatang Shabur Julianto, S.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, dorongan, arahan, serta bantuannya selama penelitian dan penulisan skripsi.
4. Kepala Laboratorium Kimia FMIPA UII beserta seluruh Staf (Laboran) yang telah membantu kelancaran penulis selama penelitian.
5. Bapak dan Ibu serta adik kakak tercinta yang selalu memberikan kasih sayang dan dorongan yang tulus tanpa ada kata berhenti.
6. Seluruh teman-teman dan semua pihak yang telah membantu penulis baik selama penelitian maupun dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan sumbangan pikiran, kritik, dan saran yang dapat membangun demi penyempurnaan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan kemajuan ilmu pengetahuan dan manfaat bagi semua pihak.

Jogjakarta, April 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
INTISARI .....	xi
ABSTRACT .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
BAB III DASAR TEORI .....	8
3.1 Teratai .....	8
3.2 Klasifikasi dan Taksonomi Tanaman Teratai .....	9
3.3 Fitoremediasi .....	10
3.4 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman .....	12
3.4.1 Penyerapan oleh Akar .....	13

3.4.2 Translokasi di dalam pada tubuh Tumbuhan .....	14
3.4.3 Translokasi Logam pada Tumbuhan .....	14
3.5 Logam Kadmium (Cd) .....	14
3.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	15
3.6.1 Komponen Alat Spektrofotometer Serapan Atom .....	17
3.6.2 Gambar Komponen Spektrofotometer Serapan Atom .....	18
3.6.3 Hukum Lambert-Beer .....	19
3.6.4 Gangguan dalam Spektrofotometer Serapan Atom .....	19
3.7 Hipotesis .....	20
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Ruang Lingkup Penelitian .....	21
4.2 Alat dan Bahan .....	21
4.2.1 Alat .....	21
4.2.2 Bahan .....	22
4.3 Pekerjaan Pendahuluan .....	22
4.3.1 Anti Kontaminan .....	22
4.3.2 Aklimasi .....	23
4.4 Cara Kerja .....	23
4.4.1 Tanaman kontrol .....	23
4.4.2 Konsentrasi Awal .....	23
4.4.3 Larutan Buffer .....	24
4.4.4 Preparasi sampel .....	25
4.5 Analisis SSA .....	25

AMBAF  
phaea S  
.....  
o serapar  
hari ke-  
adap sei  
waktu k  
ap daya  
si logar  
man te

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....28

    5.1 Optimasi SSA .....28

    5.2 Konsentrasi awal logam Cd .....28

    5.3 Pengaruh pH .....32

    5.4 Kapasitas Serapan Logam Cd pada Tanaman .....36

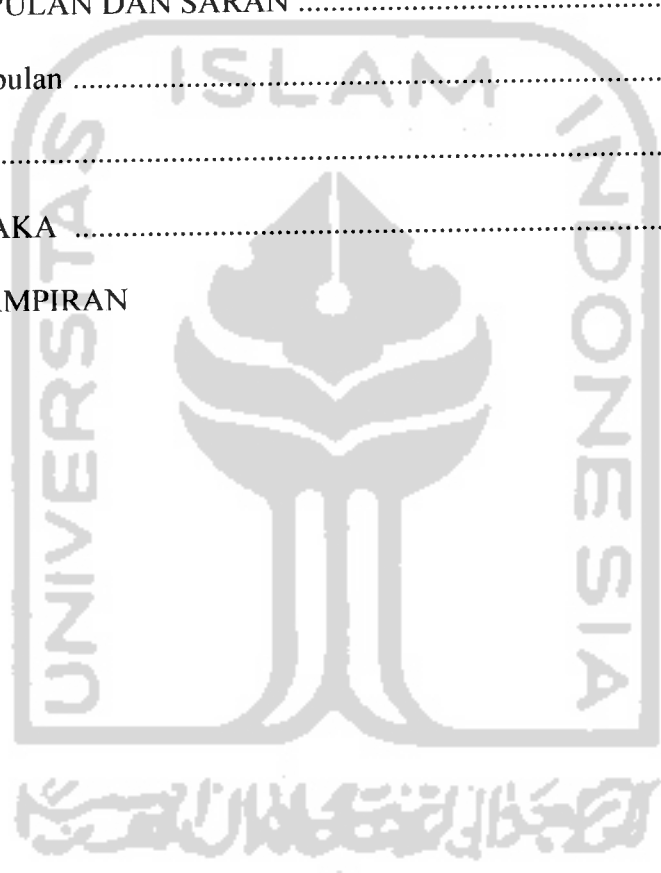
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....39

    6.1 Kesimpulan .....39

    6.2 Saran .....39

DAFTAR PUSTAKA .....40

LAMPIRAN- LAMPIRAN





## DAFTAR TABEL

Tabel 1	: Volume NaOH yang digunakan pada pH 6, 7, dan 8.....	45
Tabel 2	: Kapasitas serapan logam Cd pada konsentrasi awal.....	59
Tabel 3	: Kapasitas serapan logam Cd untuk variasi pH pada Hari ke-7.....	71



**FITOREMEDIASI LOGAM Cd  
OLEH TANAMAN TERATAI (*Nymphaea Spp.*)**

**NUR HASIM  
No Mhs : 00612006**

**INTISARI**

Penelitian fitoremediasi logam Cd oleh tanaman air teratai (*Nymphaea Spp.*) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya serap oleh tanaman yang dipengaruhi oleh konsentrasi logam, pH media tumbuh, waktu kontak, serta konsentrasi logam pada bagian tanaman (akar, tangkai, daun). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan eksperimen dalam pot yang berisi air sebagai media tumbuh bagi tanaman. Destruksi sampel tanaman menggunakan metoda destruksi basah dengan asam nitrat dan analisis konsentrasi logam dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas penyerapan logam Cd oleh tanaman dipengaruhi oleh konsentasi logam, pH media dan waktu kontak dengan konsentrasi logam terbesar terdapat pada bagian akar dari tanaman teratai.

Kata kunci : *Fitoremediasi, Logam Cd, Tanaman teratai*

**PHYTOREMEDIATION OF Cd  
METAL BY WATER LILY (*Nymphaea Spp.*)**

**NUR HASIM**

**No Mhs : 00612006**

**ABSTRACT**

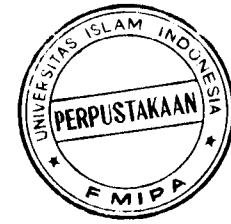
The research on phytoremediation of Cd metal by water lily (*Nymphaea Spp.*) has been done. The research aim was to describe the adsorbtion of Cd metal by experimental plant as function of concentration of metal, pH of growth media, contacting time and heavy metal uptake was concentrated of plant (root, stalk, leaf). All the experiments were done by pot experiment with aqueous media. Wet disgetion by nitric acid was also used to digest all samples. Metal consntration was measured by atomic absorbtion spectrofotometry.

The result of research showed that the effectiveness of heavy metal adsorbtion was influenced by initial concentration of heavy metal, pH of growth media and contacting time and the biggest heavy metal uptake was concentrated on root of water lily plant.

**Key Word :** *Phytoremediation, Cd metal, Water Lily*

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber daya alam yang pokok bagi manusia adalah air, air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Di bumi air mengalami sirkulasi dalam suatu seri jalur yang kompleks yang seluruhnya dikenal sebagai daur hidrologi (Ehrlich dan Ehrlich, 1970). Secara alami berbagai logam berat terkandung di dalam tanah, terutama tanah yang berasal dari batuan induk tertentu. Namun kegiatan manusia dapat meningkatkan level logam berat di dalam tanah dan perairan secara luar biasa. Pencemaran logam yang paling riskan dirasakan yaitu pada lingkungan perairan.

Seperti diberitakan Harian Pagi Surya, 15 Juni 1999, Pantai Timur Surabaya dikhabarkan telah tercemar oleh logam berat dari pembuangan limbah industri. Penelitian yang dilakukan oleh lembaga penelitian dari Jerman DGFTZE pada tahun 1998 terhadap masyarakat Kenjeran menunjukkan bahwa Air Susu Ibu (ASI) dari ibu menyusui telah mengandung kadmium (Cd) sebanyak 36,1 ppm, sehingga dikhawatirkan akan membahayakan kesehatan anak-anak masyarakat Kenjeran karena hal tersebut dapat menyebabkan penurunan kecerdasan anak, penyakit kanker dan kerusakan jaringan tubuh (Rini, 2001). Pencemaran kadmium (Cd) biasanya berasal dari industri logam, batere, bahan cat warna, plastik, percetakan, dan tekstil (Palar, 1994).

Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

Dalam kondisi krisis seperti ini, pencemaran lingkungan khususnya pada perairan merupakan suatu permasalahan yang harus dipecahkan, maka dari itu kita harus mencari jalan keluar yaitu dengan metode apa yang dapat mengatasi masalah ini seefisien mungkin, dan tidak mengeluarkan biaya mahal.

Secara biologi, diantaranya dengan memanfaatkan tanaman air untuk menyerap logam berat tersebut. Salah satu metode yang digunakan dikenal dengan metode fitoremediasi. Metode ini mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik. Penggunaan fitoremediasi ini disebabkan sejumlah tanaman memiliki sifat mengakumulasi logam berat. Logam berat tersebut diserap oleh akar, translokasi didalam tubuh tumbuhan dan lokalisasi logam pada jaringan. Tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan dipengaruhi oleh: 1) faktor konsentrasi; kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu, bahkan dapat mencapai beberapa tingkat lebih besar dari konsentrasi ion di dalam mediumnya, 2) perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada setiap jenis

tanaman. Sel-sel akar tumbuhan umumnya mengandung konsentrasi ion yang lebih tinggi daripada medium di sekitarnya. Sejumlah besar eksperimen menunjukkan adanya hubungan antara laju pengambilan ion dengan konsentrasi ion yang menyerupai hubungan antara laju reaksi yang dihantarkan enzim dengan konsentrasi substratnya. Analogi ini menunjukkan adanya barrier khusus dalam membran sel yang hanya sesuai untuk suatu ion tertentu dan dapat menyerap ion tersebut, sehingga pada konsentrasi substrat yang tinggi semua barrier berperan pada laju maksimum hingga mencapai laju pengambilan jenuh (Fitter, 1982).

Jenis-jenis tanaman yang sering digunakan di Fitoremediasi adalah; Akar Wangi, Bambu Air, Lotus Kuning/Merah, Pacing Merah/Putih, Padi-padian, Pisang Mas, Sempol Merah/Putih, Spider Lili, dll. Penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa ada beberapa tanaman air yang mampu menyerap logam berat antara lain enceng gondok, wlingi (*scirpus*) dan kayu apu (*Pistia stiatotes L.*). (Anonim, 2002).

Tanaman teratai (*Nymphaea Spp*) yang mempunyai bentuk dan sifat morfologi hampir sama dengan jenis tanaman air lainnya maka tanaman ini diharapkan dapat digunakan untuk menyerap logam dengan metode fitoremediasi. Spesies tumbuhan mengapung ini digunakan karena kemampuannya langsung menyerap hara langsung dari kolom air. Teratai tumbuh liar di rawa-rawa, sungai maupun sebagai tanaman hias dan juga sebagai tanaman obat yang berguna bagi kesehatan.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dipelajari penggunaan tanaman air, yaitu tanaman teratai untuk pencegahan pencemaran logam khususnya logam

kadmium (Cd) di perairan, dan diharapkan dapat menjadi alternatif penanggulangan masalah pencemaran logam berat yang selama ini rumit dan biayanya mahal.

### **1.2 Perumusan Masalah**

1. Apakah konsentrasi logam Cd, pH media tumbuh dan waktu kontak berpengaruh terhadap efektifitas penyerapan logam oleh tanaman teratai?
2. Dimanakah kapasitas serapan logam terbesar pada morfologi tanaman teratai (akar, tangkai dan daun)?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

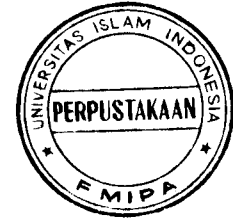
1. Mengetahui pengaruh konsentrasi logam Cd, pH media tumbuh dan waktu kontak terhadap efektifitas penyerapan logam oleh tanaman teratai.
2. Mengetahui dimana kapasitas serapan logam terbesar pada morfologi tanaman teratai (akar, tangkai dan daun).

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pengetahuan dan informasi tentang efektifitas penyerapan logam oleh tanaman teratai.
2. Memberikan informasi dalam membantu penggunaan tanaman teratai sebagai jenis tanaman yang dapat digunakan pada proses fitoremediasi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA



Usaha pengendalian pencemaran untuk mengurangi ketergantungan pada teknologi dan kembali ke mekanisme yang bersifat alami ditentukan kepada kemampuan kita dalam memanfaatkan komponen biologi yang ada.

Salah satu metode yang sedang diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuwan di Negara-negara maju metode remediasi (pemulihan) berbasis pada tanaman yang dikenal dengan Fitoremediasi. Metode ini mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik. Riset dan pengembangan dalam bidang fitoremediasi lingkungan telah membuahkan teknologi fitoremediasi bernilai komersial tinggi.

Penggunaan fitoremediasi ini disebabkan sejumlah tanaman memiliki sifat menghilangkan logam berat. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

Beragam tumbuhan yang telah diteliti dengan Teknologi Fitoremediasi ini antara lain (dalam Bahasa Latin, polutan), seperti : (*Brassica juncea*, Pb; Se), (*Thlaspi caerulescens*, Cd; Ni), (*Rhapanus sativus* Cd), (*Allysum murale*, Pb), (*Populus spp.*, As) dan ratusan spesies Mikrosa dan Bakteri. Bahkan di sekeliling



kita dapat ditemukan tanaman seperti diatas, Tanaman Jarak (*Riccinus communis*) yang dilaporkan mampu mereduksi polutan kadmium (Cd). Dalam penelitian lain, tanaman air yang mampu menyerap logam berat antara lain ; eceng gondok, Typha, wlingi (*scirpus*), dan kayu apu (*pistia*).

Dari penelitian yang dilakukan BTL BPPT menunjukkan bahwa kandungan Pb dan Cr di tanah masing-masing mencapai 206-449 mg/kg dan 56-226 mg/kg untuk daerah yang jauh dari industri Pb dan Cr mencapai 34 dan 21 mg/kg maka untuk mengurangi dampak polutan lingkungan ini, menurut Titiresmi, Kepala badan Teknologi Lingkungan (BTL), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), ada beberapa jenis yang mampu untuk menyerap logam berat dalam lingkungan perairan, salah satunya adalah eceng gondok (Anonim, 2002).

