FITOREMEDIASI LOGAM Cr OLEH TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoe aquatic Forsk*)

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 :

HANDI KRISNANTO
No Mhs : 00612010

FAKU

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

FITOREMEDIASI LOGAM Cr OLEH TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoe aquatic Forsk*)

Oleh:

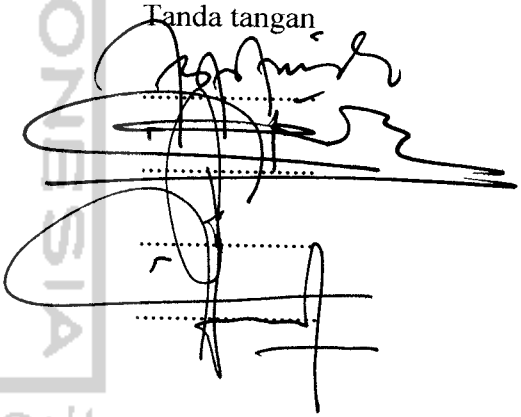
HANDI KRISNANTO

No. Mhs. 00 612 010

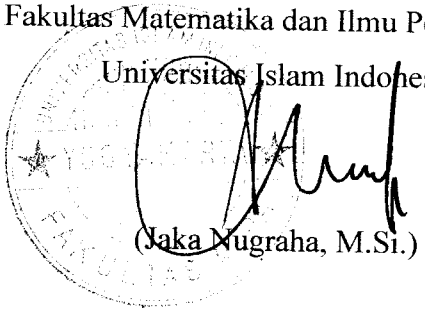
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 28 April 2005

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



Mengetahui
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M.Si.)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka.

Jogjakarta, 28 April 2005

Penulis,

Handi Krisnanto



Handi Thanks To :

- Bapak **&** Ibu yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral dan materilnya
- Saudara^{2}ku tersayang..... yang sudah memberikan segalanya, doa, cinta dan dukungan yang tiada henti-hentinya.....
- ***The Big Family*** di Kal-Bar, Klaten n Bandung..... ***Thanks For All***
- Adekku tersayang trim's atas kesabaran, kesetiaan, pengertiannya.....
- ***The Best My Friends n My Gank*** : Fitrie, Ichal, Achink, Marco, Kontrex, Heroe, Ariee, Aam, Dedy, Haris, Agus, Jo'. WGy^{81}, *eAsPorT*, cFc^{00}, kRc .
- Anak^{2} kim^{00} makasih atas semua bantuan, dukungannya n maaf jika ada kesalahan yang disengaja maupun tidak bahwa kita ga' luput dari itu.

Thanks jogja.....

DAFTAR ISI

Halaman i

LembarPengesahan ii

Halaman Pernyataan iii

Halaman Persembahan iv

Daftar Isi v

Kata Pengantar viii

Daftar Gambar x

Daftar Tabel xi

Intisari xii

Abstrak xiii

BAB I Pendahuluan 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Tujuan 4

1.4 Manfaat 5

BAB II Tinjauan Pustaka 6

BAB III Dasar Teori 10

3.1 Kangkung Air 10

3.1.1 Taksonomi Kangkung air 11

3.1.2 Perbedaan Kangkung Darat dan Kangkung Air 11

3.2 Logam Kromium (Cr) 12

3.3 Logam Timbal (Pb) 13

3.3 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman..... 13

3.4 Spektrometri Serapan Atom (SSA) 15

3.5 Hipotesis..... 18

BAB IV Metode Penelitian 20

4.1 Alat dan Bahan 20

4.1.1 Alat 20

4.1.2 Bahan..... 20

4.2.Konsentrasi logam Cr pada tanaman..... 21

4.3. Konsentrasi awal logam 21

4.4 pH larutan..... 22

4.5 Efek kompetitif..... 22

4.6 Cara Kerja..... 22

4.6.1 Pekerjaan Pendahuluan..... 22

4.6.1.1 Tanaman Kontrol..... 22

4.6.1.2 Anti Kontaminan 22

4.6.1.3 Pembuatan Larutan Buffer Pospat..... 23

4.6.1.4 Pembuatan Larutan Standar Cr 1000 ppm 23

4.7 Teknik Destruksi Basah..... 24

4.8 Analisis AAS..... 24

BAB V Hasil dan Pembahasan 26

5.1 Konsentrasi awal logam 26

5.2 Pengaruh pH Media Tanam..... 28

5.3 Efek Kompetitif 31
5.4 Konsentrasi Logam Cr pada Morfologi Tanaman 33
5.5 Fitotoksisitas 34
5.5.1 Konsentrasi Awal Logam Cr 35
5.5.2 Pengaruh pH 40
5.5.3 Efek Kompetitif 42
BAB VI Kesimpulan dan Saran 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 44
Daftar Pustaka 45
Lampiran 49

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan rahmat serta hidayah kepada hamba-Nya yang dikehendaki, berkat rahmat serta hidayah-Nyalah kami dapat memperoleh kekuatan dan kemudahan baik tenaga maupun fikiran, sehingga kami mampu menyelesaikan laporan skripsi. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan manusia dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang melalui ajaran sucinya yakni addiinul islam.

Laporan skripsi disusun berdasarkan hasil penelitian mahasiswa yang telah diujikan dan dipertahankan di depan dewan penguji, laporan ini bertujuan 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.

Kami ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam menyelesikan laporan skripsi ini :

1. Dekan F-MIPA Universitas Islam Indonesia Bapak Jaka Nugraha, M. Si.
2. Ketua Jurusan Ilmu Kimia Bapak Rudy Syahputra, M. Si.
3. Pembimbing penelitian I Bapak Rudy Syahputra, M. Si.
4. Pembimbing penelitian II Bapak Tatang Shaburjulianto, S.Si
5. Kepala Laboraturium Ilmu Kimia Ibu Is Fatimah, M. Si.
6. Staf Laboratorium Ilmu Kimia.
7. Pihak-pihak yang tidak dapat kami sebutkan.

Demikian laporan skripsi ini kami buat dengan sebaik-baiknya semoga dapat dijadikan sebagai wacana dan pengetahuan baru bagi pembaca saat ini dan dimasa yang akan datang, Akhirnya, jika dalam penulisan laporan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan kami mohon maaf, oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan.

Penulis

Handi Krisnanto

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambar 1. tanaman kangkung air.....10

Gambar 2. Instrumentasi SSA.....18

Gambar 3. Hubungan waktu kontak dan serapan logam Cr oleh tanaman kangkung air.....27

Gambar 4. Pengaruh pH media tumbuh terhadap daya serap logam Cr oleh tanaman kangkung air pada konsentrasi 20 ppm dan waktu kontak 7 hari.....29

Gambar 5. Pengaruh efek kompetitif terhadap daya serap tanaman.....32

Gambar 6. Konsentrasi Logam Cr pada Morfologi Tanaman.....34

Gambar 7. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm,waktu kontak 7 hari.....36

Gambar 8. Kondisi tanaman pada konsentrasi 20 ppm,waktu kontak 7 hari.....36

Gambar 9. Tanaman kontrol.....37

Gambar 10. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm,waktu kontak 14 hari...37

Gambar 11. Kondisi tanaman pada konsentrasi 20 ppm,waktu kontak 14 hari...38

Gambar 12. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm,waktu kontak 21 hari...39

Gambar 13. Kondisi tanaman pada konsentrasi 20 ppm,waktu kontak 21 hari...39

Gambar 14. Kondisi tanaman pada pH 6 media tumbuh,waktu kontak 7 hari....40

Gambar 15. Kondisi tanaman pada pH 7 media tumbuh,waktu kontak 7 hari....41

Gambar 16. Kondisi tanaman pada pH 8 media tumbuh,waktu kontak 7 hari....41

Gambar 17. Kondisi tanaman pada penambahan logam baru Pb 20 ppm, waktu kontak 7 hari dengan media tumbuh pH 7 42

Gambar 18. kurva kalibrasi logam Cr.....52

Gambar 19. kurva kalibrasi logam Pb.....53

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Optimasi Alat Spektrometer Serapan Atom.....47

Table 2. Kapasitas serapan logam Cr pada konsentrasi awal.....67

Tabel 3. Kapasitas serapan logam Cr pada pH media tanam.....71

Tabel 4. Kapasitas serapan logam Cr dan Pb pada efek kompetitif.....75

Tabel 5. Kapasitas serapan logam Cr pada morfologi tanaman.....80

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FITOREMEDIASI LOGAM Cr OLEH TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomeo aquatic Forsk*)

HANDI KRISNANTO

00612010

INTISARI

Penelitian fitoremediasi logam berat Cr oleh tanaman kangkung air (*Ipomoe aquatic Forsk*) telah dilakukan.

Fitoremediasi merupakan metode pemulihan yang mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik. Kemampuan penyerapan logam Cr oleh tanaman kangkung air dilakukan melalui pengamatan terhadap konsentrasi awal, pH media tumbuh, waktu kontak, efek kompetitif antar logam dan konsentrasi logam pada morfologi tanaman. Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan eksperimen dalam pot yang telah berisi air dan logam Cr. Destruksi sampel dilakukan dengan destruksi basah dan konsentrasi logam dianalisis dengan menggunakan spektrometri serapan atom nyala.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan logam Cr oleh tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi awal, pH media tumbuh dan waktu kontak. Konsentrasi logam terbesar pada Cr 20 ppm, waktu kontak 7 hari yaitu (333,5372 ± 3,0044)µg/gr. Pengaruh antar logam memperlihatkan bahwa efek kompetitif bersifat kompetisi dengan konsentrasi logam terbesar terdapat pada bagian akar tanaman kangkung air.

Kata Kunci : *Fitoremediasi, logam Cr, kangkung air*

PHYTOREMEDIATION OF METAL CHROMIUM BY KANGKUNG AIR (*Ipomeo aquatic Forsk*)

HANDI KRISNANTO

00 612 010

ABSTRACT

The research about phytoremediation of heavy metal of chromium by kangkung Air (*Ipomeo aquatic Forsk*) have been done.

Phytoremediation is the use of plant system to clean or restore contamined soil, sediments and water. The action of plant can include the degradation, adsorption, accumulation and volatilization of compounds. The aim of study was to describe the heavy metal uptake of the experimental plants in relation to the initial concentration of heavy metal, pH of growth media, contacting time, competiting effect of adsorption heavy metal on the plant and heavy metal concentration on plant morphology. A pot experiments was set up with water and different heavy metal concentration. Samples were destruced with wet digestion and Cr concentration was measured by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry.

The result of research showed that the effectiveness of heavy metal adsorption was influenced by initial concentration of heavy metal, pH of growth media and contacting time. The biggest metal concentration at 7th contacting time is (333,5372 ± 3,0044)µg/gr at initial lone of 20 mg/l. The competiting of heavy metal uptake on plants follow to competition efect and the biggest heavy metal uptake was concentrated on root of water a plant of "kangkung".

Key Word : *Phytoremediation, Chromium,* kangkung Air (*Ipomeo aquatic Forsk*).

FITOREMEDIASI LOGAM Cr OLEH TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoe aquatic Forsk*)

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 :

HANDI KRISNANTO
No Mhs : 00612010

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya suatu negara, tentunya diikuti pula oleh laju pertumbuhan industri dan pertambahan penduduk ini dapat menjadi sumber potensial bagi pencemaran badan air.

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia yang dibutuhkan untuk kebutuhan sehari-sehari. Kepentingan industri dan sebagai tempat pembuangan limbah (Siregar, 1982). Buangan industri yang disalurkan ke dalam sungai ataupun saluran yang menuju sungai dapat mempengaruhi kualitas air, bahkan dapat menggangu pemanfaatan daya guna air tersebut (Bukit, 1981), oleh sebab itu industri yang berlokasi di tepi sungai dapat menimbulkan pencemaran yang serius (Hidayat, 1981).

Pencemaran yang serius sering terjadi pada area industri. Hal tersebut dapat menimbulkan efek yang sangat luas, yaitu :

1. Mencemari persediaan air
2. Membatasi penggunaan perairan sebagai tempat rekreasi
3. Mempunyai efek terhadap kehidupan makhluk yang ada di dalamnya
4. Menyebabkan kenampakkan dan bau yang menggangu
5. Menimbulkan endapan padat yang menggangu navigasi

Masalah yang serius dalam pembangunan akhir ini, baik di negara maju maupun negara berkembang adalah masuknya logam berat ke dalam badan

air. Limbah industri merupakan sumber potensial dari pencemaran lingkungan perairan. Industri menghasilkan limbah yang mengandung senyawa-senyawa organik dan logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Fe. Pencemar logam berat ini sukar mengalami degradasi secara alami.

Kromium (Cr) biasanya digunakan bersama besi membentuk baja yang tahan karat. Logam Cr dengan Ni membentuk lapisan krom-nikel untuk pelapis senjata dan kawat sebagai alat-alat listrik. Keracunan logam berat ini pada manusia atau organisme lainya, antara lain disebabkan karena makan hewan air seperti ikan, kerang, udang dan secara tidak sengaja minum air yang sudah tercemar oleh logam berat tersebut. Timbulnya bencana keracunan yang sangat besar pernah terjadi karena adanya kromium dengan kadar tinggi dalam limbah industri penghasil kromium terbesar di Jepang, The Nippon Chemical Ind. Co. perusahaan ini menyebabkan 30 orang pegawai perusahaan ini meninggal dan 200 orang menderita kangker paru-paru serta gangguan pernafasan yang tidak dapat disembuhkan (Wittman, 1983).

Pembuangan limbah domestik, industri dan pertanian ke dalam perairan dapat menimbulkan berbagai macam masalah. Sehingga mutu dan kegunaan air dapat menurun atau hilang sama sekali. Dengan demikian, setiap bentuk limbah yang akan di buang ke dalam perairan (danau, aliran, sungai dan sebagainya) harus bebas dari bahan pencemar (Elizabeth, 1992).

Penggunaan bahan kimia untuk pengolahan limbah selain memerlukan biaya besar, juga dapat menimbulkan masalah baru. Hasil

akhir pengolahan ini dapat merupakan sumber pencemaran ordo dua. Limbah ini akan mencemari perairan bila di buang ke laut atau sungai serta mencemari tanah bila dibuang ketanah. Salah satu metode secara biologi adalah pemanfaatan tanaman air untuk menyerap subtansi kimia beracun yang terdapat pada air limbah yang disebut fitoremediasi.

Pemanfaatan tumbuhan untuk remediasi lingkungan sangat ditentukan oleh pemahaman tentang penyerapan logam serta penyerapan dan atau degradasi senyawa organik oleh tumbuhan. Tumbuhan harus bersifat hipertoleran yaitu tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomassanya dalam kadar tinggi agar dapat mengakumulasi sejumlah besar logam berat di dalam akar, batang dan daun (Elizabeth, 1992). Faktor pendorong bagi penerapan fitoremediasi biaya yang relatif murah dibanding dengan teknologi berbasis fisika dan kimia.

