

**EFEKTIFITAS SERBUK BIJI KELOR *Moringa oleifera* Lamk. DALAM
MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA AIR**

HELNA NURLIANTI

H41109004



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**EFEKTIFITAS SERBUK BIJI KELOR *Moringa oleifera* Lamk. DALAM
MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA AIR**

Oleh :

HELNA NURLIANTI

H411 09 004

*Skripsi ini dibuat untuk Melengkapi Tugas Akhir dan memenuhi Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada*

Jurusan Biologi

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIFITAS SERBUK BIJI KELOR *Moringa oleifera* Lamk. DALAM
MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA AIR**

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si

Dr. Syarifuddin Liong, MS

NIP : 19630222 1989031003

NIP. 19520505 1974031002

KATA PENGANTAR



Puji syukur senantiasa tercurah bagi Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul Efektifitas Serbuk Biji Kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air.

Shalawat dan salam semoga senantiasa tetap tercurah kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu 'alaihi wa Sallam*, kepada keluarganya, sahabatnya, dan orang-orang yang senantiasa berkomitmen di jalannya membawa pencerahan dan rahmat sehingga dunia ini bisa menikmati cahaya ilahi.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada bapak Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si selaku pembimbing utama, dan bapak Dr. Syarifuddin Liong, M.S selaku pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, motivasi dan arahan dalam penyusunan skripsi ini (Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas kebaikan bapak dengan balasan yang lebih baik).

Penghargaan dan pengabdian yang tulus dan setinggi-tingginya kupersembahkan untuk kedua orang tuaku tercinta Ayah tercinta Almarhum Bangun dan kepada Ibu tercinta Sakka' yang telah mengorbankan segalanya, memberikan kepercayaan, semangat, kekuatan, dan kasih sayang sejak lahir sampai semuanya terwujud. Tak lupa untuk saudara-saudaraku yang telah

memberikan dukungan, semangat dan senantiasa menemani dalam untaian doa-doa yang tulus. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih bagi seluruh keluarga besar yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang senantiasa menghibur penulis dan menjadi penyemangat dan penerang bagi penulis untuk segera menyelesaikan studi. Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Bapak Rektor Universitas Hasanuddin beserta staf.
- Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta staf.
- Ketua Jurusan Biologi beserta staf dosen dan pegawai Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Dr. Hj. Risco B. Gobel, M.S selaku penasehat akademik yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan.
- Tim penguji skripsi yang telah membantu penulis dalam menyempurnakan kesalahan-kesalahan dalam penulisan maupun pembahasan: Drs. Muhtadin Asnady S., M.Si, Dr. Syafaraenan, M.Si, Dr. Hj. Zohrah Hasyim, M.Si dan Dr. Nur Haedar, M.Si.
- Kepala Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia Universitas Hasanuddin, beserta staf dan khusus untuk analis kimia Kakak Fibiyanti S.Si yang telah membimbing penulis selama melakukan penelitian hingga hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
- Saudara-saudariku mahasiswa Biologi 2009 (Bi09enesis). Kebersamaan yang tak akan terlupakan bersama kalian dan semoga persaudaraan kita akan terus kekal dan memberi keberkahan dunia dan akhirat. Amin yarabbal alamin.

- Saudari Lilis Restan Odang, bersama kita membangun kerjasama yang sangat baik bahkan tak pernah putus asa mengejar target hingga saat ini kita dapat menyelesaikan skripsi ini.
- Kakak Alfonsus Tosari S.Si dan keluarga besar HIMBIO yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.
- Saudari-saudari MIPA 2009 dan keluarga besar KMF MIPA yang tercinta, terkhusus untuk Try Widyaiswara H., S.Si dan Muh. Nazer Rafii yang telah membantu mengolah data penulis sehingga skripsi ini dilengkapi dengan baik.
- Saudara B.Gani Amd.Kep. yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
- Semua pihak yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu saran dan kritikan dalam penyempurnaannya akan penulis terima dengan segala kerendahan hati. Semoga skripsi ini bisa menjadi acuan yang bermanfaat dikemudian hari.

Demikianlah skripsi ini dibuat untuk menambah ilmu pengetahuan dalam bidang Biologi. Semoga Allah SWT senantiasa menilai aktifitas ini sebagai suatu amalan yang bernilai ibadah.

