

**EFEKTIFITAS SERBUK BJI KELOR *Moringa oleifera* Lamk. DALAM
MENURUNKAN KADAR TIMBAL (Pb) PADA AIR**

LILIS RESTAN ODANG

H41109281



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

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

Oleh :
LILIS RESTAN ODANG
H411 09 281

*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 TIMBAL (Pb) PADA AIR**

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si
NIP : 19630222 198903 1 003

Dr. Syarifuddin Liong, MS
NIP. 19520505 197403 1 002

KATA PENGANTAR

Syalom dan salam sejahtera,

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Efektifitas Serbuk Biji Kelor *Moringa oleifera*, Lamk Dalam Menurunkan Kadar Timbal Pada Air”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains (S.Si).

Penulis menyadari bahwa selama berlangsungnya penelitian, penyusunan sampai tahap penyelesaian skripsi ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak terutama kepada orang tua ku tercinta, Martha P. (mama) dan Lukas U. (papa). Penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan tanpa batas kepada semua pihak yang telah memberikan arahan, bimbingan dan petunjuk, motivasi dan doanya dalam proses penyusunannya, antara lain:

- Prof. Dr. dr. H. Idrus Paturussi selaku Rektor Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar.
- Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab. M.Sc Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unhas Makassar beserta staf.
- Dr. Eddy Soekandarsih, M.Sc selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unhas Makassar beserta staf dosen dan pegawai.

- Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si selaku pembimbing utama yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
- Dr. Syarifuddin Liong, MS selaku pembimbing pertama yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
- Helmy widyastuti S.Si. M.Si selaku penasehat akademik, terima kasih atas arahnya, bimbingan dan motivasi selama perkuliahan.
- Tim penguji skripsi Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si, Drs. Ambeng, M.Si, Dr. Zaraswati Dwiyana, M.Si, dan Dr. Irma Andriani, M.Si yang telah membantu penulis dalam menyempurnakan skripsi melalui kritik dan sarannya.
- Fibyanti, S.Si selaku analis laboratorium Kimia Analitik yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
- Keluarga-keluarga yang telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, Om Leman dan Tante Anna selaku orang tua (Wali) di Wasuponda, Kakek Faisal dan Nenek tercinta Alm. Ester di Soroako, Kakak dan Adik (Novita, Yunita, Krismanto, Reza dan Aprilia), Tante Fatimah sekeluarga, serta keluarga yang ada di Toraja..
- Helna Nurlianti selaku teman penelitian yang telah menjadi teman yang baik dan juga buat kesempatan yang boleh kita lalui bersama, susah dan senang bahkan galau yang sering menghampiri dalam penyusunan skripsi ini telah kita lewati bersama.

- Bi09genesis (Biologi 09 Generasi Eksis dan Manis) yang akan selalu saya rindukan momen-momen bersama dengan kalian dan semangat untuk teman-teman yang sementara menyusul dalam menyusun skripsi, semua akan indah pada waktunya, Amin!
- Teman-teman seperjuangan MIPA 2009 yang sempat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Alfonsus Tosari, S.Si dan teman-teman himbio yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.
- Adith Andika yang dengan setia telah menemani selama ini dan banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi ini.
- Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Tiada kata yang pantas penulis ucapkan selain dari doa dan mengucapkan syukur, semoga apa yang telah diberikan berkenan di hadapan Allah. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya. Amin!

Syalom

Makassar, Mei 2013

Penulis

ABSTRAK

Timah hitam (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, namun demikian dalam pemanfaatannya, logam Pb juga berpotensi dalam mencemari lingkungan perairan. Salah satu cara untuk menanggulangi pencemaran perairan adalah penggunaan agen penyerap/absorben dan pengakumulasi terhadap bahan beracun tersebut. Penelitian pemanfaatan serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. sebagai absorben timah hitam (Pb), dilakukan pada bulan November – Desember 2012, yang bertujuan untuk mengetahui efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan konsentrasi timah hitam dalam 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 Pb dari filtrat dan residu serbuk biji kelor menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk biji kelor mampu menurunkan konsentrasi logam timah hitam (Pb) dalam air, dosis serbuk biji kelor dan lama waktu kontak yang efektif untuk menurunkan konsentrasi Pb dalam air adalah pada dosis 300 mg dengan lama waktu kontak 24 jam.