Widyanto dan susilo (1977) melaporkan bahwa eceng gondok terbukti mampu menurunkan kadar polutan logam, dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan nikel (Ni), masing-masing sebesar 1,35 mg/g, 1,77 mg/g, dan 1,16 mg/g bila logam itu tak bercampur. Eceng gondok juga menyerap Cd 1,32 mg/g, Hg 1,88 mg/g dan Ni 0,35 mg/g berat kering apabila logam-logam itu berada dalam keadaan tercampur dengan logam lain.

Penelitian yang dilakukan Lubis dan Sofyan (1986) menyimpulkan logam crom (Cr) dapat diserap oleh eceng gondok secara maksimal pada pH 7. logam Cr semula berkadar 15 ppm turun hingga 51,85 persen (Hasim, 2002).

Hasil penelitian Tjokronegoro (1982) menyimpulkan tanaman kangkung pada media air yang di kontaminasi dengan pestisida bahwa konsentrasi pestisida di media air berkurang. Pestisida semula berkadar 8 ppm, konsentrasi hari ke 6 sebesar 6,16 ppm, hari ke 12 sebesar 4,51 ppm, hari ke 21 sebesar 2,35 ppm.

Selain eceng gondok, kangkung air, tanaman air yang mampu menyerap logam berat dan digunakan di Fitoremediasi adalah; Anturium Merah/Kuning, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, Dracenia Merah/Hijau, Heleconia Kuning/Merah, Jaka, Keladi Loreng/Sente/Hitam, Kenyeri Merah/Putih, Lotus Kuning/Merah, Onje Merah, Pacing Merah/Putih, Padi-padian, Papyrus, Pisang Mas, Ponaderia, Sempol Merah/Putih, Spider Lili, *typha*, wlingi (*scirpus*), kayu apu (*Pistia statiotes L.*), dll. (Anonim, 2002).

Hubungan antara penyerapan logam berat terhadap tanaman itu sendiri yaitu seberapa banyak tanaman menyerap secara proporsional terhadap kandungan logam berat pada perairan tersebut. Karena kandungan logam berat pada jaringan tumbuhan mengalami regulasi (adanya keterbatasan daya serap pada konsentrasi tertentu). Dimana bila ion logam berat melewati lapisan sel biasanya tidak secara terus menerus, tetapi kadang-kadang berhenti (intermiten) dan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan elektrolit dalam air.

Berdasarkan dari tinjauan penelitian-penelitian diatas, serta dari klasifikasi dari jenis tumbuhan yang sama, ternyata teratai bukan hanya dibudidayakan sebagai tanaman hias ataupun tanaman obat melainkan teratai juga mempunyai manfaat lain seperti sebagai penghias akuarium sekaligus untuk pembersih alami perairan terhadap polutan air, baik logam berat maupun pestisida dan lainnya.

## BAB III

### DASAR TEORI

#### 3.1 Teratai

Teratai atau *water lily* tergolong tanaman air yang populer. Ia mudah dijumpai di kolam-kolam atau telaga sebagai tanaman yang tumbuh liar atau sengaja dipelihara. Namun, dewasa ini mulai banyak menanamnya dipekarangan rumah. Kehadirannya tidak saja mempercantik kolam-kolam di halaman rumah, tapi juga memperindah bejana, gerabah, atau pot-pot lebar yang diisi air. Selain dibudidayakan di kolam, teratai juga tumbuh liar di rawa-rawa. Sejalan dengan perkembangan zaman, teratai menjadi salah satu tanaman air yang memiliki nilai komersial.

Akar teratai berupa rimpang yang tumbuh horisontal didasar lumpur. Lewat rimpang inilah teratai bisa diperbanyak. Di habitat aslinya, akar rimpang tersebut bisa tumbuh dari hanya beberapa centimeter sampai hampir dua meter. Teratai tidak memiliki batang, yang terlihat hanyalah tangkai bunga serta daun yang tumbuh menjulang di permukaan air. Panjang tangkai bila diukur dari pangkalnya sekitar 100-125 cm. Daun teratai umumnya berbentuk bundar hingga mendekati oval. Warna yang menghias daun sebagian besar hijau, meskipun ada yang kemerahan atau totol-totol hitam. Bunga teratai tersusun dari kelopak dan mahkota yang tertata rapi dan kompak. Pada pusat rangkaian bunga, tumbuh rangkaian putik dan benang sari yang cukup indah karena warnanya sering kontras dengan kelopak maupun mahkotanya. Ada dua cara memperbanyak tanaman teratai,

melalui biji atau melalui pembelahan rizomnya yang ada di dasar tanah. Bisa juga dengan cara membelah anakan yang sudah cukup besar dan kuat.

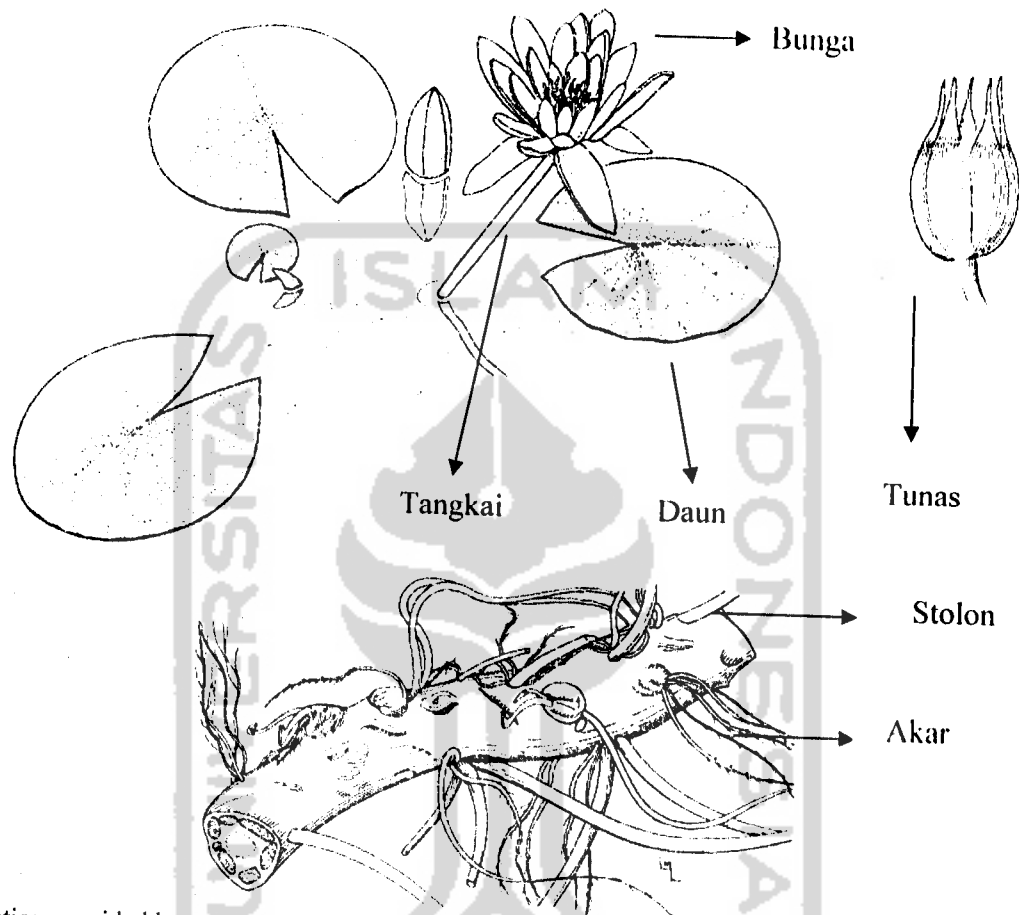


Illustration provided by :  
IFAS, Center for Aquatic Plants  
University of Florida, Gainesville, 1990

Gambar 1. Morfologi Tanaman Teratai (*Nymphaea Spp.*)

### 3.2 Klasifikasi dan Taksonomi Tanaman Teratai

Menurut klasifikasi botani, teratai termasuk famili *Nymphaeaceae*. Famili ini masih dibagi lagi ke dalam enam genus atau marga yaitu *Nymphae*, *Victoria*, *Euryale Nuphar*, *Barclaya*, dan *Ondinea*. Bunga teratai atau lebih dikenal dengan

*true water lily* yang banyak dikenal selama ini, menurut majalah *Tropical Fish Hobbyist* terbitan maret 1991 dikenalkan pertama kali pada tahun 1753 oleh seorang ahli botani bernama *Linnaeus*.

Secara taksonomi (pembagian berdasarkan sifat tumbuhan), teratai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Divisio : *Spermathophyta* (tumbuhan berbiji)
2. Kelas : *Monocotyl* (tumbuhan berbiji tunggal)
3. Ordo : *Nymphales*
4. Familia : *Nymphaceae*
5. Genus : *Nymphae*
6. Spesies : *Nymphae alba*, *N. adorata*, *N. toberosa*

Selain secara taksonomi, teratai dapat juga dibedakan berdasarkan ukuran dan tempat hidupnya. Menurut ukurannya, teratai dibedakan menjadi empat macam, yaitu ; teratai mini, teratai kecil, teratai sedang dan teratai besar.

### 3.3 Fitoremediasi

Konsep mengolah air limbah dengan menggunakan media tanaman atau lebih populer disebut “fitoremediasi” telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah berbahaya (B3) atau untuk limbah radioaktif. Phyto asal kata Yunani/greek phyton yang berarti tumbuhan/tanaman (plant), remediation asal kata Latin remediare (to remedy) yaitu memperbaiki/menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (phytoremediation) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang

bekerjasama dengan mikro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Riset dan pengembangan dalam bidang fitoremediasi lingkungan telah membuahkan Teknologi Fitoremediasi bernilai komersial tinggi. Paling tidak, hingga kini dilaporkan ada enam pilihan spesialisasi Teknologi Fitoremediasi yaitu :

1. Fitoekstraksi.

Fitoekstraksi mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun dan batang.

2. Fitodegradasi dan/atau Fitotransformasi.

Fitodegradasi dan/atau Fitotransformasi adalah metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase.

3. Rizofiltrasi

Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.

4. Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi di daerah rizosfer.

#### 5. Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskan ke udara lewat daun, dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat udara.

#### 6. Pemanfaatan tumbuhan untuk mereduksi polutan dari udara

### 3.4 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman

Justus Von Liebig (1808-1837) menulis : “seluruh substansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda-benda air, diserap oleh akar-akar tumbuhan seperti layaknya spons menyerap suatu cairan dan apa-apa yang terkandung didalamnya tanpa seleksi” (Epstein, 1972). Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. (Priyanto dan Prayitno, 2004).

Tanaman menyerap dan mengakumulasi zat-zat baik yang diperlukan maupun yang sebenarnya tidak diperlukan dalam nutrisinya (Wallace, 1950). Penyerapan logam-logam berat oleh tumbuhan akuatik menimbulkan keuntungan dan kerugian, antara lain ialah ;

1. Proses absorpsi merupakan keuntungan karena pengambilan logam-logam berat melalui ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan.

2. Proses absorpsi merupakan hal yang merugikan apabila logam-logam tersebut terbawa ke dalam rantai makanan hewan dan manusia (Tjitrosoedirjo dan Sastroutomo, 1985).

#### **3.4.1 Penyerapan oleh akar.**

Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air maupun dari tanah melalui akar-akarnya. Menurut (Filter dan Hay, 1991) terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman, yaitu :

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar ke gradien potensial yang disebabkan oleh transpirasi.
2. Difusi, gradien konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar.

Telah diketahui, bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Penurunan pH akan memacu suatu logam untuk bergerak (mobilisasi) ke daerah perakaran. Pembentukan suatu zat khelat atau disebut molekul fitosiderofor akan mengikat (mengkhelat) logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Di dalam meningkatkan penyerapan tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.



### 3.4.2 Translokasi di dalam tubuh tumbuhan.

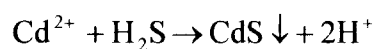
Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan.

### 3.4.3 Lokalisasi logam pada tumbuhan.

Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Collins, 1999).

### 3.5 Logam Cadmium (Cd)

Berdasarkan pada sifat-sifat fisiknya, Cd merupakan logam yang lunak, ductile, berwarna putih seperti perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta akan cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap amonia (NH<sub>3</sub>) dan sulfur hidroksida. Penyebaran mineral Cd sangat luas di alam. Jenis mineral kadmium dialam seperti *greenockite* (CdS) yang ditemukan bersamaan dengan mineral *spalarite* (ZnS) Kadmium membentuk ion bivalen yang tak berwarna CdCl, Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CdSO<sub>4</sub> larut dalam air, sulfida tak larut dan berwarna kuning.



Sedangkan berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam cadmium di dalam persenyawaan yang dibentuknya pada umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1-. Logam cadmium sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh manusia. Penggunaan Cd dan persenyawaannya ditemukan dalam industri pencelupan, fotografi dan industri-industri ringan seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan ikan, pengolahan minuman, industri tekstil dan lain-lain.

Seperti logam berat lainnya, logam Cd membawa sifat racun yang sangat merugikan bagi organisme hidup bahkan juga sangat berbahaya untuk manusia. Logam Cd jika sampai terkontaminasi ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini, sedangkan keracunan kronis menyebabkan kerusakan pada sistem fisiologi tubuh. Sistem-sistem yang dapat dirusak antara lain pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernapasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah), jantung merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan.

### **3.6 Spektrometri Serapan Atom (SSA)**

Spektrometri serapan atom merupakan metode analisis penentuan unsur logam secara kuantitatif yang banyak dipilih karena metode ini sangat selektif dan sensitif terutama logam-logam dengan konsentrasi rendah. Hal ini dapat disebabkan setiap atom mempunyai garis besar resonansi yang spesifik. Penerapan metode ini antara lain untuk sampel biologi, tanah, produk minyak

tanah, mineral, farmasetik, kosmetik, dan hasil industri logam-logam (Pecsock, 1976).

Prinsip dasar dari metode spektrofotometri serapan atom adalah absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, dan bila energinya sesuai, maka energi tersebut akan terserap dan atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (ground state) akan tereksitasi ke tingkat tenaga tertentu (excited state) (Khopkar, 1990).

Kemonokromatisasi cahaya dalam spektrofotometri serapan atom merupakan syarat utama. Disamping itu kemudahan pelarutan atau peruraian sampel juga sangat menentukan keberhasilan analisis. Metode serapan ini sangatlah spesifikasi, logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar.