Tanaman yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kangkung air *(Ipomoe aquatic Forsk)*. Kangkung air berpotensi untuk menyerap substansi-substansi beracun yang terlarut dalam air yang tercemar misalnya logam Cr. Penggunaan kangkung air *(Ipomoe aquatic Forsk)* dalam penelitian ini didasarkan atas penelitian logam Cr (Tjokronegoro, 1982), logam Cd (Sasongko ,1993), logam Fe (Wibowo ,1994). Penelitian ini didasarkan beberapa pertimbangan yaitu : kangkung air merupakan salah satu jenis sayuran yang umum di jumpai di Indonesia, kangkung air adalah salah satu komponen ekosistem aquatik. Selain

mempunyai kemampuan menyerap logam berat, tanaman ini mampu menyerap dan mendegradasi zat organik serta zat hara.

Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi limbah logam berat di perairan sehingga ekosistem di perairan dapat bebas dari limbah pencemar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah penyerapan logam Cr dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr, pH media tumbuh dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam oleh tanaman kangkung air.
2. Apakah kemampuan penyerapan logam Cr oleh tanaman kangkung air dipengaruhi oleh efek kompetitif.
3. Bagaimanakah distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman kangkung air (akar, stolon, tangkai, daun) tanaman kangkung air.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari efektifitas penyerapan logam Cr oleh tanaman kangkung air yang dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr, pH media tumbuh dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam oleh tanaman kangkung air.
2. Mengetahui pengaruh efek kompetitif pada penyerapan logam oleh tanaman kangkung air.

3. Mengetahui distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman kangkung air (akar, stolon, tangkai, daun).

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini dapat diketahui keunggulan fitoremediasi cemaran logam Cr dengan menggunakan tanaman kangkung air. Jika penilitian ini berhasil akan memberikan sumbangan yang berharga dalam rangka mengatasi cemaran logam berat ke badan air/ekosistem peraiaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Fitoremediasi dapat didefenisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang relatif baru mencuat, efesien dan estetik, melalui pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan/atau pun yang berasiosasi dengannya untuk mengurangi polutan lingkungan, baik untuk kasus polusi air. Tanah maupun udara oleh polutan radioaktif nuklir, metal maupun polutan organik. Dikatakan relatif baru, karena sebetulnya pendekatan ini telah ada sejak dulu, semisal pemanfaatan gulma air "kiambang" (enceng gondok) yang telah terbukti dapat mereduksi polutan di badan perairan air tawar, meski belakangan tanaman ini menimbulkan masalah lain berupa pendangkalan perairan air. Namun yang paling utama adalah karena polutan yang dihasilkan oleh industri-industri makin meningkat baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif, misalnya : polutan radioaktif nuklir (Cs^{137} , Sr^{90}, U, Pt), logam berat (Cr, Co, Cd, Cu, Zn, Mo, Hg dan Pb), logam ringan (Al), semi logam (As dan Sn), non logam (Se), maupun polutan organik (PCBs, TCE), termasuk limbah amunisi (TNT, GNT,RDX) (Firdaus, 2003).

Penelitian dan pengembangan dalam bidang fitoremediasi telah membuahkan teknologi fitoremediasi bernilai komersial tinggi. Paling tidak, hingga kini dilaporkan ada enam pilihan spesialisasi teknologi fitoremediasi yaitu :

a. Fitoekstraksi.

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

b. Fitodegradasi dan/atau Fitotransformasi.

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

c. Rizofiltrasi.

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

d. Fitostabilisasi.

Cs, Cr), (*Populus spp.*, As), (*Elodea*, TNT; RDX) serta ratusan spesies Mikoriza dan Bakteri. Beberapa diantara jenis tumbuhan ini bahkan ditemukan dan ditanam oleh masyarakat kita (Riau khususnya), seperti Tanaman Jarak (Riccinuus communis) yang dilaporkan mampu mereduksi polutan kadmium (Cd) dan bunga matahari (Helianthus annus) dapat mereduksi polutan radioaktif nuklir seperti Uranium (U), Caesiyum (Cs) dan Stronsium (Sr) (Fitriyani, 2004)

Lebih dari 350 spesies tanaman diketahui dapat mengakumulasi logam seperti : Ni, Zn, Cr, Cd dan Mg pada konsentrasi yang tinggi. *Thlaspi goesingense,* yang ditemukan di Australia diketahui mempunyai kemampuan menyerap logam Ni dalam skala yang besar. Tanaman ini dapat mengakumulasi 10000 ppm nikel dibandingkan dengan 10-100 ppm non logam yang biasa diakumulasi tanaman (Astuti, 2004).

Widiyanto (1981) menyatakan bahwa pertumbuhan kangkung dan tumbuhan akuatik lainnya dipengaruhi oleh adanya logam berat seperti Cr, Cu, Zn, Fe, Cd, dan logam berat lainnya. Tjokronegoro (1982) melakukan penelitian tanaman kangkung yang ditanam pada media yang dikontaminasi dengan pestisida dilaporkan bahwa konsentrasi residu pestisida dalam jaringan kangkung berkolerasi positif dengan bertambahnya waktu perlakuan, konsentrasi hari ke 6 sebesar 16 ppm, konsentrasi pada hari ke 12 sebesar 4,51 ppm, konsentrasi pada hari ke 21 sebesar 2,35 ppm dan setelah hari ke 35 konsentrasi residu pestisida dalam jaringan kangkung telah ditemukan.

Hasil penelitian Priyanto (2002) menjelaskan penggunaan sifat menghilangkan logam berat. Logam berat tersebut diserap oleh akar, translokasi di dalam tumbuhan dan lokalisasi logam dalam jaringan.

Terjadi perubahan morfologi tanaman pada kangkung air yang diberi logam Cd yaitu daun menjadi layu dan berwarna hijau kekuningan, akar berwarna coklat, panjangnya berkurang dan sebagian serabut akarnya rontok (Sasongko, 1993)

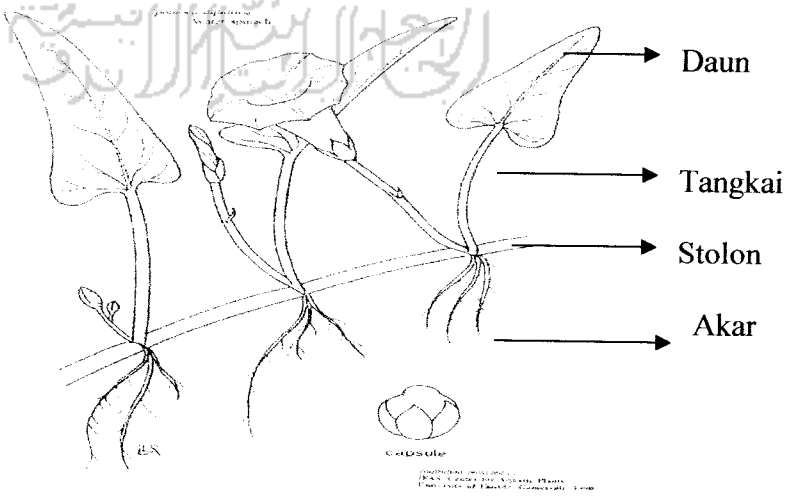
BAB III

DASAR TEORI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

3.1 Kangkung Air (*Ipomoe aquatic Forsk*)

Kangkung air di Indonesia dikenal sebagai tanaman sayuran, yang tumbuh liar dan dibiakan di tempat yang tumbuh di danau dan perairan yang tenang. Seperti halnya tumbuhan akuatik yang lain kangkung mempunyai struktur anatomi yang spesifik baik akar, tangkai, stolon dan daun. Cepat berkembang dan toleransi terhadap lingkungan menyebabkan kangkung air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah. Kankung air merupakan jenis tanaman sayur herbaceus atau berbatang lunak, merupakan herba tahunan dan menjalar, banyak dijumpai di pinggiran sungai serta badan air yang tidak terlalu dalam. Gambar 1. menunjukkan bagian-bagian dari tanaman kangkung air.



Gambar 1. tanaman kangkung air

3.1.1 Taksonomi Kangkung air

Sinonim : Ipomoe reptans

Kedudukan Taksonomi :

Devisi : Spermatophyta

Sub devisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Bangsa : Solanales

Suku : Convotvulaceae

Marga : Ipomoe

Jenis : Ipomoe aquatic Forsk

Kangkung merupakan tanaman yang tumbuh cepat yang memberikan hasil dalam waktu 4-6 minggu sejak dari benih, kangkung yang dikenal dengan nama latin *Ipomoe reptans* terdiri dari dua varietas yaitu kangkung darat (kangkung cina) dan kangkung air yang tumbuh secara liar di sawah, rawa, atau selokan.

3.1.2 Perbedaan Antara Kangkung Darat dengan Kangkung Air

a. Warna bunga

Kangkung air berbunga putih kemerah-merahan sedangkan kangkung darat bunganya berwarna putih bersih.

b. Bentuk daun dan batang

Kangkung air batang dan daunnya lebih kecil dari pada kangkung darat, warna batang berbeda pada kangkung air berwarna hijau dan kangkung darat berwarna

putih kehijau-hijauan, dan kangkung darat lebih banyak berbiji dari pada kangkung air.

3.2 Logam Kromium (Cr)

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (*Chromo*) yang berarti warna. Dalam bahan kimia kromium dilambangkan dengan "Cr" sebagai salah satu unsur logam berat. Logam Cr pertama kali ditemukan oleh Vagueline pada tahun 1797. Logam Cr dapat masuk ke semua strata lingkungan yaitu strata perairan, tanah, udara. Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Keracunan akut yang disebabkan oleh Cr pada manusia menyebabkan terjadinya pembengkakan pada hati, lendir dari jalur pernafasan, perubahan pada limpa dan ginjal serta kanker paru-paru (Prangtington, 1957).

Pada dewasa ini pemakaian logam kromium sangat luas di kalangan industri, baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu yang meliputi industri elektroplating, pembuatan baja tahan karat, penyamakan kulit, fotografi, industri cat, dan sintetis kimia (Arena, 1974 ; Djarwanti; Dix, 1981).

Kromium (Cr) merupakan unsur yang termasuk dalam grup 4 sub grup A dalam sistem periodik unsur, dengan berat atom 52,01; berat jenis 7,14; titik lebur 1840°C; titik didih 2200°C; nomor atom 24 (Prangtington, 1957; Alkins, 1959).

Alkins (1959) menyatakan bahwa senyawa Cr yang paling berbahaya adalah CrO_3 dan derivatnya (kromat dan dikromat). Semua kromat yang larut mempunyai sifat sangat toksit (Prangtington, 1957).

Menurut Giardano dan Martveld (1975) kromium merupakan logam berat yang bersifat racun bagi tumbuhan. Kromium mempengaruhi penyerapan beberapa elemen penting seperti kalsium, potasium, dan fosfor oleh akar, dan juga transfer ketiga unsur tersebut ke bagian atas tanaman. Toksisitas kromium tergantung pada pH media, keadaan ion logam (bebas atau terikat), dan juga tergantung pada kation, nutrisi dan logam berat yang lain di dalam media.

3.3 Logam Timbal (Pb)

Timbal merupakan logam yang bersifat racun, dapat terakumulasi dalam jaringan sehingga dapat menimbulkan gangguan kesehatan yang serius seperti gangguan saraf otak pada anak-anak, gangguan ginjal yang akut dan dapat menyebabkan kematian (Boecky, 1986). Penghirupan asap atau debu yang mengandung timbal menimbulkan bahaya yang besar. Dalam kasus senyawa organotimbal, absorpsi melalui kulit dapat terjadi. Beberapa gejala keracunan timbal adalah sakit kepala, pusing, susah tidur (insomnia). Dalam kasus akut biasanya mengakibatkan pingsan, dan dalam kondisi yang lebih buruk menyebabkan koma dan akhirnya meninggal.

3.3 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tanaman

Pengambilan air dan mineral terutama dilakukan oleh akar yang muda. Air yang diserap oleh ujung akar dan melalui meristem ujung adalah sangat sedikit. Di daerah yang terdapat rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama. Ion-ion secara selektif diangkat dan dihimpun oleh akar. Sel ujung akar

yang tidak terdiferensasi dan tidak bervakuola, tidak meghimpun ion dan ion tersebut masuk dan keluar dari sel secara pasif. Sel yang bervakuola dan terdiferensasi yang terdapat pada kortek mempunyai kemampuan yang besar dalam menimbun mineral (Fahn, 1981).

Terdapat 2 sifat pengambilan ion oleh tanaman yaitu faktor konsentrasi dimana kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai suatu konsentrasi, yang kadang-kadang beberapa tingkat lebih besar dari pada dalam medium, dan faktor perbedaan kuantitatif yang ada diantara spesies tanaman dan dalam kebutuhan terhadap hara yang berbeda (Fitter dan Hay, 1992).

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, 2004).

Penyerapan logam-logam berat oleh tumbuhan akuatik menimbulkan keuntungan dan kerugian, antara lain :

a. Proses absorbsi merupakan keuntungan karena pengambilan logam-logam berat melalui ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan.
b. Proses absorbsi merupakan hal yang merugikan apabila logam tersebut terbawa ke dalam rantai makanan hewan dan manusia

(Tjitrosoedirjo dan Sastroutomo, 1985)

3.4 Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Penggunaan metode spektrometri serapan atom dalam penentuan unsur logam secara kuantitatif banyak dipilih karena metode ini sangat selektif dan sensitif, hal ini disebabkan setiap atom memiliki garis resonansi yang spesifik. Prinsip dasar metode ini adalah interaksi energi radiasi elektromagnetik dengan atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*) dengan sumber radiasi yang terbuat dari unsur yang dianalisis. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala.

Bila seberkas energi yang berasal dari suatu sumber dengan intensitas Io, setelah dilewatkan ke dalam suatu sistem sepanjang b lebar X dan tinggi Y, yang mengandung spesies penyerap dengan konsentrasi c, ternyata intensitasnya menjadi It. Pada peristiwa tersebut terjadi pengurangan energi sebesar dI di dalam lapisan sangat kecil (db) suatu sistem, besarnya pengurangan energi tersebut menunjukkan jumlah energi terabsorpsi dalam lapisan dimaksud. Terjadinya absorpsi energi mengakibatkan interaksi fisika antara foton dan spesies pengabsorpsi. Jumlah kemungkinan tabrakan yang terjadi dalam lapisan sebanding dengan jumlah spesies penyerap dalam lapisan dan jumlah foton yang dilewatkan (Pecsok dkk, 1976). Berkurangnya energi (dI) berbanding lurus terhadap jumlah spesies pengabsorpsi (N) dan jumlah foton pada unit daerah sistem perdetik (I). Untuk lapisan db, jumlah spesies pengabsorpsi adalah :

$N = (6{,}02 \times 10^{20}$ spesies/mmol) (c mmol/mL) (db x X x Y mL)

Dimana : db,X,Y dimensi linear lapisan karena X dan Y konstanta, maka :

$N = K\ c\ db$ .....(1)

Dimana : $K = (6{,}02 \times 10^{20}$ (XxY) spesies cm^2/mmol

Jumlah tabrakan adalah sebanding dengan hasil kali N x I atau

$dI = NI = k\ I\ c\ db$ .....(2)

sehingga

$dI = -k\ I\ c\ db$ .....(3)

Dimana k adalah konstanta pembanding, tanda negatif dimaksudkan energi berkurang dengan bertambahnya db.