Makassar, Mei 2013

Penulis

ABSTRAK

Logam berat terutama kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, namun demikian logam Cd ini juga berpotensi dalam mencemari lingkungan, khususnya perairan. Salah satu cara untuk menanggulangi pencemaran perairan adalah penggunaan agen penyerap/absorben dan pengakumulasi terhadap bahan beracun tersebut. Penelitian efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan konsentrasi kadmium (Cd) pada air, dilakukan pada bulan November – Desember 2012, yang bertujuan untuk mengetahui efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan kadar kadmium (Cd) pada air. Penelitian ini bersifat eksperimental, dengan desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas 2 faktor yaitu dosis serbuk biji kelor (100, 200, dan 300 mg) dan lama waktu kontak (24 dan 48 jam), yang masing masing 3 kali pengulangan. Pengukuran konsentrasi logam dalam filtrat dan residu serbuk biji kelor menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk biji kelor mampu menurunkan konsentrasi logam kadmium (Cd) pada air, dosis serbuk biji kelor dan lama waktu kontak yang efektif adalah pada dosis 300 mg dengan lama waktu kontak 24 jam.

Kata kunci : *Serbuk biji kelor, absorben, kadmium (Cd)*

ABSTRACT

Cadmium usually used in industrial sector, the use of this heavy metal high potentially to soil the water especially the waterworks. Using the agen of absorbent can help to accumulate the poison truly can help this vilification. Research about effectivity of merunggai seed *Moringa oleifera* Lamk. as an agent to reduce cadmium (Cd) concentration in waters has been conducted on November _ December 2012. The aim of this research was to know the effectivity of merunggai seed powder to reduce cadmium concentration in waters. Exsperimental research designed using Stratified Random Sampling with two factors. First factor is merunggai seed powder with 3 dosage: 100, 200, 300 mg. Second factor is time contact duration with in 24 and 48 hours. Each factor conducted with 3 replication. Cadmium concentration measured using Atomic Absorbtion Spectroscopy (AAS). Result showed that cadmium concentration decreased with 300 mg merunggai seed powder in 24 hours.

Keywords : *Merunggai pollen seed, absorbent, cadmium (Cd)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.3 Hipotesis.....	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Waktu dan Tempat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pencemaran Air	4
II.2 Logam Berat.....	5
II.2.1 Kandungan Logam Berat dalam Air	7
II.2.2 Kandungan Logam Berat dalam Biota.....	8
II.3 Kadmium (Cd).....	9
A. Bentuk Kadmium	9

B. Sifat dan Karakteristik Kadmium (Cd)	10
C. Sumber Kadmium (Cd)	11
D. Pengaruh Kadmium terhadap Organisme Perairan.....	11
E. Pengaruh Kadmium terhadap Manusia	12
II.4 Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk	14
A. Klasifikasi Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.....	14
B. Kandungan Senyawa Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.....	15
C. Manfaat Biji Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.....	18
II.5 Spektrofotometri Serapan Atom	19

III. METODE PENELITIAN

III.1 Bahan dan Alat	21
III.2 Metode Penelitian.....	21
III.3 Tahapan Penelitian	22
III.3.1 Pembuatan Serbuk Biji Kelor.....	22
III.3.2 Pengukuran Logam Kadmium dalam Senyawa	
Cd(NO ₃) ₂ untuk Pembuatan Larutan Baku Induk	22
III.3.3 Pembuatan Larutan Baku Induk Kadmium 1000 ppm.....	23
III.3.4 Pembuatan Larutan Intermediate Kadmium 100 ppm	23
III.3.5 Pembuatan Larutan Kerja Kadmium 10 ppm	23
III.3.6 Analisis Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) pada larutan	
dan Residu dengan menggunakan SSA.....	24
III.3.7 Pembuatan Deret Larutan Standar 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm;	
1,6 ppm; 3,2 ppm.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian	26
A. Hasil Pengukuran Konsentrasi Kadmium (Cd) pada Air (Filtrat) ..	26
B. Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Residu Serbuk Biji Kelor	29
C. Data Hasil Analisis Sidik Ragam (ANOVA) dua arah dengan SPSS 16.....	29
IV.2 Pembahasan Penelitian	31

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	36
V.2 Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA	37
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	41
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Buah dan biji kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk. yang sudah tua	15
Gambar 2 Struktur zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyante ..	16
Gambar 3 Spektrofotometri serapan atom	20
Gambar 4 Hubungan Variasi Dosis Serbuk Biji Kelor dan Lama Waktu Kontak terhadap Penyerapan Konsentarsi Cd pada Air/Filtrat.....	27
Gambar 5 Hubungan variasi dosis serbuk biji kelor dan lama waktu kontak dalam penyerapan logam Cd pada air/filtrat (ppm)	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kandungan senyawa dan unsur mineral per 100 gram tanaman kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.	17
Tabel 2 Konsentrasi kadmium dalam filtrat dan yang terserap serbuk biji kelor	26
Tabel 3 Hasil pengukuran konsentrasi kadmium (ppm) dalam residu serbuk biji kelor	29
Tabel 4 ANOVA hubungan variasi dosis perlakuan serbuk biji kelor dan lama waktu kontak terhadap serapan Cd pada air / filtrat	30
Tabel 5 Uji Jarak Berganda Duncan pengaruh variasi dosis perlakuan serbuk biji kelor terhadap konsentrasi kadmium dalam air/filtrat	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan kerja	41
Lampiran 2 Perhitungan preparasi larutan	45
Lampiran 3 Kurva baku	47
Lampiran 4 Tabel.....	48
Lampiran 5 Gambar	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu dari sekian banyak zat kimia yang diperlukan oleh makhluk hidup dalam memenuhi berbagai jenis keperluan yang dalam penggunaannya haruslah memenuhi kriteria sifat fisik, kimia maupun biologis. Seiring dengan perkembangan zaman, berbagai aktifitas manusia maupun kejadian alami justru menimbulkan pencemaran, sehingga menurunkan kualitas maupun kuantitas sumber daya air.