Pembentukan uap atom pada tingkat energi dasar (ground state atomic vapour) pada analisis dengan spektrofotometri dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode spektrometri serapan atom sistem nyala api (Flame-SSA). Pada sistem ini pembentukan uap atom pada tingkat energi dasar meliputi dua proses yang berlangsung secara konsekutif. Pertama, proses pengabutan larutan sampel dalam suatu nebulizer. Kedua, proses secara kontinu hasil pengabutan ke dalam suatu ruang pengabutan dengan bantuan

nyala api pada kisaran konsentrasi yang ditentukan terlebih dahulu, dengan melibatkan laju alir gas pembakaran dan oksigen.

### 3.6.1 Komponen utama alat Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer serapan atom, terdiri atas 3 komponen utama yaitu :

a. Unit atomisasi

Atomisasi dapat dilakukan baik dengan nyala atau tanpa nyala. Untuk mengubah unsur metalik menjadi uap atom diperlukan energi panas. Temperatur harus benar-benar terkendali agar atomisasi sempurna dan unsur tidak mengalami ionisasi.

b. Sumber radiasi

Sumber radiasi spektrofotometer serapan atom harus bersifat kontinu. Seperangkat sumber yang dapat memberikan emisi yang tajam dari suatu unsur di kenal dengan *Hallow Cathoda Lamp*. Lampu ini memiliki dua elektroda, anoda dan katoda. Satu diantaranya berbentuk silinder dan terbuat dari unsur yang sama dengan unsur yang dianalisis. Adanya arus listrik bertegangan tinggi maka molekul gas mulia disekitar anoda akan terionisasi dan bermuatan positif. Dengan kecepatan tinggi ion-ion ini akan tertarik ke katoda. Benturan ion-ion gas pada katoda akan menyebabkan terpentalnya atom-atom logam dari katoda tersebut. Benturan lebih lanjut antara ion-ion gas mulia dan atom-atom logam yang terpental tersebut akan mengakibatkan ion-ion atom akan tereksitasi. Di sini berlaku hukum emisi atom dimana atom yang mempunyai kelebihan

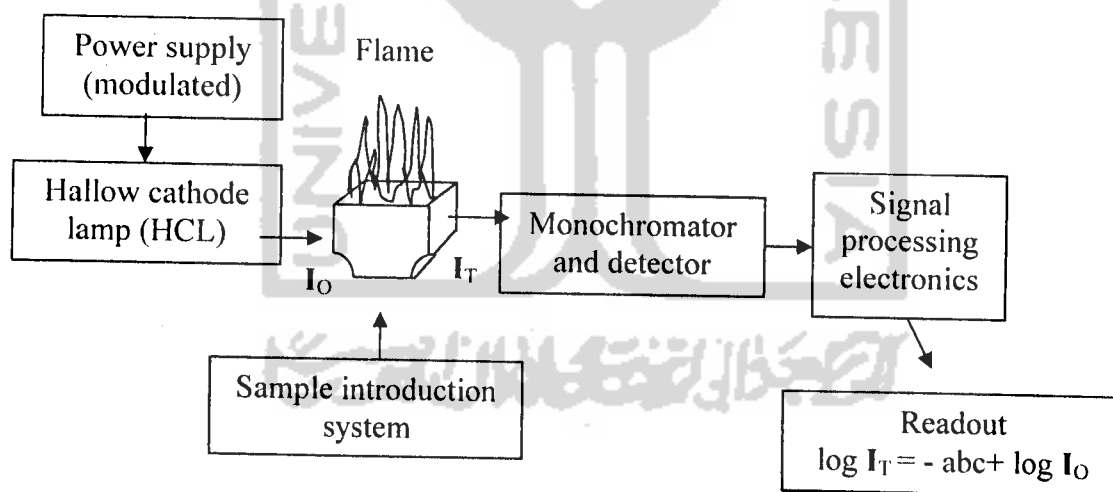
energi elektronik akan melepaskan kembali berupa panjang gelombang yang karakteristik. Dengan demikian sinar yang dihasilkan mempunyai spektrum yang sesuai dengan jenis gas mulia dan jenis logam pada katoda.

c. Sistem pengukur fotometrik

Sistem pengukuran fotometrik dalam spektrofotometer serapan atom terdiri atas 3 komponen (Khopkar, 1990), yaitu : monokromator, pemroses sinar, dan sistem pembaca.

### 3.6.2 Gambar Komponen Spektrofotometer Serapan Atom

Berikut adalah gambar diagram blok penyusunan instrumentasi spektrofotometri serapan atom (Anonim, 2003) :



Gambar 2. Diagram instrumentasi SSA

### 3.6.3 Hukum Lambert-Beer

Aspek kuantitatif dari metode spektrofotometri diterangkan oleh hukum Lambert-Beer, yaitu :

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = a \cdot b \cdot c$$

Dimana: A = Absorbansi

$\epsilon$  = Absoptivitas molar

a = Absoptivitas

b = Tebal media

c = Konsentrasi

Absoptivitas molar ( $\epsilon$ ) dan absoptivitas (a) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal media (sel) dalam prakteknya dibuat tetap. Dengan demikian absorbansi suatu spesies akan merupakan fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu spesies, konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar.

### 3.6.4 Gangguan dalam Spektrofotometri Serapan Atom

Secara umum ada 3 macam gangguan dalam spektrofotometri serapan atom (Khopkar, 1990), yaitu :

#### 1. Gangguan ionisasi

Biasanya terjadi pada unsur alkali dan alkali tanah karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam nyala. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur yang lebih mudah terionisasi.

2. Gangguan akibat pembentukan senyawa *refractory*

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia yang dapat menghasilkan suatu senyawa yang sulit terurai (*refractory*).

3. Gangguan fisik

Gangguan fisik adalah parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan sampel sampai ke nyala. Parameter-parameter tersebut ialah : kecepatan alir gas, berubahnya viskositas sampel akibat temperatur atau solven, dan perubahan temperatur nyala.

### 3.7 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan kajian teori, maka hipotesis dapat disusun sebagai berikut ;

1. Adanya konsentrasi logam, pH media tumbuh dan waktu kontak dapat mempengaruhi kemampuan daya serap logam oleh tanaman teratai.
2. Adanya akumulasi logam pada morfologi tanaman teratai (akar dan daun).

## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan diuraikan alat, bahan dan prosedur atau cara kerja yang digunakan dalam penelitian. Masing-masing diuraikan dalam sub bab sebagai berikut:

#### 4.1 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan secara laboratorium, yaitu menggunakan pot-pot plastik berisi air sebagai medium pertumbuhan tanaman yang ditambahkan logam Cd sebagai bahan pencemar. Parameter-parameter yang diamati antara lain :

1. Konsentrasi logam
2. pH media tanam.
3. Konsentrasi logam yang terserap oleh tanaman.

#### 4.2 Alat dan Bahan

##### 4.2.1 Alat

- a. Ember plastik ukuran 10 L.
- b. Neraca analitik merk sartorius BP-410.
- c. Timbangan biasa merk Cariba.
- d. Peralatan gelas.
- e. Spektrofotometri serapan atom model AA-782 Nippon Jarell Ash.
- f. pH meter merk WTW.
- g. Kertas saring whatman 41.





- h. Kompor listrik (Memmert).
- i. Alat fotografi.
- j. Mistar.

#### 4.2.2 Bahan

- a. Tanaman teratai, diambil dari perkebunan bunga Muntilan.
- b. Kadmium sulfat ( $\text{CdSO}_4$ ) kristal p.a (Merck).
- c. Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) kristal p.a (Merck).
- d.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  kristal p.a (Merck).
- e. Larutan  $\text{HNO}_3$  65 % b/v pekat p.a (Merck).
- f. Standar Cd 1000 ppm (spectrosol) BDH
- g. Standar Pb 1000 ppm (spectrosol) BDH
- h. Aquades

#### 4.3 Pekerjaan Pendahuluan

##### 4.3.1 Anti Kontaminan

Anti kontaminan merupakan perlakuan terhadap peralatan gelas pada laboratorium sebelum digunakan untuk analisis, agar alat-alat tersebut bebas dari kontaminan yang dapat menyebabkan gangguan pada saat analisis.

Sebelum peralatan gelas digunakan terlebih dahulu disimpan selama semalam dalam larutan  $\text{HNO}_3$  10 % (v/v). Setelah itu dibilas dengan akuades dan dikeringkan pada tempat yang bebas dari debu (Carasek dkk, 2000).

### **4.3.2 Aklimasi**

Sebelum digunakan untuk penelitian, dilakukan aklimasi tumbuhan teratai yang bertujuan untuk penyesuaian. Aklimasi dilakukan dengan menanam tumbuhan tersebut dalam air selama 7 hari, tanpa penggantian air. Tumbuhan teratai yang digunakan dipilih berdasarkan perkiraan umur yang sama, yaitu dengan memilih tumbuhan yang besarnya hampir sama. Sebelum digunakan terlebih dahulu tanaman dicuci dengan air.

## **4.4 Cara Kerja**

### **4.4.1 Tanaman kontrol**

Tanaman kontrol digunakan untuk melihat pengaruh kontribusi media tumbuh terhadap semua variabel penelitian. Tanaman teratai pada pot kontrol diberi media tumbuh yang sama dengan tanaman percobaan tanpa kehadiran konsentrasi logam kadmium (Cd).

### **4.4.2 Konsentrasi Awal**

Teratai ditanam dalam pot plastik yang telah diberi tanah dan air dengan volume akhir sebanyak 4 liter sebagai media tumbuh. Kemudian pada hari ke-8 ditambahkan logam Cd dari garam  $CdSO_4$  dengan konsentrasi 10 ppm dan 30 ppm sedangkan untuk tanaman kontrol 0 ppm. Kemudian pada masing-masing pot diberi label. Berat tumbuhan untuk perlakuan pada masing-masing konsentrasi yaitu antara 50-100 gram, sedangkan ketinggian air tetap dijaga 3 sampai 4 liter. Untuk menjaga pertumbuhan tanaman maka setiap harinya harus mendapat

cahaya matahari yang cukup, kemudian dilakukan pengamatan terhadap parameter-parameter sebagai berikut :

- a. Untuk melihat pengaruh konsentrasi logam terhadap daya serap tanaman, maka dilakukan pengamatan morfologi tanaman dan kapasitas serapan logam Cd oleh tanaman pada waktu kontak ke-7, 14, dan 21 hari.
- b. Untuk melihat pengaruh pH media tanam terhadap daya serap tanaman, maka pH media tanam dibuat dengan variasi 6, 7 dan 8. Konsentrasi yang digunakan adalah konsentrasi yang diperoleh dari percobaan a di mana tanaman mampu menyerap logam paling banyak pada konsentrasi tersebut.
- c. Untuk mengetahui kapasitas serapan logam Cd pada bagian tanaman maka dilakukan pengamatan kapasitas serapan logam di bagian akar dan daun. Pengamatan untuk parameter ini dilakukan pada percobaan b. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap morfologi tanaman.

#### 4.4.3 Larutan Buffer

Dalam pembuatan larutan buffer digunakan campuran  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M dan NaOH 0,1 M. Untuk komposisi 1 liter dibuat dengan mencampurkan 100 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M dengan X ml NaOH 0,1 M.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M sebanyak 100 ml dibuat dengan melarutkan 1,36 gram  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dalam 100 ml pelarut sedangkan untuk NaOH 0,1 M dibuat dengan melarutkan 4 gram NaOH dalam 1 pelarut.

Untuk pH = 6, dibuat dengan mencampurkan 100 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M dengan 11,2 ml NaOH dalam media 1 liter.

Untuk pH = 7, dibuat dengan mencampurkan 100 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M dengan 58,2 ml NaOH dalam media 1 liter.

Untuk pH = 8, dibuat dengan mencampurkan 100 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M dengan 93,4 ml NaOH dalam media 1 liter.

#### 4.4.4 Preparasi sampel

Untuk mengetahui kapasitas serapan logam Cd pada sampel terlebih dahulu sampel didestruksi yaitu dengan destruksi basah. Adapun cara kerjanya sebagai berikut :

Mula-mula sampel bagian tanaman yang didapat dipotong-potong, dihaluskan, ditimbang sebanyak dua gram sampel berat basah kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan 25 ml  $\text{HNO}_3$  65 % pekat lalu ditutup dan didiamkan selama 48 jam. Setelah itu larutan dihomogenkan /dihancurkan dengan menggunakan stiner. Larutan disaring dengan kertas saring watsman dan ditambahkan akuades 20 ml untuk membersihkan residu. Larutan yang telah jernih (filtrat) dimasukkan dalam gelas beker dan dipanaskan sampai volume 10 ml kemudian diencerkan sampai volume 50 ml. Sampel selanjutnya dianalisa dengan spektrofotometer serapan atom.

#### 4.5 Analisis SSA

Penentuan kapasitas serapan logam Cd dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat spektrometer serapan atom model AA-782 Nippon Jarell Ash. Logam kadmium diukur dengan metode nyala (flame) pada kondisi optimum.

