

**LAPORAN PENELITIAN
PENGEMBANGAN IPTEK
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**Fitoremediasi Logam Berat Kadmium(Cd) Pada Tanah
Dengan Menggunakan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus L*)**

Erni Mohamad, S.Pd, M.Si

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

Oktober 2011

ABSTRAK

Limbah Kadmium hasil proses industri adalah bahan yang bersifat karsinogen. Organ tubuh yang menjadi sasaran keracunan Cd adalah ginjal dan hati. Pengolahan limbah kadmium dapat dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L.*). Tanaman ini telah dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung protein yang memiliki gugus amina (-NH₂), gugus karboksil (-COOH), juga gugus sulfidril (-SH). Disamping itu dalam jaringan tanaman terdapat dinding sel yang tersusun atas selulosa, lignin yang mengandung gugus hidroksil (-OH). Gugus-gugus polar ini mampu mengikat logam berat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan daya serap tanaman bayam duri sebagai fitoremediasi terhadap logam kadmium (Cd) pada jaringan akar, batang dan daun. Penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu (25, 50) ppm Cd tanpa EDTA dan (25, 50) ppm Cd dengan EDTA, juga dilakukan dengan variasi waktu kontak 2,4 dan 6 minggu. Konsentrasi logam Cd yang teradsorpsi oleh jaringan tanaman di analisis dengan menggunakan metoda spektrofotometri serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 228,8 nm. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis RAL. Urutan daya adsorpsi tertinggi jaringan tanaman bayam duri pada konsentrasi 25 ppm Cd adalah daun (7,659 > batang (6,419) > akar (5,585) dan pada konsentrasi 50 ppm Cd adalah daun (5,589) > akar (5,228) > batang (4,320). Pada variasi konsentrasi urutan tertinggi Cd(II) teradsorpsi untuk 25, 50 ppm tanpa EDTA dan dengan EDTA pada masing-masing jaringan adalah pada 25 ppm yaitu daun (7.659 < 30,533)%, batang (6,419 < 11,694)%, akar (5,585 < 18,505) dan untuk 50 ppm daun (5,589 < 18,471)%, akar (5,228 < 11,261) %, batang (4,320 < 9,547)% .Urutan untuk variasi waktu kontak diperoleh Cd(II) teradsorpsi tertinggi untuk masing-masing jaringan yaitu minggu ke 2 > 4 > 6.

Kata Kunci : Fitoremediasi, kadmium, tanah , bayam duri, adsorpsi

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanah Dengan Menggunakan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus L*)
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Erni Mohamad, S.Pd, M.Si
b. Jenis Kelamin : Perempuan
c. NIP : 19690812 200501 2 002
d. Jabatan struktural : -
e. Jabatan Fungsional : Lektor
f. Fakultas/Jurusan : FMIPA/ Pendidikan Kimia
g. Alamat Institusi : Jl. Jend.Sudirman No 6 Kota Gorontalo
h. Telpon/ Faks : 823939 (0435)823939
i. Alamat Rumah : Jl. Sude Kau Kek Hutuo, Kec. Limboto, Kab. Gorontalo
j. Telpon/Faks/E-Mail : +6281356644784/-/erni.mohamad@yahoo.com
3. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
4. Pembiayaan
Jumlah biaya yang diajukan : Rp. 9.750.000.-

Gorontalo, 11 Oktober 2012

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Prof. Dr. Evi Hulukati, M.Pd.
NIP. 19600530 198803 2 001

Ketua Peneliti,

Erni Mohamad, S.Pd, M.Si
NIP 19690812 200501 2 002

Menyetujui,

Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Fitryane Lihawa, M.Si
NIP. 196912091993032001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyajikan laporan hasil penelitian ini yang berjudul : Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dalam Tanah Dengan Menggunakan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus L*). Di dalam laporan penelitian ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi kemampuan daya serap tanaman bayam duri terhadap logam berat kadmium (Cd), konsentrasi logam berat Cd pada jaringan akar, batang, daun pada perlakuan tanpa EDTA dan dengan EDTA, pengaruh lama kontak tanaman bayam duri terhadap adsorpsi logam Cd. Disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Demikian laporan yang dapat kami sampaikan. Sebaik-baik laporan disusun pasti ada kekurangannya. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi rekan-rekan yang membutuhkan wawasan pendidikan. Amin.

Gorontalo, Oktober 2012
Penulis

DAFTAR ISI

			Halaman
ABSTRAK	.....		i
LEMBAR PENGESAHAN	.....		ii
KATA PENGANTAR	.....		iii
DAFTAR ISI	.....		iv
DAFTAR TABEL	.....		vi
DAFTAR GAMBAR	.....		vii
DAFTAR LAMPIRAN	.....		viii
BAB I	PENDAHULUAN	.....	1
	1.1	Latar Belakang Masalah	1
	1.2	Identifikasi Masalah	2
	1.3	Pembatasan Masalah	2
	1.4	Perumusan Masalah	3
	1.5	Tujuan Penelitian	3
	1.6	Manfaat Penelitian	3
BAB II	KERANGKA TEORI DAN PERUMUSAN HIPOTESIS	.....	4
	2.1	Deskripsi Teori	4
	2.2	Kerangka Berpikir	10
	2.3	Perumusan Hipotesis	11
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	.....	12
	3.1	Metode Penelitian	12
	3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	12
	3.3	Desain Penelitian	12
	3.4	Sampel	12
	3.5	Teknik Pengumpulan Data	12
	3.6	Teknik Analisis Data	13
	3.7	Hipotesis Statistik	13
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	.....	14
	4.1	Deskripsi Data	15
	4.2	Pembahasan	21
			Halaman

BAB V	SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN		19
	5.1	Simpulan	19
	5.2	Implikasi	19
	5.3	Saran	19
DAFTAR PUSTAKA		.....	20
LAMPIRAN-LAMPIRAN		.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Stabilitas pH Pada Pembentukan Kompleks Logam Dengan EDTA	12
2.2	Kondisi Analisa SSA yang Digunakan Untuk Logam Cd	16
4.1	Absorpsi Cd Tanaman Bayam Duri Oleh Masing-Masing Jaringan	20
4.2	Absorpsi Cd Tanaman Bayam Duri Dengan Variasi Konsentrasi Pada Masing-Masing Jaringan	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Tanaman bayam Duri	4
2.2	Struktur Asam Amino	5
2.3	Struktur Protein	6
2.4	Pelepasan dan Penerimaan Ion H ⁺ Gugus Karboksilat	6
2.5	Pembentukan Khelat Protein dengan gugus amina	7
2.6	Selulosa dengan Logam Cd dalam membentuk khelat selulosa	8
2.7	Struktur Molekul Na ₂ EDTA	10
2.8	Distribusi Spesies EDTA Sebagai Fungsi pH	11
2.9	Kompleks Cd-EDTA	12
2.10	Proses Atomisasi	15
4.1	Pengaruh lama kontak tanaman bayam duri pada akar, batang, daun terhadap Cd(II) teradsorpsi pada 25 TE dan DE	20
4.2	Pengaruh lama kontak tanaman bayam duri pada akar, batang, daun terhadap Cd(II) teradsorpsi pada 25 TE dan DE	21

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema kerja	30
Lampiran 2 Pembuatan larutan standart	35
Lampiran 3 Pembuatan kurva kalibrasi	37
Lampiran 4 Data absorbansi pada jaringan tanaman	39
Lampiran 5 Analisa statistik	45
Lampiran 6 Gambar tanaman bayam duri	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Logam kadmium adalah bahan yang bersifat karsinogen. Organ tubuh yang menjadi sasaran keracunan Cd adalah ginjal dan hati. Toksisitas Cd ini dipengaruhi karena adanya interaksi antara Cd dan gugus sulfhidril(-SH) dari protein yang menyebabkan terhambatnya aktivitas enzim (Widowati *dkk* 2008). Menurut badan dunia FAO/WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 µg per orang atau 7 µg per kg berat badan. Berdasarkan data dari lingkungan hidup didapatkan bahwa di sekitar limbah pabrik kadmium banyak yang terjangkit penyakit kanker, radang paru-paru dan batu ginjal ((Widowati *dkk*. 2008).

Beberapa metode telah dilakukan untuk menghilangkan limbah logam tersebut dengan berbagai cara misalnya pengendapan, fitrasi, pertukaran ion dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode umum, karena memiliki konsep sederhana, efisien dan juga ekonomis. Pada proses adsorpsi, adsorben memegang peranan yang paling penting. Telah banyak diteliti berbagai macam kemampuan bahan, terutama bahan anorganik, sebagai adsorben seperti zeolit, bentonit, dan sebagainya. Namun metode ini memiliki kelemahan karena proses ini rumit, memakan waktu dan memerlukan tenaga terampil. Dewasa ini telah dikembangkan metode adsorpsi menggunakan biomassa tumbuhan, yang dikenal sebagai metode fitoremediasi. Penelitian yang telah dilakukan diperoleh informasi tentang adanya kemampuan tumbuhan dalam mengikat logam dan mengakumulasikan dalam jaringan tumbuhan, baik secara aktif melalui metabolisme tumbuhan maupun secara pasif menggunakan gugus fungsional dalam jaringan tumbuhan (Gardea-Torresdey, *dkk*. 1998).

Menurut Gupta, *dkk*. 2004 dan Yang, *dkk*. 2005 gugus fungsi dalam jaringan tanaman yang berfungsi sebagai pengikat logam adalah gugus amina(-NH₂), gugus karboksil(-COOH), juga gugus sulfidril (-SH) yang terdapat dalam protein. Disamping itu dalam jaringan tanaman terdapat dinding sel yang tersusun atas selulosa, lignin dengan gugus hidroksil (-OH). Gugus-gugus polar ini diduga bereaksi dengan logam berat. Penyerapan kontaminan bersamaan dengan penyerapan nutrisi dan air oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, batang dan daun (Yang, *dkk*. 2005).

Bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) adalah merupakan tumbuhan liar, yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, yang selama ini belum dimanfaatkan secara

optimal, walaupun tanaman ini merupakan kelas bayam, namun di anggap merupakan tumbuhan gulma bagi tanaman lain. Akan tetapi tanaman bayam duri mempunyai komponen utama yaitu protein sekitar 8,9 % dengan gugus amina (-NH₂), gugus karboksil(-COOH), juga gugus sulfidril (-SH) dan selulosa 53,10% dengan gugus hidroksil(-OH). Adanya gugus-gugus ini sehingga bayam duri mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai adsorben terhadap logam berat pada tanah yang tercemar.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Mallem (2008) dengan menggunakan biomassa *amaranthus dubius.L* yang mampu menyerap logam Cr, Hg, As, Pb, Cu, Ni pada tanah tercemar. dan Opeolu (2005) menggunakan bayam merah (*Amaranthus Cruentus L*) untuk menyerap logam Pb dengan penambahan agen pengkhelat EDTA. Pemberian pengkhelat EDTA dalam tanah dapat memacu ketersediaan dan transfer logam juga membantu dalam translokasi logam dari akar ke non akar (Tandy, dkk. 2005., Zhuang, dkk 2005).

Konsentrasi logam Cd yang terdapat pada jaringan tanaman (akar, batang dan daun) di analisis dengan menggunakan metoda spektrofotometri serapan atom (SSA) yang di preparasi dengan cara pengabuan dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa organik yang mengikat logam Cd (Sembiring, 2006).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang Fitoremediasi logam berat kadmium (Cd) dengan menggunakan bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) dengan harapan tanaman bayam duri dapat menyerap logam kontaminan secara efisien.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Banyaknya sumber pencemaran logam kadmium oleh manusia sebagai hasil aktivitas baik yang disengaja maupun tidak disengaja
2. Tanah sebagai tempat yang pertama-tama terpapar oleh logam berat sebelum mengalir ke air tanah.
3. Adanya penelitian sebelumnya bahwa tanaman dapat dijadikan sebagai bahan penyerap logam berat atau sebagai adsorben.
4. Logam Berat kadmium merupakan logam berat yang sangat toksik bagi tubuh manusia.

1.3. Pembatasan Masalah

1. Fitoremediasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu hanya pada tumbuhan bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) terhadap logam Cd.

2. Konsentrasi logam yang diukur yaitu konsentrasi logam Cd pada tanah tercemar yang terserap oleh tumbuhan bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) pada akar, batang dan daun.
3. Mengukur variasi konsentrasi dengan lama kontak tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) terhadap penyerapan logam kadmium (Cd)

1.4. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti yaitu:

1. Bagaimana kemampuan daya serap tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) sebagai fitoremediasi terhadap logam berat Pb
2. Berapa konsentrasi logam kontaminan pada tanah tercemar yang terdapat pada akar, batang dan daun yang diserap oleh tanaman bayam duri yang tanpa EDTA dan dengan EDTA
3. Bagaimana Pengaruh variasi konsentrasi dengan lama kontak tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) terhadap penyerapan logam kadmium (Cd)

1.5. Tujuan Penelitian

Yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui konsentrasi logam kontaminan Cd yang diserap oleh tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*)
2. Untuk menentukan konsentrasi logam Cd dan Fe pada tanah tercemar yang terserap oleh tumbuhan bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) pada akar, batang dan daun yang tanpa EDTA dan dengan EDTA.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi dengan lama kontak tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus*) terhadap penyerapan logam kadmium(Cd)

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membuktikan potensi tumbuhan bayam duri(*amaranthus spinosus L*) dalam penyerapan dan penyingkiran logam kadmium serta hasilnya dapat diaplikasikan.
2. Sebagai alternatif dalam mencari kaedah yang paling efektif dalam merawat lingkungan tercemar oleh kandungan logam.
3. Meneruskan kajian penyelidikan terdahulu serta memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada.

BAB II

KERANGKA TEORI DAN PERUMUSAN HIPOTESIS

2.1. Deskripsi Teori

2.1.1. Tanaman Bayam Berduri (*Amarantus spinosus* L)



Gambar 2.1 Tanaman Bayam Duri

Keluarga Amaranthaceae memiliki sekitar 60 genera, terbagi dalam sekitar 800 spesies bayam. Dalam kenyataan di lapangan, penggolongan jenis bayam dibedakan atas 2 macam, yaitu bayam liar dan bayam budidaya. Bayam liar dikenal 2 jenis, yaitu bayam tanah (*A. blitum* L.) dan bayam berduri (*A. spinosus* L.). Ciri utama bayam liar adalah batangnya berwarna merah dan daunnya kaku (kasap)

2.1.2. Kandungan Kimia Tanaman Bayam Duri

Selain zat gizi makro seperti karbohidrat, protein (akar 1,48%, batang 2,39%, daun 5,03%), bayam duri mengandung lignin(akar 3,86%, batang 3,76% daun 6,82%), selulosa (akar 26,02%, batang 20,98 %, daun 6,1%) amarantin, rutin, spinasterol, hentriakontan, tanin, kalium nitrat, kalsium oksalat, garam fosfat, zat besi, serta Vitamin (A, C, K dan piridoksin (B6)).(Moelyono M, et al. 1985)

2.1.3. Fitoremediasi Logam Berat

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini tehnik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang

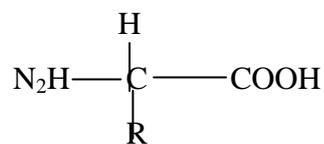
bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi.

Beberapa logam penting sebagai sel-sel hidup mikro (Fe, Mo, Mn). Bahkan beberapa yang berguna untuk sel-sel hidup dapat bersifat toksik di atas ambang batas (Zn, Ni, Cu, V, Co, W, Cr) (Davies, et al. 2002; Kadem, et al. 2004). Logam yang sangat penting berfungsi untuk tanaman dapat menjadi racun pada tingkat yang cukup tinggi (Meharg 2005). Sebaliknya, beberapa logam tidak digunakan sebagai nutrisi dan hanya beracun untuk organisme hidup (As, Hg, Ag, Sb, Cd, Pb dan U). Rute yang paling umum terpaparnya logam berat pada manusia adalah melalui konsumsi makanan dan sumber air, juga melalui pernapasan (Bordajandi, et al. 2004). Kandungan logam dalam tanah bukan merupakan indikator yang baik dari ketersediaan logam untuk tanaman. Dalam tanah, logam terdapat dalam berbagai keadaan termasuk ion logam bebas, ion penukar logam, kompleks logam-ligan, logam terikat pada komponen organik, oksida atau senyawa tidak larut, karbonat dan hidroksida, atau sebagai bagian dari struktur tanah itu sendiri yang terikat pada silikat (Davies, et al. 2002;).

Setelah logam telah terkonsentrasi dan diserap oleh tanaman maka dengan mudah dihilangkan dari tempat yang terkontaminasi tersebut, tanaman dapat ditempatkan ke tempat pembuangan limbah berbahaya atau diproses lebih lanjut untuk reklamasi logam berat.