Air merupakan kebutuhan untuk berbagai aktifitas seperti kebutuhan minum, kebutuhan rumah tangga, kegiatan pertanian maupun kegiatan industri. Namun, dilain pihak dari kegiatan tersebut justru dapat menurunkan mutu air tersebut. Hal ini karena adanya buangan limbah berbagai kegiatan manusia yang dapat mencemari perairan. Berbagai jenis limbah tersebut kebanyakan belum diolah kemudian dialirkan/dialurkan ke badan air, sehingga menyebabkan kualitas air di badan air semakin hari semakin menurun, padahal air merupakan kebutuhan esensial bagi seluruh makhluk hidup.

Berbagai unsur dan senyawa penyebab terjadinya pencemaran air yang berasal dari berbagai aktifitas, seperti kegiatan pertanian, industri, kegiatan transportasi air, maupun limbah domestik. Komponen polutan dapat berupa komponen organik maupun anorganik, seperti logam berat. Logam berat berpotensi besar terhadap terjadinya pencemaran lingkungan yang memberikan

efek negatif pada biota perairan dan kesehatan manusia apabila melebihi ambang batas. Logam berat bersifat nondegradable artinya tidak dapat dimusnahkan sehingga keberadaannya di alam akan terus ada dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama, salah satu contohnya adalah kadmium (Cd).

Logam berat kadmium (Cd) merupakan jenis logam berat yang sering menjadi polutan berbahaya di ekosistem perairan. Kadmium (Cd) merupakan salah satu unsur kimia yang banyak digunakan pada berbagai industri, seperti pelapisan logam, pewarnaan baterai, minyak pelumas dan bahan bakar (Vicar, 2007). Akumulasi logam Cd dalam tubuh makhluk hidup yang melebihi ambang batas dapat mengakibatkan berbagai kerusakan dan disfungsi organ serta gangguan metabolisme tubuh, seperti kerusakan ginjal, jantung, kanker paru-paru, kerapuhan tulang dan kerusakan sel-sel darah.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cd dalam perairan adalah dengan metode absorpsi. Metode absorpsi mampu menggumpalkan substansi yang terlarut dalam larutan dengan menggunakan zat penyerap. Salah satu zat atau senyawa penyerap yang dapat digunakan adalah serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. Serbuk biji kelor dalam dosis tertentu ternyata mampu mengabsorpsi, menggumpalkan sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel lumpur dan logam berat yang terkandung dalam substansi limbah. Hal ini karena adanya kandungan protein yang tinggi dan adanya zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate yang terkandung dalam biji kelor. Keberadaan zat aktif ini mampu mengabsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur dan logam berat seperti kadmium yang terkandung dalam limbah

tersuspensi dengan partikel kotoran yang melayang dalam air (Zulkarnain, 2008). Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian tentang efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan kadar kadmium (Cd) pada air.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan kadar kadmium (Cd) pada air.

I.3 Hipotesis

Semakin tinggi dosis perlakuan serbuk biji kelor yang diberikan, maka semakin tinggi pula tingkat serapan logam kadmium (Cd) pada air.

I.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk dalam menurunkan kadar kadmium (Cd) pada air.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November-Desember 2012 bertempat di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pencemaran Air

Air merupakan zat kimia penting bagi kehidupan makhluk hidup, saat ini masalah utama yang memprihatinkan adalah kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan hidup yang terus meningkat dan mutu air yang terus menurun. Hal ini disebabkan karena lingkungan perairan banyak yang mengalami pencemaran oleh berbagai aktifitas manusia, seperti limbah domestik, limbah industri, maupun limbah pertanian dan peternakan (Effendi, 2003).