Standarisasi alat spektrometer serapan atom digunakan larutan blanko dan dibuat deret larutan standar, dimana dari deret larutan standar ini akan diperoleh kurva baku atau kurva standar linier yang dibuat berdasarkan absorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Cd dengan konsentrasi yang telah diketahui. Perhitungan dalam pembuatan deret larutan standar disajikan dalam lampiran 2, sedangkan hasil absorbansi deret larutan standar logam Cd selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Penentuan kapasitas serapan logam Cd dilakukan dengan metode kurva kalibrasi. Perhitungan komponen slope dan intersep pada persamaan regresi linier dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel 4.0. Langkah-langkah penentuan regresi linier selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5. Melalui persamaan regresi linier kurva kalibrasi hubungan antara x dan y dinyatakan dengan persamaan :  $y = bx + a$

Dengan, a = intersep

b = slope

Hubungan x dan y dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi (r)

$$\text{Slope} = b = \frac{n\sum(xy) - \sum x \sum y}{n\sum(x^2) - (\sum x)^2}$$

$$\text{Intersep} = a = \frac{\sum y - m\sum x}{n}$$

$$\text{Koefisien korelasi} = \frac{n\sum(xy) - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum(x^2) - (\sum x)^2][n\sum(y^2) - (\sum y)^2]}}$$

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



#### 5.1 Optimasi SSA

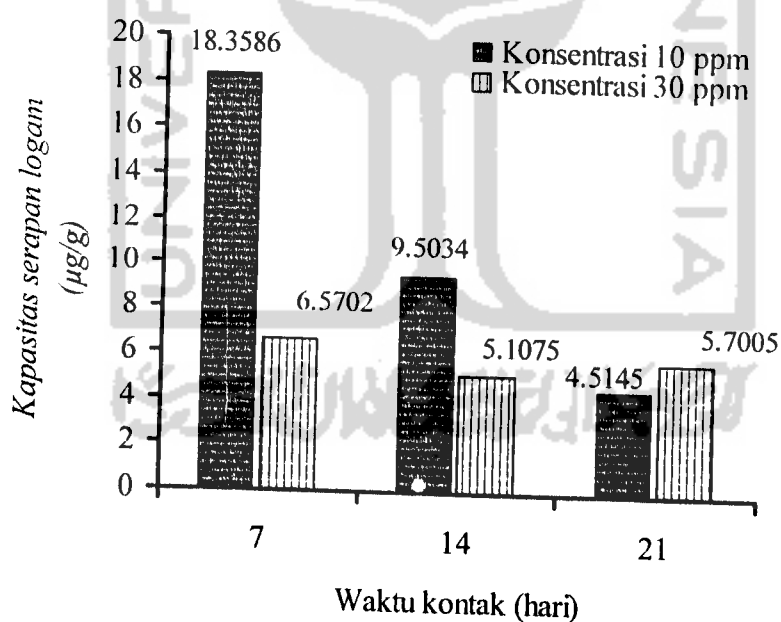
Dalam penelitian ini kapasitas serapan logam Cd pada sampel ditentukan dengan spektrofotometri serapan atom nyala. Sebelum SSA digunakan untuk mengukur larutan standar perlu dilakukan optimasi alat terlebih dahulu untuk memperoleh hasil analisis yang baik. Untuk mendapatkan kondisi optimum dalam menganalisis logam Cd, beberapa variabel harus dioptimasi karena kondisi optimum suatu unsur tidak sama satu dengan yang lain. Kondisi optimasi SSA nyala ditunjukkan pada lampiran 1.

#### 5.2 Konsentrasi awal logam Cd

Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi awal logam. Konsentrasi awal logam merupakan konsentrasi yang menunjukkan kemampuan daya serap tanaman secara maksimal sampai konsentarsi logam yang tidak menimbulkan kematian pada tanaman. Pada penelitian ini digunakan konsentarsi awal logam Cd sebesar 10 dan 30 ppm dengan variasi waktu kontak selama 7, 14, dan 21 hari. Pengaruh konsentrasi awal logam Cd terhadap tanaman teratai ditunjukkan pada gambar 3, data selengkapnya ditunjukkan pada lampiran 4.

Gambar 3. terlihat bahwa perbedaan konsentrasi awal logam Cd berpengaruh terhadap penyerapan logam Cd oleh teratai. Kapasitas serapan logam Cd pada hari ke-7 dengan konsentrasi awal 10 ppm sebesar  $(18,3586 \pm 1,4428)$   $\mu\text{g/g}$  kemudian turun menjadi  $(9,503 \pm 1,1209)$   $\mu\text{g/g}$  pada hari ke-14, pada hari

ke-21 serapan logam sebesar  $(4,5145 \pm 0,1369) \mu\text{g/g}$  sedangkan pada konsentrasi awal 30 ppm serapan logam relatif sama atau mengalami kesetimbangan terhadap waktu kontak. Serapan logam Cd terbesar pada tanaman teratai yang ditunjukkan pada hari ke-7 dimungkinkan pada hari itu teratai berkembang secara maksimal sehingga dapat menyerap zat hara secara maksimal juga. Karena seluruh substansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda-benda air, diserap oleh akar-akar tumbuhan seperti layaknya spons menyerap suatu cairan dan apa-apa yang terkandung di dalamnya tanpa seleksi. Kapasitas serapan logam pada hari berikutnya semakin kecil yang dimungkinkan logam sudah terdistribusi ke bagian tanaman lain seperti daun.



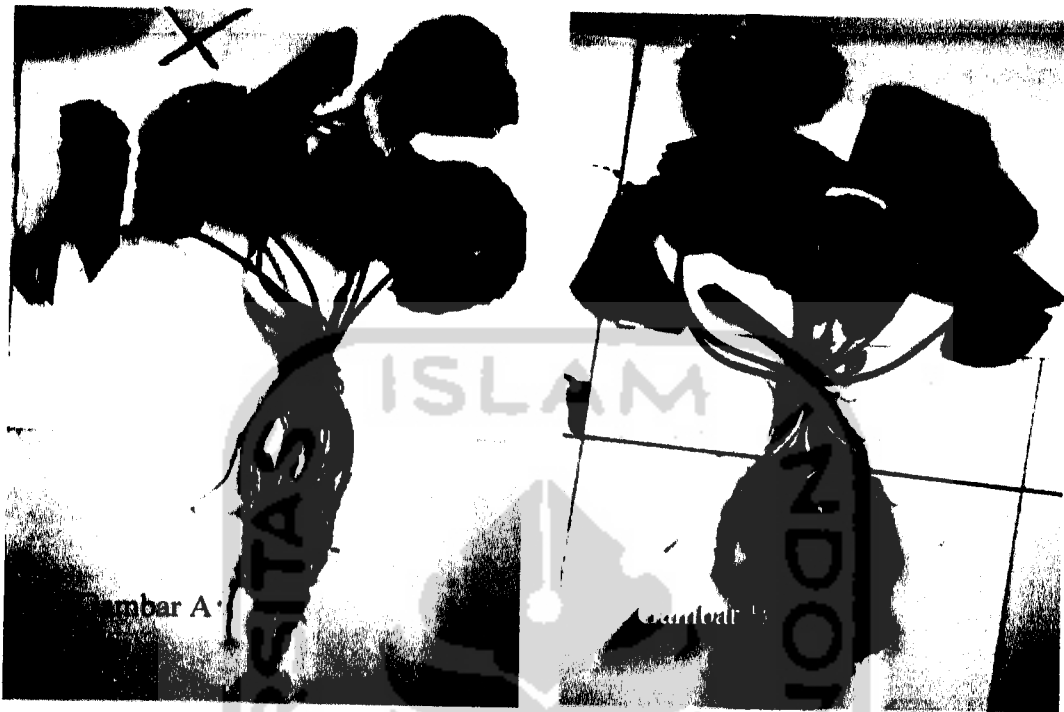
Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap serapan logam Cd pada tanaman teratai; konsentrasi logam Cd 10 ppm = 40000  $\mu\text{g}$  dan 30 ppm = 120000  $\mu\text{g}$  dalam 4 L larutan media tumbuh.

Penurunan penyerapan ini diduga disebabkan kemampuan tanaman untuk menyerap logam Cd berkurang karena terganggunya fungsi fisiologi tanaman yang ditandai dengan rusaknya bagian-bagian tanaman. Pertumbuhan tanaman yang berbeda jelas terlihat pada masing-masing konsentrasi, setelah logam Cd ditambahkan ke dalam media. Logam Cd yang digunakan adalah berasal dari garam  $CdSO_4$ . Karena bentuk logam berat Cd mudah diabsorpsi dalam bentuk garam Cd terlarut di dalam jaringan organisme yang bersifat autotrof dengan cara absorpsi langsung (Mailman, 1980). Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel yaitu secara osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Semakin banyak molekul air yang terserap oleh teratai, berarti semakin banyak ion-ion logam tadi yang masuk dalam tubuh tanaman (Supradata, 1992).

Kapasitas serapan logam Cd pada jaringan tanaman tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam Cd yang tersedia dalam medium air dan ketahanan tanaman terhadap logam berat tetapi juga tergantung pada jenis tanaman, kultivar serta faktor media. Selain itu kecepatan dan banyaknya penyerapan unsur di dalam air oleh teratai dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain : jenis zat yang tercampur, unsur dan ukuran tanaman (Widyanto, 1980).

Tanaman memiliki ketahanan terhadap logam berat dengan berbagai macam cara salah satunya adalah ameliosasi (penanggulangan). Tanaman mungkin mengabsorpsi ion logam berat tersebut, tetapi meminimumkan pengaruh logam berat dengan cara pembentukan khelat, pengenceran, lokalisasi atau eksresi (Fitter and Hay, 1991).





Gambar 4. Teratai pada konsentrasi 30 ppm hari ke-21 (gambar A) dan teratai kontrol (gambar B).

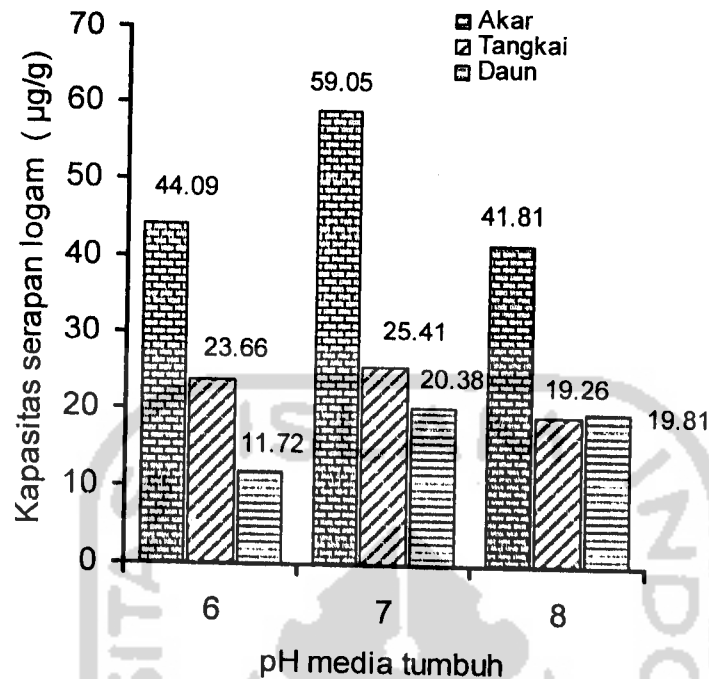
Seperti terlihat pada gambar 4, tampak terjadinya perubahan morfologi tanaman. Pada waktu penanaman awal tanaman masih segar, warna daun hijau, rambut-rambut akar panjang dan berkembang baik. Kondisi ini juga masih bertahan pada tanaman kontrol yang tidak ditambahkan logam. Walaupun tanaman teratai termasuk tanaman yang tahan (tumbuh stabil terhadap keadaan lingkungan yang berubah-ubah), pada umur 21 hari setelah ditambahkan logam Cd tanaman teratai sudah mengalami perubahan fisiknya. Hal ini terlihat dari beberapa daun yang menguning dan tidak tumbuh subur. Rambut-rambut akar sedikit sangat berbeda dengan tanaman kontrol.

Pada penelitian ini konsentrasi 10 ppm lebih toksik pada tanaman dibandingkan konsentrasi 30 ppm. Berarti tanaman membentuk ketahanan yang lebih besar pada konsentrasi 10 ppm, sehingga kapasitas serapan logam Cd pada tanaman meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi awal menyebabkan perbedaan penyerapan logam Cd oleh teratai dan penyerapan logam paling banyak pada konsentrasi 10 ppm.

### 5.3 Pengaruh pH

Pengaruh pH digunakan untuk melihat kemampuan tanaman dalam menyerap logam pada pH di bawah dan di atas habitat aslinya. Pada penelitian ini digunakan variasi pH 6, 7 dan 8 dengan konsentrasi logam Cd sebesar 10 ppm dan waktu kontak selama 7 hari. Kondisi ini berdasarkan penelitian sebelumnya dimana teratai mampu menyerap logam Cd paling banyak. Pengaruh pH terhadap daya serap logam Cd oleh tanaman teratai ditunjukkan pada gambar 8, data selengkapnya ditunjukkan pada lampiran 4.

Dari gambar 5 terlihat bahwa variasi pH menyebabkan perbedaan penyerapan Cd oleh teratai. Kenaikan pH menyebabkan kompetisi antara Cd dengan ion-ion hidrogen menurun. Dengan demikian kompetisi antara logam Cd dengan ion-ion hidrogen pada pH 8 lebih rendah dibandingkan pada pH 6, sehingga jumlah ion Cd yang mampu diserap oleh tanaman lebih besar pada pH 6 dari pada pada pH 8.



Gambar 5. Pengaruh pH media tumbuh terhadap serapan logam Cd oleh tanaman teratai pada konsentrasi 10 ppm = 40000 µg dalam 4 L larutan media tumbuh dengan waktu kontak 7 hari.

Kapasitas serapan logam Cd yang paling besar pada pH 7 yaitu sebesar  $(59,0595 \pm 0,4918)$  µg/g yang ada pada sampel akar. Hal ini juga menunjukkan bahwa aktivitas tanaman untuk menyerap logam lebih optimal pada pH netral (pH 7) dibanding pada pH sedikit asam atau sedikit basa. Hal ini disebabkan karena kestabilan senyawa kompleks yang dipengaruhi oleh keasaman ion logam dan kebasaan ligan. Semakin besar muatan ion logam semakin tinggi keasamannya, maka semakin besar kemampuannya untuk menerima pasangan elektron, sehingga senyawa kompleks yang terbentuk semakin stabil. Secara umum kation-kation kuat (asam Lewis) dengan ligan-ligan kuat (basa Lewis) akan membentuk

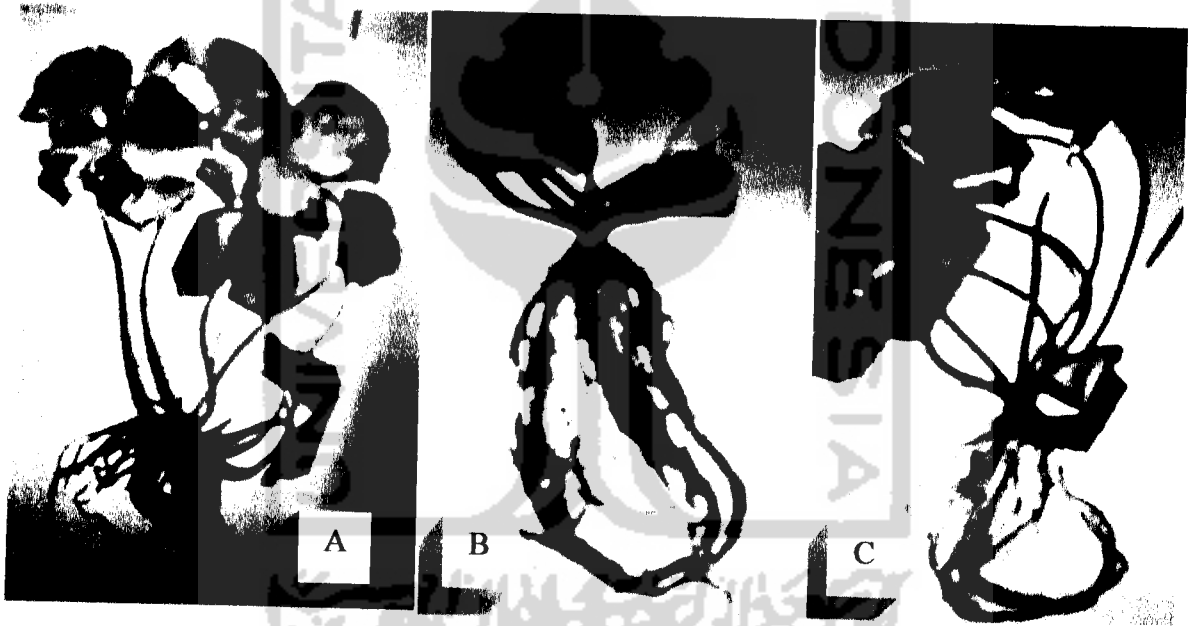
kompleks yang stabil, sedangkan asam-asam lemah membentuk kompleks yang stabil dengan basa-basa lemah (Mawardi, 1997).