Protein yang ada pada tanaman adalah merupakan polimer dari asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung unsur-unsur C, H, O, N, P, S, dan kadang-kadang unsur logam seperti besi dan tembaga (Winarno 1992)

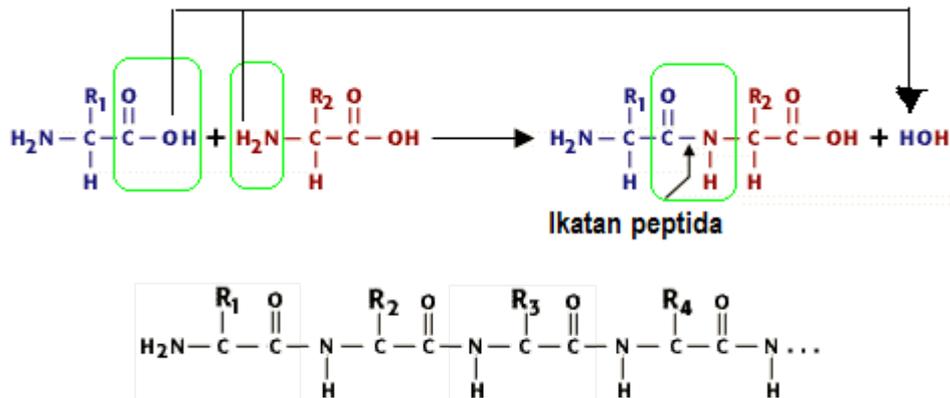
Struktur asam amino digambarkan sebagai berikut:



(JR.R.A Day, 1998)

Gambar. 2. 2. Struktur asam amino

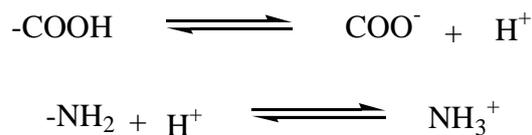
Pembentukan Ikatan Peptida asam amino:



Gambar 2. 3. Struktur protein

(JR.R.A Day, 1998)

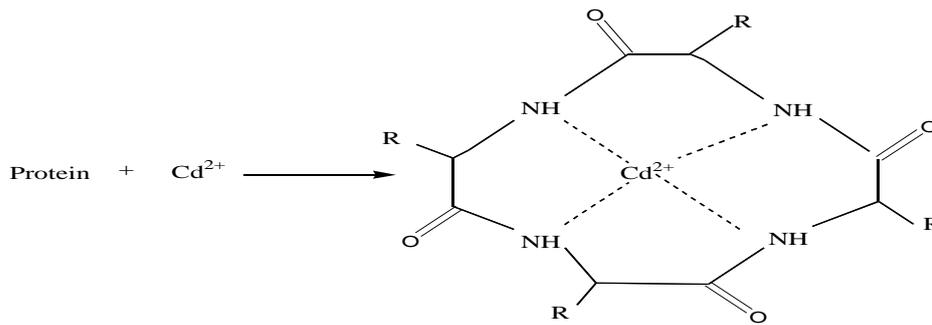
Apabila asam amino larut dalam air, gugus karboksilat akan melepaskan ion H^+ , sedangkan gugus amina akan menerima ion H^+ , seperti reaksi berikut:



(JR.R.A Day, 1998)

Gambar 2.4 . Pelepasan dan penerimaan ion H^+ gugus karboksilat

Logam berat juga memiliki kemampuan untuk menggantikan keberadaan logam-logam lain yang terdapat dalam metalloprotein. Sebagai contoh untuk logam yang ada dalam suatu protein, logam Cu dapat digantikan oleh Cd sehingga peran Cu dalam pembentukan ikatan-ikatan kovalen koordinasi antar molekul protein terganggu. Logam berat kadmium(Cd) memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur S yang menyebabkan Cd menyerang ikatan belerang dalam enzim sehingga enzim yang bersangkutan tidak menjadi aktif. Gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$) juga bereaksi dengan logam berat Cd. Kadmium (Cd) terikat pada sel-sel membran yang menghambat proses transformasi melalui dinding sel (Manahan 1977). Metabolisme Cd berhubungan dengan metabolisme Zn, yaitu sama-sama membentuk ikatan dengan metalotionin (MT), demikian pula transport Cd karena Cd memiliki sifat kimia yang mirip dengan Zn Reaksinya:



Gambar 2.5. Pembentukan khelat protein

2.1.4. Mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan

Ada dua fungsi utama yang terlibat dalam membantu penyerapan logam. Pertama adalah produksi senyawa logam pengkhelat untuk membentuk senyawa kompleks yang lebih mobile dan kurang beracun bagi tanaman. Yang kedua adalah kelarutan logam yang mengasamkan rhizosphere (Chen dan Cutright 2002). Ketika tanaman yang terkena kontaminasi logam berat, tanaman ini dapat menghasilkan fitokhelat yang membantu dalam kedua fungsi untuk memfasilitasi penyerapan logam.

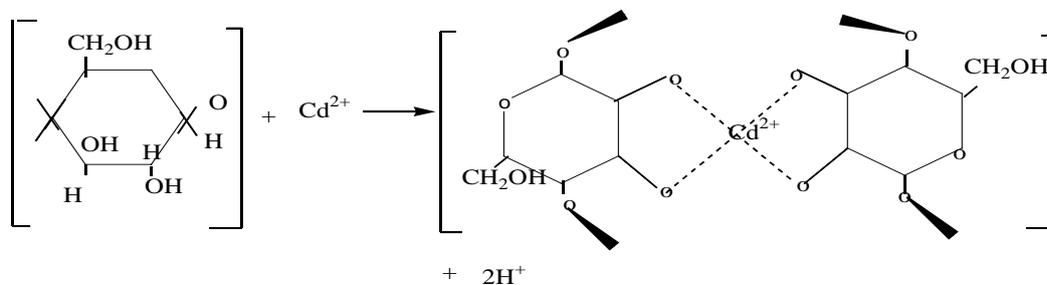
Fitokhelatin adalah reaktif peptida-tiol yang terdiri dari glutation (Glu), sistein dan glisin (asam amino) (Gupta, et al. 2004; Yang, et al. 2005). Glutathione adalah antioksidan alami dan dipakai pada reaksi enzim selama pembentukan Fitokhelatin (PC) (Gallego et al., 2005)

Fitokhelatin kemudian menyimpan logam berat di dalam vakuola yang merupakan sel, tempat penyimpanan dalam sel-sel tumbuhan (Schützendübel dan Polle 2001; Nouiari, et al. 2006). EDTA telah dibuktikan dapat meningkatkan atau memulihkan aktivitas reduktase glutation (Schützendübel dan Polle 2001). Hal ini penting karena penghilangan Glu dapat berfungsi sebagai sebuah mekanisme untuk toleransi logam (Alkorta, et al. 2004). Sebagai contoh, kadmium diketahui tidak memiliki fungsi dalam tanaman tetapi Cd terdapat di tanah dan karena itu mudah diangkut ke sel-sel akar. Penghilangan Glu dan glutation reduktase dengan adanya Cd membatasi pengambilan logam ke akar dan mengurangi reaksi toksisitas di dalam tanaman (Alkorta, et al. 2004).

2.1.5. Mekanisme Penyerapan Ion Logam Kadmium Oleh Selulosa

Selulosa, lignin dan polisakarida adalah merupakan penyusun dinding sel. Dinding sel adalah lapisan terluar tumbuhan. Pada dinding sel terdapat lubang yang berfungsi sebagai saluran antara satu sel ke sel lainnya. Lubang ini disebut plasmodesmata, yang dapat dilalui

oleh molekul dengan berat molekul sekitar 60 nm. Selulosa ini berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben karena gugus –OH. Adanya gugus –OH menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben. Dengan demikian selulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. Mekanisme serapan yang terjadi antara gugus –OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif merupakan mekanisme pertukaran ion. Interaksi antara gugus –OH dengan ion logam juga memungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen pada gugus –OH mempunyai pasangan elektron bebas, Ion-ion Cd^{2+} akan berinteraksi kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti –OH. Ikatan antara ion Cd^{2+} dengan –OH pada selulosa melalui pembentukan ikatan koordinasi, dimana pasangan elektron bebas dari O pada OH akan berikatan dengan ion logam Cd^{2+} membentuk ikatan kompleks melalui ikatan kovalen. Kation logam ini memiliki orbital d yang terisi penuh. Reaksinya ditunjukkan sebagai berikut ini :



Gambar 2.6. Selulosa dengan logam Cd dalam membentuk khelat selulosa

2.1.6. Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan logam kebiruan yang lunak termasuk golongan IIB pada tabel berkala yang mempunyai nomor atom 48; Ar 112,41; titik leleh $320,9^{\circ}\text{C}$; titik didih 765°C . Kadmium biasa dihasilkan bersamaan ketika biji Zink, tembaga, timbal direduksi. Kadmium digunakan dalam alloy bertitik leleh rendah untuk membuat solder, dalam baterai Ni-Cd dalam penyepuhan elektronik (lebih dari 50%) dan bahan pewarna. Senyawa kadmium digunakan sebagai penyalut berpendingin fosfor dalam tabung TV. Kadmium dan senyawanya sangat beracun pada konsentrasi rendah, penanganan solder harus dilakukan dengan hati-hati, juga bilamana ada asapnya (Daintith 1997). Kadmium dapat melebur pada suhu 321°C dan larutnya lambat dalam asam encer dengan melepaskan hidrogen.

Cd merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Cd pada konsentrasi rendah beresiko terhadap gangguan paru-paru (Suhendrayata 2008).

Keracunan Cd disebabkan karena Cd bergabung dengan molekul protein dan terakumulasi didalam ginjal dan organ reproduktif lainnya. Dosis yang sangat rendah dapat menyebabkan muntah-muntah dan diare. Penyebaran yang kontinu dari Cd dapat menyebabkan hipertensi, pembesaran hati dan kematian prematur. Sudah dibuktikan bahwa Cd dapat menyebabkan abnormalitas kromosom, efek karsinogenik dan paru-paru. Cd dapat terlarut dalam air sebagai hasil limbah industri(Poisu and Tattersall 1973)

Kadmium (Cd) dalam bentuk serbuk mudah terbakar, beracun jika terhirup dari udara atau uap, juga dapat menyebabkan kanker. Larutan dari kadmium sangat beracun. Jangka panjang, terakumulasi di hati, pankreas, ginjal dan tiroid, dicurigai dapat menyebabkan hipertensi. (Anonymous(c) 1998)

2.1.7. Metabolisme Kadmium Dalam Tubuh

Kadmium ditransportasikan dalam darah yang berikatan dengan sel darah merah dan protein berat molekul tinggi dalam plasma, khususnya oleh albumin. Kadar Cd dalam darah pada orang dewasa yang terpapar Cd secara berlebihan biasanya 1µg/dL, sedangkan bayi yang baru lahir mengandung Cd cukup rendah yaitu kurang dari 1 mg dari total tubuh.

Absorpsi Cd melalui gastrointestinal lebih rendah dibandingkan absorpsi melalui respirasi, yaitu sekitar 5-8%. Absorpsi akan meningkat bila terjadi defisiensi Ca, Fe dan rendah protein didalam makanannya. Defisiensi Ca dalam makanan akan merangsang sintesis ikatan Ca-protein sehingga akan meningkatkan absorpsi Cd, sedang kecukupan Zn dalam makanan bisa menurunkan absorpsi Cd. Hal tersebut diduga karena Zn merangsang produksi metalotionin.

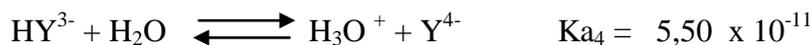
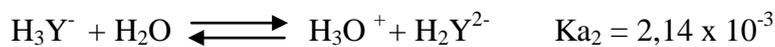
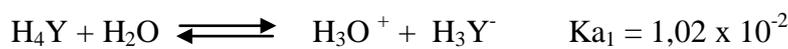
Kadmium yang ditransportasikan dalam darah berikatan dengan protein yang memiliki berat molekul rendah, yaitu metalotionin (MT) yang memiliki berat molekul 6.000 banyak mengandung sulfhidril, dan dapat mengikat 11% Cd dan seng(Zn). Dalam isolat MT yang berasal dari ginjal, ditemukan Zn sebesar 2,2% dan Cd 5,9%. MT memiliki daya ikat yang sama terhadap beberapa jenis logam berat sehingga kandungan logam berat bebas dalam jaringan berkurang. Metalotionin terdiri dari protein (polipeptida) yang memiliki massa molekul yang kecil (6-7 kDa) yang mengandung 26-33% sistein, tidak memiliki asam amino aromatik atau histidin, dimana Cd terikat dengan gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim karboksil sisteinil, histidil, hidroksil dan fosfatil dari protein dan purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas Cd disebabkan oleh interaksi antara Cd dan protein tersebut sehingga memunculkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim. Metalotionin merupakan protein yang sangat peka dan akurat sebagai indikator pencemaran. Hal itu didasarkan pada suatu

Nilai dari tetapan kesetimbangan untuk reaksi-reaksi ion logam dan bahan pengkhelat EDTA, dirumuskan sebagai berikut:

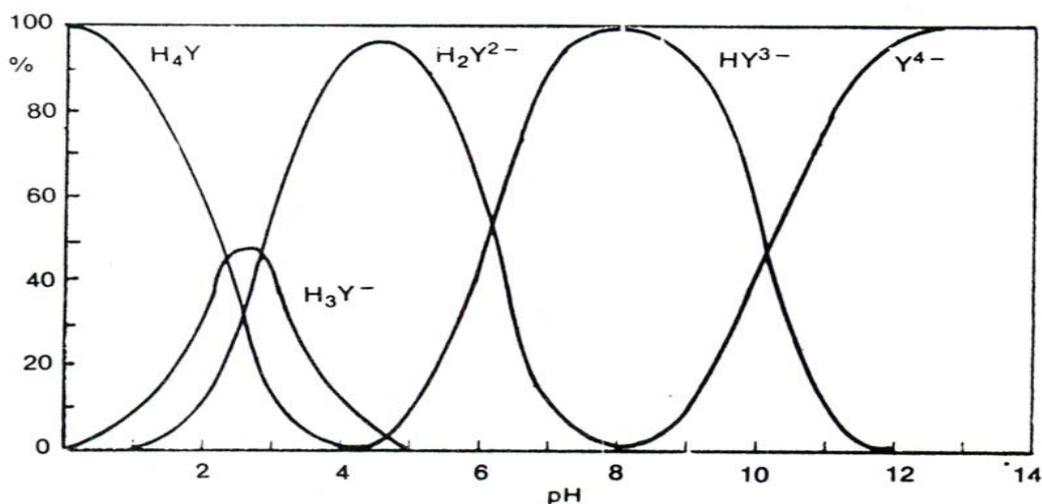


K_f adalah konstanta pembentukan. Kenaikan nilai K_f dapat disebabkan karena perubahan ion logam dan penurunan jari-jari ion.

Molekul EDTA memiliki enam spesies asam : H_6Y^{2+} , H_5Y^+ , H_4Y , H_3Y^- , H_2Y^{2-} , HY^{3-} . Dua asam yang pertama merupakan asam-asam yang relatif kuat. Empat tetapan penguraian dari H_4Y adalah sebagai berikut:



Ionisasi ketiga dan keempat jauh lebih lemah dibandingkan dengan dua dan pertama. Hal ini disebabkan karena kedua proton dalam H_2Y^{2-} terganggu pada kedua atom nitrogen dan tidak begitu cepat hilang di bandingkan dengan proton yang terganggu pada oksigen. Distribusi dari kelima spesies EDTA sebagai fungsi dari pH dapat ditunjukkan dalam gambar 2.8



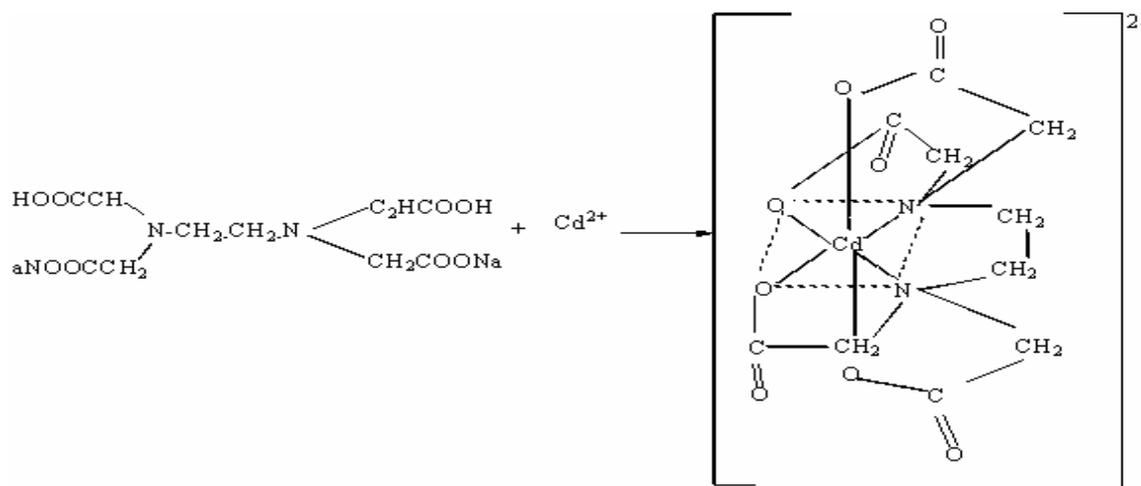
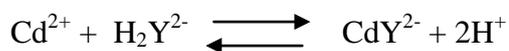
Gambar 2.8. Distribusi spesies EDTA sebagai fungsi pH.