Integrasi persamaan (3) pada seluruh panjang sistem, b menunjukkan berkurangnya energi yang seharusnya diabsorpsi. Pemisahan variabel-variabel dalam persamaan (3) menghasilkan :

$$\int_0^{I} (dI / I) = -k \int_0^{b} c\,db$$ .....(4)

penyelesaian persamaan (4) di atas di peroleh :

$\ln (It/Io) = -kbc$ .....(5)

Konversi ke logaritma bilangan dasar 10 diperoleh :

$2{,}303 \log (It/Io) = -\ kbc$ .....(6)

Atau

$\text{Log } (It/Io) = (-k/2{,}303)\ bc = -\ abc$ .....(7)

Dimana (a) adalah absorptivitas molar atau disebut juga korfisien ektingsi molar. Bila konsentrasi dalam satuan gram/liter. Istilah It/Io didefinisikan sebagai

transitansi (T), yaitu bagian dari energi yang diteruskan oleh sampel, oleh karena itu persamaan (7) dapat diubah menjadi :

Log T = - abc ..... (8)

-log T juga didefinisikan sebagai absorbansi (A), jadi :

-log T = A = abc .....(9)

Dimana,

T = Transmitansi

A = absorbansi

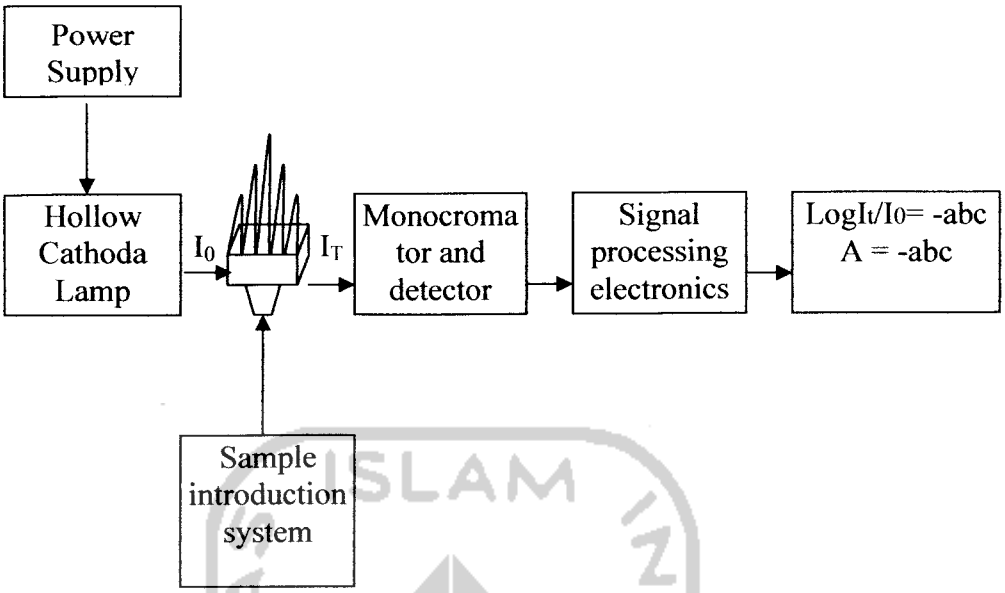
a = absorbtivitas spesifik atau koefisien absorptivitas

b = tebal medium serapan

c = konsentrasi

Persamaan (9) dikenal dengan Hukum Bourger-Lambert-Beer.

Pada analisis dengan spektrometri serapan atom, pembentukan uap atom pada tingkat energi dasar dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode spektrometri serapan atom sistem nyala api (flame-AAS). Pada sistem ini pembentukkan uap atom pada tingkat energi dasar meliputi dua proses yang berlangsung secara kosekutif. Pertama, proses pengabutan larutan sampel dalam suatu nebulizer. Kedua, proses introduksi secara kontinyu hasil pengkabutan ke dalam suatu ruang pengkabutan dengan bantuan nyala api pada kisaran temperatur 1700^{o}c – 3000^{o}c, melibatkan laju alir gas pembakar dan oksidan. Komponen Penyusun Instrumentasi SSA ditunjukkan pada gambar 2. di bawah ini (Anonim, 2003):



Gambar 2. Instrumentasi SSA

3.5 Hipotesis

Tjokronegoro (1982) melakukan penelitian tanaman kangkung yang ditanam pada media yang dikontaminasi dengan pestisida dilaporkan bahwa konsentrasi residu pestisida dalam jaringan kangkung berkolerasi positif dengan bertambahnya waktu perlakuan, konsentrasi hari ke 6 sebesar 6,16 ppm, konsentrasi pada hari ke 12 sebesar 4,51 ppm, konsentrasi pada hari ke21 sebesar 2,35 ppm dan setelah hari ke 35 konsentrasi residu pestisida dalam jaringan.

Hipotesis 1 : konsentrasi awal logam Cr, pH media tumbuh dan waktu kontak berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan kangkung air pada logam tersebut.

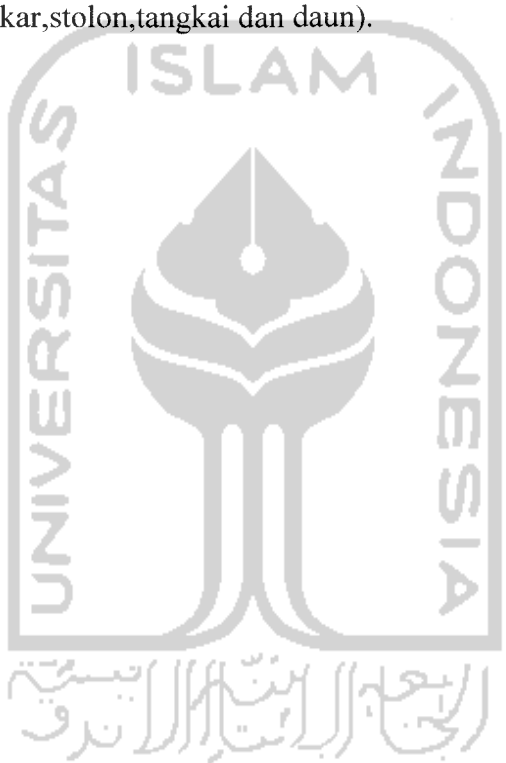
Hasil penelitian Widiyanto (1975), menunjukkan bahwa campuran ke lima logam yaitu Cu, Fe, Cd, Mn, dan Zn pada konsentrasi 1 ppm telah menghambat

pertumbuhan dan daya hambat semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi. Hal ini menunjukkan bahwa absorbsi logam oleh tanaman.

Hipotesis 2 : Absorbsi logam oleh tanaman kangkung air akan bersifat kompetitif

Hasil penelitian Priyanto (2002) terjadi perbedaan konsentrasi serapan logam pada bagian- bagian kangkung air (akar, stolon, tangkai dan daun)

Hipoesis 3 : terjadi akumulasi logam Cr pada morfologi tanaman kangkung air (akar,stolon,tangkai dan daun).



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan diuraikan alat, bahan dan cara kerja yang akan digunakan dalam penelitian.

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat

a. Pot plastik ukuran 20 L

b. Timbangan (Cariba)

c. Timbangan elektrik (Sartorius BP 410)

d. Gelas ukur

e. pH meter (WTW)

f. Spektrometer Serapan Atom (AA-782 Nippon Jarell Ash)

g. Kamera

h. Kertas saring whatman 41

i. Kompor listrik (Maspion)

4.1.2 Bahan

a. Tanaman kangkung air (*Ipomoe aquatic Forsk*)

b. $Cr(NO_3)_3$ kristal p.a (Merck)

c. Aquadest

d. $PbSO_4$ kristal p.a (Merck)

e. KH_2PO_4 Kristal p.a (Merck)

f. NaOH kristal p.a (Merck)

g. Larutan HNO_3 65 % b/v p.a (Merck)

h. Larutan standar Cr dan Pb buatan BDH 1000 ppm

4.2. Konsentrasi logam Cr pada tanaman

Pengamatan akumulasi logam pada morfologi tanaman mempunyai tujuan untuk mengetahui akumulasi logam terbesar pada morfologi tanaman yaitu pada bagian akar, tangkai dan daun. Pengamatan ini dilakukan dengan cara menambahkan logam Cr pada media tanam kemudian diamati selama 7 hari. Setelah tanaman berusia 7 hari bagian tanaman tersebut di panen dan dianalisa menggunakan AAS.

4.3. Konsentrasi awal logam

Konsentrasi awal logam bertujuan untuk melihat daya serap tanaman terhadap konsentrasi logam di dalam larutan. Untuk melihat pengaruh konsentrasi awal logam terhadap daya serap tanaman, maka dilakukan variasi konsentrasi logam di dalam larutan. Variasi konsentrasi pada 10 ppm dan 20 ppm dilakukan pada waktu pengamatan tanaman selama 7, 14 dan 21 hari.

4.4 pH larutan

Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara membuat variasi pH 6, pH 7 dan pH 8 media tanam 20 ppm logam Cr waktu kontak 7 hari.

4.5 Efek kompetitif

Untuk melihat daya serap optimum logam oleh tanaman dengan kehadiran logam pesaing maka ditambahkan logam Pb ke dalam larutan dengan konsentrasi yang sama dengan Cr. Pengamatan dilakukan pada watu kontak 7 hari pada pH 7 dan konsentrasi 20 ppm.

4.6 Cara Kerja

4.6.1 Pekerjaan Pendahuluan

4.6.1.1 Tanaman Kontrol

Tanaman kontrol merupakan tanaman yang belum ditambahkan logam pada media tumbuh. Tanaman kontrol dipakai sebagai pembanding morfologi tanaman dengan yang diberi logam, serta sebagai hasil akhir serapan logam tanaman kangkung air.

4.6.1.2 Anti Kontaminan

Anti kontaminan merupakan perlakuan terhadap peralatan gelas, sebelum digunakan untuk analisis agar terbebas dari kotoran yang dapat menyebabkan gangguan pada saat analisis. Sebelum digunakan peralatan gelas terlebih dahulu direndam semalam dalam HNO_3 10 % (v/v). Setelah itu dibilas dengan aquadest dan dikeringkan pada tempat yang bebas debu (Carasek, 2001).

4.6.1.3 Pembuatan Larutan Buffer Pospat

Pembuataan larutan buffer digunakan campuran KH_2PO_4 0,1 M dan

NaOH 0,1 M. Untuk komposisi 1 liter dibuat dengan mencampurkan 100 ml KH_2PO_4 0,1 M dengan mL NaOH 0,1 M. KH_2PO_4 0,1 M sebanyak 100 mL dibuat dengan melarutkan 1,36 gram KH_2PO_4 dalam 100 mL pelarut sedangkan untuk NaOH 0,1 M dibuat dengan melarutkan 4 gram NaOH dalam 1 L pelarut.

Untuk pH = 6, dibuat dengan mencampurkan 100 mL KH_2PO_4 0,1 M dengan 11,2 mL NaOH 0,1 M dalam media 1 liter.

Untuk pH = 7, dibuat dengan mencampurkan 100 mL KH_2PO_4 0,1 M dengan 58,2 mL NaOH 0,1 mL dalam media 1 liter.

Untuk pH = 8, dibuat mencampurkan 100 mL KH_2PO_4 0,1 M dengan 93,4 mL NaOH 0,1 M dalam media 1 liter.

4.6.1.4 Pembuatan Larutan Standar Cr 1000 ppm

Larutan standar Cr 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,4953 gr $Cr(NO)_3$ kristal ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan sampai tanda batas. Larutan standard Cr 100 ppm dibuat dengan memindahkan 2,5 mL larutan Cr 1000 ppm ke dalam labu ukur 25 ml, kemudian diencerkan sampai tanda batas dengan aquadest.

4.7 Teknik Destruksi Basah

Teknik destruksi yang digunakan adalah teknik destruksi basah menggunakan asam nitrat pekat sebagai pereaksi. Kemampuan pelarut asam nitrat disebabkan kemampuan ion nitrat untuk berperan sebagai agen pengoksida. Destruksi sampel menggunakan asam memiliki keuntungan yaitu kelebihan asam

dapat dengan mudah dihilangkan selain itu nitrat adalah matrik yang dapat diterima dengan spektrofotometer dengan nyala.

Masing-masing sampel akar tanaman kangkung air dipotong kecil-kecil dan ditimbang 0,76 gram. Kemudian dimasukkan kedalam gelas beker dan ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat. Lalu ditutup dengan gelas arloji dan didiamkan selama 48 jam. Kemudian sampel tersebut dipanaskan sambil diaduk dengan magnetik stirel dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam. Suspensi kemudian disaring menggunakan kertas whatman 41, pada kertas saring masih terdapat ampas kemudian ampas itu ditetes dengan aquadest sebanyak 10 mL. Kemudian dipanaskan diatas kompor listrik hingga volume larutan yang tersisa 10 mL. Larutan yang tersisa ditambahkan aquadest sampai 50 mL. Selanjutnya diambil 10 mL di masukkan dalam botol kaca dan ditutup rapat dan siap dianalisis (Sastre dkk, 2002).

4.8 Analisis AAS

Optimasi AAS untuk logam Cr yaitu dengan panjang gelombang = 357,9 nm, tipe nyala = udara asetilen (AA), range konsentrasi 0 – 10 ppm. Sedangkan untuk logam Pb panjang gelombang = 283,3 nm, tipe nyala = uadara asetilen (AA), range konsentrasi 0 – 8 ppm. Penentuan kapasitas serapan logam berat Cr dan Pb dilakukan dengan menggunakan spektrometri serapan atom model AA-782 Nippon Jarell Ash.

Standarisasi alat spektrometri serapan atom digunakan larutan blanko dan dibuat deret larutan standar, dimana dari deret larutan standar ini akan diperoleh

kurva baku atau kurva standar linear yang dibuat berdasarkan absorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Cr dan Pb dengan konsentrasi yang telah diketahui. Perhitungan dalam pembuatan deret larutan standar logam Cr dan Pb selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Penentuan konsentrasi logam Cr dilakukan dengan metode kurva kalibrasi. Perhitungan komponen slope dan intersep pada persamaan regresi linear dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel 4.0. langkah-langkah penentuan regresi linear selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 3. Melalui persamaan regresi linear 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)

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

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

Koefisien korelasi $= r = \dfrac{n\sum(xy) - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[n\sum(x^2) - (\sum x)^2 n\sum(y) - (\sum y)^2\right]}}$

BAB V

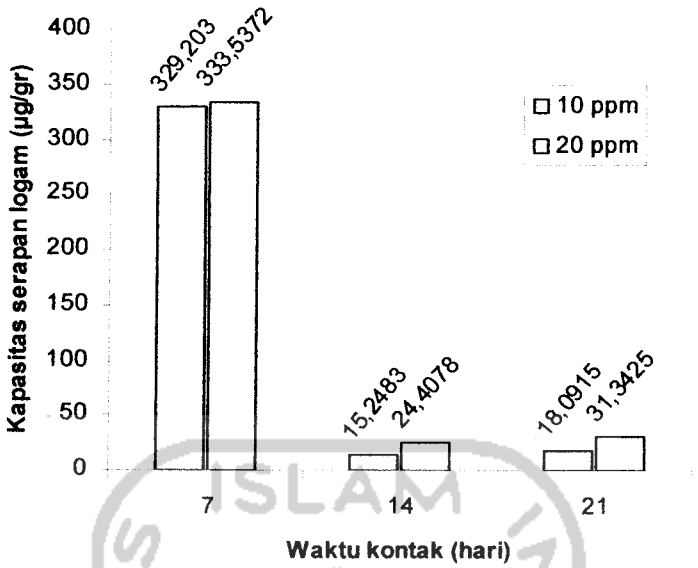
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Konsentrasi awal logam

Konsentrasi awal logam merupakan konsentrasi yang menunjukkan kemampuan daya serap tanaman sampai konsentrasi logam yang tidak menimbulkan kematian pada tanaman. Sedangkan waktu kontak merupakan waktu untuk melihat paparan terlama tanaman dalam menyerap logam berat sampai tanaman menjadi mati.