Kebanyakan tumbuhan, hewan dan organisme lainnya tidak akan hidup terus dengan pH dibawah 5 (asam) dan diatas 9 (basa). pH yang tidak sesuai dengan kondisi normal kehidupan tumbuhan akan menyebabkan unsur hara mikro sukar larut. Akibatnya tumbuhan sukar mendapatkan unsur-unsur tersebut, dan akan mengalami gejala defisiensi unsur mikro seperti klorosis, gugurnya daun, tegangunya pertumbuhan tanaman karena enzim serta proses oksidasi reduksi di dalam sel tanaman terganggu (Dwidjoseputro, 1986). Terjadinya perubahan morfologi disebabkan oleh terkumpulnya beberapa unsur logam seperti Cu, Zn, Fe, Mn, Cl dan Co dalam konsentrasi yang tinggi di dalam jaringan vegetatif tumbuhan dan berkurangnya zat hara dalam media (Giordano et al, 1975; Hidayati, 2002). Tercumpulnya logam berat didalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan penurunan biomassa pada akar dan pucuk (Kelly dan Me Kee, 1979).

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara :

1. Mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami cekaman air (layu).
2. Meningkatkan permeabilitas membran plasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurang kemampuan seleksinya.
3. Menghambat fotosintesis dan respirasi.
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolik (Carlson et al, 1975).

Gejala khas toksisitas logam adalah “stunting” akar yang sering kali diikuti dengan terjadinya warna kecoklatan dan kematian meristem (Fitter and Hay, 1991). Sedangkan berkurangnya luas daun dapat terjadi karena fisiologi tanaman terganggu seperti laju fotosintesis, pembentukan ATP serta laju difusi gas antara daun dengan udara sekitar (Thompson, 1984). Gejala layu menguning dan membusuknya daun menunjukkan berkurangnya zat hara dan terserapnya zat toksik oleh tumbuhan (Hidayati, 2002). Namun dengan munculnya tunas dan akar baru mungkin sebagai cara tumbuhan ini untuk tetap bertahan hidup.



Gambar 6. Konsentrasi logam Cd 10 ppm, waktu kontak 7 hari pada pH 6 (A); pH 7(B); pH 8 (C)

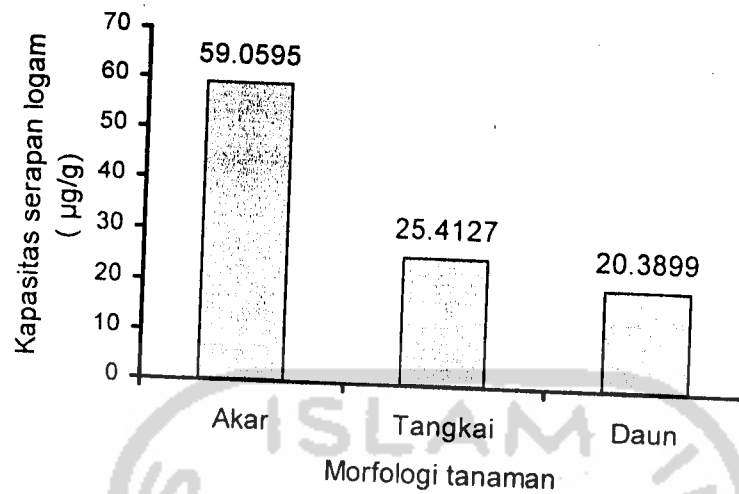
Untuk variabel pH larutan, perubahan morfologi tanaman mulai terlihat jelas sejak logam dan buffer fosfat ditambahkan pada media tumbuh (gambar 6). Daun tampak hijau segar dan berukuran besar, akar banyak dan berwarna putih kecoklatan, sebelum logam dan buffer ditambahkan ke dalam media tumbuh.

Kondisi tanaman pada pH 7 perubahan tidak menalami perubahan secara menyolok sedangkan pada pH 6 dan pH 8 perubahan morfologi sudah terjadi yang ditunjukkan dengan daun yang tua cepat membusuk dengan warna kecoklatan. Rambut akar rontok dan berwarna kecoklatan. Kuncup daun tidak dapat berkembang dengan baik dan akhirnya rata-rata daun menggulung tidak dapat tumbuh besar. Dari rambut-rambut akar yang rontok dan daun yang cepat layu, maka proses penyerapan zat hara dan kegiatan fotosintesis terganggu. Rusaknya morfologi tanaman diduga akibat buffer fosfat yang digunakan tidak cocok untuk nutrisi tanaman.

Seperti halnya penelitian sebelumnya perbedaan kemampuan penyerapan diduga berhubungan dengan pertumbuhan tanaman dan kondisi pH tempat tumbuhan tersebut hidup sehingga kapasitas serapan logam Cd pada variasi pH menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap penyerapan logam oleh tanaman teratai.

#### **5.4 Kapasitas Serapan Logam Cd pada Tanaman**

Untuk melihat konsentrasi logam pada bagian tanaman dilakukan pengukuran kapasitas serapan logam Cd pada bagian akar tangkai dan daun. Kapasitas serapan logam Cd pada bagian tanaman ditunjukkan pada gambar 7, data selengkapnya ditunjukkan pada lampiran 4. Dari hasil yang didapat, lokalisasi logam terbesar pada akar tanaman. Kapasitas serapan logam Cd pada akar sebesar  $(59,0595 \pm 0,4918) \mu\text{g/g}$  lebih besar dari kapasitas serapan logam pada tangkai dan daun.



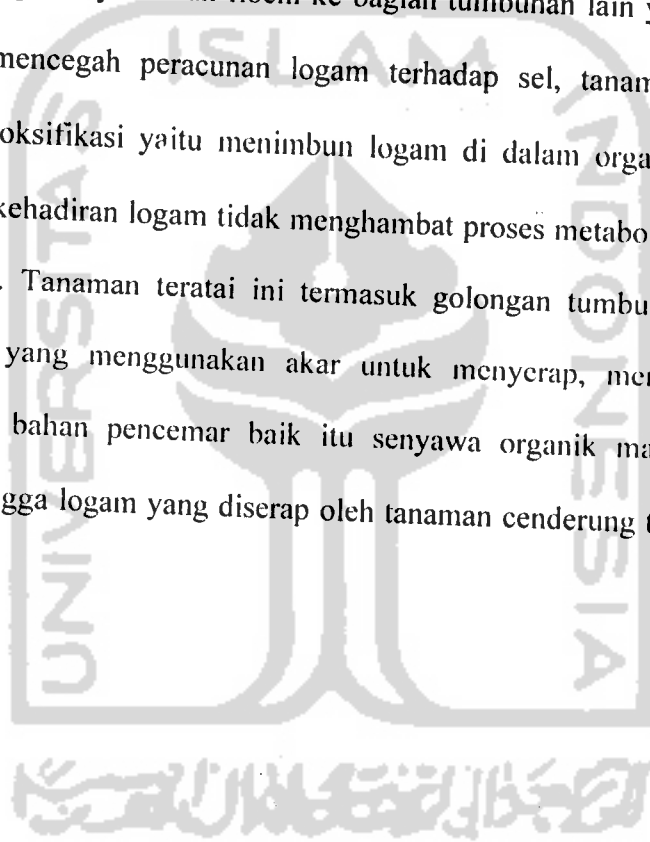
Gambar 7. Kapasitas serapan logam Cd tanaman teratai pada akar, tangkai dan daun pada konsentrasi 10 ppm = 40000 µg dalam 4 L larutan media tumbuh dengan waktu kontak 7 hari

Hal ini disebabkan akar merupakan tempat pertama terjadinya penyerapan dan sel-sel akar tanaman mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya dan biasanya bermuatan negatif. Selanjutnya logam naik ke bagian batang, namun batang pada tanaman hanya berfungsi sebagai pembawa atau pendistribusi logam dari akar ke bagian daun sehingga serapan logam di bagian batang paling rendah.

Perjalanan logam pada morfologi tanaman, kenyataannya variabel pH berpengaruh terhadap penyerapan logam yaitu pada pembentukan kompleks logam, dengan adanya pH, senyawa kompleks yang terbentuk makin stabil sehingga serapan logam oleh tanaman semakin besar. Tanaman menyerap logam-logam yang larut dalam air melalui akar-akarnya. Di dalam akar, tanaman

melakukan perubahan pH oleh tanaman dan membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor.

Fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat logam Cd dan membawanya ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui transfort aktif. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain yaitu batang dan daun. Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi yaitu menimbun logam di dalam organ tertentu yang bertujuan agar kehadiran logam tidak menghambat proses metabolisme tumbuhan (Collins, 1999). Tanaman teratai ini termasuk golongan tumbuhan rizofiltrasi, yaitu tanaman yang menggunakan akar untuk menyerap, mendegradasi dan mengakumulasi bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun senyawa anorganik, sehingga logam yang diserap oleh tanaman cenderung terakumulasi di dalam akar.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

1. Efektifitas kemampuan penyerapan logam oleh tanaman teratai dipengaruhi oleh konsentrasi logam Cd, pH media tumbuh dan waktu kontak. Serapan logam Cd paling besar pada konsentrasi 10 ppm dan waktu kontak 7 hari, kapasitas serapan logam yang diperoleh ( $18,3586 \pm 1,4428$ )  $\mu\text{g/g}$ . Untuk variasi pH, teratai dapat menyerap logam terbesar pada pH 7 yaitu ( $59,0595 \pm 0,4918$ )  $\mu\text{g/g}$ .
2. Kapasitas serapan logam Cd pada akar lebih tinggi dari pada di tangkai dan daun yaitu ( $59,0595 \pm 0,4918$ )  $\mu\text{g/g}$ , dimana kapasitas serapan logam Cd di daun sebesar ( $20,3899 \pm 0,1891$ )  $\mu\text{g/g}$ , sedangkan pada tangkai ( $25,4127 \pm 0$ )  $\mu\text{g/g}$  sampel.

#### 6.2 Saran

1. Untuk melengkapi penelitian ini perlu diteliti lebih lanjut mengenai kemampuan penyerapan tanaman teratai terhadap limbah logam berat lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai pengolah limbah yang cukup aman dan efisien.
2. Dimasa yang akan datang diharapkan semakin banyak pemanfaatan tumbuhan khususnya gulma untuk mengurangi logam berat di perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002 [http:// www.kompas.com / kompas-cetak / 0307 / 02 / inspirasi / 404854. htm](http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854.htm). diakses tanggal 11 Januari 2004.
- Anonim, 2003, *Hand Out Pelatihan Instrumentasi Kimia*, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Carasek Eduardo, Tonjes, J. W., Scharf Mauro, 2000, *A New Method of Microvolume Back-Extraction Prosedure for Enricment of Pb and Cd and Determination by Flame Atomic Absorption Spectrometry*, *Talanta*, 56 (2000), 93-98.
- Carlson, R.W., F.A., Bazzaz and G.L., Rafle, 1975, *The Effect of Heavy Metal on Plant : II. Net Phytosynthesis and Transpiration of Whole Corn and Sunflower Plant Treated with Pb, Cd, Ni and Ti*, *Environ.*
- Collins, C.D, 1999, *Strategis for Minimizing Enviromental Contaminans*, *Trends Plant Sci.* 445.
- Dwidjoseputro, D., 1986, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Ehrlich, P.R. and A.H. Ehrlich, 1970. *Population Resources Enviromental Issues In Human Ecology*, W.H. Freeman and Co, San Fransisco. p. 157-158.
- Epstein, E., 1972, *Mineral Nutrition of Plant, Principle and Persepective*, Wiley Estern ltd., Bombay. p. 8.
- Fitter, 1982, *Fisiologi Lingkungan Tanaman*, Gajdah Mada University Press, Jogyakarta.
- Fitter, A.H and R.K.M. hay., 1991, *Fisiologi Lingkungan Tanaman*, Gajdah Mada University Press, Jogyakarta, hal 5-7.
- Giardano, P.M., J.J. Mortvedt and D.A. Mays 1975, *Effect of Manicipal Wastes on Crop Yields and Uptake of Heavy Metal*, *J. Enviromental Quality*, 4 : 2 : 395
- Hasim, 2002 [http:// www.kompas.com / kompas-cetak / 0307 / 02 / inspirasi / 404854. htm](http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854.htm). diakses tanggal 20 Desember 2003.
- Hidayati, L., 2002, *Pengaruh Peningkatan Kualitas Air Limbah Batik PT. Plentong dengan Perlakuan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Terhadap Densitas Plankton*, Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogyakarta

- Kelly, J.M., G.R. Parker and W.M. Mc Kee, 1979, *Heavy Metal Accumulation and Growth of Seedling of Five Forest Species as Influenced by Soil Cadmium Level*, J. Environmental Quality, 8 : 3 : 361.
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.
- Mailman, R.B., 1980, *Heavy Metal* dalam F. E. Guthrie and J. J. Perry (Eds) *Introduction to Environmental Toxicology*, Elsevier North Holland, Inc, New York.
- Mawardi, 1997, *Biasorpsi Timbal dan Boimassa Saccharomyces Cerevisiae*, Thesis, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Teknologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Priyanto, B. dan Prayitno, J., 2004, *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*. Publikasi di website, diakses 5 Januari 2004.
- Rini Daru S., 2001, *Mangrove Jenis api-api Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir*, <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/0903/28/1001.htm> (diakses tanggal 22 Februari 2005).
- Supradata, 1992, *Peningkatan Kualitas Air Pabrik Baja PT. Krakatau Steel Cilegon, Jawa Barat Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart) Solm) dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.)*, Skripsi, Fak Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Tandjung, H. S. D., 1983, *Penentuan Toksisitas Suatu Bahan Pencemar di Lingkungan Perairan. Kursus Dampak Lingkungan ke I, Pusat Penelitian dan Studi Lingkungan, UGM, Yogyakarta.*
- Tjitrosoedirdjo, S.S and S.S. Sastroutomo, 1985, *The Potential Uptake of Lead and Cadmium by Waterhyacinth (Eichhornia Crassipes)*, Workshop on The Ecology and Management of Aquatic Weeds, Jakarta. P. 1-9.
- Thompson, J. Muller P.W., Fluekiger W. and A.J. Rutter, 1984, *The Effect of Duston Photosynthesis and Its Significance for Road Side Plants*, J. Environmental Pollution, (series A) 34 : 171-180.
- Wallace, T., 1950, *Trace Elements in Plant Physiology*, vol 3, The Chronica Botanica Co. Waltham, Mass, USA, pp-2, 6-9.
- Wydianto, L.S., 1980, *Hubungan Eceng Gondok dengan Pencemaran Lingkungan*, SEAMEO BIOTROP, Bogor, Indonesia, Hal : 1-3.