Menurut Warlina (2004), pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Pada dasarnya bahan pencemar air dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok sebagai berikut (Lutfi, 2009):

1. sampah yang mengandung senyawa organik, seperti sampah industri, rumah tangga (sisa-sisa makanan), maupun kotoran manusia, hewan, dan tumbuhan. Untuk proses penguraian sampah tersebut memerlukan banyak oksigen, jika sampah-sampah tersebut terdapat dalam air, maka perairan akan kekurangan oksigen, sehingga biota air mati,
2. bahan pencemar penyebab terjadinya penyakit, seperti bahan pencemar yang mengandung virus dan bakteri, contoh bakteri *Eschericia coli* yang dapat

menyebabkan penyakit. Bahan pencemar ini berasal dari limbah rumah tangga, limbah rumah sakit atau dari kotoran hewan atau manusia,

3. bahan pencemar senyawa anorganik atau mineral, seperti logam-logam berat contohnya, merkuri (Hg), kadmium (Cd), Timah hitam (Pb), tembaga (Cu), maupun garam anorganik. Bahan pencemar berupa logam-logam berat terakumulasi dalam tubuh biasanya melalui makanan dan dapat tertimbun dalam organ-organ tubuh seperti ginjal, hati, limpa saluran pencernaan lainnya sehingga menyebabkan disfungsi organ-organ tubuh,
4. bahan pencemar organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yaitu senyawa organik yang berasal dari limbah pestisida, herbisida, polimer seperti plastik, deterjen, serat sintesis, limbah industri dan limbah minyak. Bahan pencemar ini tidak dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme, sehingga akan mengganggu aktifitas hidup organisme air.

II.2 Logam Berat

Logam berat dapat berasal dari kerak bumi berupa bahan murni organik dan anorganik. Secara alami siklus perputaran logam dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke makhluk hidup, ke dalam air, selanjutnya mengendap dan akhirnya kembali ke kerak bumi (Darmono, 1995).

Logam berat memiliki karakter seperti berkilau, lunak atau dapat ditempa, dan mempunyai daya hantar panas dan listrik yang tinggi (Apriadi, 2005). Selain itu, logam berat merupakan unsur kimia dengan nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida, memiliki bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , dan mempunyai respon yang spesifik pada organisme hidup (Sudarwin, 2008).

Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan nondegradable (tidak dapat dihancurkan) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan perairan terutama dalam biota perairan. Logam berat dalam perairan umumnya berada dalam bentuk ion-ion bebas, ion organik, ion kompleks maupun bentuk ion-ion lainnya bahkan dapat mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Pagoray *dalam* Warlina 2004).

Keberadaan logam berat dalam perairan akan berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Menurut Marganof (2003), logam berat memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. sulit didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai,
2. logam berat dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut,
3. logam berat mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Menurut Muhajir (2009), berdasarkan sudut toksikologinya logam berat dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *logam berat essential*, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup. Namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contohnya Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan sebagainya,
2. *logam berat nonessential*, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, contohnya Hg, Cd, Pb, Cr (VI) dan sebagainya.

Menurut Darmono (1995), urutan toksisitas logam berat paling tinggi ke paling rendah terhadap manusia adalah sebagai berikut $Hg^{2+} > Cd^{2+} > Ag^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > As^{3+} > Cr^{3+} > Sn^{2+} > Zn^{2+}$. Sedangkan menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990), sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu:

1. bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn,
2. toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co,
3. toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

II.2.1 Kandungan Logam Berat dalam Air

Konsentrasi logam berat dalam air secara alamiah sangat rendah dari rata-rata. Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam tersebut dapat meningkat. Kadar logam berat dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam perairan. Limbah tersebut dapat berasal dari aktifitas manusia, seperti limbah dari pembuangan sampah kapal-

kapal, logam, limbah perkotaan, pertambangan, pertanian maupun limbah perindustrian (Bangun, 2005).

Limbah industri yang mengandung logam berat dapat mengkontaminasi perairan sungai maupun laut dan akan berakumulasi dalam rantai makanan (biota) yang berasal dari perairan tersebut. Keadaan ini menunjukkan terjadinya pencemaran di perairan (Rukaesih, 2004). Keberadaan logam berat dalam perairan dapat berasal dari sumber alamiah maupun aktifitas manusia. Sumber alamiah masuk kedalam perairan dapat berasal dari pengikisan batuan mineral. Adapun logam yang berasal dari aktifitas manusia dapat berupa limbah industri ataupun buangan dari rumah tangga (Sudarwin, 2008).

II.2.2 Kandungan Logam Berat dalam Biota Air

Logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, tetapi beberapa jenis logam berat masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, walaupun dalam jumlah yang kecil. Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (siklus hidup), daya tahan (detoksifikasi) dan kemampuan individu untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi (Apriadi, 2005).