Umumnya, kompleks EDTA dengan ion logam divalen akan stabil dalam larutan basa atau sedikit asam. Sementara kompleks dengan ion logam tri dan tetravalen terdapat dalam larutan dengan keasaman yang lebih jauh tinggi (Vogel, 1994). Berikut ini adalah tabel kestabilan terhadap pH dari beberapa kompleks logam dengan EDTA.

pH minimum adanya kompleks	Logam pilihan
1-3	Zn(IV), Hf(IV), Th(IV), Bi(III),
4-6	Fe(III)
8-10	Pb(II), Cu(II), Zn(II), CO(II), Ni(II), Mn(II), Fe(II), Al(III), Cd(II), Sn(II) Ca(II), Sr(II), Ba(II), Mg(II)

Tabel. 2.1 stabilitas pH pada pembentukan kompleks logam dengan EDTA. (Vogel, 1994)

Pada pH 4 spesies EDTA yang dominan adalah H_2Y^{2-} , dan reaksinya dengan sebuah logam seperti Kadmium dapat ditulis:



Gambar 2.9. Komplek Cd-EDTA

Ion logam dalam kompleks disebut atom pusat, gugus yang tergabung ke atom pusat disebut ligan dan jumlah ikatan yang terbentuk oleh atom logam pusat disebut angka koordinasi dari logam tersebut.

Untuk memperoleh ikatan koordinasi yang stabil, diperlukan ligan yang mampu membentuk cincin 5-6 sudut dengan sebuah logam. Ion logam terkoordinasi dengan pasangan elektron dari atom-atom nitrogen Na₂EDTA dan juga keempat gugus karboksil yang terdapat pada molekul Na₂EDTA.

2.1.9. Teknik untuk Mengoptimalkan Fitoremediasi

Penggunaan pengkelat sintetis untuk optimalisasi fitoremediasi telah dieksplorasi oleh banyak peneliti (Opeolu B.2005; Chen et al., 2002; Lim, et al. 2004; Tandy, et al. 2005; Fodor.F. et al., 2003). Logam yang larut dalam pengkelat dengan membentuk ikatan ligan-logam, dapat membebaskan logam dari partikel tanah atau meningkatkan mobilitas mereka di dalam sistem biologi tanaman (Tandy, et al. 2005). EDTA adalah kelat yang umumnya dipilih dalam penelitian karena telah terbukti efektivitasnya pada aplikasi fitoremediasi (Leduc, et al. 2005; Madrid, et al. 2003).

Khelat meningkatkan mobilitas logam di dalam tanah melalui membran akar tanaman dan membantu dalam translokasi logam dari akar ke non akar (batang dan daun) (Tandy et al., 2005; Zhuang et al., 2005). Dua fungsi utama EDTA dalam peningkatan fitoremediasi adalah menyerap logam dari tanah yang mengandung logam, meningkatkan bioavailabilitas dan pembentukan kompleks chelant-logam yang tidak akan terikat erat dengan dinding sel akar tanaman (Chen et al., 2002). Zhuang et al. (2005) menunjukkan bahwa dengan EDTA 19 kali, 2 kali dan 13 kali lebih besar dalam meningkatkan fitoekstraksi Pb oleh *Viola baoshanensis*, *Vertiveria zizanioides*, dan hibrida *Rumex patientia* dan *timshmicus*, dibandingkan tanpa penambahan EDTA.

Lim, et al. (2005) menggunakan EDTA dalam eksperimen memobilisasi logam, menemukan kapasitas ekstraksi dari tiga campuran logam adalah Cd > Pb >> Ni, dengan ekstraksi hampir lengkap oleh Cd dan Pb. Penelitian Lim difokuskan pada reklamasi EDTA untuk pembersihan tanah. Besi membentuk kompleks dengan EDTA dengan cepat, sehingga besi feri bila ditambahkan ke larutan untuk melepaskan Cd, Pb dan Ni dari kompleks EDTA, hasilnya menunjukkan pemakaian EDTA mengindikasikan bahwa besi yang ada pada tempat

terkontaminasi kemungkinan mengganggu efektivitas EDTA untuk memobilisasi kontaminan lain.

do Nascimento, et al. (2006) menguji EDTA, oksalat, sitrat, vanillic dan gallic asam dan menemukan bahwa EDTA adalah yang paling efektif untuk meningkatkan translokasi, tetapi efek gabungan dari asam organik dengan berat molekul rendah juga efektif. Ada kemungkinan bahwa dosis EDTA yang tinggi mengurangi penyerapan dari kontaminan, tetapi EDTA juga dapat memutuskan ikatan antara logam dan PC di akar tanaman, yang akan juga menunjukkan penurunan penyerapan logam.

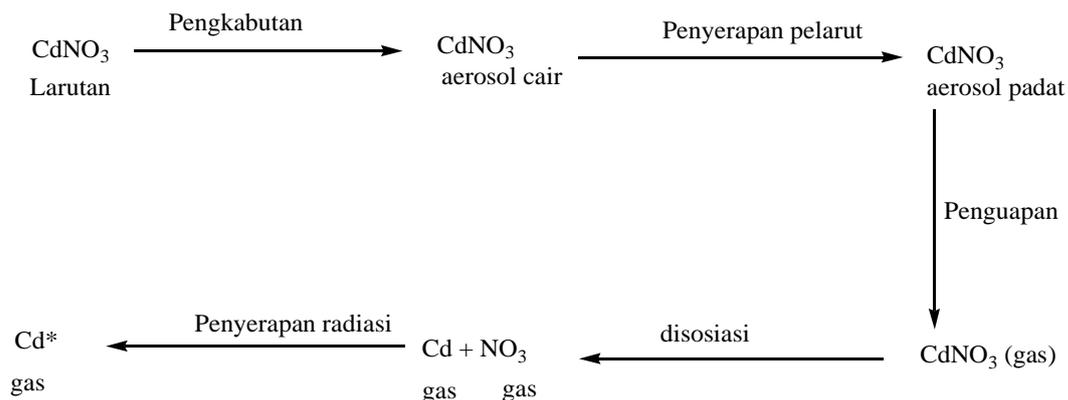
EDTA meningkatkan mobilitas logam dan dapat menyebabkan kontaminan bermigrasi keluar dari rhizosphere yang menyebabkan terkontaminasi terhadap area menjadi lebih besar. Madrid, et al. (2003) menunjukkan bahwa tanpa EDTA, konsentrasi Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Ni dan Pb pada lindi dari tanah berada di bawah batas deteksi(batas ambang batas). Dengan penambahan EDTA, semua logam kecuali Cu secara efektif dimobilisasi. EDTA membentuk ikatan dengan kestabilan tinggi pada beberapa logam termasuk Cu, Fe, Pb dan Zn di mana menunjukkan bahwa kehadirannya di tanah dan air tanah dapat dilihat setelah fitoremediasi selesai (Lombi, et al. 2005)

2.1.10. Spektrofotometer Serapan Atom

Metode Spektrofotometer serapan atom(SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode ini sangat tepat untuk analisa zat pada konsentrasi rendah dan logam-logam yang membentuk campuran kompleks. Kelebihan-kelebihan dari SSA antara lain analisisnya cepat, sebelum pengukuran tidak selalu diperlukan pemisahan unsur yang akan ditentukan (Khopkar 1990). Metode spektrofotometri ini dapat dilakukan untuk analisa kuantitatif dengan cara membuat kurva baku. Kurva baku diperoleh dengan cara membuat larutan baku kemudian menginterpolasikan serapan larutan sampel pada kurva baku, sehingga dapat dihitung konsentrasi sampel.

Prinsip kerja SSA ini yaitu berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono 1995).

Tahap penting dalam penentuan secara SSA adalah atomisasi sebab keberhasilan dalam atomisasi akan berpengaruh terhadap keberhasilan analisa. (Skoog, et al. 1998). Perubahan unsur dalam larutan menjadi atom-atomnya dilakukan dengan menyemprotkan larutan ke dalam nyala. Mula-mula larutan dikabutkan (dalam sistem pengkabutan), kemudian dimasukkan dalam nyala (dalam sistem pembakaran). Dalam sistem pengkabut, larutan ditarik melalui kapiler dengan penghisapan pancaran gas bahan bakar dan oksigen kemudian disemprotkan ke dalam ruang pengkabut. Dalam ruang pengkabutan ini larutan direduksi menjadi titik-titik kabut yang halus, sedangkan titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan. Didalam nyala api akan terjadi penyerapan pelarut meninggalkan padatan garamnya. Padatan tersebut kemudian diubah ke dalam bentuk gas yang selanjutnya akan terurai menjadi atom-atomnya. Prinsip dasar atomisasi dalam SSA terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10: Proses atomisasi

Pada SSA, hubungan antara absorpsi sinar dan konsentrasi dinyatakan oleh Hukum Lambert-Beer seperti persamaan:

$$A = a.b.c \text{ g/l} \quad \text{atau} \quad A = \epsilon.b.c \text{ mol/l}$$

A= absorbansi, a = absorptivitas ($\text{L. g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), b. = tebal kuvet (cm) c = konsentrasi (g L^{-1}) (khopkhar, 1990)

Tabel 2. 2. Kondisi analisis SSA yang digunakan untuk logam Cd

No	Logam	Panjang Gelombang	Sensitivity µg/ml	Limit detaksi
	Kadmium (Cd)	228,8	0,011	0,0007

(Khopkar 1990)

2.2. Kerangka Berpikir

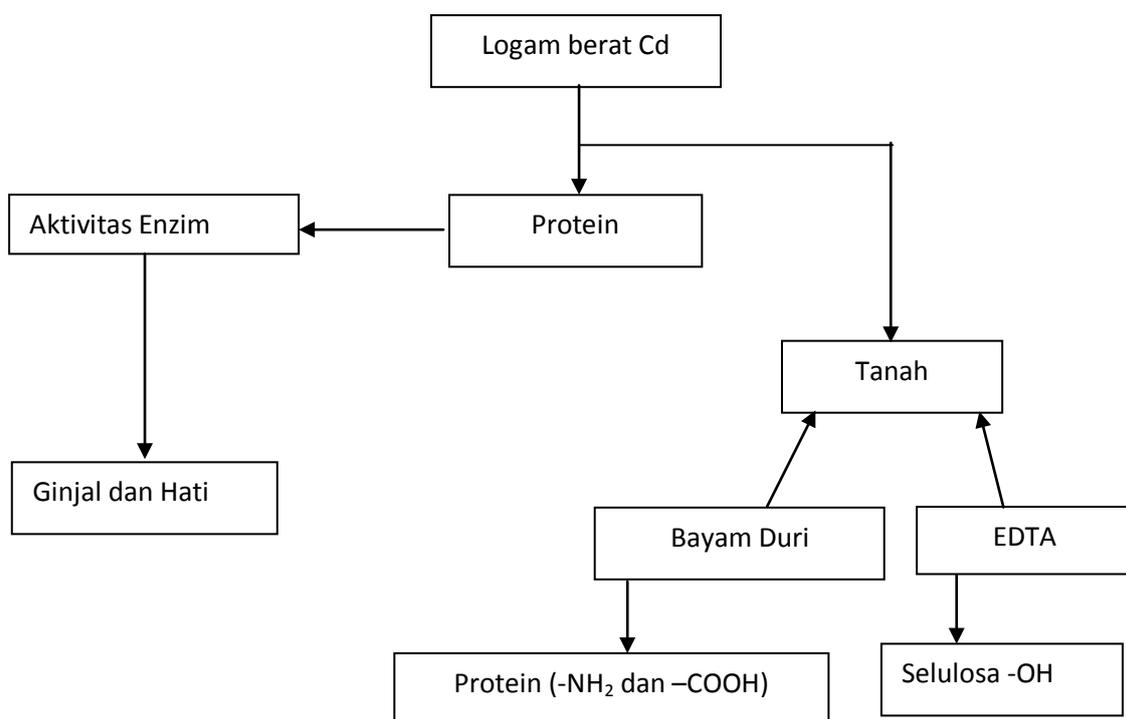
Logam kadmium adalah bahan yang bersifat karsinogenik, akan tetapi secara luas digunakan dalam industri yaitu pelapisan, pigmen, plastik stabilizer, campuran (alloy) dan baterai-kadmium, (Anonymous, 2004a). Toksisitas logam kadmium ini dipengaruhi karena adanya interaksi antara Cd dan gugus sulfhidril(-SH) dari protein yang menyebabkan terhambatnya aktivitas enzim (Widowati 2008).

Organ tubuh yang menjadi sasaran keracunan Cd adalah ginjal dan hati. Kadmium memiliki afinitas yang kuat terhadap hepar dan ginjal. Pada umumnya, sekitar 50-75% dari beban Cd dalam tubuh terdapat pada kedua organ tersebut. Kadar Cd dalam hepar dan ginjal bervariasi tergantung pada kadar total Cd dalam tubuh. Apabila MT hepar dan ginjal tidak mampu lagi melakukan detoksifikasi maka akan terjadi kerusakan sel hepar dan ginjal. (widowati, sasiono 2008)

Sumber utama kontaminan logam berat sesungguhnya berasal dari udara dan air yang mencemari tanah. Selanjutnya semua tanaman yang tumbuh di atas tanah yang telah tercemar akan mengakumulasi logam-logam tersebut pada semua bagian akar, batang, daun dan buah (Anonymous (b), 2003)

Bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) merupakan salah satu tanaman yang dapat mengakumulasi logam Cd. Tanaman ini merupakan tumbuhan liar, mudah didapat serta tersedia dalam jumlah banyak yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Tanaman ini mengandung protein dan selulosa. Protein dengan gugus amin (-NH₂) dan karboksilat (-COOH) serta selulosa dengan gugus -OH (hidroksil). Dengan adanya sifat-sifat bayam duri yang dihubungkan dengan asam amino dan karboksilat pada protein serta gugus OH(hidroksil) pada selulosa yang terikat mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat poliektrolit kation sehingga tanaman ini diharapkan dapat berperan sebagai absorben terhadap logam berat pada tanah tercemar.

Untuk optimalisasi fitoremediasi digunakan pengkelat sintetis EDTA yang telah dieksplorasi oleh banyak peneliti (Opeolu B.2005; Chen et al., 2002; Lim, et al. 2004; Tandy, et al. 2005; Fodor.F. et al., 2003). Logam yang larut dalam pengkelat dengan membentuk ikatan ligan-logam, dapat membebaskan logam dari partikel tanah atau meningkatkan mobilitas di dalam sistem biologi tanaman (Tandy, et al. 2005). EDTA adalah kelat yang umumnya dipilih dalam penelitian karena telah terbukti efektivitasnya pada aplikasi fitoremediasi (Leduc, et al. 2005; Madrid, et al. 2003).



2.3. Perumusan Hipotesis

Adapun yang menjadi hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Tanaman bayam duri (*Amranthus spinosus L*) yang digunakan sebagai fitoremediasi dapat menyerap logam kontaminan Kadmium (Cd) pada tanah yang tercemar.
2. Terdapat perbedaan konsentrasi logam kontaminan terhadap penyerapan tanaman bayam duri yang tanpa EDTA dan dengan EDTA.
3. Ada pengaruh variasi konsentrasi dengan lama kontak tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) terhadap penyerapan logam Cd.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan masih dalam skala laboratorium.