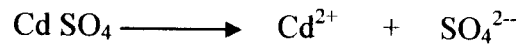
**Lampiran 1.**

Kondisi parameter alat AAS model AA-782 Nippon Jarell Ash untuk mengukur kadar logam kadmium (Cd).

<b>Parameter</b>	<b>Cd</b>
- Panjang gelombang (nm)	228,8
- Arus HCL (mA)	6
- Kecepatan alir udara (L/menit)	3,5
- Kecepatan alir asetilen (L/menit)	2,0
- Slit	0,7
- Type nyala	Udara asetilen

## Lampiran 2. Pembuatan larutan-larutan kerja

### 1.1 Pembuatan CdSO<sub>4</sub> 1000 ppm



$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg dalam 1L}$$

$$1\text{L} = 1000 \text{ mg}$$

$$1\text{L} = 1 \text{ gr}$$

$$\text{Mol} = \text{gr/ BM}$$

$$\text{Mol} = 1 \text{ gr/ } 112,40 = 8,896 \times 10^{-3}$$

$$\text{Mol CdSO}_4 = 1/1 \times 8,896 \times 10^{-3} = 8,896 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Gram CdSO}_4 = \text{mol} \times \text{BM Cd (SO}_4)_2$$

$$= 8,896 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 208,4 \text{ mol/gram}$$

$$= 1,853 \text{ gram}$$

### 1.2. Pembuatan Larutan HNO<sub>3</sub>

Dari HNO<sub>3</sub> 65% dibuat HNO<sub>3</sub> konsentrasi 5 M dan 0,1 M

$$\text{Konsentrasi Bahan pekat} = \frac{1000 \times \% \text{ Bahan Pekat} \times \text{BJ Bahan Pekat}}{\text{BM Bahan Pekat}}$$

$$= \frac{1000 \times 65/100 \times 1,4 \text{ g / ml}}{63 \text{ g / ml}}$$

$$= 14,44 \text{ M}$$

$$= 14,44 \text{ M}$$

Pembuatan HNO<sub>3</sub> 5 M

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 14,44 \text{ M} = 50 \text{ mL} \times 5 \text{ M}$$

$$V_1 = 17,3 \text{ mL}$$

Pembuatan HNO<sub>3</sub> 0,1 M

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 5 \text{ M} = 100 \text{ mL} \times 0,1$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

1,853 gram CdSO<sub>4</sub> dan 30 mL HNO<sub>3</sub> 0,1 M dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL dengan menggunakan labu ukur 1000 mL.

- Larutan standar Cd 1000 ppm dibuat menjadi 10 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 4000 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

40 mL diencerkan dengan 4000ml air untuk media tumbuh 4 L

- Larutan standar Cd 1000 ppm dibuat menjadi 30 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 4000 \text{ mL} \times 30 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 120 \text{ mL}$$

120 mL diencerkan dalam 4000 ml air untuk 4L media tumbuh

### 1.3 Pembuatan larutan buffer fosfat

- a. Pembuatan 100 ml 0,1 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

$$0,1 \text{ M} = 0,1 \text{ mol/L} = 0,1 \frac{\text{g/Mr}}{\text{L}}$$

$$= 0,1 \frac{\text{g}/136}{\text{L}}$$

$$= 13,6\text{g/L}$$

$$= 1,36 \text{ g}/100 \text{ ml} \rightarrow 1 \text{ L media}$$

b. Pembuatan 200 ml NaOH 1 M

$$M = \text{mol/L}$$

$$\text{mol} = M \times L = 1 \times 0,2 \text{ L} = 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \text{g/Mr}$$

$$\text{g} = \text{mol} \times \text{Mr} = 0,2 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 8 \text{ g}$$

8 g NaOH dilarutkan dengan aquades hingga volume 200 ml

NaOH 1 M akan diturunkan menjadi 0,1 M

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 1 \text{ M} = 500 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M}$$

$$V_1 = 50 \text{ ml}$$

50 ml NaOH 1 M ditambahkan aquades hingga 500 ml

Tabel 1. Volume NaOH yang digunakan pada pH 6, 7, dan 8

pH	Volume NaOH (ml)
6	11,2
7	58,2
8	93,4

#### 1.4 Pembuatan larutan standar Cd

Pembuatan larutan standar Cd dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2 ppm dari larutan standar spektrosol 1000 ppm.

Larutan spektrosol Cd 1000 ppm dibuat menjadi 100 ppm dalam labu ukur 25 ml.

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ ml} \times 100 \text{ M}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ ml}$$

Standar 100 ppm dibuat menjadi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2 ppm dalam labu ukur 25 ml :

a. Konsentrasi 0,5 ppm

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 25 \text{ ml} \times 0,5 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,125 \text{ ml}$$

b. Konsentrasi 1 ppm

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 25 \text{ ml} \times 1 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

c. Konsentrasi 1,5 ppm

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 25 \text{ ml} \times 1,5 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,375 \text{ ml}$$

d. Konsentrasi 2 ppm

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 25 \text{ ml} \times 2 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ ml}$$



## Lampiran 3.

## Absorbansi larutan standar Cd

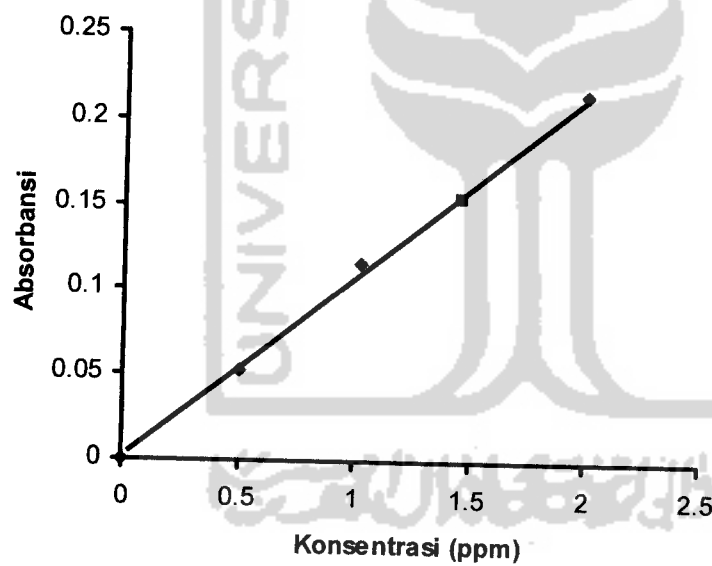
Konsentrasi standar (ppm)	Absorbansi
0	0,000
0,5	0,053
1,0	0,122
1,5	0,150
2,0	0,215

Dari data diatas diperoleh

$$a = 0,0026$$

$$b = 0,1054$$

$$r = 0,994198$$



Gambar 8. Kurva kalibrasi logam Cd

Sehingga diperoleh persamaa kurva standar untuk logam Cd :

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0,1054x + 0,0026$$

### Absorbansi larutan standar Cd

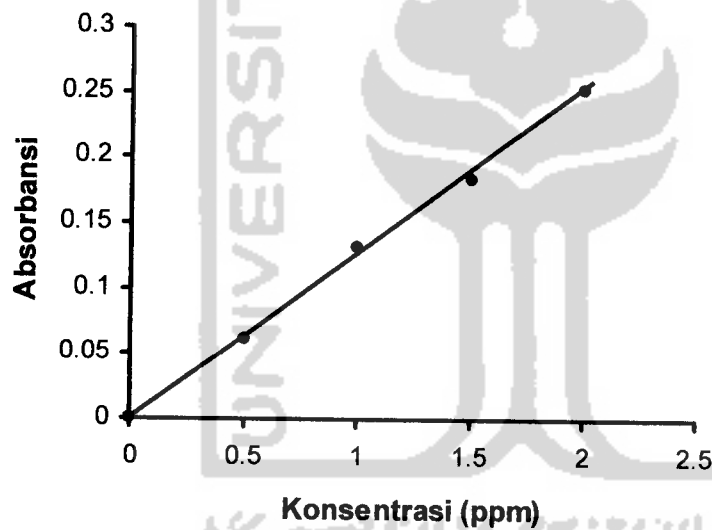
Konsentrasi standar (ppm)	Absorbansi
0	0,000
0,5	0,061
1,0	0,136
1,5	0,165
2,0	0,252

Dari data diatas diperoleh

$$a = 0,0012$$

$$b = 0,1216$$

$$r = 0,99224$$



Gambar 9. Kurva kalibrasi logam Cd

Sehingga diperoleh persamaa kurva standar untuk logam Cd :

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0,1216x + 0,0012$$

#### Lampiran 4.

- a. Perhitungan kapasitas serapan logam Cd pada konsentrasi awal

Diketahui : Volume larutan induk = 50 ml

$$\text{ppm} = \frac{a \times b}{c} \times d$$

Keterangan a = konsentrasi regresi

b = volume larutan

c = berat cuplikan

d = faktor pengenceran

Sampel Akar	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata	Pengen- ceran	Berat Sampel (gram)
	1	2	3			
Cd 10 ppm, 7 hari	0.087	0.077	0.076	0.08	1	2
Cd 10 ppm, 14 hari	0.048	0.041	0.039	0.043	1	2
Cd 10 ppm, 21 hari	0.042	0.04	0.04	0.041	0.5	2
Cd 30 ppm, 7 hari	0.054	0.061	0.059	0.058	0.5	2
Cd 30 ppm, 14 hari	0.048	0.046	0.043	0.046	0.5	2
Cd 30 ppm, 21 hari	0.051	0.054	0.047	0.051	0.5	2
Kontrol Akar	0.031	0.019	0.029	0.026	0.2	2
Kontrol Tanah	0.061	0.06	0.064	0.062	1	5

Konsentrasi 10 ppm = 10 mg/L

$$= 10 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml (dalam 4 L media)}$$

$$= 10 \mu\text{g/ml} \times 4000 \text{ ml}$$

$$= 40000 \mu\text{g}$$

Konsentrasi 30 ppm = 30 mg/L

$$= 30 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml (dalam 4 L media)}$$

$$= 120000 \mu\text{g}$$

Persamaan regresi untuk Cd adalah  $y = 0,1054 x + 0,0026$

1. Untuk Cd 10 ppm 7 hari

$$\begin{aligned} \text{a. } y &= 0,1054 x + 0,0026 \\ 0,087 &= 0,1054 x + 0,0026 \\ x &= 0,8007 \text{ mg/L} \\ &= 0,8007 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,8007 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1 \\ &= 20,01897 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } y &= 0,1054 x + 0,0026 \\ 0,077 &= 0,1054 x + 0,0026 \\ x &= 0,70588 \text{ mg/L} \\ &= 0,70588 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,70588 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1 \\ &= 17,6470 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } y &= 0,1054 x + 0,0026 \\ 0,076 &= 0,1054 x + 0,0026 \\ x &= 0,63639 \text{ mg/L} \\ &= 0,63639 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,63639 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1 \\ &= 17,40986 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	20,01897	1,66036	2,75679
2	17,6470	- 0,71161	0,50639
3	17,4986	- 0,94875	0,90013
			$\Sigma d^2 = 4,16331$

$$\bar{x} = 18,3581 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,16331}{2}} = 1,44279$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 10 ppm 7 hari :

$$\bar{x} \pm Sd = (18,3581 \pm 1,44279) \mu\text{g/g}$$

2. Untuk Cd 10 ppm 14 hari

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,048 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,43074 \text{ mg/L}$$

$$= 0,43074 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,43074 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1$$

$$= 10,7685 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,041 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,3643 \text{ mg/L}$$

$$= 0,3643 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,3643 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1$$

$$= 9,10816 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,039 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,3453 \text{ mg/L}$$

$$= 0,3453 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,3453 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 1$$

$$= 8,63378 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	10,7685	1,26502	1,60028
2	9,10816	- 0,39532	0,15628
3	8,6339	- 0,8697	0,75638
			$\Sigma d^2 = 2,51294$

$$\bar{x} = 9,50348 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,51294}{3-1}} = 1,12092$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 10 ppm 14 hari :

$$\bar{x} \pm Sd = (9,50348 \pm 2,51294) \mu\text{g/g}$$

3. Untuk Cd 10 ppm 21 hari

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,042 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,37381 \text{ mg/L}$$

$$= 0,37381 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,37381 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 4,67267 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,040 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,35484 \text{ mg/L}$$

$$= 0,35484 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,35484 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 4,43548 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,040 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,35484 \text{ mg/L}$$

$$= 0,35484 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,35484 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 4,43548 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	4,67267	- 0,15813	0,0250
2	4,43548	- 0,07906	0,00625
3	4,43548	- 0,07906	0,00625
			$\Sigma d^2 = 0,0375$

$$\bar{x} = 4,51454 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0375}{3-1}} = 0,13693$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 10 ppm 21 hari :

$$\bar{x} \pm Sd = (4,51454 \pm 0,13693) \mu\text{g/g}$$

4. Untuk Cd 30 ppm 7 hari

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,054 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,48767 \text{ mg/L}$$

$$= 0,48767 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,48767 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 6,09582 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,061 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,55408 \text{ mg/L}$$