Kata Kunci : *Serbuk biji kelor, absorben, timah hitam (Pb)*

ABSTRACT

Lead (Pb) is one of the oppressive metal that mostly used in every section of industrial. Unfortunately the use of lead (Pb) high potentially to soil the water environment. To solve this water vilification, some method was used, using absorbent agent to accumulate the poison in water is the effective method. Research about effectivity of Merunggai seed powder *Moringa oleifera* Lamk. As an agent to reduce lead (Pb) concentration in water has been conducted on November – December 2012, the aim of this research was to investigated the effectivity of Merunggai seed powder to reduce lead concentration in waters. Experimental research design using stratified random sampling with 2 factors. First factor is Merunggai seed powder with 3 dosage 100, 200, 300 mg and second factor is time contact duration within 24 and 48 hours. Each factor were set up with 3 replication. Lead concentration from filtrate and residue were measured using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) result showed that lead (Pb) concentration decreased with 300 mg Merunggai seed powder in 24 hours.

Keywords : *Merunggai seed powder, absorbent, lead (Pb)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Hipotesis.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.5 Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Pencemaran Air.....	5
II.2 Logam Berat.....	7
II.2.1 Timbal (Pb).....	8
a. Kedudukan Timbal Dalam Tabel Unsur.....	8
b. Bentuk Timbal.....	8
c. Sifat dan Karakteristik Timbal.....	8
d. Sumber Timbal.....	9
e. Pengaruh Timbal Terhadap Organisme, Khususnya Organisme Perairan.....	11
f. Pengaruh Timbal Terhadap Manusia.....	13
II.3 Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.....	14
a. Morfologi dan Habitus.....	14

b. Klasifikasi	15
c. Kandungan Senyawa.....	15
d. Manfaat Biji Kelor	17
II.4 Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
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 Timbal dalam Senyawa $Pb(NO_3)_2$ untuk Pembuatan Larutan Baku Induk.....	22
III.3.3 Pembuatan Larutan Baku Induk Timbal 1000 ppm.....	23
III.3.4 Pembuatan Larutan Intermediet Timbal 100 ppm.....	23
III.3.5 Pembuatan Larutan Kerja Timbal 10 ppm	23
III.3.6 Analisis Konsentrasi Logam Timbal pada larutan dan Residu dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	24
III.3.7 Pembuatan Deret Larutan Standar 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; 1,6 ppm; 3,2 ppm untuk Pembuatan Kurva Kalibrasi	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
IV.1 Hasil Penelitian	26
a. Hasil Pengukuran Kadar Logam Pb dalam Filtrat.....	26
b. Pengukuran Kadar Logam Pb dalam Residu	28
c. Pengolahan data penelitian.....	29
IV.2 Pembahasan Penelitian	32
BAB V Kesimpulan dan Saran	36
V.1 Kesimpulan.....	36
V.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kadungan senyawa dan unsur mineral per 100 gram tanaman Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.	16
Tabel 2. Konsentrasi Pb pada Air (Filtrat) dan yang Terserap.....	26
Tabel 3. Hasil pengukuran kadar logam Pb pada residu dengan menggunakan SSA	28
Tabel 4. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan untuk perlakuan dosis serbuk biji kelor	30
Tabel 5. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan untuk perlakuan lama waktu kontak serbuk biji kelor	30
Tabel 6. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan untuk interaksi dosis serbuk biji kelor dengan lama waktu kontak.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengaruh polutan berupa gas, bahan terlarut, dan partikulat terhadap lingkungan perairan dan kesehatan manusia.....	7
Gambar 2. Struktur dari Kandungan Aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzilisoithiocyanate....	15
Gambar 3. Buah dan Biji Kelor <i>Moringa oleifera</i> Lamk.	17
Gambar 4. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	20
Gambar 5. Hubungan variasi dosis serbuk biji kelor dan lama waktu kontak terhadap penyerapan kadar logam Pb (ppm).....	27
Gambar 6. Tahap-tahap koagulasi polielektrolit biji kelor	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Kerja	41
Lampiran 2 Perhitungan	45
Lampiran 3 Kurva	47
Lampiran 4 Tabel	48
Lampiran 3 Gambar	51

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu dari sekian banyak zat kimia yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan makhluk hidup lainnya. Air dipakai untuk berbagai keperluan dan harus memenuhi beberapa persyaratan baik dari sisi kuantitas maupun kualitasnya. Namun demikian sekarang ini badan air telah tercemari oleh berbagai sumber sehingga kuantitas dan kualitasnya semakin menurun.