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Maret sampai September 2012 dan tempat pelaksanaannya di lapangan atau kebun percontohan dan analisisnya dilaksanakan laboratorium Kimia Universitas Negeri Gorontalo

3.3. Desain Penelitian

Desain penelitian yaitu Rancangan acak lengkap (RAL). Uji statistik yang digunakan untuk menganalisa hasil dan hipotesis adalah dengan Analisa Varian (ANOVA) yang digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata konsentrasi logam Cd kontrol dan perlakuan. Jika ada perbedaan dapat dinyatakan bahwa variasi konsentrasi yang dilakukan dengan penambahan EDTA dan tanpa EDTA dan juga variasi lama kontak berpengaruh terhadap variasi konsentrasi kadmium yang dihasilkan. Selain itu dilakukan uji-t yang digunakan untuk mengetahui pengaruh berbagai variasi konsentrasi dan lama kontak tumbuhan bayam duri terhadap konsentrasi logam Cd pada masing-masing bagian jaringan tanaman yaitu akar, batang dan daun. Uji-t juga ini digunakan untuk mencari lama kontak yang paling efektif dalam penyerapan logam Cd dalam tanah yang terkontaminasi dengan membandingkan konsentrasi Cd tiap perlakuan.

3.4. Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bayam duri yang diperoleh dari perkebunan pertanian yang kemudian di tanam di pot-pot penelitian dengan beberapa variasi konsentrasi larutan yaitu 25 ppm dan 50 ppm yang dengan menggunakan EDTA dan yang tidak menggunakan EDTA serta variasi waktu 2,4 dan 6 minggu

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Dalam analisis ini data diperoleh berdasarkan hasil analisis yaitu pada setiap 2 minggu yaitu minggu ke2, 4 dan 6 setelah analisis.

3.6. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis persamaan regresi linier dari grafik kurva baku Cd^{2+} menggunakan hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi.

Adapun persamaannya adalah sebagai berikut: $y = ax$, dengan $y =$ absorbansi, $x =$ konstanta.

Nilai a dihitung melalui persamaan:

$$a = \frac{\sum \left\{ \left(x_1 - \bar{x} \right) \left(y_1 - \bar{y} \right) \right\}}{\sum \left(x_1 - \bar{x} \right)^2}$$

Koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan

$$r = \frac{n(\sum x_1 y_1) - (\sum x_1)(\sum y_1)}{\sqrt{\left\{ n(\sum x_1^2) - (\sum x_1)^2 \right\} \left\{ n(\sum y_1^2) - (\sum y_1)^2 \right\}}}$$

Persamaan regresi linier dari larutan Cd^{2+} yang diperoleh digunakan untuk menentukan konsentrasi Cd^{2+} pada sampel. Untuk mendapatkan konsentrasi Cd^{2+} sebenarnya maka digunakan rumus (Siaka et al., 1998).

$$M = \frac{CxV}{B}$$

Ket: $M =$ kandungan Cd dalam sampel ($\mu g/g$)
 $C =$ Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi
 $V =$ Volume larutan sampel (ml)
 $B =$ bobot sampel kering (gr)

3.7. Hipotesis Statistik

Uji-t dilakukan dengan derajat kepercayaan 95%. Untuk mengetahui apakah H_0 diterima atau ditolak, maka dilakukan uji- t sesuai dengan persamaan (Sugiyono, 2009)

$$S^2 = \frac{\left[(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2 \right]}{n_1 + n_2} \quad \text{dan} \quad t = \frac{|x_1 - x_2|}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Keterangan n

$n =$ Jumlah pengulangan

$s_1 =$ Standar deviasi metode ke -1

$s_2 =$ Standar deviasi metode ke -2

$\bar{x}_1 =$ nilai rata-rata hasil pengukuran menggunakan metode ke-1

$\bar{x}_2 =$ nilai rata-rata hasil pengukuran menggunakan metode ke-2

Kesimpulan: H_1 diterima jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{tabel}$

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

4.1.1. Kemampuan tanaman bayam duri oleh jaringan akar, batang dan daun terhadap Adsorpsi Cd(II).

Tabel 4.1 Adsorpsi Cd tanaman bayam oleh masing-masing jaringan.

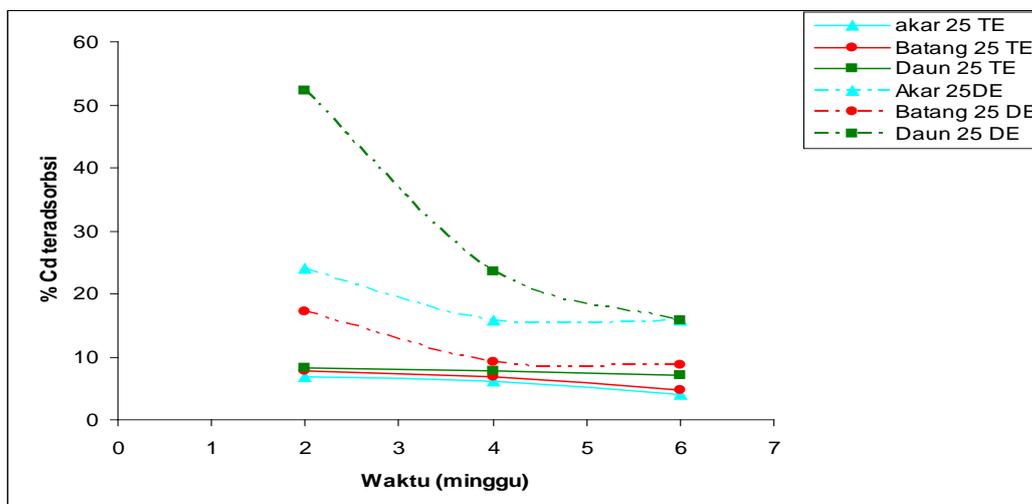
Konsentrasi Perlakuan	% Cd teradsorpsi			Rata-rata
	Akar	Batang	Daun	
25	5,585	6,419	7,659	19,663
50	5,228	4,320	5,589	15,137

4.1.2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Adsorpsi Cd(II) tanaman bayam Oleh jaringan akar, batang, dan daun.

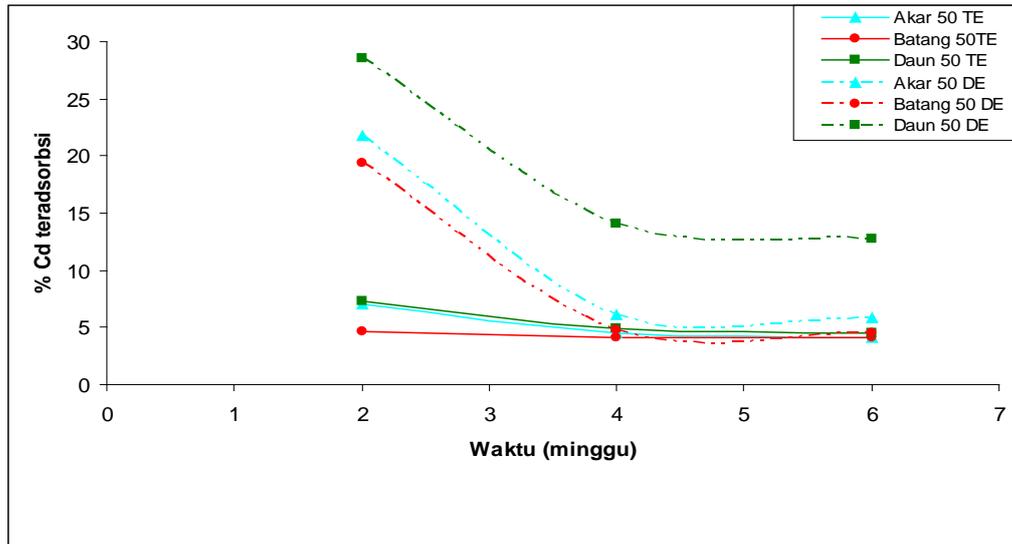
Tabel 4.2 Adsorpsi Cd Tanaman Bayam Duri Dengan Variasi Konsentrasi Pada Masing-masing Jaringan.

Konsentrasi awal	Modifikasi EDTA	% Cd teradsorpsi		
		Akar	Batang	Daun
25	TE	5,585	6,419	7,659
	DE	18,505	11,694	30,533
50	TE	5,228	4,320	5,589
	DE	11,261	9,547	18,471

4.1.3. Pengaruh waktu kontak tanaman bayam duri Terhadap Adsorpsi Cd(II) Oleh jaringan akar, batang, dan daun.



Gambar 4.1. Pengaruh lama kontak tanamanan bayam duri (akar, batang, daun) terhadap %Cd(II) teradsorpsi pada perlakuan 25 ppm tanpa EDTA dan dengan EDTA.



Gambar 4.2. Pengaruh lama kontak tanamanan bayam duri (akar, batang, daun) terhadap %Cd(II) teradsorpsi pada perlakuan 50 ppm tanpa EDTA dan dengan EDTA.

4.2. PEMBAHASAN

4.2.1 Kemampuan tanaman bayam duri oleh jaringan akar, batang dan daun terhadap Adsorpsi Cd(II).

Tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) dapat dijadikan sebagai fitoremediasi karena dapat mengadsorpsi logam Cd pada tanah tercemar. Secara lengkapnya kemampuan tanaman bayam duri dalam mengadsorpsi logam Cd dapat disajikan dalam tabel 4.1

Berdasarkan tabel 4.1 bahwa tanaman bayam duri dapat mengadsorpsi logam Cd dengan konsentrasi tertinggi pada jaringan daun, akar dan batang. Hal ini diduga karena pada jaringan daun memiliki protein dengan gugus aktif NH_2 yang tinggi. Gugus NH_2 adalah senyawa yang dapat mengikat logam. Banyaknya situs aktif pada daun menyebabkan % Cd teradsorpsi pada daun lebih meningkat. Sedangkan akar dan batang memiliki gugus OH yang terdapat pada senyawa selulosa dan Lignin. Menurut urutan senyawa-senyawa pembentukan kompleks untuk logam Cd(II) oleh atom N dalam ligan NH_3 memiliki harga keelektronegatifan lebih kecil (3,0) daripada O pada OH^- (3,5) sehingga ligan NH_3 membentuk kompleks yang lebih kuat dengan Cd^{2+} daripada dengan OH^- .

Selain gugus fungsi penyerapan Cd juga dipengaruhi oleh suhu dimana dengan suhu rendah maka daya adsorbsinya juga lambat karena dengan suhu rendah penguapan terhadap

air juga rendah. Otomatis kebutuhan tanaman terhadap air akan berkurang, sementara logam berat diserap oleh tanaman bersamaan dengan air dan nutrisi. Salisbury & Ross (1995) menyatakan semakin tinggi suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis akan meningkat sehingga penyerapan tanaman terhadap air akan meningkat pula.

Proses adsorpsi lainnya yaitu ketersediaan logam di dalam tanah dalam bentuk terikat oleh fraksi-fraksi tanah sehingga menyebabkan tidak adanya peningkatan daya adsorpsi akar. Kandungan logam yang rendah disebabkan oleh rendahnya kandungan Cd di dalam tanah. Logam Cd di dalam tanah tersedia dalam bentuk larutan dalam air sehingga berada dalam larutan tanah dan terikat pada tapak-tapak jerapan koloid tanah, sehingga dapat dibebaskan setelah ada reaksi pertukaran ion. Selain itu, juga terikat secara organik sehingga berasosiasi dengan senyawa humus yang tidak terlarutkan. Logam ini terjerat dalam oksida besi dan mangan, bereaksi dengan karbonat, fosfat dan sulfida sehingga mengendap, dan terikat secara struktural dalam mineral silikat.

Selain itu kondisi pH juga mempengaruhi penyerapan. Pemasukan Cd dalam tanah, pH tanah, kandungan Zn. Zn (seng) keberadaannya di dalam bersamaan dengan Cd. Kandungan seng Zn yang tinggi dapat mengurangi penyerapan Cd. (Charlena, 2004). Zn^{2+} dengan jari-jari ion lebih kecil dari Cd sehingga Zn mudah teradsorpsi.

Rendahannya adsorpsi juga tergantung tekstur tanah. Tanah yang bertekstur pasir menyebabkan tanah tidak tahan terhadap erosi, angin dan air. Hal ini dikarenakan partikel-partikelnya tidak saling mengikat satu sama lain. Kandungan atau susunan tanah akan mencerminkan karakter tingkah laku tanah, termasuk dalam hal kapasitas menyimpan makanan dan air. Pada tanah, semakin halus teksturnya semakin tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Tanah pasir memiliki kapasitas menahan kelembaban yang sangat rendah dan kandungan hara juga rendah. Akan tetapi tanah pasir sangat penting karena dapat meningkatkan ruang pori dan memperbaiki aerasi tanah.

4.2.2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Adsorpsi Cd(II) tanaman bayam Oleh jaringan akar, batang, dan daun

Pengaruh variasi konsentrasi terhadap Cd(II) teradsorpsi oleh tanaman bayam duri pada jaringan akar, batang, daun, secara lengkapnya dapat disajikan dalam tabel 4.2. Berdasarkan hasil analisa tabel 2 tentang Cd(II) teradsorpsi oleh tanaman bayam duri pada akar, batang, daun pada perlakuan konsentrasi 25 dan 50 ppm. Tanpa EDTA dan dengan

EDTA ditunjukkan bahwa pada konsentrasi dengan penambahan EDTA memiliki Cd(II) teradsorpsi lebih tinggi dibandingkan yang Tanpa EDTA. Hal ini diduga karena dengan penambahan EDTA, logam Cd(II) akan membentuk senyawa kompleks dengan EDTA dan terbentuk kompleks bermuatan sehingga di dalam air senyawa kompleks yang bermuatan mudah melarut sehingga mudah diadsorpsi, sedangkan untuk logam yang tanpa penambahan EDTA didalam tanah logam Cd ini akan terikat kuat oleh senyawa-senyawa organik sehingga sulit untuk diadsorpsi. Menurut konsep kelarutan senyawa kompleks bahwa senyawa kompleks yang bermuatan lazimnya mudah larut dalam air. Sebaliknya senyawa kompleks yang tak bermuatan biasanya sukar larut dalam air. Hal ini berkaitan dengan sifat air yang berkutub. Logam Cd yang tanpa EDTA kemungkinan keberadaannya di dalam tanah dalam bentuk terikat senyawa organik maupun anorganik (karbonat, posfat dan sulfida) sehingga mengendap dan tidak dapat diadsorpsi.

Peningkatan konsentrasi dari 25 ppm menjadi 50 ppm tidak dapat meningkatkan Cd(II) teradsorpsi, hal ini disebabkan karena konsentrasi yang terlalu berlebih pada proses adsorpsi akan menimbulkan kompetisi antar molekulnya untuk masuk sehingga menurunkan daya adsorpsinya antar molekulnya untuk berikatan dengan sisi aktifnya.

4.2.3. Pengaruh Waktu Kontak Tanaman Bayam Duri Terhadap Adsorpsi Cd(II) Oleh Jaringan Akar, Batang, dan Daun.

Pengaruh waktu kontak tanaman bayam duri terhadap adsorpsi logam Cd yang dilakukan tanpa penambahan EDTA maupun dengan EDTA secara lengkap dapat dilihat dalam pada gambar 4.1 dan 4.2

Data dalam gambar 4.1 dan 4.2. menyatakan bahwa lama kontak mempengaruhi Cd(II) teradsorpsi oleh tanaman bayam duri. Berdasarkan hasil analisa bahwa Cd (II) teradsorpsi tertinggi terjadi pada minggu 2 karena setelah minggu 4 dan ke 6 Cd(II) teradsorpsi telah mengalami penurunan atau telah mengalami desorpsi. Hal ini diduga karena situs aktifnya telah jenuh oleh ion logam dimana proses adsorpsi sudah mencapai kesetimbangan sehingga pada permukaan adsorben peluang untuk terjadinya ikatan antara Cd^{2+} dengan situs aktif menjadi kecil. Setelah tercapainya kesetimbangan adsorpsi Cd(II) mengalami kestabilan prosentasi adsorbat, ini disebabkan sudah terpenuhinya gugus aktif permukaan adsorben. Dari hasil uji statistik menggunakan RAL tingkat kesalahan 5% (lampiran 5) untuk konsentrasi 25, 50 TE dan DE pada masing-masing jaringan diperoleh F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} 5,14. Hal ini menunjukkan bahwa lama kontak terhadap ke empat

konsentrasi memiliki pengaruh yang nyata terhadap Cd(II) teradsorpsi pada akar, batang maupun daun tanaman bayam duri. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi yang paling baik adalah pada minggu ke 2. yaitu untuk perlakuan 25, 50 TE dan 25, 50 DE, pada akar adalah (6,79., 7,094 dan 24,081., 21,802)% batang (7,791; 4,681 dan 17,22; 19,334)% daun (8,212; 7,349 dan 52,183; 28,553)%.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1. Simpulan

Penelitian ini telah dilakukan untuk melakukan studi penyerapan tanaman bayam duri terhadap logam berat Cd pada tanah tercemar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan ternyata bahwa:

1. Tanaman bayam duri dapat dijadikan fitoremediasi karena menyerap (mengabsorpsi) logam berat Cd pada tanah yang tercemar. Urutan Cd yang teradsorpsi pada masing-masing konsentrasi yaitu untuk 25 ppm adalah daun 7,659 % , batang 6,419 % , akar 5,585% dan untuk konsentrasi 50 ppm daun 5,589%, akar 5,589 % batang 4,320%.
2. Penambahan EDTA berpengaruh nyata terhadap Cd(II) teradsorpsi pada tanaman bayam duri sebab dengan penambahan EDTA dapat meningkatkan Cd(II) teradsorpsi. Urutan tertinggi Cd(II) teradsorpsi untuk variasi konsentrasi 25, 50 ppm TE dan DE pada masing-masing jaringan adalah sebagai berikut. Pada 25 ppm daun (7,659 < 30,533)%, batang (6,419 <11,694)%, akar (5,585<18,505) dan untuk 50 ppm daun (5,589 < 18,471)%, akar (5,228<11,261) % , batang (4,320<9,547)%
3. Cd(II) teradsorpsi makin menurun dengan lamanya kontak tanaman bayam duri terhadap logam berat Cd. Urutan Cd(II) teradsorpsi pada masing-masing jaringan untuk lama kontak yaitu minggu ke 2 > 4 > 6

5.2.Implikasi

Dengan selesainya penelitian ini yang kemudian akan dipublikasikan dimedia masa dengan harapan bahwa masyarakat terutama para petani dapat memanfaatkan bayam duri ini yang tadinya hanya dianggap gulma yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman petani ternyata dapat digunakan untuk membersihkan tanah ladang maupun sawah mereka terutama adanya logam berat yang sangat berbahaya bagi konsumen yang menggunakan tanaman petani ini.