$$= 0,55408 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,55408 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 6,92599 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,059 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,5351 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5351 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5351 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 6,6888 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	6,09585	- 0,47436	0,22502
2	6,92599	0,35578	0,12658
3	6,6888	0,11854	0,01406
			$\Sigma d^2 = 0,36566$

$$\bar{x} = 6,57021 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,36566}{3-1}} = 0,42758$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 30 ppm 7 hari :

$$\bar{x} \pm Sd = (6,57021 \pm 0,42758) \mu\text{g/g}$$

5. Untuk Cd 30 ppm 14 hari

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,048 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,43074 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$



$$\begin{aligned}\text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,43074 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5 \\ &= 5,38425 \mu\text{g/g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } y &= 0,1054 x + 0,0026 \\ 0,046 &= 0,1054 x + 0,0026 \\ x &= 0,41176 \text{ mg/L} \\ &= 0,41176 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,41176 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5 \\ &= 5,14705 \mu\text{g/g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. } y &= 0,1054 x + 0,0026 \\ 0,043 &= 0,1054 x + 0,0026 \\ x &= 0,3833 \text{ mg/L} \\ &= 0,3833 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,3833 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5 \\ &= 4,79127 \mu\text{g/g}\end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5,38425	0,27673	0,07658
2	5,14705	0,03953	0,00156
3	4,79127	- 0,31625	0,10001
			$\Sigma d^2 = 0,17815$

$$\bar{x} = 5,10752 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,17815}{3-1}} = 0,29845$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 30

$$\text{ppm 14 hari : } \bar{x} \pm Sd = (5,10752 \pm 0,29845) \mu\text{g/g}$$

6. Untuk Cd 30 ppm 21 hari

$$a. y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,051 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,4592 \text{ mg/L}$$

$$= 0,4592 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,4592 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 5,74004 \mu\text{g/g}$$

$$b. y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,054 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,48766 \text{ mg/L}$$

$$= 0,48766 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,48766 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 6,09583 \mu\text{g/g}$$

$$c. y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,047 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,42125 \text{ mg/L}$$

$$= 0,42125 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,42125 \mu\text{g} / \text{ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,5$$

$$= 5,26565 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5,74004	0,03953	0,00156
2	6,09583	0,39535	0,15628
3	5,26565	-0,43486	0,18910
			$\Sigma d^2 = 0,34694$

$$\bar{x} = 5,70051 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,34694}{3-1}} = 0,41649$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar dengan konsentrasi awal 30 ppm 21 hari :

$$\bar{x} \pm Sd = (5,70051 \pm 0,41649) \mu\text{g/g}$$

7. Untuk kontrol akar

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,031 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,2694 \text{ mg/L}$$

$$= 0,2694 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,2694 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,2$$

$$= 1,3472 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,019 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,1556 \text{ mg/L}$$

$$= 0,1556 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,1556 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,2$$

$$= 0,7779 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,029 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,2505 \text{ mg/L}$$

$$= 0,2505 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,2505 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ gram}} \times 0,2$$

$$= 1,2524 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,3472	0,2214	0,0490
2	0,7779	-0,3479	0,1210
3	1,2524	0,1266	0,0160
			$\Sigma d^2 = 0,186$

$$\bar{x} = 1,1258 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,186}{3-1}} = 0,3049$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada kontrol akar

$$\bar{x} \pm Sd = (1,2524 \pm 0,3049) \mu\text{g/g}$$

8. Untuk kontrol tanah

$$\text{a. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,061 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,5541 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5541 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,5541 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{5 \text{ gram}} \times 1 \\ &= 5,54078 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\text{b. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,060 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,5446 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5446 \times 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,5446 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{5 \text{ gram}} \times 1 \\ &= 5,44592 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\text{c. } y = 0,1054 x + 0,0026$$

$$0,064 = 0,1054 x + 0,0026$$

$$x = 0,5825 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5825 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5825 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml}}{5 \text{ gram}} \times 1$$

$$= 5,825 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5,54078	- 0,06312	0,00398
2	5,44592	- 0,15798	0,02456
3	5,825	0,2211	0,04888
			$\Sigma d^2 = 0,07782$

$$\bar{x} = 5,6039 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,07782}{3-1}} = 0,19726$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada kontrol tanah

$$\bar{x} \pm Sd = (5,6039 \pm 0,1973) \mu\text{g/g}$$

Tabel 2. Kapasitas serapan logam Cd pada konsentrasi awal

Konsentrasi (ppm)	Waktu kontak (hari)		
	7	14	21
10	$18,3586 \pm 1,4428 \mu\text{g/g}$	$9,5034 \pm 1,1209 \mu\text{g/g}$	$4,5145 \pm 0,1369 \mu\text{g/g}$
30	$6,5702 \pm 0,4276 \mu\text{g/g}$	$5,1075 \pm 0,2984 \mu\text{g/g}$	$5,7005 \pm 0,4165 \mu\text{g/g}$

## b. Perhitungan kapasitas serapan logam Cd pada pH media tanam

Kode sampel	Absorbansi			Rata-rata	Pengen-ceran	Berat sampel (gram)
	1	2	3			
Akar pH 6	0,275	0,272	0,277	0,275	2	2,55
Akar pH 7	0,186	0,183	0,184	0,184	4	2,55
Akar pH 8	0,128	0,128	0,132	0,129	4	2,52
Daun pH 6	0,075	0,075	0,072	0,074	4	2,53
Daun pH 7	0,080	0,080	0,080	0,080	4	2,55
Daun pH 8	0,060	0,060	0,060	0,060	4	2,51
Tangkai pH 6	0,074	0,073	0,073	0,073	2	2,53
Tangkai pH 7	0,127	0,125	0,125	0,126	2	2,51
Tangkai pH 8	0,120	0,120	0,125	0,122	2	2,50

Persamaan regresi untuk Cd adalah  $y = 0,1216 x + 0,0012$

## 1. Untuk akar pH 6

$$a. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,275 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,2738 \text{ mg/L}$$

$$= 0,2738 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,2738 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 44,1499 \mu\text{g/g}$$

$$b. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,272 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 2,2269 \text{ mg/L}$$

$$= 2,2269 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{2,2269 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 43,6661 \mu\text{g/g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } y &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 0,277 &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 x &= 2,2680 \text{ mg/L} \\
 &= 2,2680 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{2,2680 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 2 \\
 &= 44,4724 \mu\text{g/g}
 \end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	44,1499	0,0538	$2,8944 \times 10^{-3}$
2	43,6661	- 0,8063	0,6501
3	44,4724	0,3763	0,1416
			$\Sigma d^2 = 0,7946$

$$\bar{x} = 44,0961 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,7946}{3-1}} = 0,5146$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar pH 6

$$\bar{x} \pm Sd = (44,0961 \pm 0,5146) \mu\text{g/g}$$

2. Untuk akar pH 7

$$\begin{aligned}
 \text{a. } y &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 0,186 &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 x &= 1,5197 \text{ mg/L} \\
 &= 1,5197 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{1,5197 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4 \\
 &= 59,5961 \mu\text{g/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } y &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 0,183 &= 0,1216 x + 0,0012
 \end{aligned}$$



$$x = 1,4951 \text{ mg/L}$$

$$= 1,4951 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,4951 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 58,6300 \mu\text{g/g}$$

$$c. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,184 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,5033 \text{ mg/L}$$

$$= 1,5033 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5033 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 58,9525 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	59,5961	0,5366	0,2879
2	58,6300	- 0,4295	0,1845
3	58,9525	- 0,107	0,0114
			$\Sigma d^2 = 0,4838$

$$\bar{x} = 59,0595 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,4838}{3-1}} = 0,4918$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar pH 7

$$\bar{x} \pm Sd = (59,0595 \pm 0,4918) \mu\text{g/g}$$

### 3. Untuk akar pH 8

$$a. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,128 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0428 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0428 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$



$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{1,0428 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,52 \text{ gram}} \times 4 \\ &= 41,3795 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\text{b. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,128 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0428 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0428 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{1,0428 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,52 \text{ gram}} \times 4 \\ &= 41,3795 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\text{c. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,132 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0756 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0756 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{1,0756 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,52 \text{ gram}} \times 4 \\ &= 42,6848 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	41,3795	- 0,4351	0,1893
2	41,3795	- 0,4351	0,1893
3	42,6848	0,8702	0,7572
			$\Sigma d^2 = 1,1358$

$$\bar{x} = 41,8146 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,1358}{3-1}} = 0,7536$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada akar pH 8

$$\bar{x} \pm Sd = (41,8146 \pm 0,7536 \mu\text{g/g})$$

4. Untuk tangkai pH 6

$$a. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,074 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,5987 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5987 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5987 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 11,8317 \mu\text{g/g}$$

$$b. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,073 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,5905 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5905 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5905 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 11,6692 \mu\text{g/g}$$

$$c. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,073 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,5905 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5905 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5905 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 11,6692 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	11,8317	0,1083	0,0117
2	11,6692	-0,0542	$2,937 \times 10^{-3}$
3	11,6692	-0,0542	$2,937 \times 10^{-3}$
			$\Sigma d^2 = 0,0176$

$$\bar{x} = 11,7234 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0176}{3-1}} = 0,0937$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada tangkai pH 6

$$\bar{x} \pm Sd = (11,7234 \pm 0,0937 \mu\text{g/g})$$

5. Untuk tangkai pH 7

$$\text{a. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,127 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0345 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0345 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0345 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 20,6083 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,125 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0181 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0181 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0181 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 20,2807 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,125 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0181 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0181 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0181 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 20,2807 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	20,6083	0,2184	0,0477
2	20,2807	- 0,1092	0,0119
3	20,2807	- 0,1092	0,0119
			$\Sigma d^2 = 0,0175$

$$\bar{x} = 20,3899 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0175}{3-1}} = 0,1891$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada tangkai pH 7

$$\bar{x} \pm Sd = (20,3899 \pm 0,1891 \mu\text{g/g})$$

6. Untuk tangkai pH 8

$$\text{a. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,120 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,9769 \text{ mg/L}$$

$$= 0,9769 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9769 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,50 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 19,5395 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,120 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,9769 \text{ mg/L}$$

$$= 0,9769 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9769 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,50 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 19,5395 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,125 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 1,0181 \text{ mg/L}$$

$$= 1,0181 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9769 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,50 \text{ gram}} \times 2$$

$$= 20,3618 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	19,5395	- 0,2741	0,0751
2	19,5395	- 0,2741	0,0751
3	20,3618	0,5482	0,3005
			$\Sigma d^2 = 0,4507$

$$\bar{x} = 19,8136 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,4507}{3-1}} = 0,1627$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada tangkai pH 8

$$\bar{x} \pm Sd = (19,8136 \pm 0,1627 \mu\text{g/g})$$

7. Untuk daun pH 6

$$\text{a. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,075 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,6069 \text{ mg/L}$$

$$= 0,6069 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6069 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 23,9889 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,075 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,6069 \text{ mg/L}$$

$$= 0,6069 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,6069 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 4 \\ &= 23,9889 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

$$\text{c. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,072 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,5822 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5822 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,5822 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,53 \text{ gram}} \times 4 \\ &= 23,0133 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	23,9889	0,325	0,1056
2	23,9889	0,325	0,1056
3	23,0133	-0,6501	0,4226
			$\Sigma d^2 = 0,6338$

$$\bar{x} = 23,6634 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,6338}{3-1}} = 0,5629$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada daun pH 6

$$\bar{x} \pm Sd = (23,6634 \pm 0,5629 \mu\text{g/g})$$

8. Untuk daun pH 7

$$\text{a. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,080 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,6480 \text{ mg/L}$$

$$= 0,6480 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6480 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 25,4127 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,080 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,6480 \text{ mg/L}$$

$$= 0,6480 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6480 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 25,4127 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,080 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$x = 0,6480 \text{ mg/L}$$

$$= 0,6480 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6480 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml}}{2,55 \text{ gram}} \times 4$$

$$= 25,4127 \mu\text{g/g}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	25,4127	0	0
2	25,4127	0	0
3	25,4127	0	0
			$\Sigma d^2 = 0$

$$\bar{x} = 25,4127 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{3-1}} = 0$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada daun pH 7

$$\bar{x} \pm Sd = (25,4127 \pm 0 \mu\text{g/g})$$

9. Untuk daun pH 8

$$\text{a. } y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$\begin{aligned}
 0,060 &= 0,1216 x + 0,0012 \\
 x &= 0,4835 \text{ mg/L} \\
 &= 0,4835 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,4835 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 4 \\
 &= 19,2650 \mu\text{g/g}
 \end{aligned}$$

$$b. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,060 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,4835 \text{ mg/L} \\
 &= 0,4835 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,4835 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 4 \\
 &= 19,2650 \mu\text{g/g}
 \end{aligned}$$

$$c. y = 0,1216 x + 0,0012$$

$$0,060 = 0,1216 x + 0,0012$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,4835 \text{ mg/L} \\
 &= 0,4835 \cdot 10^3 \mu\text{g} / 10^3 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas serapan logam} &= \frac{0,4835 \mu\text{g} / \text{ml} \times 25 \text{ ml}}{2,51 \text{ gram}} \times 4 \\
 &= 19,2650 \mu\text{g/g}
 \end{aligned}$$

No	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	19,2650	0	0
2	19,2650	0	0
3	19,2650	0	0
			$\Sigma d^2 = 0$

$$\bar{x} = 19,2650 \mu\text{g/g}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{3-1}} = 0$$



Jadi hasil kapasitas serapan logam Cd pada daun pH 8

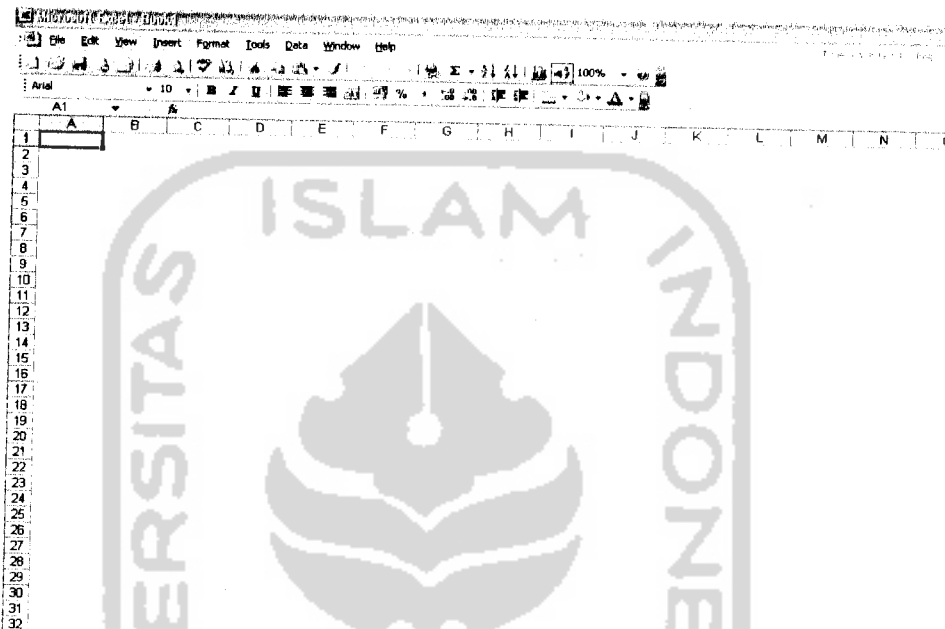
$$\bar{x} \pm Sd = (19,2650 \pm 0 \mu\text{g/g})$$