Menurut Darmono *dalam* Bangun (2005), menyatakan bahwa keberadaan logam berat dalam perairan memberikan pengaruh yang negatif terhadap kehidupan biota air, terutama bagi organisme yang tidak mampu mendegradasi logam berat tersebut. Hal ini disebabkan kebanyakan logam berat secara biologis terakumulasi dalam tubuh organisme sehingga dalam jangka waktu yang lama akan bersifat toksik (berbahaya). Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh

mahluk hidup akan melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan, logam berat akan diabsorpsi darah dengan berikatan pada protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tinggi akan menyebabkan detoksikasi pada organ hati dan gangguan ekskresi pada ginjal.

Logam berat dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian beberapa jenis biota perairan, dan beberapa organisme hanya mampu mentolerir dalam konsentrasi yang rendah. Akumulasi logam berat dalam tubuh biota dalam jangka waktu yang lama sehingga melebihi ambang toleransi akan mengakibatkan kematian biota (Supriatno dan Lelifajri, 2009).

II.3 Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) pertama kali ditemukan oleh Friedric Strohmeyer pada tahun 1817 (ilmuwan Jerman). Kadmium merupakan logam lunak yang terletak pada Golongan II B periode 5 dalam susunan periodik dengan nomor atom 48, dan massa atom relatif 112,40, titik lebur 321°C, dan titik didih 767°C (Hidayat, 2012).

a. Bentuk Kadmium

Kadmium (Cd) merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi, berwarna putih kebiru-biruan dan beracun. Kadmium biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa gabungan seperti kadmium oksida, kadmium chlorida, dan kadmium sulfida (Suseno, 2011). Kadmium ditemukan dalam bebatuan Calamine (Seng Karbonat) sehingga nama kadmium berasal dari kata latin “calamine” atau “Cadmia” (Hidayat, 2012).

Menurut Lestari *dalam* Desratriyanti (2009), kadmium yang ditemukan di bebatuan Calamine (Seng Karbonat) dalam bentuk greenockite (CdS) yang selalu ditemukan bersamaan dengan mineral spalerite (ZnS). Di udara, uap teroksidasi dengan cepat dan menghasilkan kadmium oksida. Kadmium dapat ditemukan dalam berbagai sumber alam, namun yang paling melimpah terdapat dalam bijih seng, timah, dan tembaga sulfida. Sumber kadmium lainnya adalah bijih nitrat tetrahedritenartile, yang ditemukan pada lapisan air bagian atas yang dipengaruhi zona fotik dan produktivitas fitoplankton. Kadmium dalam perairan merupakan ion biovalen yang dapat terikat membentuk CdCl_2 , CdSO_4 , dan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. Selain itu, kadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida (CdCl_2), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat (CdCO_3) (Muhajir, 2009).

b. Sifat dan Karakteristik Kadmium (Cd)

Logam berat kadmium mempunyai sifat fisik yaitu merupakan logam yang lunak, mengkilap dan berwarna putih perak sedangkan sifat kimianya yaitu memiliki bilangan valensi 2^+ dan ion-ion Cd^{2+} akan mengalami proses pengendapan dalam larutan OH^- dalam bentuk senyawa terhidratasi yang berwarna putih (Palar, 1994). Sedangkan menurut Darmono (1995), kadmium mempunyai sifat dan kegunaan sebagai berikut:

- mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk campuran pembuatan bahan-bahan keramik, enamel dan plastik,
- sangat tahan terhadap korosi sehingga bagus untuk melapisi pelat besi dan baja.

Sifat kimia dari kadmium juga sangat mirip dengan seng yang akan mengalami proses-proses geokimia (Achmad, 2004). Lebih lanjut menurut Widowati dan Sastiono (2008), kadmium mempunyai sifat kimia tidak larut dalam keadaan basa, mudah bereaksi serta menghasilkan kadmium oksida apabila dipanaskan.

c. Sumber Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) telah digunakan semenjak tahun 1950 dengan total produksi dunia sekitar 15.0000 - 18.000 ton per tahun, yang digunakan sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan pada electroplating (Palar, 1994). Kadmium juga dapat digunakan sebagai bahan kimia, fotografi, pembuatan tabung TV, cat, karet, sabun, kembang api, percetakan tekstil dan bahan pigmen untuk gelas dan email gigi (Herman, 2006).

Kadmium (Cd) merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng (Zn) yang digunakan sebagai pengganti seng. Kadmium telah banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik untuk proses produksinya terutama pada industri pertambangan seng (Zn), timah (Pb), kobalt (Co), dan kuprum (Widowati dan Sastiono, 2008). Kadmium murni ini banyak digunakan sebagai pelapis logam, begitu pula pada pabrik yang membuat Ni-Cd baterai sehingga kadmium murni ini digunakan untuk membuat alloy baterai (Muhajir, 2009).

d. Pengaruh Kadmium terhadap Organisme Perairan

Akumulasi logam berat sedikit demi sedikit dalam tubuh biota yang terutama pada organ target sampai melebihi daya toleransi akan mengakibatkan kematian (Palar, 1994). Kadmium masuk kedalam tubuh hewan melalui

penyerapan insang dan saluran pencernaan. Kadmium dalam usus dengan konsentrasi yang tinggi akan menempel pada sel epitel dinding usus sehingga menyebabkan kerusakan pada usus biota. Kadmium dapat pula tertimbun dalam jaringan dan berikatan dengan protein metalotionein yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama (Darmono, 1995).