5.3. Saran

Perlu dilakukan pengujian terhadap adsorpsi tanaman bayam duri terhadap logam berat lainya mengingat makin meningkatnya kegiatan manusia yang menghasilkan atau meningkatkan kandungan logam berat di lingkungan. Pengujian di harapkan terutama terhadap tanah yang benar-benar sudah tercemar oleh logam berat .

DAFTAR PUSTAKA

- Alkorta, I., Hernandez-Allica, J., Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I.; Garbisu, C. 2004. "Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic". *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. (3) 1: 71- 90
- Ahmad Dewi Setyawan., Indrowuryatno., Wiryanto., Kusumo Winarno., 2004. "Pencemaran Logam Berat Fe, Cd, Cr dan Pb pada Lingkungan Mangrove di Propinsi Jawa Tengah". *nviro* 4(2): 45-49 sep 2004. ISSN : 1411-4402.PPLH-LPPM UNS Surkarta
- Anonymous^b,2003,"Bahaya Logam Berat".
<http://ccagroup.wordpress.com/2009/06/21/bahaya-logam-berat-2/>,
- Babich,H., dan G. Stozky., 1978. *Effects of Cadmium On The Biota : "Influences Of Environmental Factors. Edv. Appl. Microbiol"*.
- Bordajandi, L. R., Gomez, G., Abad, E., Rivera, J., Fernandez-Baston, M., Blasco, J., Gonzalez, M. 2004. "Survey of Persistent Organochlorine Contaminants (PCBs, PCDD/Fs, and PAHs), Heavy Metals (Cu, Cd, Zn, Pb, and Hg), and Arsenic in Food Samples From Huelva (Spain): Levels and Health Implications". *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 52: 992-1001
- Chen, H., Cutright, T. J., 2002. "The Interactive Effects of Chelator, Fertilizer, and Rhizobacteria for Enhancing Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soil. *Journal of Soils and Sediments*". (4) 2: 203-210, 2002.(2/8/2009)
- Chen, H., and Cutright, T., 2001. "EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr, and Ni uptake by *Helianthus annuus*". *Chemosphere*. 45: 21-28.
- Davies, F. T. Jr.; Puryear, J. D.; Newton, R. J.; Egilla, J. N.; Saraiva Grossi, J. A. 2002. "Mycorrhizal Fungi Increase Chromium Uptake By Sunflower Plants: Influence on Tissue Mineral Concentration, Growth, and Gas Exchange". *Journal of Plant Nutrition*, (25) 11: 2389-2407.
- Darmono., 1995. "Logam dalam sistim Biologi Mahluk Hidup." UI Press Jakarta.
- do Nascimento, C. W. A., Amara Siriwardena, D., Baoshan, X. 2006. "Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multimetal contaminated soil". *Environmental Pollution*. (140) 1: 114-123.
- Fayiga, A. O., Ma, L. Q., Cao, X., Rathinasabapathi, B., 2004. "Effects of heavy metals on growth and arsenic accumulation in the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata L*". *Environmental Pollution*. (132) 2: 289-296.
- Fodor. F., Gaspar, L., Morales, F., Gogorcena.Y., Csehl,E., Kropfl, K., Abadia, J., Sarvari, E., 2003. "Fe and Cd Allocation in Poplar (*Populus alba L*) Grown in

Hydroponic Cd and Two Fe sources Cost 837 WG2+4 Meeting in Stockholm, Swedan: Workshop ; Phytoremediation of Toxic metals”. June 12-15.

JR.R.A.Day, Underwood, A.L., 1998. *Analisis Kimia kuantitatif*. Edisi Keenam. Erlangga.

Hutagalung. H.P.,1991. “*Pencemaran laut Oleh Logam berat: Puslitbang Oseanologi*”. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan tehnik Pemantaunnya. LIPI. Jakarta.

Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J Garcia, A.E., Baig, T.H., 1998 .”*Adsorption Of Heavy Metal Ions By The Boimass Of Solanum Elaeagnifolium (Silverleaf Night)*” Departemen of Chemistry and Environmental Sciences and Engineering University of Texas, El paso.

Gardea-Torresdey, J. L.; Peralta-Videa, J. R.; de la Rosa, G.; Parsons, J. G. 2005. “Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by x-ray absorption spectroscopy”. *Coordination Chemistry Reviews*, (249) 17-18: 1797-1810.

Gupta, D. K., Tohoyama, H., Joho, M., Inouhe, M., , 2004. “Changes in the levels of phytochelatins and related metal-binding peptides in chickpea seedlings exposed to arsenic and different heavy metal ions”. *Journal of Plant Research*. (117) 3: 253-256.

Grubben, G.J.H ., Denton, Q.A., 2004. “*Plant Resources of tropical Africa*”. Prota Foundation, Wengeringan, Netherlands. Hal 80-82.

Irene Anindyajati Retmana tanaman obat Indonesia
http://toiusd.multiply.com/journal?page_start=16/068114186

Kadem, D. E. D., Rached, O., Krika, A., Gheribi-Aoulmi, Z., 2004. “Statistical analysis of vegetation incidence on contamination of soils by heavy metals (Pb, Ni and Zn) in thevicinity of an iron steel industrial plant in Algeria.” *Environmetrics*, (15) 5: 447-462.

Khopkar, S.M., 1990. “*Konsep Dasar Kimia Analitik*” UI Press Jakarta

Le Duc, D. L., Terry, N., 2005. “Phytoremediation of toxic trace elements in soil and water”. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. (32) 11-12: 514-520. (2/8/2009)

Lim, T.-T., Chui, P.-C., Goh, K.-H., 2005. “Process evaluation for optimization of EDTA use and recovery for heavy metal removal from a contaminated soil”. *Chemosphere*, (58) 8: 1031-1040.

Lombi, E., Zhao, F. J., Dunham, S. J., McGrath, S. P., 2001. “Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soils: Natural Hyperaccumulation versus Chemically Enhanced Phytoextraction.” *Journal of Environmental Quality*. 30: 1919-1026.

Madrid, F., Liphadzi, M. S., Kirkham, M. B. 2003. “Heavy metal displacement in chelateirrigated soil during phytoremediation”. *Journal of Hydrology*. (272) 1: 107-119.

- Malleem. J.J., 2008. *“Phytoremediation Of Heavy Metals Using Amaranthus Dubius”*. Durban, south Africa.
- Manahan. S.E., 1977. *“Environmental chemistry”*. Second Edition Wiliard Press . Boston.
- Mawardi., 2002. “Pengaruh Pereaksi Pemodelifikasi Gugus Fungsi Terhadap Biosorpsi Kadmium(II) Oleh Biomassa Alga Mati Universitas Negeri Padang” .Sumatra Utara.
- Meharg, A. A., 2005. “Mechanisms of Plant Resistance to Metal and Metalloid Ions and Potential Biotechnological Applications”. *Plant and Soil*, (274) 1-2: 163-174.
- Melissa,A., Haendel, F.Tilton,GS. Bailey & R.L Tanguay.2004. “Developmental toxicity of the dithiocarbamate pesticides sodium metan in Zebrafish”.*Toxicol. Sci* 81: 390-400
- Moelyono, M., Padmawinata, K., Soetarno, S., 1985. Detail Penelitian Obat Bahan Alam Judul Penelitian *“Pemeriksaan Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Bayam Duri (Amaranthus spinosus Linn)”*. Sekolah Farmasi ITB.
- Nouairi, I., Ammar, W. B., Youssef, N. B., Daoud, D. B. M., Ghorbal, M. H.; Zarrouk, M., 2006.”Comparative study of cadmium effects on membrane lipid composition of Brassica juncea and Brassica napus leaves”. *Plant Science*, (170) 3: 511-519.
- Norvell,W.A., J.Wu, D.G. Hopkins & R.M Welch. 2000. Division S-8- Nutrient Management & Soil & Plant Analysis.” Association of Cadmium in Durum Wheat Grain Soil Chloride and Chelate-extractable Soil Cadmium”. *Soil Sci.Soc.Am.J* 64: 2162-2168.
- Opeolu,B.O., dkk. 2005. “Phyro-Remediation Of Lead- Contaminated Soil Using Amaranthus (bayam Merah)”
- R. W. Fairbridge and C. W. Finkl Jnr., *The Encyclopedia of Soil Science Part 1*, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., p. 388
- Salisbury, B.F., Ross, W. C., 1995. *“Fisiologi Tumbuhan”*. Jilid 2 ITB Bandung.
- Sembiring,Z.,Suharso., Regina., Marta F., Murniyarti.,2008. “Studi Proses Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) Terhadap Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Pada Biomassa Nannochloropsis Sp. Yang Terenkapulasi Aquq-Gel Silika Dengan Metode Kontinyu”. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008
- Schützendübel, A., Polle, A., 2001.”Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization”. *Journal of Experimental Botany*, (53) 372: 1351-1365.
- Skoog, D.A., D.M. West, and F.J. Holler, 1998. *“Analytical Chemistry”*. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Suhendrayatna., 2008. “Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme” <http://smk3.wordpress.com> ./2008/06/03.

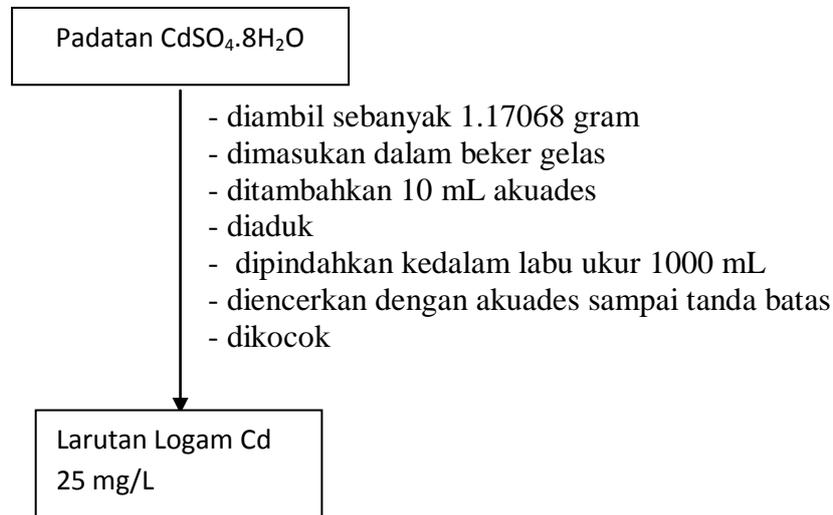
- Widowati. W; Sastiono. A; Yusuf.R., 2008. "*Efek Toksik Logam, Pencegahan Dan Penanggulangany*". Andy, Yogyakarta. 45-87
- Yang, X., Feng, Y., Zhenli, H., Stoffella, P. J., 2005. "Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation". *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, (18) 4: 339-353,.
- Zhuang, P., Ye, Z. H., Lan, C. Y., Xie, Z. W., Shu, W. S., 2005. "Chemically Assisted Phytoextraction of Heavy Metal Contaminated Soils using Three Plant Species". *Plant and Soil*. (276) 1-2: 153-162.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