Tabel 3. Kapasitas serapan logam Cd untuk variasi pH pada Hari ke-7

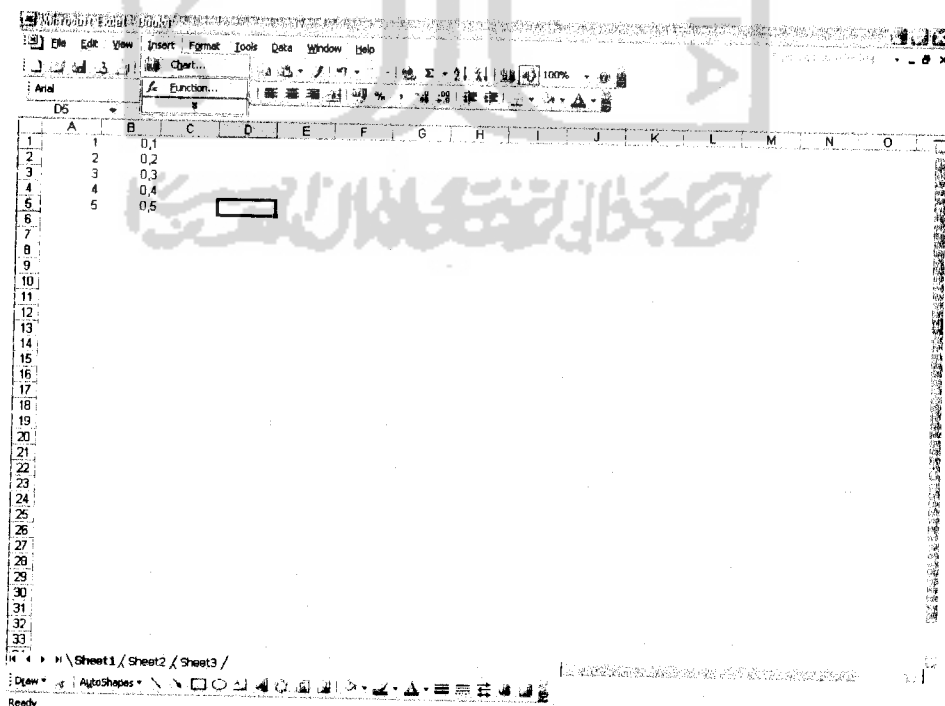
Kode Sampel	pH media tanam		
	pH 6	pH 7	pH 8
Akar	44,0961 ± 0,5146 µg/g	59,0595 ± 0,4918 µg/g	41,8146 ± 0,7536 µg/g
Tangkai	23,6624 ± 0,5629 µg/g	25,4127 ± 0 µg/g	19,2650 ± 0 µg/g
Daun	11,7234 ± 0,0937 µg/g	20,3899 ± 0,1891 µg/g	19,8136 ± 0,1627 µg/g

## Lampiran 5. Langkah-langkah penentuan regresi linier dengan menggunakan program Microsoft Excel

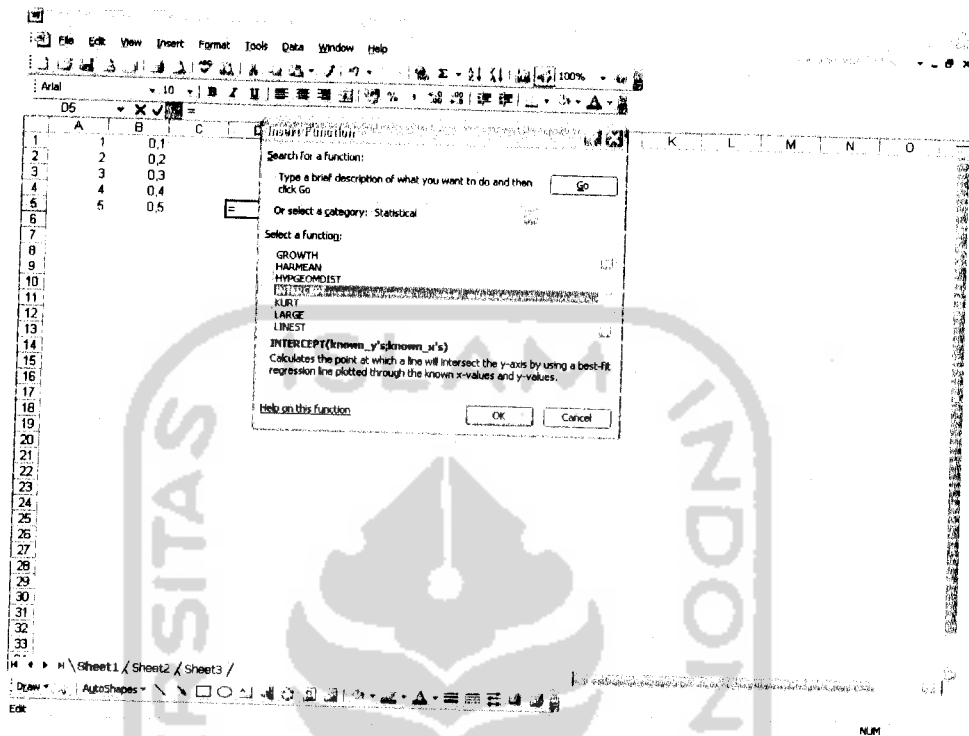
### 1. Klik **Start**, lalu pilih menu program Microsoft Excel



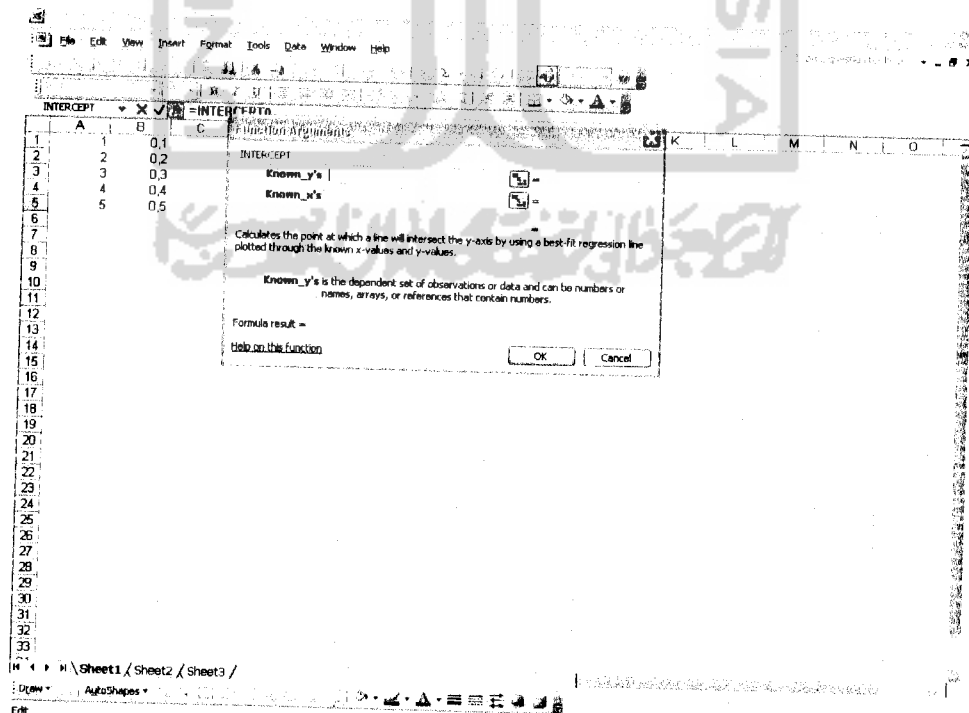
### 2. Klik **insert**, pilih menu **function**.



3. Pilih kategori statistik dan klik **intersep** pada kolom kanan, lalu klik **OK**.



4. Setelah layar di bawah muncul, isi data A dan B pada kolom array 1 dan array 2.



5. Isi data pada kolom **array 1** dengan memblok data pada kolom A

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the **INTERCEPT** function dialog box open. The spreadsheet data is as follows:

	A	B
1	1	0.1
2	2	0.2
3	3	0.3
4	4	0.4
5	5	0.5

The **INTERCEPT** dialog box shows the following configuration:

- Known\_y's:** A1:A5
- Known\_x's:** A1:A5
- Formula result:** 0

6. Isi data pada kolom **array 2** dengan memblok data pada kolom B

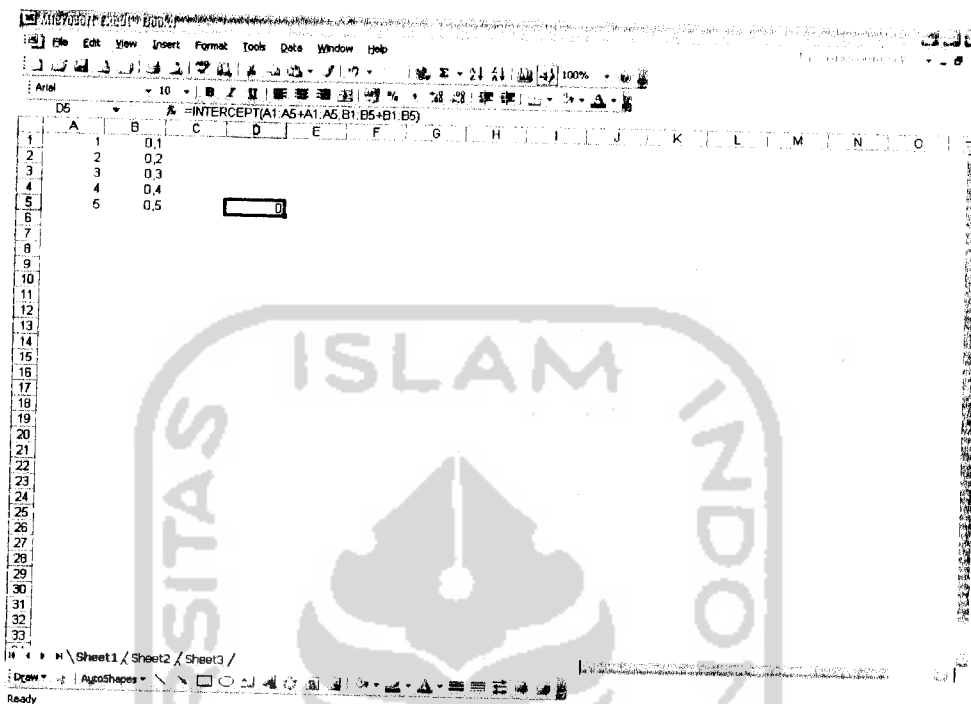
The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the **INTERCEPT** function dialog box open. The spreadsheet data is as follows:

	A	B
1	1	0.1
2	2	0.2
3	3	0.3
4	4	0.4
5	5	0.5

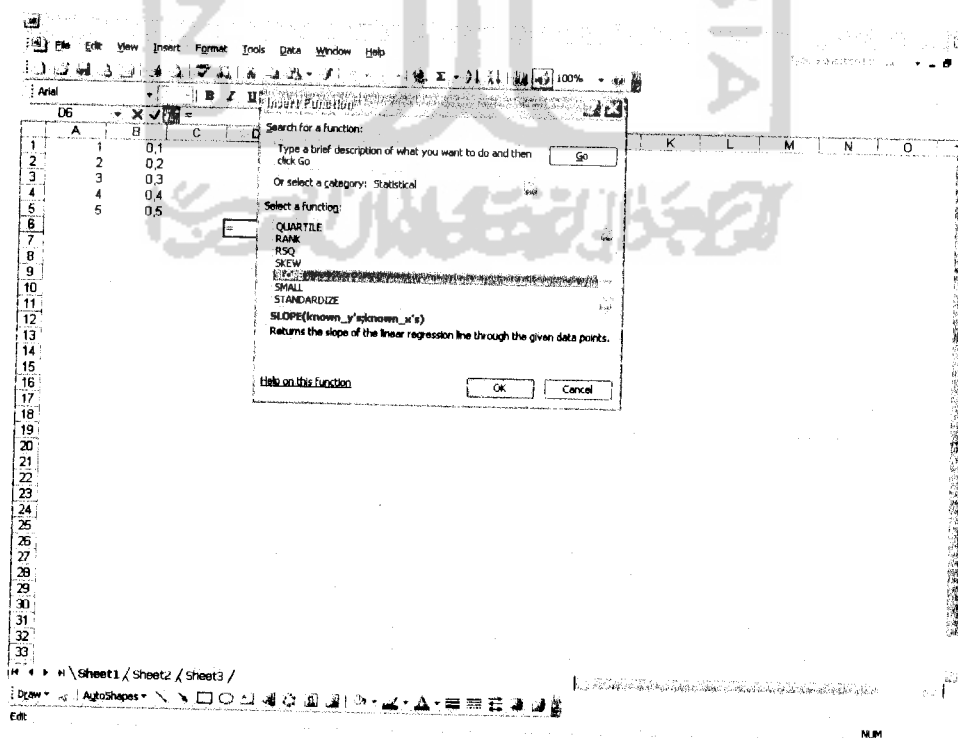
The **INTERCEPT** dialog box shows the following configuration:

- Known\_y's:** A1:A5
- Known\_x's:** B1:B5
- Formula result:** 0

7. Hasil dari langkah 1 sampai 6 adalah gambar di bawah ini



8. Untuk menentukan nilai slope, langkah yang digunakan sama dengan pada penentuan intersep. Tetapi pada kategori statistik, yang dipilih adalah **slope** pada kolom kanan



9. Untuk menentukan nilai korelasi, langkah yang digunakan sama dengan pada penentuan intersep. Tetapi pada kategori statistik, yang dipilih adalah **slope** pada kolom kanan