Sedangkan menurut Hutagalung *dalam* Supriatno dan Lelifajri (2009), bahwa peningkatan kadar logam berat dalam air akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, standar baku kadar kadmium untuk perikanan adalah 0,01 mg/liter. Kriteria baku mutu kadmium untuk biota laut menurut Menteri Lingkungan Hidup (2004) adalah 0,001 mg/liter (Rachmawatie *dkk.*, 2009).

e. Pengaruh Kadmium terhadap Manusia

Kasus toksisitas kadmium sejak tahun 1980 terus mengalami peningkatan sampai sekarang bahkan telah diketahui bahwa kadmium merupakan logam berat yang paling banyak menimbulkan toksisitas pada makhluk hidup khususnya pada manusia. Kadmium dapat dengan mudah masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman yang telah terkontaminasi oleh logam berat kadmium (Darmono, 1995). Kadmium dapat pula menghambat aktivitas dari enzim yang menyebabkan gangguan pada paru-paru. Proses toksisitas kadmium dalam yaitu kadmium akan masuk dalam saluran pernapasan dan pencernaan lalu diadsorpsi

tubuh sehingga terakumulasi di hati dan ginjal yang menyebabkan kerja enzim terganggu yang berujung pada terganggunya kesehatan (Zulkarnain, 2008).

Keracunan kadmium dapat pula mengakibatkan kerusakan jaringan testikuler dan sel-sel darah merah (Achmad, 2004). Pencemaran kadmium (Cd) di Jepang menyebabkan penyakit Itai-itai di sepanjang sungai Jinzo di Pulau Honsyu. Logam Cd juga dapat berakibat pada kerusakan pada organ ginjal dan hati, dan jika kandungan Cd mencapai 200 µg/gram (berat basah) dalam korteks ginjal, akan mengakibatkan kegagalan ginjal dan berakhir dengan kematian (Herman, 2006).

Kadmium merupakan logam berat yang tidak mudah diekskresikan dari dalam tubuh sehingga akan terakumulasi terus di dalam tubuh. Akumulasi logam berat kadmium dalam tubuh manusia dengan jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja dari paru-paru, bahkan dapat berefek pada kanker paru-paru. Selain itu, dapat pula menyebabkan anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan pada organ ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, kerusakan tulang (osteomalacia, osteoporosis), dan terjadinya meningkatkan tekanan darah. Gejala umum keracunan logam berat kadmium adalah sakit pada bagian dada, gejala mual, muntah, diare, sesak nafas (asma), batuk-batuk, dan melemahnya tubuh (Anonim, 2009).

II.5 Kelor *Moringa oleifera* Lamk.

A. Klasifikasi Kelor *Moringa oleifera* Lamk.

Klasifikasi tumbuhan kelor *Moringa oleifera* Lamk menurut Tjitrosoepomo (1996) adalah sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Class	: Dicotyledoneae
Sub Class	: Dialypetalae
Ordo	: Brassicales
Familia	: Moringaceae
Genus	: <i>Moringa</i>
Species	: <i>Moringa oleifera</i> Lamk.

Kelor *Moringa oleifera* Lamk. umumnya berhabitus perdu yang dapat memiliki tinggi batang 7-11 meter, terutama tumbuh di daerah iklim tropis. Tumbuhan kelor dapat tumbuh subur dari daratan rendah sampai dengan ketinggian 300-500 mdpl. Tumbuhan ini memiliki batang yang kayunya getas (mudah patah) dan cabangnya jarang dengan daun majemuk yang berbentuk bulat telur. Daun tanaman ini biasanya dikonsumsi sebagai sayuran bening (Mualifah, 2009).