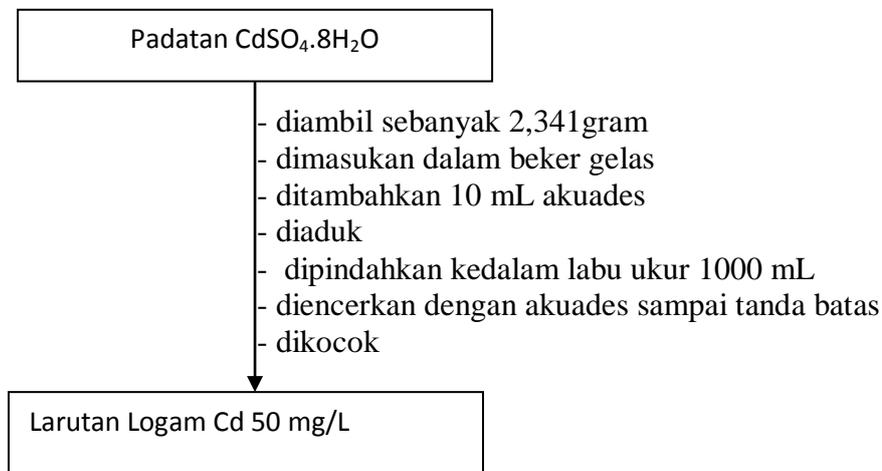
LAMPIRAN 1

SKEMA KERJA

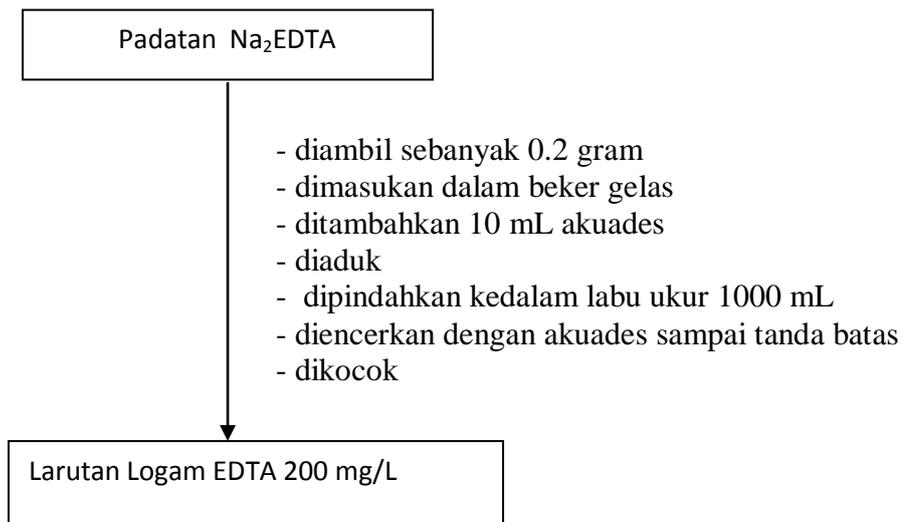
1. Pembuatan Larutan Cd 25 mg/L



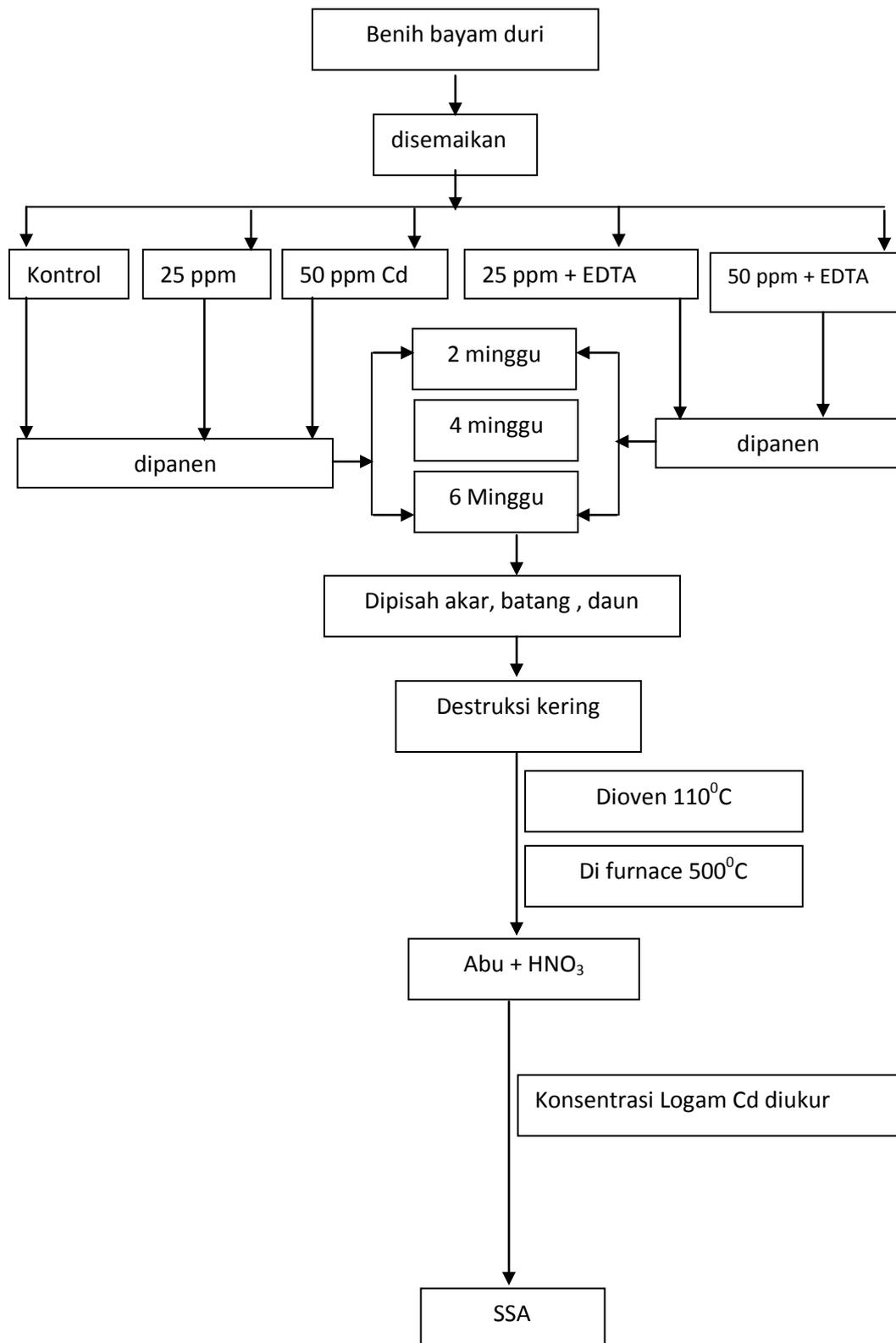
2. Pembuatan Larutan Cd 50 mg/L



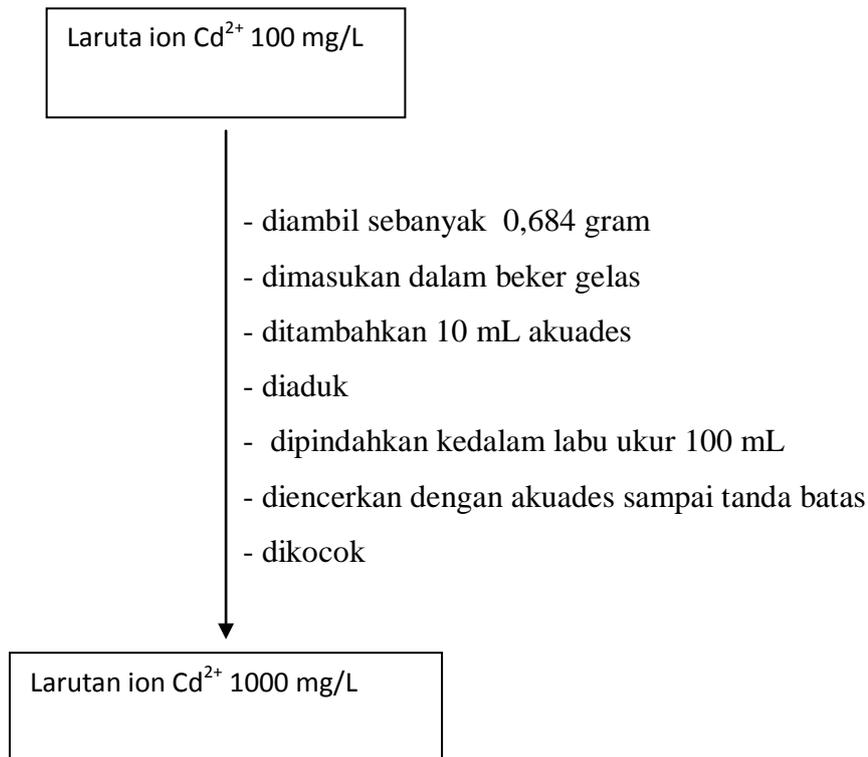
3. Pembuatan Larutan EDTA 200 mg/L



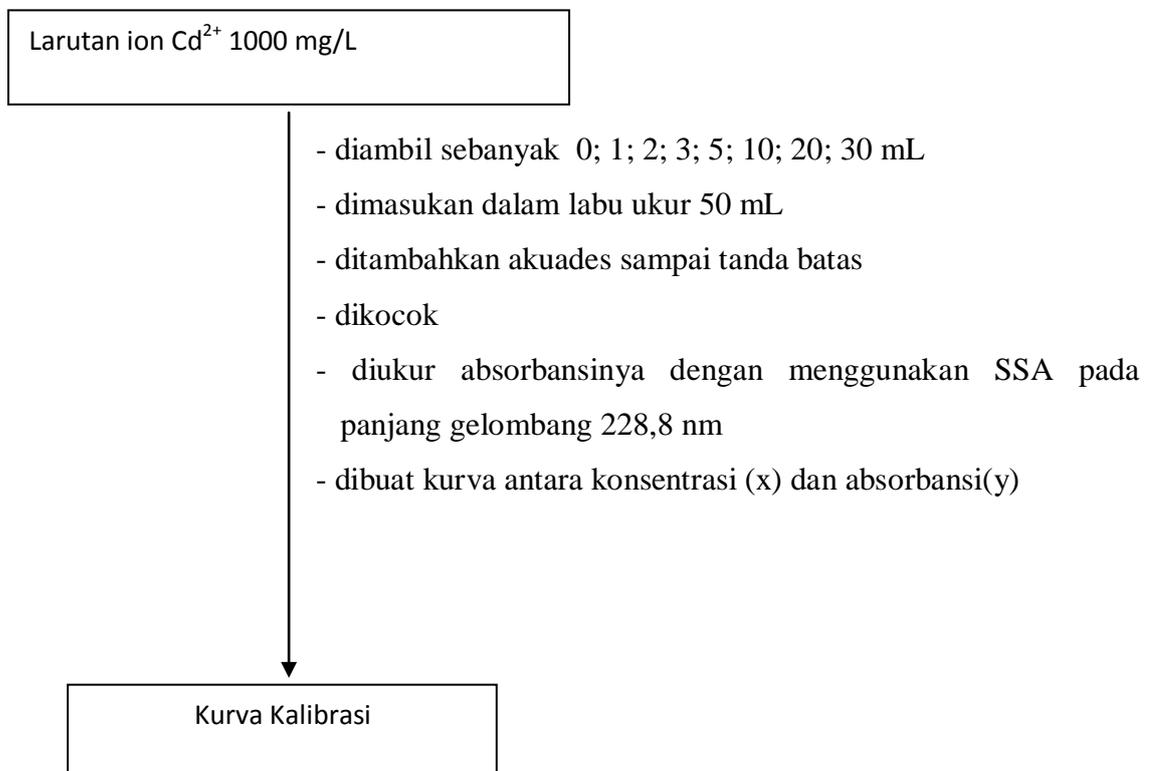
4. Penanaman



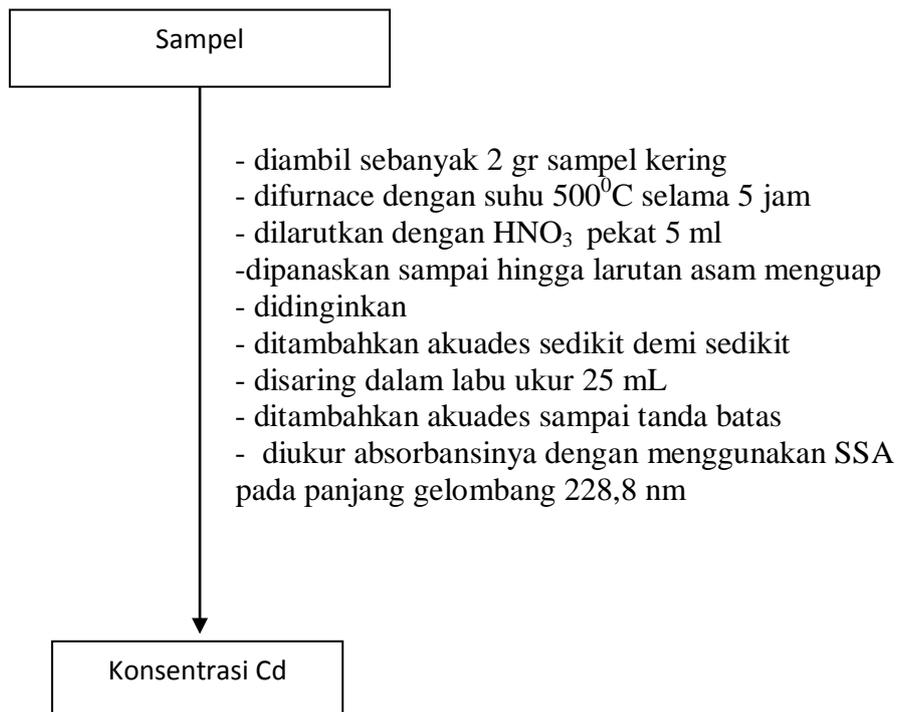
5. Pembuatan Larutan Ion Cd^{2+} 1000 mg/l



6. Pembuatan Kurva Kalibrasi Ion Cd^{2+}



7. Preparasi Sampel



LAMPIRAN 2

PEMBUATAN LARUTAN STANDAR

1. Pembuatan Larutan induk Ion Cd^{2+} 1000 mg/L

Larutan induk ion Cd^{2+} 1000 mg/L dibuat dengan cara melarutkan x gram padatan $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dan dimasukkan ke dalam beker gelas, ditambahkan akuades sebanyak 10 mL sampai diaduk-aduk. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades samapi tanda batas. Larutan yang diperoleh merupakan larutan ion Cd^{2+} 1000 mg/L. Padatan $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Cd}^{2+} \text{ 1000 mg/L} = 1 \text{ g/L}$$

$$\text{Massa Cd}^{2+} \text{ dalam L} = 1 \text{ g/L} \times 1 \text{ L}$$

$$= 1 \text{ gram}$$

Maka massa $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Massa CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O} = \frac{Mr_{\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}}}{Ar_{\text{Cd}}} \times \text{massa Cd}$$

$$= \frac{769,51}{112,411} \times 1 \text{ g/L}$$

$$= 6,84 \text{ g}$$

$$\text{Dalam 100 mL} = 0,1 \times 6,84 \text{ g}$$

$$= 0,684 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan ion Cd^{2+} 1000 mg/L dibutuhkan $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,684 gram yang dilarutkan dengan akuades sampai 100 mL

2. Pembuatan Larutan Standar untuk kurva Kalibrasi Ion Cd^{2+}

Membuat larutan standar dari larutan induk 10 ppm dengan masing-masing dipipet 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 10 mL, kemudian ditambahkan 2 mL HNO_3 pekat dan akuades sampai 50 ml. Sehingga diperoleh larutan larutan Cd. 0 ppm;

0,1 ppm, 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 1 ppm; 2 ppm. Adapun cara perhitungan untuk membuat larutan standar ion Cd^{2+} yaitu:

$$1). \quad M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$10 \text{ mg/L. } V_1 = 0,1 \text{ mg/L. } 50 \text{ mL}$$

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

Sehingga dibutuhkan 0,5 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 0,1 mg/L

2). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 0,2$ mg/L. 50 mL

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Sehingga dibutuhkan 1 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 0,2 mg/L

3). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 0,4$ mg/L. 50 mL

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

Sehingga dibutuhkan 2 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 0,4 mg/L

4). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 0,6$ mg/L. 50 mL

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

Sehingga dibutuhkan 3 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 0,6 mg/L

5). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 0,8$ mg/L. 50 mL

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

Sehingga dibutuhkan 4 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 0,8 mg/L

6). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 1$ mg/L. 50 mL

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

Sehingga dibutuhkan 5 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 1 mg/L

7). $M_1V_1 = M_2V_2$

10 mg/L. $V_1 = 2$ mg/L. 50 mL

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Sehingga dibutuhkan 10 mL larutan ion Cd^{2+} 10 mg/L untuk membuat 50 ml larutan ion Cd^{2+} 2 mg/L

LAMPIRAN 3

PEMBUATAN KURVA KALIBRASI

3.1. Pembuatan Kurva Kalibrasi Ion Cd²⁺

Pembuatan kurva kalibrasi yaitu dengan cara mengalurkan nilai konsentrasi larutan standar ion Cd²⁺ dengan nilai absorbansi yang diperoleh melalui hasil pengukuran SSA

Tabel L.3.1. Data serapan ion Cd²⁺ pada berbagai konsentrasi Kurva Standar

x _i	y _i	x-x	y-y	(x-x) ²	(y-y) ²	(x-x)(y-y)
0,0000	0,0009	-0,35	-0,0519	0,1225	0,0027	0,01817
0,1000	0,0129	-0,25	-0,0399	0,0625	0,0016	0,00998
0,2000	0,0298	-0,15	-0,0230	0,0225	0,0005	0,00345
0,4000	0,0634	0,05	0,0106	0,0025	0,0001	0,00053
0,6000	0,0905	0,25	0,0377	0,0625	0,0014	0,00942
0,8000	0,1194	0,45	0,0666	0,2025	0,0044	0,02996
∑=2,1	∑=0,317			0,475	0,0108	0,0715
X=0,35	y= 0,528					

$$a = \frac{\sum \{(x_1 - x)(y_1 - y)\}}{\sum (x_1 - x)^2}$$

$$a = \frac{0,0715}{0,475} = 0,1506$$

$$b = y - ax$$

$$= 0,5282 - (0,1506 \cdot 0,35) = 0,0001$$

Dari pengukuran absorbansi diatas dapat dibuat persamaan garis lurus antara konsentrasi ion Cd²⁺ standar sebagai sumbu x terhadap absorbansinya sebagai sumbu y melalui persamaan berikut

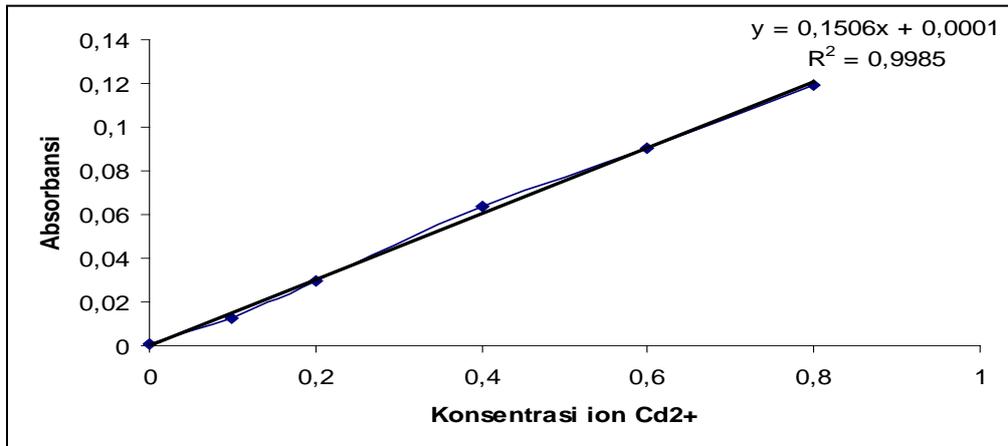
$$y = ax + b$$

nilai a diperoleh dari

$$a = \frac{\sum \{(x_1 - x)(y_1 - y)\}}{\sum (x_1 - x)^2}$$

$$b = y - ax$$

Berdasarkan data pada tabel C.1 dapat ditentukan persamaan regresi linier dengan perhitungan yang diberikan pada tabel C.2 berikut:



Gambar 3.1 Kurva Kalibrasi Cd²⁺

3.2. Penentuan Koefisien Korelasi (R^2) dari Kurva Kalibrasi ion Cd²⁺

Koefisien korelasi (r) digunakan untuk mengetahui seberapa baik kumpulan titik percobaan sesuai dengan garis lurus. Cara perhitungan koefisien korelasi (R^2) dapat dilihat pada tabel 3.1

LAMPIRAN 4

DATA ABSORBANSI LOGAM KADMIUM (Cd) PADA JARINGAN TANAMAN

4.1. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Adsorpsi Cd Oleh Akar Tanaman Bayam Duri

Tabel.L4.1a Data Absorbansi Cd Pada Akar tanaman bayam Duri terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0100	1,644	6,574	6,729 ± 0,268
	25	0.0100	1,644	6,574	
	25	0.0107	1,760	7,039	
4	25	0,0093	1,527	6,109	6,087 ± 0,101
	25	0,0091	1,494	5,976	
	25	0,0094	1,544	6,175	
6	25	0,0049	0,797	3,187	3,940 ± 0,655
	25	0,0065	1,063	4,250	
	25	0,0067	1,096	4,382	
					5,585

Tabel. L4.1b Data Absorbansi Cd Pada Akar tanaman bayam Duri terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs(ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0361	5,976	23,904	24,081± 0,877
	25	0.0352	5,827	23,307	
	25	0.0378	6,258	25,033	
4	25	0,0240	3,963	15,850	15,767 ± 0,333
	25	0,0243	4,013	16,050	
	25	0,0233	3,850	15,400	
6	25	0,0233	3,850	15,400	15,667 ± 0,340
	25	0,0243	4,013	16,050	
	25	0,0235	3,888	15,550	
					18,505

Tabel. L4.1c Data Absorbansi Cd Pada Akar Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0215	3,553	7,106	7,094 ± 0,279
	50	0.0222	3,669	7,398	
	50	0.0207	3,420	6,840	
4	50	0,0137	2,258	4,516	4,482 ± 0,034
	50	0,0136	2,241	4,482	
	50	0,0135	2,225	4,449	
6	50	0,0123	2,025	4,050	4,108 ± 0,101
	50	0,0123	2,025	4,050	
	50	0,0128	2,113	4,225	
					5,228

Tabel. L4.1d Data Absorbansi Cd Pada Akar Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0500	8,284	16,567	21,802 ± 6,135
	50	0.0612	10,143	20,286	
	50	0.0861	14,276	28,553	
4	50	0,0183	3,025	6,050	6,098 ± 0,067
	50	0,0187	3,088	6,175	
	50	0,0184	3,035	6,070	
6	50	0,0180	2,975	5,950	5,883 ± 0,063
	50	0,0176	2,913	5,825	
	50	0,0178	2,938	5,875	
					11,261

4.2. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Adsorpsi Cd Oleh Batang Tanaman Bayam Duri

Tabel. L4.2a Data Absorbansi Cd Pada Batang Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0116	1,909	7,636	7,791 ± 0,138
	25	0.0120	1,976	7,902	
	25	0.0119	1,959	7,835	
4	25	0,0101	1,66	6,640	6,795 ± 0,167
	25	0,0103	1,693	6,773	
	25	0,0106	1,743	6,972	
6	25	0,0071	1,162	4,648	4,670 ± 0,101
	25	0,0070	1,146	4,582	
	25	0,0073	1,195	4,781	
					6,419

Tabel. L4.2ab Data Absorbansi Cd Pada Batang Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0242	4,001	16,003	17,22 ± 1,301
	25	0.0281	4,648	18,592	
	25	0.0258	4,266	17,065	
4	25	0,0139	2,290	9,160	9,097 ± 0,065
	25	0,0137	2,258	9,030	
	25	0,0138	2,275	9,100	
6	25	0,0133	2,191	8,765	8,765 ± 0,133
	25	0,0135	2,225	8,898	
	25	0,0131	2,158	8,632	
					11,694

Tabel. L4.2c Data Absorbansi Cd Pada Batang Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0124	2,042	4,084	4,681 ± 0,842
	50	0.0171	2,822	5,644	
	50	0.0131	2,158	4,316	
4	50	0,0127	2,092	4,184	4,173 ± 0,050
	50	0,0125	2,059	4,118	
	50	0,0128	2,108	4,216	
6	50	0,0128	2,108	4,216	4,106 ± 0,475
	50	0,0109	1,793	3,586	
	50	0,0137	2,258	4,516	
					4,320

Tabel. L4.2d Data Absorbansi Cd Pada Batang Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0543	8,997	17,994	19,334 ± 1,162
	50	0.0602	9,977	19,954	
	50	0.0605	10,027	20,054	
4	50	0,0144	2,375	4,75	4,801 ± 0,067
	50	0,0149	2,438	4,876	
	50	0,1448	2,388	4,776	
6	50	0,0139	2,291	4,582	4,505 ± 0,084
	50	0,0134	2,208	4,416	
	50	0,0137	2,258	4,516	
					9,547

4.3. Pengaruh Variasi Waktu terhadap adsorpsi Cd Oleh daun tanaman bayam duri

Tabel. L4.3a Data Absorbansi Cd Pada Daun Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0123	2,025	8,100	8,212 ± 0,139
	25	0.0124	2,042	8,168	
	25	0.0127	2,092	8,368	
4	25	0,0117	1,926	7,704	7,681 ± 0,100
	25	0,0115	1,893	7,572	
	25	0,0118	1,942	7,768	
6	25	0,0108	1,776	7,104	7,083 ± 0,102
	25	0,0109	1,793	7,172	
	25	0,0106	1,743	6,972	
					7,659

Tabel. L4.3b Data Absorbansi Cd Pada Daun Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	25	0.0756	12,533	50,132	52,183 ± 1,776
	25	0.0803	13,306	53,224	
	25	0.0802	13,298	53,192	
4	25	0,0345	5,713	22,852	23,641 ± 0,953
	25	0,0373	6,175	24,700	
	25	0,0353	5,843	23,372	
6	25	0,0206	3,400	13,600	15,775 ± 2,023
	25	0,0266	4,400	17,600	
	25	0,0244	4,031	16,124	
					30,533

Tabel. L4.3c Data Absorbansi Cd Pada Daun Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) TE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0224	3,702	7,404	7,349 ± 0,319
	50	0.0212	3,503	7,006	
	50	0.0231	3,818	7,636	
4	50	0,0164	2,706	5,412	4,925 ± 0,433
	50	0,0139	2,291	4,582	
	50	0,0144	2,391	4,782	
6	50	0,0138	2,274	4,548	4,493 ± 0,050
	50	0,0136	2,241	4,482	
	50	0,0135	2,225	4,450	
					5,589

Tabel. L4.3d Data Absorbansi Cd Pada Daun Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu

Waktu Minggu	Co(ppm) DE	A	Cs (ppm)	%[Cd ²⁺] Adsorpsi	Rata-rata ± SD
2	50	0.0940	15,588	31,176	28,553 ± 2,289
	50	0.0813	13,480	26,960	
	50	0.0830	13,762	27,524	
4	50	0,0358	5,926	11,852	14,099 ± 1,946
	50	0,0544	7,603	15,206	
	50	0,0460	7,620	15,240	
6	50	0,0392	6,491	12,982	12,761 ± 0,203
	50	0,0384	6,358	12,716	
	50	0,0380	6,292	12,584	
					18,471

Contoh Perhitungan data lampiran 4.

$$\begin{aligned}\%[\text{Cd}] \text{ teradsorpsi} &= \frac{C_s}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{1,664}{25} \times 100\% \\ &= 6,574\end{aligned}$$

Ket:

C_o = Konsentrasi Cd(II) sebelum adsorpsi (mg/L)

C_s = Konsentrasi Cd(II) teradsorpsi (mg/L)

LAMPIRAN 5

ANALISA STATISTIK

5.1. Pengaruh Variasi Waktu terhadap adsorpsi Cd Oleh akar Tanaman bayam duri

5.1.1. Analisis Pada Konsentrasi 25 ppm Tanpa Penambahan EDTA

Tabel L.5.1.1a Data % Cd Yang Teradsorpsi Oleh Akar Tanaman Bayam Duri Terhadap Variasi Waktu.

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	6,574	6,574	7,039	20,187	6,729
4	6,109	5,976	6,175	18,260	6,087
6	3,187	4,250	4,382	11,819	3,940
Total				50,266	

Untuk melihat ada tidaknya pengaruh lama kontak tanaman bayam bagian akar terhadap nilai % Cd teradsorpsi, maka dilakukan uji statistik menggunakan uji F dengan langkah –langkah sebagai berikut:

Faktor Koreksi(FK)

$$FK = \frac{\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{pn} = \frac{(50,266)^2}{9} = 280,7412$$

Jumlah Kuadrat Total(JKT)

$$\begin{aligned} JK_{\text{total}} &= \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK \\ &= (6,574)^2 + (6,574)^2 + \dots + (4,382)^2 - 280,7412 \\ &= 13,826 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$\begin{aligned} JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - FK \\ &= \frac{(20,187)^2 + (18,260)^2 + (11,819)^2}{3} - 280,7412 = 12,803 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat galat Percobaan ($JK_{\text{galat percobaan}}$)

$$JK_{G.perc.} = JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}}$$

$$= 13,826 - 12,803 = 1,023$$

$$KT_{\text{perlakuan}} = JK_{\text{perlakuan}} / db_{\text{perlakuan}}$$

$$= \frac{12,803}{2} = 6,401$$

$$KT_{G.Perc.} = JK_{G.perc.} / db_{G.perc.}$$

$$= \frac{1,023}{6} = 0,171$$

Uji F

$$F_{\text{hitung}} = KT_{\text{perlakuan}} / KT_{G.perc.}$$

$$= \frac{6,401}{0,171} = 37,538$$

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L. 5.1.1b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	12,803	6,401	hitung	Tabel
Galat	6	1,023	0,171	37,538	1% = 10,92 5% = 5,14
Total	8	13,826			

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3$$

$F_{\text{hitung}} > F_{\text{table}}$ pada taraf nyata 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berarti ada perbedaan nyata dalam perlakuan terhadap variasi waktu sehingga dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perlakuan mana yang pengaruhnya berbeda nyata.

$$BNT(\alpha) = t_{\text{tabel}}^{\alpha/2} \times (V) \sqrt{\frac{2 \times KT_{G.perc.}}{n}}$$

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,171}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,171}{3}} = 0,826$$

Tabel L.5.1.1c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 25 ppm pada akar tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		3,940	6,087	6,729
6	3,940	-		
4	6,087	2,147*	-	
2	6,729	2,789*	0,642	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

2. Konsentrasi 25 Dengan Penambahan EDTA

Tabel L.5.1.2a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh akar tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	23,904	23,307	25,033	72,244	24,081
4	15,850	16,050	15,400	47,300	15,767
6	15,400	16,050	15,550	47,000	15,667
Total				166,544	

Tabel L. 5.1.2b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	139,950	69,975	hitung	Tabel
Galat	6	1,990	0,332	210,976	1% =10,92
					5% = 5,14
Total	8	141,940			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,332}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,332}{3}} = 1,151$$

Tabel L.5.1.2c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 25 ppm pada akar tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		15,667	15,767	24,081
6	15,667	-		
4	15,767	0,10	-	
2	24,081	8,414*	8,314*	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

3. Konsentrasi 50 Tanpa Penambahan EDTA

Tabel 5.1.3a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh akar tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	7,106	7,398	6,840	21,344	7,115
4	4,516	4,482	4,449	13,447	4,482
6	4,050	4,050	4,225	12,325	4,108
Total				47,116	

Tabel L.5.1.3b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	54,858	27,429	hitung	Tabel
Galat	6	87,518	14,586	1,880	1% =10,92 5%= 5,14
Total	8	142,376			

4. Konsentrasi 50 ppm Dengan Penambahan EDTA

Tabel L.5.1.4a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh akar tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	16,567	20,286	28,553	65,406	21,802
4	6,050	6,175	6,070	18,295	6,098
6	5,950	5,825	5,875	17,65	5,883
Total				101,351	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L5.1.4b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	500,055	250,028	hitung	Tabel
Galat	6	75,296	12,549	19,923	1% =10,92 5% = 5,14
Total	8	575,352			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 12,549}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 12,549}{3}} = 20,472$$

Tabel L.5.1.4c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 50 ppm dengan penambahan EDTA pada akar tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		5,883	6,098	21,802
6	5,883	-		
4	6,098	0,215	-	
2	21,802	15,919	15,704	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

5.2. Pengaruh Variasi Waktu terhadap adsorpsi Cd Oleh Batang Tanaman Bayam Duri

1. Konsentrasi 25 ppm Tanpa Penambahan EDTA

Tabel L5.2.1a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh Batang tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	7,636	7,902	7,835	23,373	7,791
4	6,640	6,773	6,972	20,385	6,795
6	4,648	4,582	4,781	14,011	4,670
Total				57,769	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L5.2.1b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
				hitung	Tabel
Perlakuan	2	57,625	28,812	1,026	1% = 10,92 5% = 5,14
Galat	6	168,443	28,074		
Total	8	226,067			

2 . Konsentrasi 25 ppm Dengan penambahan EDTA

Tabel L5.2.2a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh Batang tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	16,003	18,592	17,065	51,660	17,22
4	9,160	9,030	9,100	27,290	9,097
6	8,765	8,898	8,632	26,295	8,765
Total				105,245	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L.5.2.2b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
				hitung	Tabel
Perlakuan	2	137,586	68,793	120,290	1% = 10,92 5% = 5,14
Galat	6	3,431	0,572		
Total	8	141,017			

$$\text{BNT}(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,572}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,572}{3}} = 1,511$$

Tabel L.5.1.4c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 25 ppm dengan penambahan EDTA pada batang tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		8,765	9,097	17,22
6	8,765	-		
4	9,097	0,332	-	
2	17,22	8,455*	0,123	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

3. Konsentrasi 50 ppm Tanpa penambahan EDTA

Tabel L5.2.3a Data % Cd yang teradsorpsi oleh batang tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	4,084	5,644	4,316	14,044	4,681
4	4,184	4,118	4,216	12,518	4,173
6	4,216	3,586	4,516	12,318	4,106
Total				38,88	

Tabel L5.2.3b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	0,594	0,297	hitung	Tabel
Galat	6	1,873	0,312	0,952	1% =10,92 5% = 5,14
Total	8	2,467			

4. Konsentrasi 50 ppm Dengan Penambahan EDTA

Tabel 5.2.4a Data % Cd yang teradsorpsi oleh Batang tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	17,994	19,954	20,054	58,002	19,334
4	4,75	4,876	4,776	14,402	4,801
6	4,582	4,416	4,516	13,514	4,505
Total				85,918	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L. 5.2.4b Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	431,215	215,607	hitung	Tabel
Galat	6	2,721	0,454	475,391	1% =10,92 5%= 5,14
Total	8	433,936			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,454}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,454}{3}} = 1,346$$

Tabel L.5.2.4c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 50 ppm dengan penambahan EDTA pada batang tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		4,505	4,801	19,334
6	4,505	-		
4	4,801	0,296	-	
2	19,334	14,829*	14,533	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

5.3. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Adsorpsi Cd Oleh Daun Tanaman Bayam Duri

1. Konsentrasi 25 ppm Tanpa Penambahan EDTA

Tabel L5.3.1a. Data % Cd yang teradsorpsi oleh daun tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	8,100	8,168	8,368	24,636	8,212
4	7,704	7,572	7,768	23,044	7,681
6	7,104	7,172	6,972	21,248	7,083
Total				68,928	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L L5.3.1b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	1,915	0,958	hitung	Tabel
Galat	6	0,079	0,013	72,300	1% =10,92 5%= 5,14
Total	8	1,995			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,013}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,013}{3}} = 0,228$$

Tabel L.5.3.1c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 25 ppm tanpa penambahan EDTA pada daun tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		7,083	7,681	8,212
6	7,083	-		
4	7,681	0,598*	-	
2	8,212	1,129*	0,531*	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

2. Konsentrasi 25 ppm Dengan Penambahan EDTA

Tabel L5.3.2a Data % Cd yang teradsorpsi oleh daun tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	50,132	53,224	53,192	156,548	52,183
4	22,852	24,700	23,372	70,924	23,641
6	13,600	17,600	16,124	47,324	15,775
Total				274,796	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L L5.3.2b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	2202,035	1101,017	hitung	Tabel
Galat	6	16,308	2,718	405,089	1% =10,92 5% = 5,14
Total	8	2218,343			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 2,718}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 2,718}{3}} = 3,294$$

Tabel L.5.3.2c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 25 ppm dengan penambahan EDTA pada daun tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		15,775	23,641	52,183
6	15,775	-		
4	23,641	7,866*	-	
2	52,183	36,408*	28,542*	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