Air menjadi kebutuhan primer yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia yang menduduki urutan kedua setelah udara. Kebutuhan masyarakat akan air minum yang layak dan aman untuk dikonsumsi semakin meningkat setiap hari sedangkan ketersediaan air minum yang layak dan berkualitas serta terjamin dari segi kesehatan semakin sulit diperoleh. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk yang sangat cepat, sedangkan kuantitas dan kualitas air tanah mengalami penurunan yang cukup tajam, akibat terjadinya kerusakan alam yang disertai resiko pencemaran yang semakin tinggi.

Kemajuan industri dan teknologi yang tidak memperhatikan keseimbangan lingkungan dapat menimbulkan berbagai dampak pencemaran udara, air dan daratan yang telah banyak melewati ambang batas baku mutu, sehingga menjadi penyebab utama menurunnya kualitas hidup manusia. Permasalahan yang sering terjadi adalah bila pengaturan dan pengawasan dari yang berwenang tidak dilaksanakan dengan baik. Penanggulangan pencemaran lingkungan dapat saja berjalan dengan baik bila ada niat, kesungguhan dan tanggung jawab moral dari pelaku atau penyebab pencemaran lingkungan.

Pada saat ini air telah banyak tercemar oleh berbagai komponen polutan dari berbagai sumber seperti limbah domestik, industri, pertanian, perikanan, transportasi, dan sebagainya. Komponen bahan polutan yang mencemari air dapat berupa komponen organik maupun anorganik seperti logam berat. Pada umumnya semua jenis logam berat berbahaya jika melebihi nilai ambang batas tertentu bagi makhluk hidup. Logam berat dapat menggumpal di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh dalam waktu yang lama sebagai racun yang

terakumulasi. Menurut Supriyanto (2011), salah satu logam berat yang sering mencemari daerah perairan adalah timbal (Pb). Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam beracun yang dapat terakumulasi dalam organ makhluk hidup, khususnya bagi manusia, karena akumulasi dari pengaruh racunnya yang dapat merusak jaringan tubuh, otak dan ginjal.

Menyadari ancaman yang begitu besar dari pencemaran logam berat, maka berbagai metode alternatif telah banyak digunakan seperti mengurangi konsentrasi logam berat yang akan dibuang ke perairan, tetapi dalam jangka waktu yang lama perlakuan tersebut dapat merusak lingkungan akibat dari akumulasi logam berat yang tidak sebanding dengan masa "*recovery* (perbaikan)" dari lingkungan itu sendiri. Salah satu jenis teknik yang dapat dilakukan adalah penetralan logam berat yang aktif menjadi senyawa yang kurang aktif dengan menambahkan senyawa-senyawa tertentu, kemudian dilepas ke lingkungan perairan. Namun demikian yang perlu diperhatikan adalah pembuangan logam berat non-aktif karena dapat dengan mudah terdegradasi kembali di lingkungan menjadi senyawa yang dapat mencemari lingkungan.

Timbal (Pb) merupakan unsur yang tidak dapat dimusnahkan (*Nondegradabel*) sehingga ada terus di alam. Untuk mengurangi kadar Pb pada air dapat digunakan suatu metode pengolahan absorpsi. Absorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada di dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Salah satu bahan penyerap yang dapat digunakan dalam mengabsorpsi logam berat seperti timbal adalah dengan memanfaatkan serbuk biji kelor *Moringa oleifera*. Menurut Sri (2010), bahwa biji buah kelor mengandung

zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate yang mampu mengabsorpsi dan menetralsir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah tersuspensi dengan partikel kotoran yang melayang dalam air.

Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian mengenai efektifitas serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan kadar timbal (Pb) pada Air.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis yang efektifitas dari serbuk biji kelor *Moringa oleifera* Lamk. dalam menurunkan kadar timbal (Pb) pada air.

I.3. Hipotesis

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

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) pada air.

I.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan 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

Nilai guna air dan sumber daya perairan ditentukan oleh kualitasnya yang sangat berkaitan dengan semua aktivitas yang ada di sekitarnya. Kualitas air di muara sungai dan pantai ditentukan oleh limbah-limbah yang terbuang baik secara langsung maupun tidak, yang berupa bahan-bahan organik, anorganik dan bahan tersuspensi (Amin, 2002).