Gambar 1. Buah dan biji kelor *Moringa oleifera* Lamk yang sudah tua

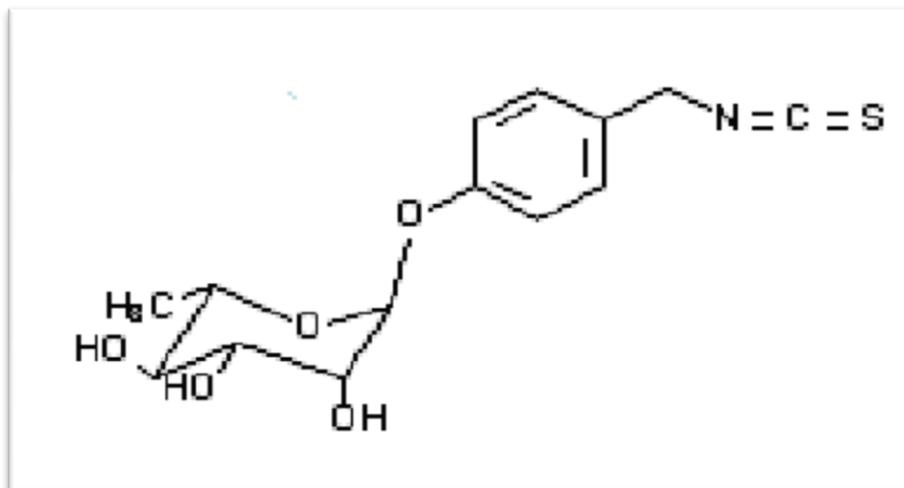
Bunga kelor berwarna putih kekuning-kuningan dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau. Buah kelor berbentuk segitiga memanjang, berbentuk polong berwarna hijau yang keras dengan ukuran ± 120 cm. Buah kelor yang masih muda biasanya dipanen untuk sayuran pada 50-70 hari setelah berbunga, sedangkan buah yang matang dengan biji tua dapat dipanen sekitar 100-115 hari setelah berbunga. Buah kelor yang sudah tua berwarna coklat berdiameter 1-1,4 cm, bijinya bersayap tipis dengan panjang 0,5-2,5 cm (Zulkarnain, 2008).

B. Kandungan Senyawa Kelor *Moringa oleifera* Lamk.

Biji kelor terutama mengandung senyawa protein yang merupakan poli asam amino yang banyak memiliki gugus fungsional (basa lewis) disamping gugus utamanya. Keberadaan gugus fungsional asam amino diperkirakan mampu

mengikat ion logam berat khususnya kadmium (II) di dalam larutan melalui proses koagulasi (Zulkarnain, 2008).

Menurut Zulkarnain (2008), prinsip utama mekanisme koagulasinya adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan protein. Koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor dapat terjadi melalui mekanisme pembentukan ikatan antara basa lewis dari protein dengan kadmium (II) yang bersifat asam lewis. Proses koagulasi ini diperkuat dengan adanya kandungan zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate, zat aktif ini mampu menggumpalkan dan sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel-partikel limbah (Mukarromah, 2008). Lebih lanjut menurut Sutanto (2008), zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate juga mampu mengurangi bahkan menghilangkan bakteri-bakteri berbahaya dalam air.



Gambar 2. Struktur zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate (Fahey, 2005)

Menurut Witariadi *dkk.* (2009) tanaman kelor *Moringa oleifera* Lamk. memiliki kandungan gizi per 100 gramnya, dapat dilihat pada Tabel 1, berikut ini.

Tabel 1. Kandungan senyawa dan unsur mineral per 100 gram tanaman kelor *Moringa oleifera* Lamk.

No.	Kandungan	Biji	Daun	Tepung Daun
1	Kadar Air (%)	86.9	75.0	7.5
2	Kalori	26	92	205
3	Protein (g)	2.5	6.7	27.1
4	Lemak (g)	0.1	1.7	2.3
5	Karbohidrat (g)	3.7	13.4	38.2
6	Fiber (g)	4.8	0.9	19.2
7	Mineral (g)	2.0	2.3	-
8	Ca (mg)	30	440	2,003
9	Mg (mg)	24	24	368
10	P (mg)	110	70	204
11	K (mg)	259	259	1,324
12	Cu (mg)	3.1	1.1	0.57
13	Fe (mg)	5.3	7	28.2
14	S (mg)	137	137	870
15	Oxalic acid (mg)	10	101	1.6%
16	Vitamin A - B carotene (mg)	0.11	6.8	16.3
17	Vitamin B -choline (mg)	423	423	-
18	Vitamin B1 -thiamin (mg)	0.05	0.21	2.64
19	Vitamin B2 -riboflavin (mg)	0.07	0.05	20.5
20	Vitamin B3 -nicotinic acid (mg)	0.2	0.8	8.2
21	Vitamin C -ascorbic acid (mg)	120	220	17.3
22	Vitamin E -tocopherol (mg)	-	-	113
23	Arginine (g/16g N)	3.6	6.0	1.33%
24	Histidine (g/16g N)	1.1	2.1	0.61%
25	Lysine (g/16g N)	1.5	4.3	1.32%
26	Tryptophan (g/16g N)	0.8	1.9	0.43%
27	Phenylalanine (g/16g N)	4.3	6.4	1.39%
28	Methionine (g/16g N)	1.4	2.0	0.35%
29	Threonine (g/16g N)	3.9	4.9	1.19%
30	Leucine (g/16g N)	6.5	9.3	1.95%
31	Isoleucine (g/16g N)	4.4	6.3	0.83%
32	Valine (g/16g N)	5.4	7.1	1.06%