3. Konsentrasi 50 ppm Tanpa Penambahan EDTA

Tabel L5.3.3a Data % Cd yang teradsorpsi oleh daun tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	7,404	7,006	7,636	22,046	7,349
4	5,412	4,582	4,782	14,776	4,925
6	4,548	4,482	4,450	13,480	4,493
Total				50,302	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata 5 %

Tabel L L5.3.3b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	14,212	7,106	hitung	Tabel
Galat	6	0,583	0,097	73,094	1% =10,92 5% = 5,14
Total	8	14,795			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 0,097}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,097}{3}} = 0,622$$

Tabel L.5.3.3c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 50 ppm tanpa penambahan EDTA pada daun tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		4,493	4,925	7,349
6	4,493	-		
4	4,925	0,432	-	
2	7,349	2,856*	2,424*	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

4. Konsentrasi 50 ppm Dengan penambahan EDTA

Tabel L5.3.4a Data % Cd yang teradsorpsi oleh daun tanaman Bayam duri terhadap variasi waktu

Waktu Kontak	% Cd teradsorpsi			Total	%Cd teradsorpsi rata-rata
	Ulangan				
	1	2	3		
2	31,176	26,960	27,524	85,660	28,553
4	11,852	15,206	15,240	42,298	14,099
6	12,982	12,716	12,584	38,282	12,761
Total				166,240	

F table (f_1, f_2) = (2,6) pada taraf nyata

Tabel L5.3.4b. Analisis sidik ragam satu arah penentuan lama kontak

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
Perlakuan	2	460,118	230,059	hitung	Tabel
Galat	6	18,135	3,023	76,115	1% =10,92 5% = 5,14
Total	8	478,254			

$$BNT(0,05) = t_{(0,05/2)}(6) \times \sqrt{\frac{2 \times 3,023}{3}} = 2,447 \times \sqrt{\frac{2 \times 3,023}{3}} = 3,474$$

Tabel L.5.3.4c Selisih rerata antar perlakuan konsentrasi 50 ppm dengan penambahan EDTA pada daun tanaman terhadap waktu

Waktu	Rerata % Cd teradsorpsi	Waktu		
		6	4	2
		Rerata % Cd teradsorpsi		
		12,761	14,099	28,553
6	12,761	-		
4	14,099	1,338	-	
2	28,553	15,792*	14,454*	-
Notasi		a	b	c

(*) berbeda nyata pada taraf 5%

LAMPIRAN 6

Gambar Tanaman Bayam Duri





**KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
NOMOR : 849/UN47/2012**

Tentang

**PENETAPAN DOSEN PENELITI SERTA BESARAN DANA PENELITIAN
ATAS BIAYA PNBP UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO TAHUN 2012**

REKTOR UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

- Menimbang** :
- a. bahwa kegiatan penelitian adalah salah satu unsur tridharma Perguruan Tinggi yang harus dijaga dan ditingkatkan mutunya demi penguatan kelembagaan Universitas Negeri Gorontalo;
 - b. bahwa penguatan kelembagaan merupakan salah satu hal penting dalam menjamin peningkatan mutu;
 - c. bahwa untuk kepentingan pengembangan mutu dan kualitas penelitian bagi dosen, maka perlu dilakukan penilaian terhadap usulan Proposal Penelitian atas biaya PNBP bagi Dosen di lingkungan Universitas Negeri Gorontalo tahun 2012;
 - d. bahwa berkenaan dengan diktum "c" di atas, maka telah dilakukan evaluasi terhadap usulan proposal penelitian atas biaya PNBP 2012;
 - e. bahwa mereka yang nama-namanya tersebut dalam lampiran surat keputusan ini dipandang mampu untuk melaksanakan hal dimaksud.
- Mengingat** :
1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 2. UU No. 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
 3. PP No. 19 Tahun 2005 tentang Standar Pendidikan Nasional;
 4. PP No. 66 tahun 2010 tentang perubahan atas PP No. 17 tahun 2010
 5. Kepres No. 54 tahun 2004 tentang perubahan status IKIP Gorontalo Menjadi Universitas Negeri Gorontalo;
 6. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
 7. Keputusan Presiden RI Nomor 110/M Tahun 2010 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Gorontalo;
 8. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 10 Tahun 2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja (OTK) Universitas Negeri Gorontalo;
 9. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional RI Nomor 18 Tahun 2006 tentang Statuta Universitas Negeri Gorontalo;
 10. Kepmenkeu No. 131/KMK.05/2009 tentang penetapan Universitas Negeri Gorontalo pada Departemen Pendidikan Nasional sebagai instansi pemerintah yang menerapkan pengelolaan keuangan Badan Layanan Umum (PK-BLU).
 11. Daftar Isian Pengguna Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Gorontalo Nomor : 0850/023.04.216/26/2012 tanggal 09 Desember 2011.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan
Pertama : Penetapan Dosen peneliti serta besaran dana penelitian atas biaya PNBP Universitas Negeri Gorontalo tahun 2012 yang nama-namanya sebagaimana tercantum dalam lampiran Surat Keputusan ini.
- Kedua : Dosen peneliti yang akan dibiayai untuk pelaksanaan penelitian tahun 2012 wajib mengacu pada Standart Operasional Prosedur (SOP) Penelitian, Panduan Penelitian serta aturan lainnya yang dikeluarkan oleh Lembaga Penelitian.
- Ketiga : Dosen peneliti dalam pelaksanaan penelitian wajib melaporkan kemajuan hasil penelitian serta memasukan Laporan akhir hasil penelitian kepada Lembaga Penelitian.
- Keempat : Biaya yang timbul akibat pelaksanaan Surat Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia dalam DIPA BLU Universitas Negeri Gorontalo tahun 2012.
- Kelima : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bilamana dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diperbaiki sebagaimana mestinya serta diberikan kepada yang bersangkutan untuk dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

DITETAPKAN DI : GORONTALO
PADA TANGGAL : 10 April 2012

REKTOR, 

Dr. Syamsu Qamar Badu, M.Pd
NIP : 19600603 198603 1 003

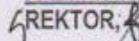
Tembusan :

1. Para Pembantu Rektor Universitas Negeri Gorontalo
2. Para Dekan di lingkungan Universitas Negeri Gorontalo
3. Kepala KPPN Gorontalo
4. Bendahara Pengeluaran Universitas Negeri Gorontalo

MEMUTUSKAN

- Menetapkan
Pertama : Penetapan Dosen peneliti serta besaran dana penelitian atas biaya PNBPU Universitas Negeri Gorontalo tahun 2012 yang nama-namanya sebagaimana tercantum dalam lampiran Surat Keputusan ini.
- Kedua : Dosen peneliti yang akan dibiayai untuk pelaksanaan penelitian tahun 2012 wajib mengacu pada Standart Operasional Prosedur (SOP) Penelitian, Panduan Penelitian serta aturan lainnya yang dikeluarkan oleh Lembaga Penelitian.
- Ketiga : Dosen peneliti dalam pelaksanaan penelitian wajib melaporkan kemajuan hasil penelitian serta memasukan Laporan akhir hasil penelitian kepada Lembaga Penelitian.
- Keempat : Biaya yang timbul akibat pelaksanaan Surat Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia dalam DIPA BLU Universitas Negeri Gorontalo tahun 2012.
- Kelima : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bilamana dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diperbaiki sebagaimana mestinya serta diberikan kepada yang bersangkutan untuk dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

DITETAPKAN DI : GORONTALO
PADA TANGGAL : 10 April 2012

REKTOR, 

Dr. Syamsu Qamar Badu, M.Pd
NIP : 19600603 198603 1 003

Tembusan :

1. Para Pembantu Rektor Universitas Negeri Gorontalo
2. Para Dekan di lingkungan Universitas Negeri Gorontalo
3. Kepala KPPN Gorontalo
4. Bendahara Pengeluaran Universitas Negeri Gorontalo

Lampiran : Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Gorontalo
 Nomor : 849/UN47/2012
 Tanggal : 10 April 2012
 Tentang : Penetapan Dosen Peneliti serta Besaran Dana Penelitian atas biaya PNPB Universitas Negeri Gorontalo Tahun 2012

No	Peneliti	Judul Penelitian	Dana Rasionalisasi	Status
1	Hasanuddin	Pembuatan Biopellet Ampas Kelapa Sebagai Energi Alternatif Bahan Bakar Pengganti Minyak Tanah Ramah Lingkungan	Rp 8,950,000	Dibiayai
2	Nita Suleman	Pemanfaatan Limbah Hasil Samping Berorientasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Pupuk Potasium	Rp 9,000,000	Dibiayai
3	Yoyanda Bait	Formulasi Permen Jelly dari Sari Jagung dan Rumput Laut	Rp 9,250,000	Dibiayai
4	Rita Marsuci Harmain	Formulasi Berorientasi Produk Ilabulo Ikan Patin (Pangasius sp.)	Rp 9,000,000	Dibiayai
5	Rahmat Dedy Rianto Dako	Perangkat Lunak Aplikasi Penerjemah Bahasa Indonesia ke Bahasa Gorontalo	Rp 8,750,000	Dibiayai
6	Ardiyanto Saleh Modjo	Rancangan Bangun Alat Pengendali Hama Burung Pemakan Bulir Sawah (Oryza Sativa L.) Sistem Mekanik Elektrik	Rp 8,000,000	Dibiayai
7	Maryam Rahim	Pengembangan Panduan Bimbingan dan Konseling Aktualisasi Diri Untuk Pembentukan Karakter Siswa SMA	Rp 9,500,000	Dibiayai
8	Mursidah Waty	Pemberdayaan Enceng Gondok menjadi Berorientasi Produk kerajinan anyaman sebagai solusi alternatif mengatasi pendangkalan danau limboto	Rp 7,225,000	Dibiayai
9	Kalih Trumansyahjaya	Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung di Universitas Negeri Gorontalo	Rp 6,000,000	Dibiayai
11	Hais Dama	EVALUASI PENERAPAN PROSEDUR KINERJA DALAM MENUNJANG GOOD CORPORATE GOVERNANCE PADA PT. HASRAT ABADI GORONTALO	Rp 8,500,000	Dibiayai
12	Srisukmawati Zainudin	Pemanfaatan Tepung Keong Mas Sebagai Substitusi Tepung Ikan dalam Ransum Terhadap Performa dan Berorientasi Produksi Telur Puyuh	Rp 9,249,000	Dibiayai
13	Syamsul Bahri	Respon Silase Ransum Komplit Berbasis Jagung Pada Penggemukan Sapi Potong	Rp 9,600,000	Dibiayai
14	Mangara Sihaloho	Analisis Kesalahan Dalam Memahami Konsep Larutan Buffer Pada Tingkat Makroskopis dan Mikroskopis	Rp 8,150,000	Dibiayai
15	Indriati Husain	Pematahan Dormansi Benih Kemiri Yang Direndam Dengan Zat Pengatur Tumbuh Organik Basmingro dan Pengaruhnya Terhadap Viabilitas Benih	Rp 8,250,000	Dibiayai
16	Fahrul Ilham	Keragaman Fenotip Kambing Lokal di Kabupaten Bone Bolango	Rp 7,660,000	Dibiayai
17	Hamsidar Hasan	Efek Antiursemim Ekstrak Teripang Pasir (Holothuria Scabra) Pada Kelinci Jantan	Rp 7,600,000	Dibiayai
21	Indriati Martha Patuti	Analisis Stabilitas Lereng dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang	Rp 8,750,000	Dibiayai
22	Buyung Rahmad Machmoed	Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah	Rp 9,850,000	Dibiayai
23	Kasmat Saleh Nur	ANALISIS STABILITAS ELEMEN BAJA RINGAN SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGGANTI BAJA KONVENSIONAL PADA RANGKA BATANG (Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)	Rp 8,500,000	Dibiayai
24	Sri Suryaningsih Djunu	Kualitas Telur Yang Diberi Penambahan Tepung Daun Pada Ransum Ayam Arab	Rp 7,500,000	Dibiayai
25	Erni Mohamad	Fitoremediasi Logam Berat Kadmium(Cd) Pada Tanah Dengan Menggunakan Bayam Duri	Rp 9,750,000	Dibiayai

28	Hendri Iyabu	Pengaruh Penambahan KH ₂ PO ₄ Pada Pembuatan Elektroda Selektif Ion Fosfat sebagai Pengganti Metode Spektrofotometri dalam Penentuan Fosfat	Rp 8,750,000	Dibiayai
29	Fady Achmad	Pemetaan Kapasitas Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir di Kota Gorontalo	Rp 7,375,000	Dibiayai
30	Wimangsih Uno	Isolasi Mikroba Endofit Tanaman Serang Semut dan Analisis Potensi Sebagai Anti Mikroba	Rp 10,000,000	Dibiayai
31	Zainudin Bonok	Studi Prospektif Sistem Virtual Office Pada Skala Laboratorium Teknik Elektro	Rp 9,250,000	Dibiayai
32	Rahmani Kadamingsih	Karakteristik Batako Styrofoam sebagai Bahan Konstruksi Dinding	Rp 9,500,000	Dibiayai
33	Aryati Alitu	ANALISIS PENDAYAGUNAAN SUMBERDAYA AIR DI WILAYAH SUNGAI LIMBOTO-BOLANGO-BONE DENGAN RIBASIM	Rp 6,605,000	Dibiayai
34	Rahmiyati Kasim	Esterifikasi asam lemak bebas dari campuran minyak sawit murni dan asam oleat menggunakan microwave	Rp 8,000,000	Dibiayai
35	Abdul Hamid Arsyad	Analisis Potensi Daya Dukung Pengembangan Peternakan Sapi Potong di Kabupaten Pohuwato	Rp 7,850,000	Dibiayai
36	Mirdayani Pauweni	Pengembangan Model Permainan Bola Basket Untuk Pendidikan Jasmani, Olahraga dan Kesehatan Siswa Kelas X, XI, XII SMAN 3 Gorontalo dan SMKN 4 Gorontalo	Rp 5,565,000	Dibiayai
41	Arifin Tahir	Analisis Implementasi Kebijakan Empat Pilar Pengembangan Universitas Negeri Gorontalo	Rp 7,500,000	Dibiayai
42	Nirwan Junus	STATUS HUKUM PENGUASAAN TANAH BANTARAN DANAU LIMBOTO DI PROVINSI GORONTALO	Rp 8,000,000	Dibiayai
43	Mutia Cherawaty Thalib	PERLINDUNGAN PEKERJA RUMAH TANGGA DALAM PEMENUHAN HAK DAN KEWAJIBAN BEKERJA (Penelitian di Kota Gorontalo)	Rp 8,170,000	Dibiayai
44	Weny Almoravid Dungga	Perlindungan Hukum Hak Asasi Manusia Terhadap Tenaga Kerja Wanita formal Di Kota Gorontalo	Rp 7,750,000	Dibiayai
45	Dian Ekawaty Ismail	IZIN POLIGAMI BAGI PNS DAN AKIBAT HUKUMNYA DITINJAU DARI UU No.1 Thn 1974, PP No. 10 Thn 1983 jo. PP No.45 Thn 1990	Rp 7,841,000	Dibiayai
46	Lillyan Hadjarabe	Prediksi dan Pemetaan Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Menggunakan Pendekatan Data Mining	Rp 9,000,000	Dibiayai
50	Julhim S. Tanglo	Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Rp 4,700,000	Dibiayai
51	Mohamad Syafril Tuloi	Exhaustive Search dengan Distributed Processing untuk Permasalahan Penjadwalan pada Jurusan Teknik Informatika UNG	Rp 5,000,000	Dibiayai
52	Nurmi	NISBAH PENGKAYAAN SEDIMEN DAN EROSI TANAH PADA PERTANAMAN JAGUNG (<i>Zea mays L.</i>)	Rp 5,000,000	Dibiayai
53	Mutis	Pertumbuhan Lobster Air Tawar (<i>Cherax quadricarinatus</i>), Di Aquarium Dengan Kepadatan Berbeda Dalam Sistem Terkontrol	Rp 5,000,000	Dibiayai
54	Manda Rohandi	Penerapan Algoritma Image Adjustment Pada Metode WaFuMos Dalam Penentuan Prosentase Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia Pulasan Cokelat	Rp 4,500,000	Dibiayai
55	M. Adam Mustafa	Penelusuran Senyawa Flavanoid Dari Daun Lamtoro	Rp 5,000,000	Dibiayai
56	Siswatiana Rahim Taha	Cemaran Mikroba Pada Pangan Asal Hewan di Pasar Tradisional Kota Gorontalo	Rp 4,850,000	Dibiayai

REKTOR

Dr. Syamsu Qamar Badu, M.Pd
NIP : 19600603 198603 1 003