Penelitian konsentrasi awal logam menggunakan 2 variasi konsentrasi yaitu 10 ppm dan 20 ppm. Sedangkan waktu kontak 7, 14 dan 21 hari. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Fitriyani, 2004) menunjukkan bahwa akumulasi logam pada morfologi tanaman terbesar pada bagian akar. Sehingga pada penelitian konsentrasi awal ini menggunakan sampel akar tanaman.

Gambar 3. menunjukkan serapan paling tinggi terdapat di hari ke-7 dengan konsentrasi 20 ppm yaitu (333,5372 ± 3,0044)µg/gr dan serapan paling kecil terdapat pada hari ke-14 konsentrasi 10 ppm yaitu (15,2483 ± 0,3749)µg/gr. Perbedaan konsentrasi awal logam Cr berpengaruh terhadap penyerapan logam Cr oleh kangkung air. Pada waktu kontak 7 hari logam-logam tertimbun pada bagian akar. Pada waktu kontak 14 hari logam naik ke bagian tanaman yang lain melalui floem dan xylem. Hubungan waktu kontak dan serapan logam tanaman kangkung air di tunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan waktu kontak dan serapan logam Cr oleh akar tanaman kangkung air.

Pada waktu kontak 7 hari logam-logam tertimbun pada bagian akar. Pada waktu kontak 14 hari logam naik ke bagian tanaman yang lain melalui floem dan xylem. Pada waktu kontak ini terlihat bahwa akar tidak dapat menyerap logam secara maksimal dikarenakan sudah terganggunya fungsi fisiologi pada akar yaitu panjang akar yang semakin pendek dibandingkan pada kontak 7 hari. Hal ini juga disebabkan oleh konsentrasi logam Cr yang telah terakumulasi pada bagian-bagian tanaman mempengaruhi fisiologi dan perkembangan tanaman selanjutnya. Ion logam sudah terlalu banyak masuk ke tubuh tanaman, maka metabolisme terganggu akibat toksisitas logam tersebut sehingga kemampuan penyerapan berkurang.

Pada hari ke-21 penyerapan logam oleh akar tanaman mengalami kenaikkan disebabkan mulai membaiknya fungsi fisiologi akar yang sebelumnya mengalami keracunan. Panjangnya waktu kontak lebih dari 30 hari tanaman akan

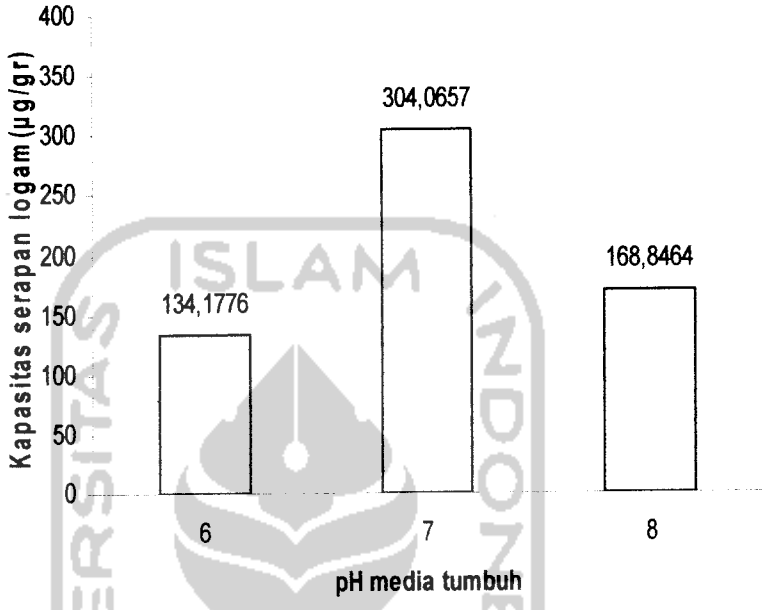
mengalami keracunan sehingga daya serap tanaman akan menurun. Logam berlebih yang tertimbun pada bagian tanaman akan menggangu metabolisme tanaman. Berkurangnya serapan logam disebabkan juga oleh jaringan tanaman sudah tidak dapat menyimpan zat-zat dari luar karena setiap jaringan tanaman mempunyai kapasitas maksimal untuk menyimpan zat-zat dari luar (Uly, 2004).

Pada konsentrasi 10 ppm dengan waktu kontak 7, 14, dan 21 hari serapan logam adalah (329,2039 ± 6,8819)µg/gr, (15,2483 ± 0,3749)µg/gr, (18,0915 ± 0,003)µg/gr. Sedangkan serapan logam dengan konsentrasi 20 ppm dan waktu kontak 7, 14, 21 hari adalah sebesar (333,5372 ± 3,0044)µg/gr, (24,4078 ± 0,3006)µg/gr, (31,3425 ± 0,6000)µg/gr. Daya serap tanaman lebih besar pada konsentrasi 20 ppm dibandingkan dengan konsentrasi 10 ppm hal ini disebabkan karena ion-ion yang ada pada molekul yang terbesar adalah pada konsentrasi 20 ppm, pada konsentrasi ini logam Cr yang diserap oleh tanaman semakin banyak. Penyerapan logam Cr oleh kangkung air banyak di pengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman, umur, berat tanaman, media, konsentrasi dan lama waktu perlakuan (Page dkk, 1981).

5.2 Pengaruh pH Media Tumbuh

Pengaruh pH digunakan untuk melihat kemampuan tanaman dalam menyerap logam pada pH di bawah dan di atas habitat aslinya. Pada penelitian ini media tumbuh dibuat dalam keadaan asam, netral, dan basa. Dimana limbah biasanya akan bersifat asam dan basa. Simulasinya dibuat larutan buffer phospat, digunakan variasi pH 6, 7 dan 8 dengan konsentrasi logam Cr sebesar 20 ppm dan

waktu kontak selama 7 hari yang merupakan serapan terbesar. Pengaruh pH terhadap daya serap logam Cr oleh tanaman kangkung air ditunjukkan pada gambar 4 dan data selengkapnya ditunjukkan pada lampiran 4.



Gambar 4. Pengaruh pH media tumbuh terhadap daya serap logam Cr oleh akar tanaman kangkung air pada konsentrasi 20 ppm dan waktu kontak 7 hari.

Pada gambar 4 diatas penyerapan logam optimal pada pH 7 sebesar (304,0657 ± 1,5041)µg/gr. Sedangkan daya serap tanaman pada pH 6 adalah (134,1776 ± 2,5986)µg/gr dan pH 8 sebesar (168,8464 ± 1,5003)µg/gr. Serapan terbesar pada pH 7 dan pH 8 sedangkan paling kecil pada pH 6 hal ini disebabkan karena kestabilan senyawa komplek yang terbentuk dipengaruhi oleh keasaman ion logam dan kebasaan ligan. Semakin besar muatan ion logam semakin tinggi keasamannya, makin besar kemampuannya untuk menerima pasangan elektron, sehingga senyawa komplek yang terbentuk makin stabil. Tingkat kebasaan suatu

ligan akan menurun dengan peningkatan elektronegatifitas atom donor ligan tersebut. Dengan demikian makin stabil senyawa komplek yang terbentuk.

pH yang tidak sesuai dengan kondisi normal kehidupan tumbuhan akan menyebabkan unsur-unsur hara mikro sukar larut. Akibatnya tumbuhan sukar mendapatkan unsur-unsur tersebut, dan akan mengalami gejala defisiansi unsur mikro seperti klorosis, gugurnya daun, terganggunya pertumbuhan tanaman karena enzim serta proses oksidasi reduksi di dalam sel tanaman terganggu (Dwidjoseputro, 1986).

Senyawa komplek ion-ion organik terbentuk dari asam dan basa kuat/lemah. Ligan yang mempunyai donor dengan keelektronegatifan tinggi adalah basa kuat sedangkan ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi adalah basa lemah. Secara umum kation-kation kuat (asam Lewis) dengan ligan kuat (basa Lewis) akan membentuk kompleks yang stabil, sedangkan asam-asam lemah membentuk kompleks yang stabil dengan basa-basa lemah (Mawardi, 1997). Logam Cr adalah asam yang bersifat lemah atau antara (intermediate). Dalam kangkung air mengandung gugus asam amino dan sulfihidril amino yang berfungsi sebagai ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi, sehingga ligan pegkhelat dalam kangkung air sebagai basa lemah. Apabila logam Cr sebagai asam lemah berikatan dengan gugus amino, sulfihidril amino dalam kangkung air sebagai basa lemah, akan membentuk ikatan yang stabil. Kestabilan komplek khelat ini terjadi pada pH netral karena aktivitas tanaman lebih baik pada pH netral dibandingkan pH sedikit basa atau sedikit asam. Selain itu, pada pH sedikit asam makin tinggi kepolaranya. Sehingga air dalam jaringan tanaman

semakin banyak dan metabolisme tanaman menjadi terganggu. Pada sedikit basa, semakin sedikit air dalam jaringan tanaman karena terserap oleh media sekitarnya sehingga metabolisme tanaman menjadi terganggu. Pada pH 7 metabolisme tanaman tidak terganggu, sehingga pembentukan komplek khelat lebih stabil dan serapan logam oleh tanaman semakin besar.

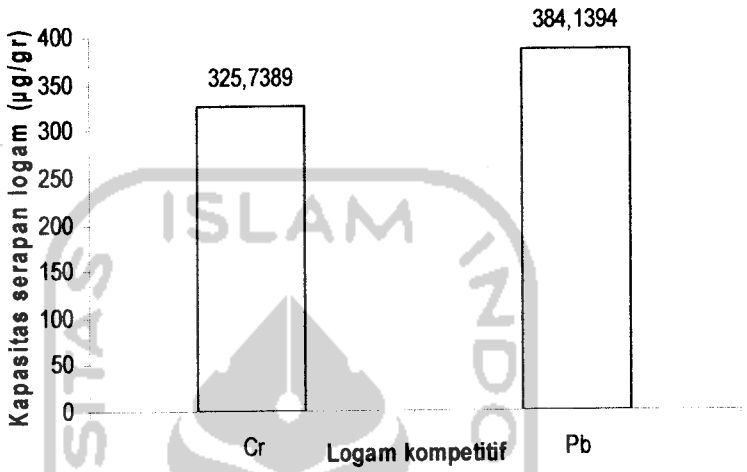
5.3 Efek Kompetitif

Pada penelitian ini dimaksudkan untuk melihat apakah keberadaan logam penganggu (Pb) berpengaruh terhadap serapan logam Cr pada tanaman kangkung air. Aplikasinya untuk melihat suatu industri penghasil logam tertentu menggunakan pengolahan limbah secara fitoremediasi, akankah berpengaruh jika ada logam lain sebagai bahan proses produksi.

Efek kompetitif digunakan untuk melihat faktor sinergis antar logam terhadap daya serap logam. Faktor sinergis tersebut dapat saling mendukung (sifat aditif) atau bersaing (kompetitif). Jika yang terjadi sifat aditif maka yang paling banyak diserap oleh tanaman adalah logam yang semula telah ada pada media bukan logam lain yang ditambahkan. Sebaliknya jika kompetitif maka yang paling banyak diserap adalah logam lain yang ditambahkan.

Pada penelitian ini digunakan 2 logam yaitu logam Cr dan logam Pb yang keduanya mempunyai konsentrasi yang sama. Logam Cr dan logam Pb merupakan senyawa beracun pada tanaman, logam-logam tersebut diabsorbsi oleh tanaman dan terjadi kompetisi antara ion Cr dan ion Pb sehingga saling berkompetisi untuk menempati pada jaringan tanaman. Penelitian ini bertujuan

mengetahui daya serap tanaman terhadap logam Cr dengan adanya logam Pb sebagai penggangu. Efek kompetitif antara logam Cr dan Logam Pb ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh efek kompetitif terhadap daya serap tanaman

Hasil penelitian ada perbedaan serapan logam oleh kangkung air. Daya serap logam Cr sebesar (299,7324 ± 1,1182)µg/gr, sedangkan serapan logam Pb sebesar (397,8332 ± 3,0045)µg/gr.

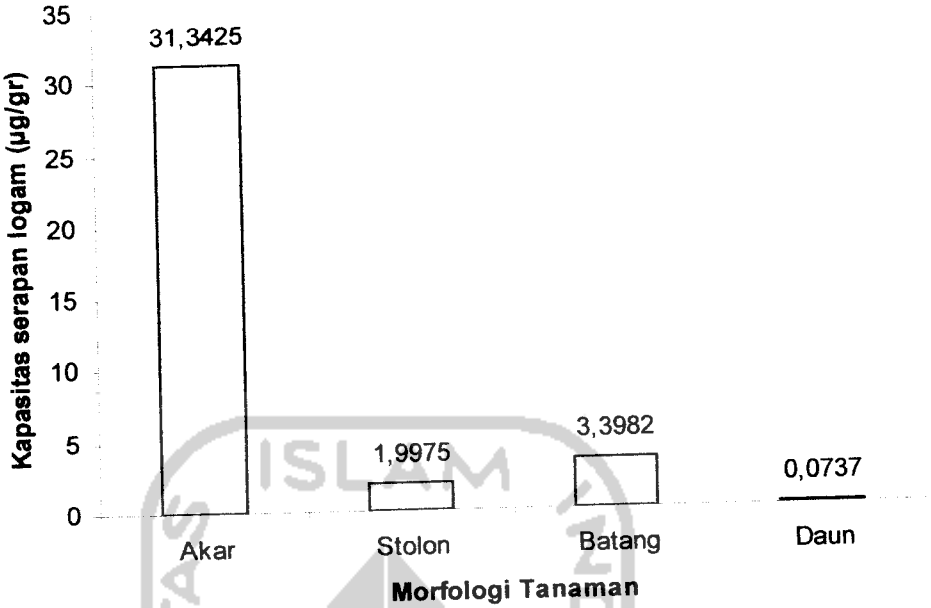
Daya serap tanaman terhadap logam Pb lebih besar daripada daya serap terhadap logam Cr. Hal ini disebabkan perbedaan ukuran ion kedua logam tersebut. Dalam sistem periodik, ukuran ion yang semakin kecil dari kiri ke kanan sehingga ukuran ion logam Pb lebih kecil daripada ukuran ion logam Cr dan menyebabkan peningkatan muatan inti. Semakin besar muatan inti logam Pb dan semakin kecil jari-jari atom ion logamnya maka daya mempolarisasi semakin besar, sehingga logam Pb lebih disenangi oleh ligan untuk menghasilkan interaksi kuat.