(From *Moringa oleifera: Natural Nutrition for the Tropics* by Lowell Fuglie, 1999)

C. Manfaat Biji Kelor *Moringa oleifera* Lamk.

Protein biji kelor berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan air, sehingga biji kelor dapat digunakan sebagai penjernih air. Protein tersebut adalah polielektrolit kationik yang bersifat koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid dalam air sehingga dapat membentuk gumpalan yang mengendap (Khasanah, 2008). Selain itu kandungan zat aktif *4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate* yang mampu menggumpalkan dan menetralkan tegangan permukaan partikel limbah (Mukarromah, 2008).

Menurut Astuti (2010), tingkat kekeruhan air sumur gali dapat dijernihkan dengan cara penambahan biji kelor. Penelitian mengenai manfaat biji kelor telah dilakukan pula di Universitas Gajah Mada, Yogyakarta dalam proses pengolahan limbah cair dari pabrik. Hasil penelitian menunjukkan adanya degradasi zat warna hingga 98%, penurunan BOD 62% dan kandungan lumpur 70 ml/liter. Selain itu, biji kelor juga berkasiat sebagai antibakteri, mampu membersihkan 90% dari total bakteri *E. coli* dalam seliter air sungai dalam waktu 20 menit.

Hasil penelitian yang dilakukan Tarigan (2007) menunjukkan bahwa biji kelor juga memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi ion-ion besi dalam air. Pada percobaannya menggunakan variasi tiga macam usia biji kelor yaitu muda, tua segar dan tua kering ternyata bahwa serbuk biji kelor yang berasal dari kelor muda justru mempunyai kemampuan yang besar untuk menurunkan kadar ion besi dalam air. Hal ini disebabkan kandungan bahan aktif dalam buah yang berumur tua semakin berkurang.

II.7 Spektrofotometri Serapan Atom

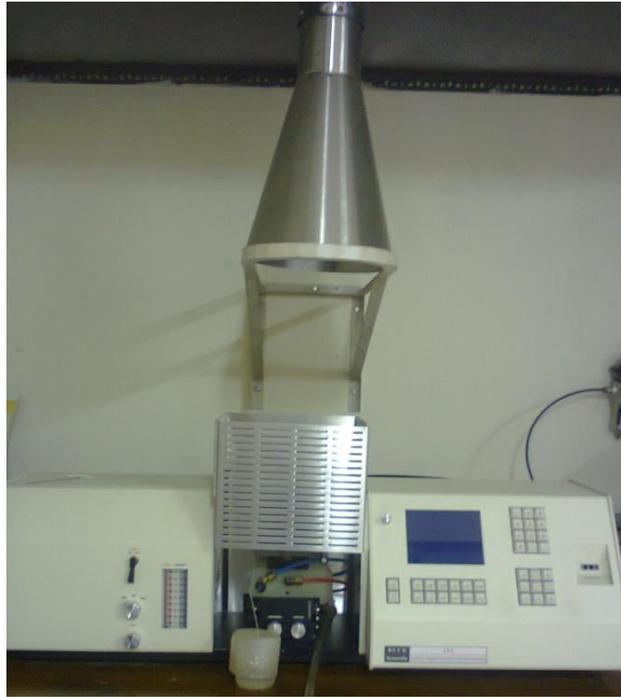
Umumnya kandungan logam berat yang kadarnya kecil dalam suatu bahan sulit ditentukan keberadaannya jika menggunakan pereaksi-pereaksi kimia, namun, dapat ditentukan keberadaannya dengan menggunakan alat spektrofotometri serapan atom (Gunanjar, 1985).

Analisis akumulasi logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Oleh karena yang mengabsorpsi sinar adalah atom, maka ion atau senyawa logam berat harus diubah menjadi bentuk atom (Bangun, 2005).

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan salah satu teknik analisis untuk mengukur jumlah unsur berdasarkan jumlah energi cahaya yang diserap oleh unsur tersebut dari sumber cahaya yang dipancarkan. Prinsip kerja alat ini berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda berongga (hollow cathode lamp) yang mengandung unsur yang akan dianalisis. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logam (Arifin, 2008).

Salah satu keuntungan analisis dengan SSA adalah tidak perlu dilakukan pemisahan unsur atau larutan sehingga sampel dapat dianalisis secara langsung kandungan unsurnya. Hal ini karena SSA merupakan instrumen yang mempunyai

spesialisasi untuk menganalisis unsur logam dengan tingkat keakuratan yang baik (Khopkar, 2003).



Gambar 3. Spektrofotometri serapan atom