Menurut PP No. 20/1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai : “*pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan 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*” (Pasal 1, angka 2). Menurut Warlina (2004) bahwa masukan tersebut sering disebut dengan *unsur pencemar*, yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair. Aspek penyebab dapat disebabkan oleh alam maupun oleh manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh alam tidak dapat berimplikasi hukum, tetapi pemerintah tetap harus menanggulangi pencemaran tersebut. Sedangkan aspek akibat dapat dilihat berdasarkan penurunan kualitas air sampai ke *tingkat tertentu*. Pengertian tingkat tertentu dalam definisi tersebut adalah tingkat kualitas air yang menjadi batas antara *tingkat tak-cemar* (tingkat kualitas air belum sampai batas) dan *tingkat cemar* (kualitas air yang telah sampai ke batas atau melewati batas).

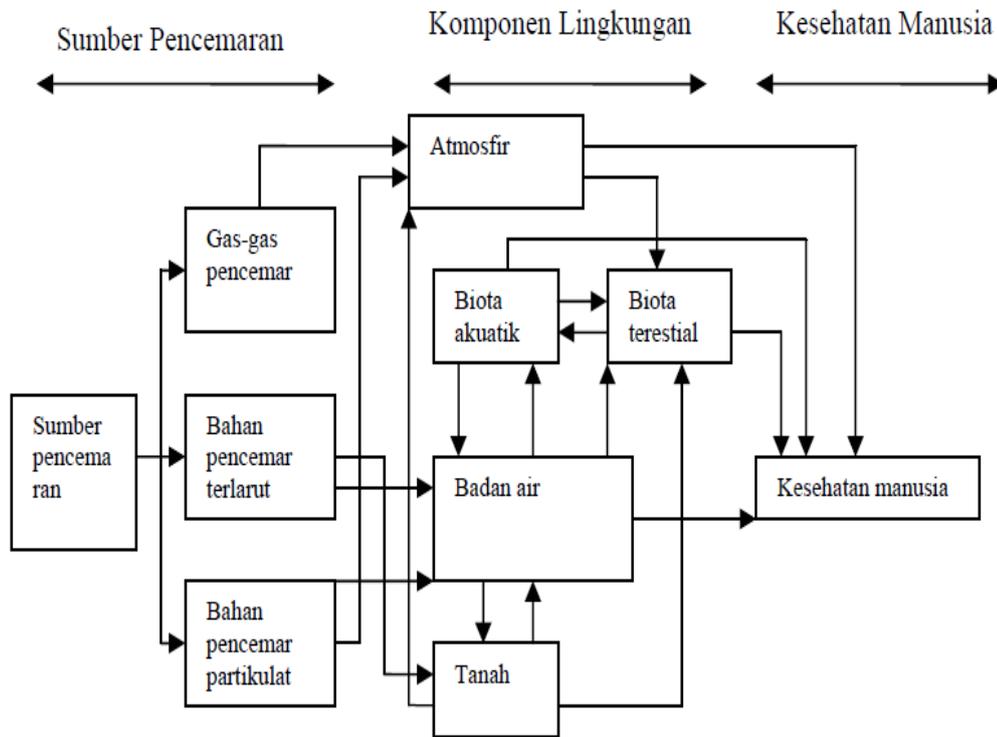
Air adalah bagian dari kehidupan di permukaan bumi, baik itu air tanah maupun air permukaan. Kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dengan air. Oleh karena itu, air merupakan salah satu unsur penting dalam sistem lingkungan hidup. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan air juga bertambah. Namun sebagian besar air yang digunakan manusia untuk aktivitas sehari-hari (kurang lebih 80%) akan dibuang dalam bentuk yang sudah kotor dan tercemar atau yang lebih dikenal dengan *limbah air* (Rasyid dkk, 2007).

Menurut Sudarmaji *dalam* Supriyanto (2011), air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri dan tempat-tempat umum lainnya. Air limbah biasanya mengandung bahan dan zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Secara umum sumber pencemaran air dapat dikategorikan menjadi 2 sumber kontaminan sebagai berikut menurut Supriyanto (2011):

- sumber kontaminan langsung meliputi efluen yang keluar dari industri, TPA (tempat pembuangan akhir) sampah, rumah tangga dan sebagainya.
- sumber kontaminan tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan.