Pada percobaan sebelumnya logam Cr dapat diserap oleh kangkung air sebesar (304,0657 ± 1,5041)µg/gr pada konsentrasi 20 ppm, waktu kontak 7 hari dan pH 7. ternyata dengan kehadiran logam baru logam Pb mengakibatkan penyerapan Cr oleh kangkung air turun menjadi (299,7324 ± 1,1182)µg/gr. Timbulnya efek kompetitif ini disebabkan karena ion-ion logam Cr dan ion logam Pb saling berkompetisi untuk mengisi tempat-tempat pada jaringan tanaman kangkung air. Logam Pb mempunyai ukuran lebih kecil daripada ion logam Cr maka logam Pb lebih banyak menempati di dalam jaringan.

5.4 Konsentrasi Logam Cr pada Morfologi Tanaman

Untuk mengetahui konsentrasi logam pada bagian tanaman dilakukan pengukuran kapasitas serapan logam Cr pada bagian akar, batang, stolon dan daun. Pada penelitian ini digunakan media tumbuh dengan konsentrasi Cr 20 ppm waktu kontak 21 hari dan pH 7. Kapasitas serapan logam Cr pada bagian tanaman ditunjukkan pada gambar 6, data selengkapnya ditunjukkan pada lampiran 4.

Pada gambar 6. memperlihatkan bahwa kapasitas serapan logam Cr pada akar›batang›stolon›daun. Kapasitas serapan logam Cr pada akar sebesar (31,3425± 0,6000)µg/gr, pada batang (3,3982±0,4403)µg/gr, pada stolon sebesar (1,9975± 0,2510) µg/gr dan pada daun (0,0737±0,0367)µg/gr.



Gambar 6. Konsentrasi Logam Cr pada Morfologi Tanaman

Hal ini disebabkan karena akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam Cr. Dari akar melalui bulu akar akan ditransport menuju stolon melalui pembulu kayu (xylem) (Dwidjoseputro, 1986). Setelah dari stolon akan di transport ke bagian batang dan terus ke daun. Akumulasi ion toksit pada akar jauh labih tinggi dibandingkan dengan pucuk (Loveless, 1987).

5.5 Fitotoksisitas

Kangkung air mampu menyerap logam berat lebih besar pada hari ke-7 dibandingkan pada hari ke-14 dan hari ke-21, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan kangkung air dalam menyerap logam berat terbatas. Karena semakin banyak ion logam menumpuk dalam jaringan tumbuhan semakin tinggi pula daya toksisitasnya sehingga menggangu proses metabolisme yang dilakukan tumbuhan

tersebut (Ahmady, 1993). Indikator yang menunjukkan toksisitas [illegible] morfologi tanaman adalah :

1. Pada bagian akar tanaman, rambut akar terlihat jarang dan berwarna coklat kehitaman dan sebagian bulu-bulu akar rontok.
2. Pengaruh toksisitas dapat juga terlihat pada bagian batang yang berwarna hijau keputihan.
3. Pada bagian daun, terlihat dari warna daun hijau kecoklatan, daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya pucat, gugur dan layu. Kucup daun tidak dapat berkembang dengan baik dan akhirnya menggulung.
4. Tunas yang sudah dihasilkan sebelum penanaman terhenti pertumbuhanya (Ahmady, 1993).

Fitotoksisitas ini dialami oleh tanaman pada tiap parameter dengan gejala-gejala sebagai berikut :

5.5.1 Konsentrasi Awal Logam Cr

Pada pemberian logam Cr pada tanaman kangkung air dilakukan setelah tanaman diadaptasi selama 7 hari setelah itu ditambahkan logam sebesar 10 ppm dan 20 ppm. Pemantauan dilakukan selama hari ke-7, 14 dan 21.



Gambar 7. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm, waktu kontak 7 hari



Gambar 8. Kondisi tanaman pada konsentrasi Cr 20 ppm, waktu kontak 7 hari

Pada waktu kontak 7 hari belum tampak gejala-gejala keracunan logam pada tanaman yang terjadi pada konsentrasi 10 ppm dan 20 ppm. Dilihat pada bagian daun masih tampak segar warnanya hijau, demikian juga dengan akar ukurannya masih panjang-panjang berwarna putih kecoklatan seperti pada tanaman kontrol. Seperti pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Tanaman kontrol

Pada waktu kontak 14 hari ada perubahan pada bagian akar, ukuranya lebih pendek dari yang sebelumnya. Akar banyak yang rontok dan berwarna coklat. Pada kondisi daun terjadi perubahan yaitu daun banyak yang layu dan sudah mulai menguning.



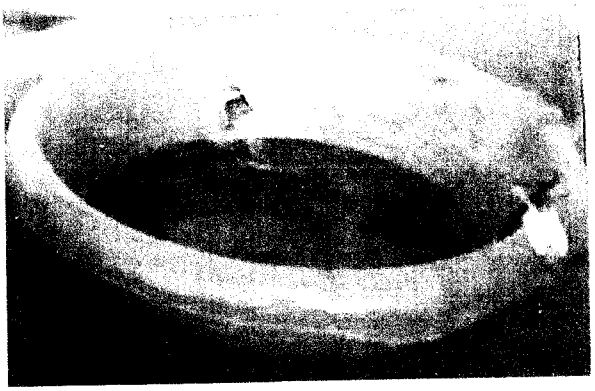
Gambar 10. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm, waktu kontak 14 hari



Gambar 11. Kondisi tanaman pada konsentrasi 20 ppm, waktu kontak 14 hari

Kemudian terjadi perubahan morfologi tanaman pada hari ke-18. Kondisi daun pada kedua konsentrasi rata-rata sama, daun mulai menguning dan ada yang berwarna coklat, serta telah mengalami rontok. Untuk akar juga sama pada kedua konsentrasi yaitu banyak akar yang rontok dan berwarna coklat tua.

Pada hari terakhir pengamatan menunjukkan adanya perbedaan dari kedua konsentrasi. Pada konsentrasi 10 ppm daun menguning, ujungya mengering dan banyak yang rontok. Pada bagian akar berkurang lagi dari keadaan sebelumnya dikarenakan banyak yang rontok, ukuranya semakin pendek dan berwarana coklat kehitaman. Pada konsentrasi 20 ppm daun juga menguning, lebarnya berkurang dari sebelumnya serta banyak yang rontok. Pada kondisi akar semakin pendek ukurannya, berwarna coklat kehitaman dan ada akar yang membusuk.



Gambar 12. Kondisi tanaman pada konsentrasi 10 ppm, waktu kontak 21 hari



Gambar 13. Kondisi tanaman pada konsentrasi 20 ppm, waktu kontak 21 hari

Terjadinya perubaan morfologi disebabkan terkumpulnya logam tersebut di dalam jaringan vegetatif tumbuhan dan berkurangnya zat hara dalam media (Giardiano et al, 1975; Hidayat, 2002). Pengumpulan logam berat di dalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan penurunan biomassa pada akar dan pucuk (Kelly and Mc kee, 1979).

Gejala khas toksisitas logam adalah "stunting" akar yang sering kali diikuti dengan terjadinya warna kecoklatan dan kematian maristem (Fitter and Hay, 1991). Sedangkan berkurangnya 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 serta membusuknya daun menunjukkan berkurangnya zat hara dan terserapnya zat toksit oleh tumbuhan. Namun dengan munculnya tunas dan akar baru mungkin sebagai cara tumbuhan untuk tetap bertahan hidup (Hidayati, 2002).

5.5.2 Pengaruh pH

Adanya perubahan morfologi tanaman mulai jelas terlihat sejak logam Cr ditambahkan ke dalam media tumbuh. Pada pH 6 mulai ada akar yang rontok dan warna akar mulai menjadi coklat. Sedangkan daun mulai ada yang menguning, yang dapat dilihat pada gambar.14 di bawah ini.



Gambar 14. Kondisi tanaman pada pH 6 media tumbuh, waktu kontak 7 hari

Pada pH 7 akar berwarna coklat dan ada yang rontok, sedangkan pada daun terlihat ada yang mengering yang dapat di lihat pada gambar 15.



Gambar 15. Kondisi tanaman pada pH 7 media tumbuh, waktu kontak 7 hari

Pada pH 8 pada gambar 16. di bawah ini daun terlihat layu dan ada yang telah menguning. Pada kondisi akar, terjadi perubahan warna yaitu menjadi coklat kehitaman dan banyak yang rontok.



Gambar 16. Kondisi tanaman pada pH 8 media tumbuh, waktu kontak 7 hari

pH yang tidak sesuai dengan kondisi normal kehidupan tumbuhan akan menyebabkan unsur-unsur hara sukar larut. Akibatnya mengalami defisiensi unsur mikro seperti klorosis, gugurnya daun, terganggunya pertumbuhan tanaman karena enzim serta proses oksidasi reduksi di dalam sel tanaman terganggu

(Dwidjoseputro, 1986). Pertumbuhan yang paling baik pada pH 7, karena sesuai dengan habitat asli dari tanaman tersebut, kemudian pH 8 dan pH 6.

5.5.3 Efek Kompetitif

Sebelum logam Cr dan Pb ditambahakan kondisi tanaman baik, daun tampak segar serta akar masih berwarna putih kekuning-kuningan. Setelah waktu kontak 7 hari pemberian logam Cr dan Pb daun banyak yang menguning, akar berubah warna menjadi coklat dan banyak yang rontok yang terlihat pada gambar 17. di bawah ini.



Gambar 17. Kondisi tanaman pada penambahan logam baru Pb 20 ppm, waktu kontak 7 hari dengan media tumbuh pH 7

Pada tumbuhan logam-logam berat seperti Pb, Hg, Cr, As, Cd dan Ni dalam konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan keracunan. Hal ini disebabkan terkumpulnya logam-logam tersebut di dalam jaringan vegetatif tumbuhan (Giordano et al, 1975). Pengumpulan logam berat di dalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan penurunan biomasa pada akar dan pucuk (Kelly dan Mc. Kee, 1979)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Efektifitas penyerapan logam Cr dipengaruhi oleh konsentrasi awal, pH media tumbuh, dan waktu kontak terhadap serapan logam oleh tanaman kangkung air. Serapan terbesar pada konsentrasi 20 ppm dengan waktu kontak 7 hari yaitu (333,5372 ± 3,0044)µg/gr. Sedangkan dengan variasi pH menghasilkan serapan pH 7 yang terbesar dengan kapasitas serapan logam sebesar (304,0657 ± 1,5041) µg/gr.
2. Pengaruh antar logam menunjukkan bahwa dengan adanya logam penganggu (Pb) menimbulkan sifat kompetisi. Kapasitas serapan logam Cr yang diperoleh dengan adanya logam penganggu sebesar (299,7324±1,1182)µg/gr sampel hasil ini menunjukkan penurunan serapan logam sebelum ditambahkan logam penganggu yaitu sebesar (333,5372 ± 3,0044) µg/gr.
3. Pada analisis morfologi tanaman kapasitas serapan logam terbesar terdapat pada akar yaitu (31,3425± 0,6000)µg/gr dan terkecil terdapat pada daun sebesar (0,0737±0,0367)µg/gr. Sedangkan kapasitas serapan logam pada bagian stolon sebesar (1,9975± 0,2510) µg/gr dan pada bagian batang sebesar (3,3982±0,4403)µg/gr.

6.2 Saran

Pengolahan limbah secara fitoremediasi ini sangat baik sekali untuk diterapkan pada industri saat ini dengan biaya murah dan efek yang kecil. Diharapkan yang akan datang dilakukan lagi penelitian fitoremediasi dengan variasi logam lain dan dicari tanaman lain yang mempunyai prospek untuk dapat menyerap logam yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmady, D., 1993, *Efektifitas Penyerapan Hg dan Pengaruhnya Pada Eceng Gondok,* Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Alkins, H., B., 1959, *The Chemistry of Industrical Toxicology,* John Wiley and Rons Inc, New York.

Anonim, 2003, *Pelatihan Instrumentasi Kimia*, Hand Out, Jurusan Kimia, Fakultas Matemetika Dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta

Arena, J., M., 1974, *Poisuning, Symptons, Treatment,* 3rd, Charles, C.,Thomas, Publishes, USA.

Astuti, 2004, *Fitoremediasi Logam Berat Cd Oleh Kayu Apu,* Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Boecky, R, L., 1966, *Lead Poisoning in Children,* Anal, Chem, 58 : 274A – 287A.

Bukit, 1981, *Masalah Kualitas Air,* Balai Besar Selulosa, PT Pupuk Kujang, Bandung.

Carasek, E., Wick, Tonjes, J., Schaf, M., 2002, *A New method of microvolume back-extraction procedure for enrichment of Pb and Cd and determination by flame atomic absorption spectrometry,* Departemanto de Quimica, Universidade federal de Santa Catarina, 88040-900 Florianopolis, Sc, Brazil.

Djarwanti, 1985, *Pencemaran Lingkungan Akibat Buangan Cr dan Kemungkinan Penangananya,* Warta Balai Industri, Semarang.

Dix, H, M.,1981, *Environmental Pollution,* John Willey and Suns, New York.

Dwidjoseputro., D, 1986, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan,* PT. Gramedia, Jakarta.

Elizabeth, M, I., 1992, *Penyerapan Logam Kromium dalam Limbah Pabrik Kuli PT. Sinar Obor YogyakartaOleh Eceng Gondok,* Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Epstein, E., 1972, *Mineral Nutrition of Plant, Principle and Prespective,* Wiley Eastern Ltd., Bombay, P.8.

Fahn, A., 1991, *Anatomi Tumbuhan,* Edisi Ketiga, Penerjemah Ir. Ahmad Soediarto dkk. Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Firdaus, L.N., 2004 http : // www. Geocities / selingsing / Fitoremediasi / 02. htm diakses tanggal 15 januari 2004.

Fitriyani, 2004, *Fitoremediasi Logam Berat Pb Oleh Kayu Apu (Pistia stratiotes L.),* Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Fitter, A.H., dan R.K.M. Hay, 1991, *Fisiologi Lingkungan Tanaman,* Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Giardano, P.M., J.J. Mortveld and D.A. Mays, 1975, *Effect of Municipal Wastes* on Crop Yields and Uptake of Heavy Metals, J. Environmental Quality, 4: 2:359.

Hidayat, I., 1981, *Pembangunan Industri dan Pembangunan Lingkungan,* Balai Besar Selulosa PT. Kujang Bandung.

Hidayati, L., 2002, *Pengaruh Peningkatan Kualitas Air Limbah Batik PT. Blentong dengan Perlakuan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Terhadap Densitas Plankton,* Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Kelly, J.M., G.R. Parker and W.M. Mc Kee, 1979, *Heavy Metals Acumulation and Growth of Secdling of Five Forest Species as Influenced by Soil Cadmium Level,* J. Environmental Quality,8:3:361.

Loveless, A.R., 1987, *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropis,* Gramedia, Jakarta.

Mawardi, 1997, *Bisorpsi Limbah oleh Biomassa Saccharomyce Cerevisiae,* Tesis, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Page, A.L., F.T. Bingham and C. Nelson, 1981, *Cadmium in Effect of Heavy Metal Pollution of Plant*, N.W. Lepp (Cds), Applied Sci, Pubc, LTP, London.

Pecsok, R.L., Shields, L.D., Cairns, T, and Mc William, I.G., 1976, *Modern Methods of Chemical Analysis,* John Willey and Sons, New York.

Partington, J, R., 1957, *A Text Book of Inargonic Chemistry,* 6 th, ed, Mac Millan Co. Ltd., London.

Priyanto, B, 2004, *Fitoremediasi sebagai sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat,* Publikasi di web side, diakses 31 maret 2004.

Sasongko, R., 1993, *Penyerapan Logam Berat Cd oleh Tanaman Kangkung (Ipomoe aqutic Forsk) dan Eceng Gondok (Eichornia crassipes (Mart) Solm),* Fakultas biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Sastre J., Sahuquillo A., Vidal M., Rauret G., 2002, *Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in Environmental Samples: Microwave-Assisted Total Digestion Vesrsus Aqua Regia and Nitrit Acid Extraction,* Analitica Chemica, Acta 462.

Siregar, 1982, *Aspek Ekologi Perairan dalam Analisa Dampak Lingkungan.* Lembaga Ekologi UNPAD, Bandung.

Skoog, J.,P., 1996, *A Guide To Materials Characterization And Chemical Analysis,* Second Edition, Holt-Saunders, Tokyo, pp 162-164, 210-211.

Thompson, J, Muller P.W., Fluekiger W. and A,J, Rutter, 1984, *The Effect of Duston Photosintesis and its Significance for Road Side Plants,* J, Environmental Pollution, (series A) 34: 171-180.

Tjitrosoedirdjo, S.S., and S,S, Sastroutomo, 1985, *The Potential up Take of Lead and Cadmium by Waterhyacinth (Eichhornia Crassipes), Workshop on The Ecology and Management of Aquatic Weed,* SEAMEO-BIOTROP, Bogor, Indonesia.

Tjokronegoro, R,K., 1982, *Penentuan Pendahuluan Laboratorium Residu Pestisida Furadan Dalam Sayuran Kangkung (Ipomoe aquatic) yang Tumbuh Pada Lumpur yang Sudah Dikontaminasi Oleh Pestisida,* UNPAD, Bandung.

Uly, 2004, *Fitoremediasi Logam Berat Zn Oleh Eceng Gondok (Eichornia crassipes (Mart) Solm)*Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Wibowo, I,. 1994, *Penurunan Kandungan Fe dan Mn pada Air Sumur di Padukuhan Pogung Selatan Yogyakarta dengan Kangkung Air (Ipomoe aquatic Forsk),* Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Widiyanto, L.,S., 1981, *Eceng Gondok Sebagai Penyerap Air,* Tropical Pest Biologi Program, SEAMEO-BIOTROP, Bogor, Indonesia.

Wittman, 1983, *Metal Pollution in the Aquatic Environmental,* New York, Tokyo

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Kondisi parameter alat AAS model AA-782 Nippon Jarell Ash untuk mengukur kadar logam berat Cr dan Pb. Tabel 1. optimasi alat spektrometer serapan atom untuk analisis logam Cr dan logan Pb.

Parameter	Cr	Pb
Panjang gelombang (nm)	357,9	283,3
Arus HCl (mA)	10	12
Kecepatan alir udara (L/menit)	13,5	4,0
Kecepatan alir asetilen (L/menit)	2,7	2,0
Slit	0,2	0,7
Tipe nyala	Udara asetilen	Udara asetilen

Tabel. 1 Optimasi Alat Spektrometer Serapan Atom

Lampiran 2.

1. Pembuatan $Cr(NO_3)$ 1000 ppm

$Cr(NO_3)_3 \longrightarrow Cr^{3+} + 3NO_3^-$

1000 ppm = 1000 mg dalam 1L

mol Cr = 1 g/ Mr Cr

= 1 g/ 52

= 0,0192 mol

Gram $Cr(NO_3)_3$ = mol x Mr $Cr(NO_3)_3$

= 0,0192 x 258

= 4,9536 gr dalam 1L

= 0,4953 gr dalam 100 ml

a. Laruran standar spektrosol Cr 1000 ppm dibuat menjadi 100 ppm dalam labu ukur 25 ml.

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 100 \text{ ppm}$

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

b. Konsentrasi 0 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 0 \text{ ppm}$

$V_1 = 0 \text{ mL}$

c. Konsentrasi 1,25 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 1{,}25 \text{ ppm}$

V_1 = 0,31 mL

d. Konsentrasi 2,5 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

V_1 . 100 ppm = 25 mL . 2 ,5 ppm

V_1 = 0,62 mL

e. Konsentrasi 5 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

V_1 . 100 ppm = 25 mL . 5 ppm

V_1 = 1,25 mL

f. Konsentrasi 7,5 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

V_1 . 100 ppm = 25 mL . 7,5 ppm

V_1 = 1,87 ml

2. Larutan standar Timbal (Pb)

Pembuatan larutan standar Pb dengan konsentrasi 0; 1; 2; 4 dan 8 dari larutan standar spektrosol 1000 ppm.

a. Laruran standar spektrosol Pb 1000 ppm dibuat menjadi 100 ppm dalam labu ukur 25 ml.

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

V_1 . 1000 ppm = 25 mL . 100 ppm

V_1 = 2,5 mL

b. Konsentrasi 0 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 0 \text{ ppm}$

$V_1 = 0 \text{ mL}$

c. Konsentrasi 1 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 1 \text{ ppm}$

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

d. Konsentrasi 2 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 2 \text{ ppm}$

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

e. Konsentrasi 4 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 2 \text{ ppm}$

$V_1 = 1 \text{ mL}$

f. Konsentrasi 8 ppm dalam labu ukur 25 mL

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 100 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} . 2 \text{ ppm}$

$V_1 = 2 \text{ mL}$

3. Pembuatan larutan buffer phospat

a. Pembuatan 100 ml 0,1 M KH_2PO_4

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

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

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

$$= 1{,}36\ g/100\ ml \quad \text{(dalam 1 L media)}$$

b. Pembuatan 200 ml NaOH 1M

M = mol/L

mol = M x L = 1 x 0,2 L = 0,2 mol

mol = g/Mr

g = mol x Mr = 0,2 mol x 40 g/mol = 8 g

8 g NaOH dilarutkan dengan aquadest hingga volume 200 ml

NaOH 1 M akan diturunkan menjadi 0,1 M

V1 . M1 = V2 . M2

V1 x 1M = 500 ml x 0,1 M

V1 = 50 ml

50 ml NaOH 1 M ditambahkan aquadest hingga 500 ml.

Lampiran 3.

Absorbansi larutan standar Cr

+Konsentrasi standard (ppm)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
	1	2	3	
0	0,000	0,001	0,000	0,000
1,25	0,042	0,043	0,043	0,043
2,5	0,085	0,083	0,082	0.038
5,0	0,151	0,148	0,149	0,149
7,5	0,209	0,198	0,200	0,202

Dari data diatas diperoleh a = 0,0164

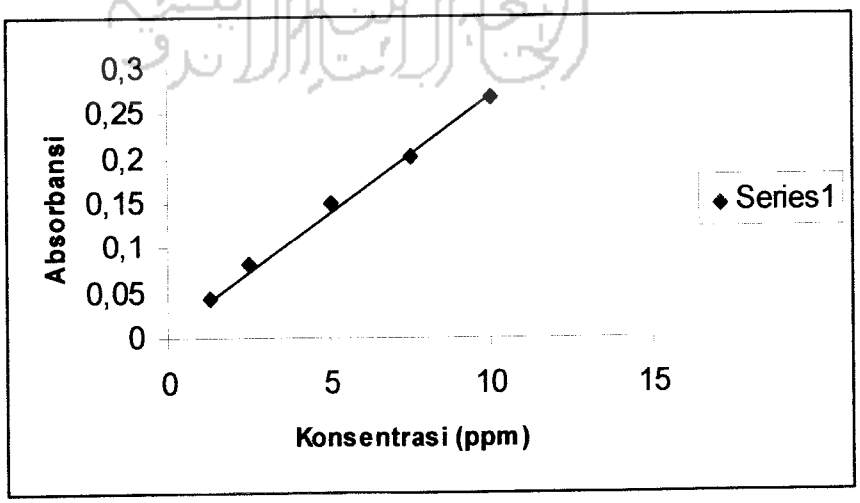
b = 0,0253

r = 0,9969

Sehingga Y = bx + a

Y = 0,0253 x + 0,0164

Kurva kalibrasi untuk logam Cr ditunjukkan pada gambar 18 :



Gambar 18. kurva kalibrasi logam Cr

Absorbansi larutan standard Pb

Konsentrasi standard (ppm)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata
	1	2	3	
0	0,001	0,000	0,000	0,000
1	0,011	0,011	0,012	0,011
2	0,021	0,022	0,022	0,022
4	0,038	0,039	0,039	0,039
8	0,082	0,084	0,082	0,082

Dari data di atas diperoleh a = -1×10^{-4}

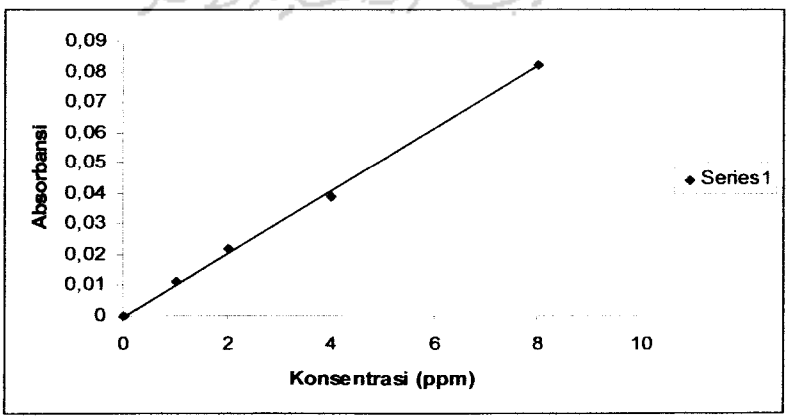
b = 0,0101

r = 0,9982

Sehingga Y = bx + a

$Y = 0{,}0101x - 1 \times 10^{-4}$

Kurva kalibrasi untuk logam Pb ditunjukkan pada gambar 19 :



Gambar 19. kurva kalibrasi logam Pb

Lampiran 4.

a. Perhitungan kapasitas serapan logam Cr pada konsentrasi awal

Diketahui : Volume larutan induk = 10 ml

$$\text{ppm} = \frac{aXb}{c} Xd$$

Keterangan a = konsentrasi regresi

b = volume larutan

c = berat cuplikan

d = faktor pengenceran

Kode sampel	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Pengen-ceran	Berat Sampel (gr)
	1	2	3			
Cr 10 ppm 7 hari	0,140	0,145	0,144	0,143	5x	0,76
Cr 10 ppm 14 hari	0,159	0,166	0,163	0,163	1/5x	0,76
Cr 10 ppm 21 hari	0,192	0,192	0,187	0,190	1/5x	0,76
Cr 20 ppm 7 hari	0,144	0,144	0,146	0,145	5x	0,76
Cr 20 ppm 14 hari	0,063	0,063	0,064	0,063	1x	0,76
Cr 20 ppm 21 hari	0,078	0,076	0,076	0,077	1x	0,76
Kontrol akar	0,041	0,042	0,039	0,041	1/5x	0,76
Air Kran	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76

Konsenttrasi 10 ppm = 10 mg/L

= 10 μg/ ml (dalam 2 L media)

= 10 μg/ml X 2000 ml

= 20000 μg

Konsentrasi 20 ppm = 20 mg/L

= 20 μg/ ml (dalam 2L media)

= 20 μg/ ml X 2000 ml

= 40000 μg

Persamaan regresi untuk Cr y = 0,0253 x + 0,0164 maka :

1. Untuk Cr 10 ppm 7 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,140 = 0,0253 x + 0,0164

x = 4,8853 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,8853\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 321,4013 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,145 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,0830

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0830\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 334,4078 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,144 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,0434

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0434\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 331, 8026 µg/gr

$\bar{x}$ = 329, 2039

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	321,4013	-7,8026	60,8880
2	334,4078	5,2039	27,0805
3	331,8026	2,5987	6,7532
			$\sum d^2 = 94,7217$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{94,7217}{3-1}} = 6,8819$$

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

$\bar{x} \pm Sd = (329,2039 \pm 6,8819)$ µg/gr sampel.

2. Untuk Cr 10 ppm 14 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,159 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,6363 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,6363 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 14,8323 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,166 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,9130

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0830 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 15,5605 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,164 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,8339

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0434\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0,76\ gr}$

= 15,3523 µg/gr

$\bar{x}$ = 15,2483

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	14,8323	0,4160	0,1730
2	15,5605	0,3122	0,0974
3	15,3523	0,1040	0,0108
			$\sum d^2 = 0,2812$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,2812}{3-1}} = 0,3749$$

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

$\bar{x} \pm Sd$ = (15,2483 ± 0,3749) µg/gr sampel.

3. Untuk Cr 10 ppm 21 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,192 = 0,0253 x + 0,0164

x = 6,9407 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{6,9407\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0,76\ gr}$

= 18,2650 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,192 = 0,0253 x + 0,0164

x = 6,9407 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{6,9407 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 18,2650 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,187 = 0,0253 x + 0,0164

x = 6,7430

Kapasitas serapan logam = $\frac{6,7430 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 17,7447 µg/gr

$\bar{x}$ = 18,0915

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	18,2650	0,1735	0,0301
2	18,2650	0,1735	0,0301
3	17,7447	-0,1202	0,1202
			$\sum d^2 = 0,1840$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1840}{3-1}} = 0,3003$$

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

$\bar{x} \pm$ Sd = (18,0915 ± 0,003) µg/gr sampel.

4. Untuk Cr 20 ppm 7 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,144 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,0434 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0434 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 331,8026 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,144 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,0434 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,0434 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 331,8026 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,146 = 0,0253 x + 0,0164

x = 5,1225

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,1225 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 337,0065 µg/gr

$\bar{x}$ = 333,5372

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	331,8026	-1,7346	3,0088
2	331,8026	-1,7346	3,0088
3	337,0065	3,4693	12,0360
			$\sum d^2$ = 12,0536

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,0536}{3-1}} = 3,0044$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada akar dengan konsentrasi awal 20 ppm 7 hari :

$\bar{x} \pm Sd = (333,5372 \pm 3,0044)$ µg/gr sampel.

5. Untuk Cr 20 ppm 14 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,063 = 0,0253 x + 0,0164

x = 1,8418 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,8418 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 24,2342 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,063 = 0,0253 x + 0,0164

x = 1,8418 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,8418 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 24,2342 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,064 = 0,0253 x + 0,0164

x = 1,8814

Kapasitas serapan logam = $\frac{5,1225 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 24,7552 µg/gr

$\bar{x}$ = 24,4078

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	24,2342	-0,1736	0,0301
2	24,2342	-0,1736	0,0301
3	24,7552	0,3474	0,1206
			$\sum d^2 = 0,1808$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1808}{3-1}} = 0,3006$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada akar dengan konsentrasi awal 20 ppm 14 hari :

$\bar{x} \pm Sd$ = (24,4078 ± 0,3006) µg/gr sampel.

6. Untuk Cr 20 ppm 21 hari :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,078 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,4347 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,4347 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 32,0355 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,076 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,3557 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,3557 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 30,9960 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,076 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,3557 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,3557 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 30,9960 µg/gr

$\bar{x}$ = 31,3425

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	32,0355	0,6930	0,4802
2	30,9960	-0,3465	0,1200
3	30,9960	-0,3465	0,1200
			$\sum d^2 = 0,7202$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,7202}{3-1}} = 0,6000$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada akar dengan konsentrasi awal 20 ppm 21 hari :

$\bar{x} \pm$ Sd = (31,3425± 0,6000) µg/gr sampel.

7. Untuk kontrol akar :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,041 = 0,0253 x + 0,0164

x = -0,9130 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{-0,9130 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= -2,4026 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,042 = 0,0253 x + 0,0164

x = -0,8735 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{\text{-0,8735 µg/ml x 10 ml x 1/5}}{\text{0,76 gr}}$

= -2,6105 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,039 = 0,0253 x + 0,0164

x = -0,9920

Kapasitas serapan logam = $\frac{\text{0,9920 µg/ml x 10 ml x 1/5}}{\text{0,76 gr}}$

= -2,6105 µg/gr

$\bar{x}$ = -2,4372

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	-2,4026	0,0346	0,0011
2	-2,6105	0,1386	0,0192
3	-2,6105	-0,1733	0,0300
			$\sum d^2 = 0,0503$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0503}{3-1}} = 0,1585$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada tanaman kangkung air yang tidak diberi logam Cr : $\bar{x} \pm Sd$ = (-2,6105 ± 0,1585) µg/gr sampel.

8. Untuk Air Kran :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,000 = 0,0253 x + 0,0164

x = 0 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0,76\ gr}$

= 0 µg/g

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,000 = 0,0253 x + 0,0164

x = 0 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0,76\ gr}$

= 0 µg/g

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,000 = 0,0253 x + 0,0164

x = 0

Kapasitas serapan logam = $\frac{0\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0,76\ gr}$

= 0 µg/g

$\bar{x} = 0$

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
			$\sum d^2 = 0$

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

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada air kran: $\bar{x} \pm Sd = (0 \pm 0)$ µg/g sampel.

Table 2. Kapasitas serapan logam Cr pada konsentrasi awal

Konsentrasi (ppm)	Waktu kontak (hari)		
	7	14	21
10	329,2039± 6,8819µg/gr	15,2483± 0,3749µg/gr	18,0915± 0,003µg/gr
20	333,5372±3,0044µg/gr	24,4078±0,3006µg/gr	31,3425±0,6000µg/gr

b. Perhitungan kapasitas serapan logam Cr pada pH media tanam

Kode sampel	**Absorbansi**			**Absorbansi rata-rata**	**Pengen-ceran**	**Berat Sampel (gr)**
	1	**2**	**3**			
Cr 20 ppm pH 6	0,069	0,067	0,068	0,067	5x	0,76
Cr 20 ppm pH 7	0,133	0,134	0,134	0,134	5x	0,76
Cr 20 ppm pH 8	0,081	0,082	0,081	0,081	5x	0,76
Kontrol Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76
Air Kran	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76

1. Untuk pH 6 :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,069= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,0790 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,0790 \text{ µg/ml} \times 10 \text{ ml} \times 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 136,7763 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,067 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,0000 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,0000\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 131,5789 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,068 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,0395

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,0395\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 134,1776 µg/gr

$\bar{x}$ = 134,1776

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	136,7763	2,5987	6,7532
2	131,5789	-2,5987	6,7532
3	134,1776	0	0
			$\sum d^2 = 13,5065$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{13,5065}{3-1}} = 2,5986$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada pH 6 :

$\bar{x} \pm Sd$ = (134,1776 ± 2,5986) µg/gr sampel.

2. Untuk pH 7 :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,133= 0,0253 x + 0,0164

x = 4,6086 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,6086\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 303,1973 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,134 = 0,0253 x + 0,0164

x = 4,6482 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,6482\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 305,8026 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,134 = 0,0253 x + 0,0164

x = 4,6482 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,6482\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 5}{0,76\ gr}$

= 305,8026 µg/gr

$\bar{x}$ = 304,8026

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	303,1973	-0,8684	0,7541
2	305,8026	1,7369	3,0168
3	305,8026	1,7369	3,0168
			$\sum d^2 = 4,5250$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5250}{3-1}} = 1,5041$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada pH 7 :

$\bar{x} \pm Sd$ = (304,0657 ± 1,5041) µg/gr sampel.

3. Untuk pH 8 :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,081= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,5533 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,5928 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 167,9802 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,082 = 0,0253 x + 0,0164

x = 2,5928 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,5928 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 170,5789 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,081= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,5533 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,5928 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 167,9802 µg/gr

$\bar{x}$ = 168,8464

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	167,9802	-0,8662	0,7503
2	170,5789	1,7325	3,0015
3	167,9802	-0,8662	0,7503
			$\sum d^2 = 4,5021$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5021}{3-1}} = 1,5003$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada pH 8 :

$\bar{x} \pm Sd$ = (168,8464±1,5003) µg/gr sampel.

4. Untuk tanaman kontrol

   Hasil absorbansi rata-rata adalah 0,000 maka kapasitas serapan logam Cr adalah 0,0000 µg/g sampel.

5. Untuk air kran

   Hasil absorbansi rata-rata adalah 0,000 maka kapasitas serapan logam Cr adalah 0,0000 µg/g sampel.

Tabel 3. Kapasitas serapan logam Cr pada pH media tanam

pH	Kapasitas serapan logam µg/gr
6	134,1776 ± 2,5986
7	304,0657 ± 1,5041
8	168,8464±1,5003

c. Perhitungan kapasitas serapan logam Cr dan Pb pada efek kompetitif

Kode sampel	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Pengen-ceran	Berat Sampel (gr)
	1	2	3			
Cr + Pb 20 ppm pH 7 (Cr)	0,142	0,142	0,143	0,142	5x	0,76
Cr + Pb 20 ppm pH 7 (Pb)	0,148	0,147	0,147	0,147	2x	0,76
Kontrol Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76
Kontrol Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76
Air Kran	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76

1. Untuk Cr:

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,142= 0,0253 x + 0,0164

x = 4,9644 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,9644 \ \mu g/ml \times 10 \ ml \times 5}{0,76 \ gr}$

= 326,6052 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,142= 0,0253 x + 0,0164

x = 4,9644 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,9644 \ \mu g/ml \times 10 \ ml \times 5}{0,76 \ gr}$

= 326,6052 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,143= 0,0253 x + 0,0164

x = 4,9249 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{4,9249 \text{ μg/ml x } 10 \text{ ml x } 5}{0,76 \text{ gr}}$

= 324,0065 μg/gr

$\bar{x}$ = 325,7389

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	326,6052	0,8663	0,7504
2	326,6052	0,8663	0,7504
3	324,0065	-1,7325	3,0015
			$\sum d^2 = 4,5023$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5023}{3-1}} = 1,4954$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada efek kompetitif:

$\bar{x} \pm Sd$ = (325,7389±1,4954) μg/gr sampel.

2. Untuk Pb:

a. y = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

0,148 = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

x = 14,6633 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{14,6633 \text{ μg/ml x } 10 \text{ ml x } 2}{0,76 \text{ gr}}$

= 385,8763 μg/gr

b. y = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

0,147 = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

x = 14,5643 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{14,5643\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 2}{0,76\ gr}$

= 383,2710 µg/gr

c. y = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

0,147 = 0,0101 x – 1 x 10^{-4}

x = 14,5643 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{14,5643\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 2}{0,76\ gr}$

= 383,2710 µg/gr

$\bar{x}$ = 384,1394

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	385,8763	1,7369	3,0168
2	383,2710	-0,8684	0,7541
3	383,2710	-0,8684	0,7541
			$\sum d^2 = 4,5250$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5250}{3-1}} = 1,0636$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada efek kompetitif:

$\bar{x} \pm$ Sd = (384,1394±1,0636) µg/gr sampel.

3. Untuk air kran

Hasil absorbansi rata-rata adalah 0,000 maka kapasitas serapan logam Cr adalah 0,0000 µg/g sampel.

Tabel 4. Kapasitas serapan logam Cr dan Pb pada efek kompetitif

Konsentrasi	Kapasitas serapan logam µg/gr
Cr + Pb 20 ppm pH 7 (Cr)	325,7389±1,4954
Cr + Pb 20 ppm pH 7 (Pb)	384,1394±1,0636

d. Perhitungan pada morfologi tanaman kangkung air

Kode sampel	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Pengen-ceran	Berat Sampel (gr)
	1	2	3			
akar	0,078	0,076	0,076	0,077	1x	0,76
stolon	0,037	0,037	0,038	0,037	1/5x	0,76
batang	0,052	0,053	0,051	0,052	1/5x	0,76
daun	0,017	0,016	0,017	0,017	1/5x	0,76
Kontrol Tanaman	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76
Air Kran	0,000	0,000	0,000	0,000	1x	0,76

1. Untuk akar :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,078= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,4347 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,4347 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr s}}$

= 32,0355 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,076= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,3557 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,3557 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 30,9960 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,076= 0,0253 x + 0,0164

x = 2,3557 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{2,3557 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1}{0,76 \text{ gr}}$

= 30,9960 µg/gr

$\bar{x}$ = 31,3425

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	32,0355	0,6930	0,4802
2	30,9960	-0,3465	0,1200
3	30,9960	-0,3465	0,1200
			$\sum d^2 = 0,7202$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,7202}{3-1}} = 0,6000$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada akar :

$\bar{x} \pm Sd = (31,3425 \pm 0,6000)$ µg/gr sampel.

2. Untuk stolon:

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,037= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,8142 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0{,}8142\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0{,}76\ gr}$

= 2,1426 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,037= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,8142 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0{,}8142\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0{,}76\ gr}$

= 2,1426 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,038= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,8537 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0{,}8537\ \mu g/ml \times 10\ ml \times 1/5}{0{,}76\ gr}$

= 1,7074 µg/gr

$\bar{x}$ = 1,9975

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,1426	0,1451	0,0210
2	2,1426	0,1451	0,0210
3	1,7074	-0,2901	0,0841
			$\sum d^2 = 0{,}1261$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0{,}1261}{3-1}} = 0{,}2510$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada stolon :

$\bar{x} \pm Sd = (1{,}9975 \pm 0{,}2510)$ µg/gr sampel.

3. Untuk tangkai :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,052= 0,0253 x + 0,0164

x = 1,4071 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,4071 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 3,7028 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,053= 0,0253 x + 0,0164

x = 1,4466 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,4466 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 2,8932 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,051= 0,0253 x + 0,0164

x = 1,3675 μg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,3675 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 3,5986 µg/gr

$\bar{x}$ = 3,3982

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	3,7028	0,3046	0,0927
2	2,8932	-0,5050	0,2550
3	3,5986	0,2004	0,0401
			$\sum d^2 = 0,3878$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,3878}{3-1}} = 0,4403$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada stolon :

$\bar{x} \pm Sd = (3,3982 \pm 0,4403)$ µg/gr sampel.

4. Untuk daun :

a. y = 0,0253 x + 0,0164

0,017= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,0237 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,0237 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 0,0474 µg/gr

b. y = 0,0253 x + 0,0164

0,018= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,0632 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,0632 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 0,1264 µg/gr

c. y = 0,0253 x + 0,0164

0,017= 0,0253 x + 0,0164

x = 0,0237 µg/mL

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,0237 \text{ µg/ml x } 10 \text{ ml x } 1/5}{0,76 \text{ gr}}$

= 0,0474 µg

$\bar{x}$ = 0,0737

No.	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,0474	-0,0263	0,0000
2	0,1264	0,0527	0,0027
3	0,0474	-0,0263	0,0000
			$\sum d^2 = 0,0027$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0027}{3-1}} = 0,0367$$

Jadi hasil kapasitas serapan logam Cr pada daun :

$\bar{x} \pm Sd = (0,0737 \pm 0,0367)$ µg/gr sampel.

6. Untuk tanaman kontrol

   Hasil absorbansi rata-rata adalah 0,000 maka kapasitas serapan logam Cr adalah 0,0000 µg/g sampel.

7. Untuk air kran

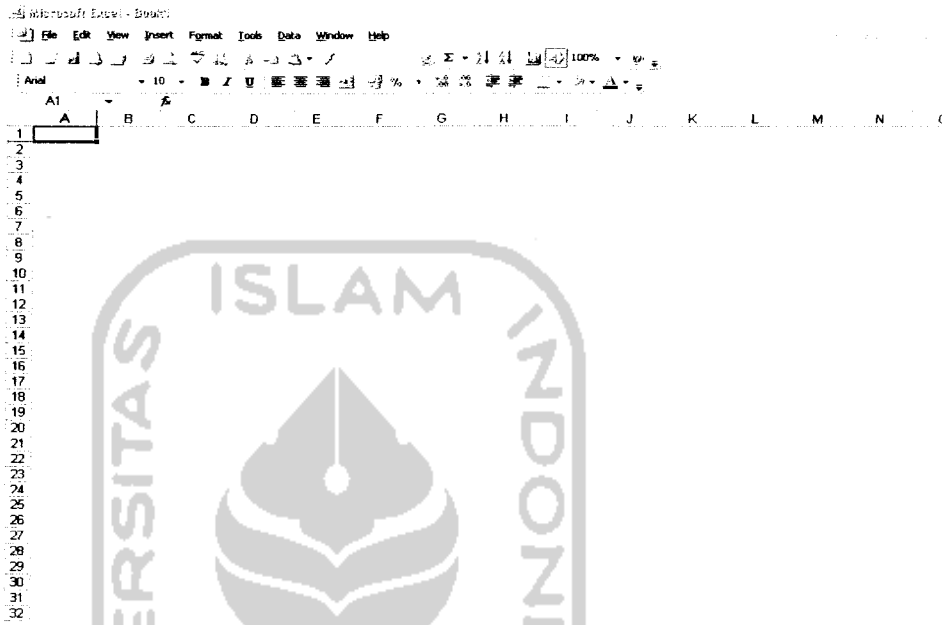
   Hasil absorbansi rata-rata adalah 0,000 maka kapasitas serapan logam Cr adalah 0,0000 µg/g sampel.

Tabel 5. Kapasitas serapan logam Cr pada morfologi tanaman

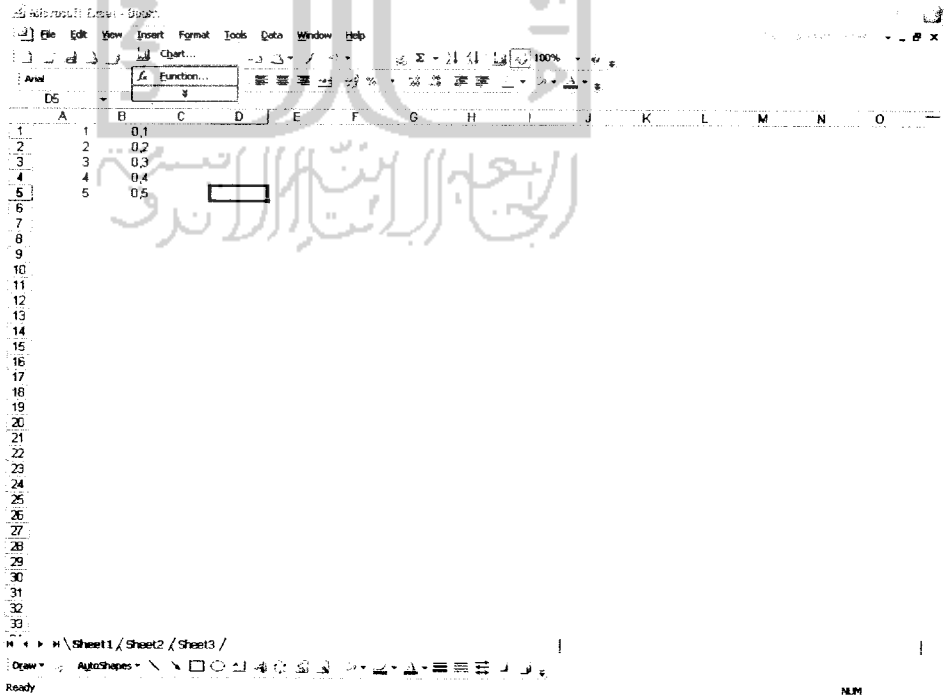
Morfologi Tanaman	Kapasitas serapan logam µg/gr
Akar	31,3425±0,6000
Stolon	1,9975±0,2510
Tangkai	3,3982±0,4403
Daun	0,0737±0,0367

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

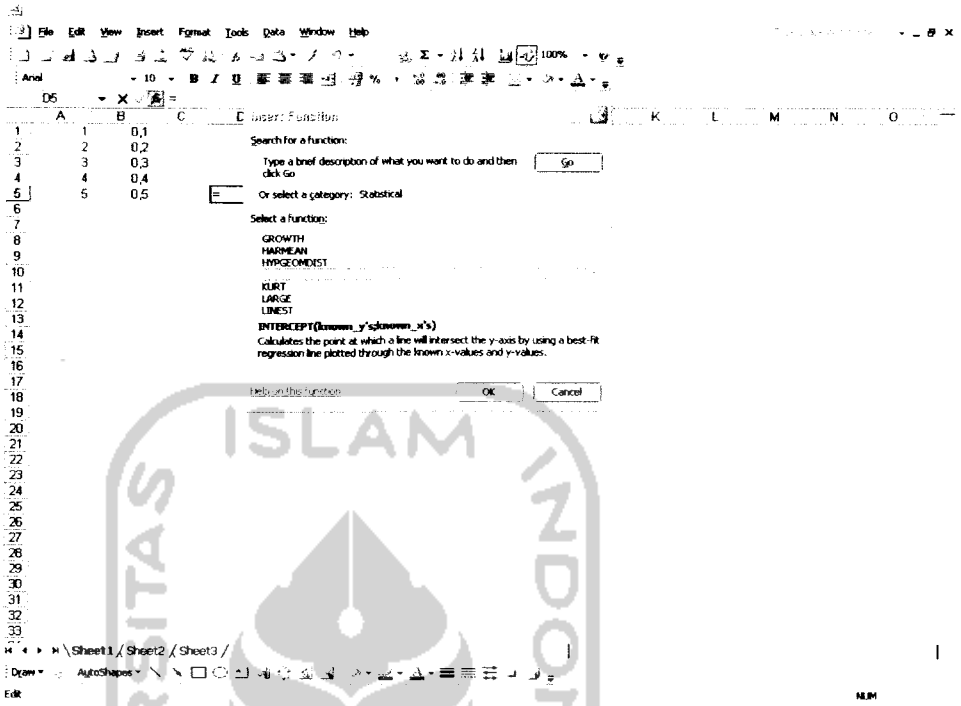
1. Klik **Start,** lalu pilih menu program **Microsoft Excel**



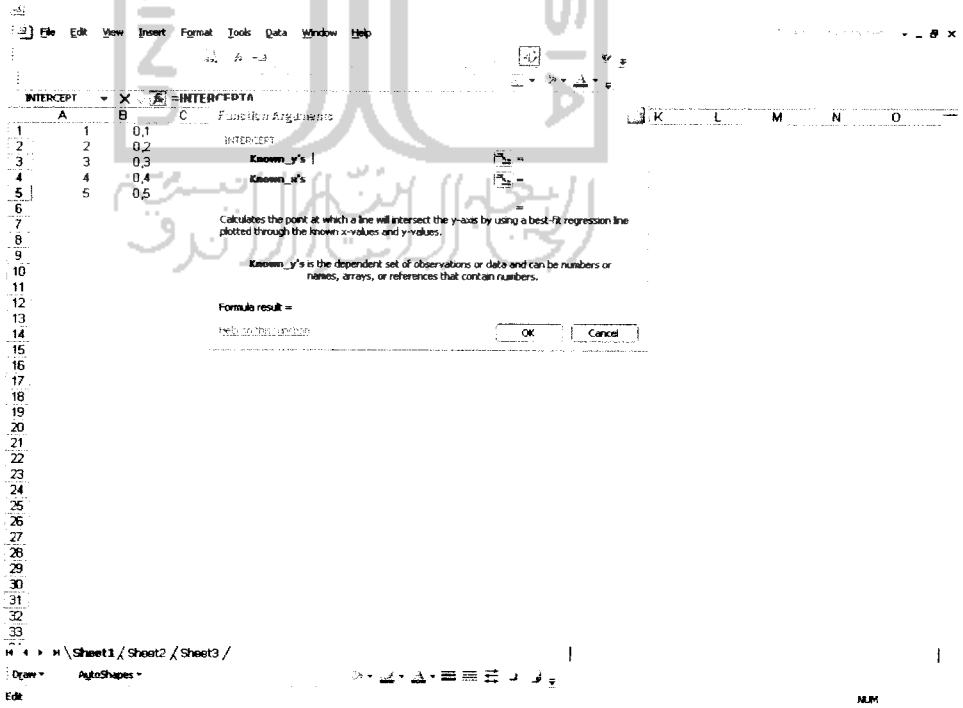
2. Klik **insert**, pilih menu **function**.



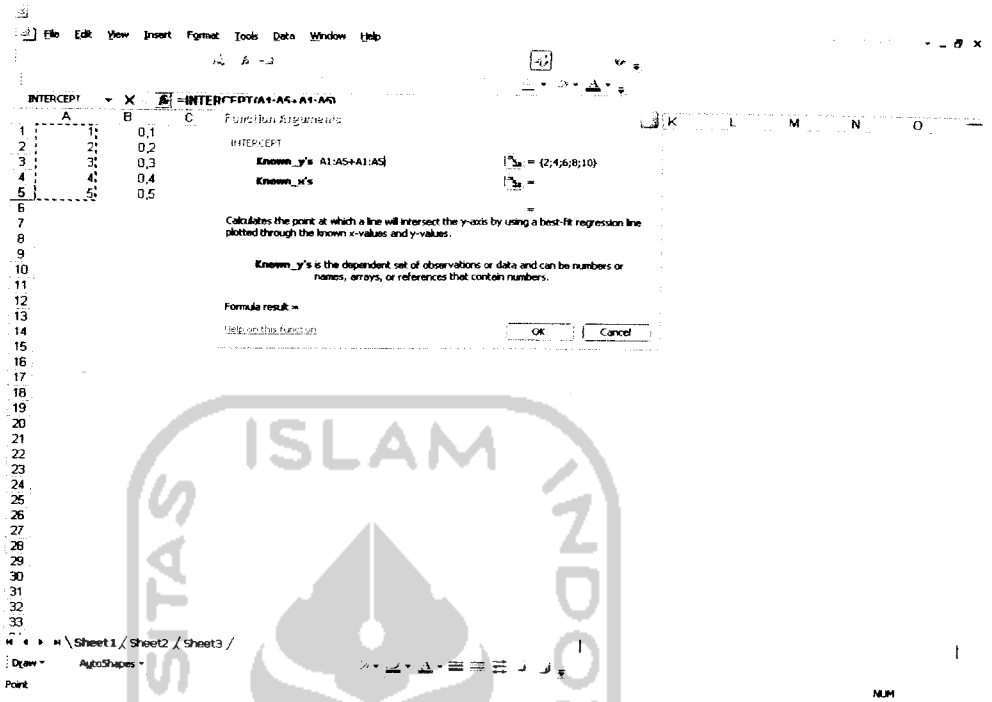
3. Pilh kategori **statistik** dan klik **intersep** pada kolom kanan, lalu klik **OK**.



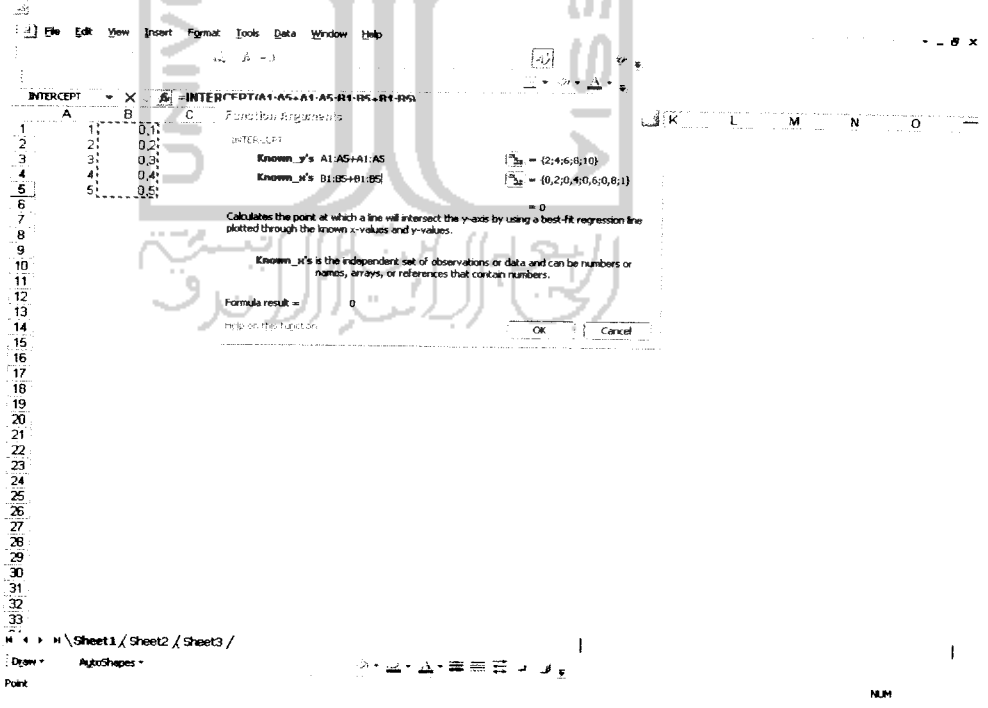
4. Setelah layar di bawah muncul, isi data A dan B pada kolom **array 1** dan **array 2**.



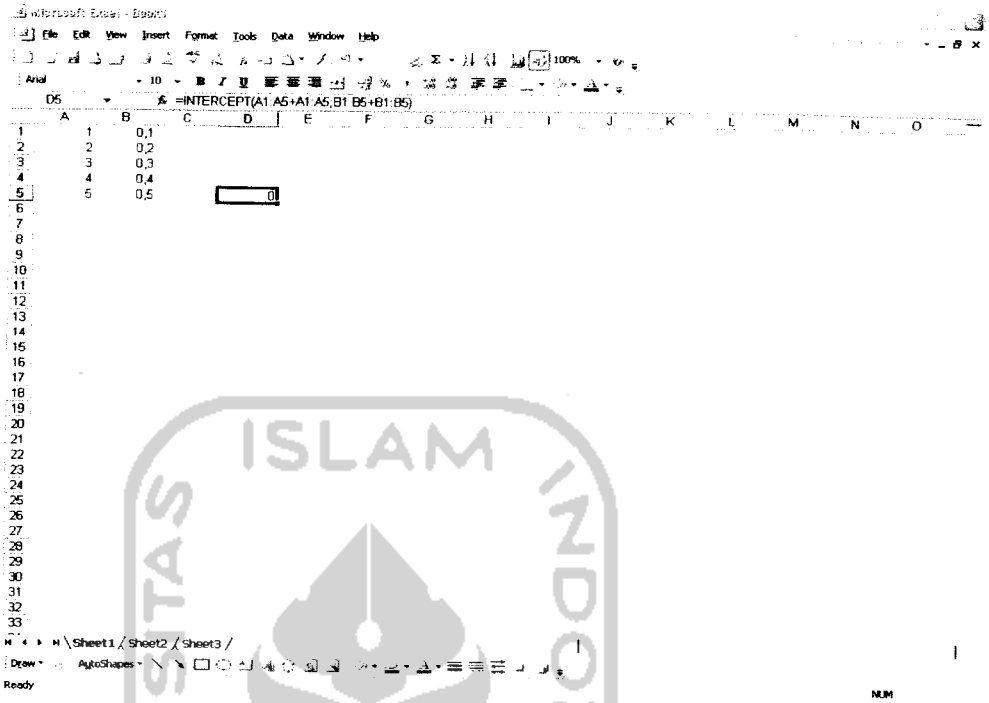
5. Isi data pada kolom **array 1** dengan memblok data pada kolom A



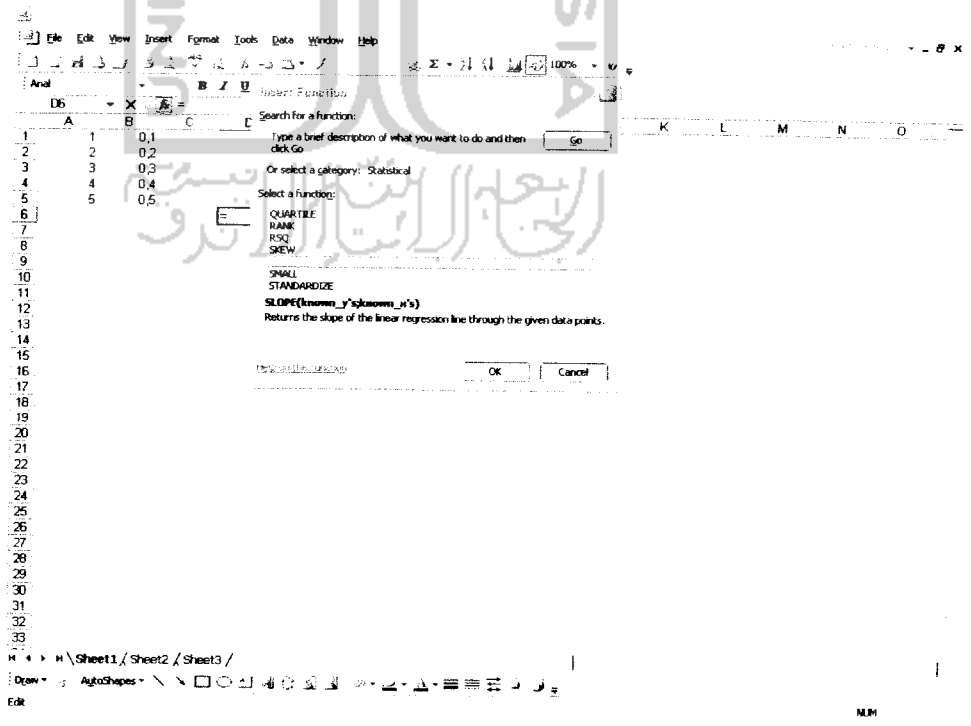
6. Isi data pada kolom **array 2** dengan memblok data pada kolom B



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