Pengaruh bahan pencemar yang berupa gas, bahan terlarut, dan partikulat terhadap lingkungan perairan dan kesehatan manusia dapat ditunjukkan secara skematik, sebagai berikut menurut Effendi (2003).



Gambar 1. Pengaruh polutan berupa gas, bahan terlarut, dan partikulat terhadap lingkungan perairan dan kesehatan manusia

II.2 Logam Berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Palar, 1994). Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi. Logam berat terdiri atas dua kelompok yaitu *logam berat non esensial* yang sangat beracun (toksik) seperti: Arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb), cadmium (Cd) dan chromium (Cr) dan *logam berat esensial* yang juga dapat menjadi racun bila

dikonsumsi secara berlebihan, antara lain: tembaga (Cu), besi (Fe), zing (Zn), selenium (Se) (Supriyanto, 2011).

II.2.1 Timbal (Pb)

a. Kedudukan Timbal Dalam Tabel Unsur

Timbal dalam kesehariannya lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum* dengan simbol **Pb**. Logam ini termasuk ke dalam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia, bernomor atom (NA) 82 dengan massa atom relatif (Ar) 207,2 (Palar, 1994).

b. Bentuk Timbal

Timbal yang kita kenal sehari-hari sebagai timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan kata plumbum (Pb). Timbal dapat bereaksi dengan oksigen dalam udara dan membentuk timbal oksida. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II) oksida. Walaupun bersifat lunak dan lentur, Pb sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timah hitam dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat (Ardyanto, 2005).

c. Sifat Dan Karakteristik Timbal

Menurut Palar (1994), logam timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti berikut:

- (1) merupakan logam yang lunak sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah,
- (2) merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan coating,

- (3) mempunyai titik lebur rendah hanya $327,5^{\circ}\text{C}$,
- (4) mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa kecuali emas dan merkuri, dan merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

Sedangkan menurut Supriyanto (2011), timbal memiliki titik leleh 327°C dan titik didih 1.620°C . Pada suhu $550 - 600^{\circ}\text{C}$, timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal dioksida.

d. Sumber Timbal

Logam berat seperti timbal (Pb) merupakan salah satu bentuk materi anorganik yang sering menimbulkan berbagai permasalahan yang cukup serius pada perairan. Penyebab terjadinya pencemaran oleh logam berat pada perairan biasanya berasal dari masukan air yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan (Ali dan Rina, 2010). Selain itu, menurut Hindersah *dkk*, (2004), tanah secara alami mengandung Pb dengan konsentrasi 20 - 42 mg/kg yang tergantung dari batuan induk, cara terbentuknya tanah, dan translokasi logam berat di tanah.

Timbal (Pb) merupakan hasil samping dari pembakaran yang berasal dari senyawa tetraetil -Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin-mesin kendaraan. Penggunaan Pb di industri dan penambangan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya penambangan, peleburan, pembersih dan berbagai industri lainnya (Arsentina *dkk*, 2008).

Pb murni biasanya digunakan untuk melapisi logam lain sehingga tidak mudah berkarat, misalnya pipa-pipa yang dialiri bahan-bahan kimia yang bersifat korosif. Pb murni ini juga digunakan untuk melapisi kabel-kabel listrik bawah tanah atau pipa-pipa air. Lebih dari 200.000 ton Pb digunakan dalam industri kimia yang berbentuk tetra etil Pb, yang biasanya dicampur dengan bahan bakar minyak untuk melindungi mesin supaya lebih awet. Senyawa Pb juga digunakan untuk campuran pembuatan cat sebagai bahan pewarna karena daya larutnya yang rendah dalam air. Senyawa Pb yang sering digunakan adalah Pb putih atau $Pb(OH)_2$, $PbCO_3$, Pb merah atau Pb_3O_4 yang berwarna merah cerah dan yang digunakan sebagai cat anti karat. Cat yang berwarna kuning dapat dibuat dari campuran Pb dan Krom yaitu $PbCrO_4$ yang menghasilkan cat berwarna kuning kemerahan. Selain itu, timbal juga digunakan pada (1) campuran bahan atap, (2) bahan solder, (3) pewarna dalam industri cat, (4) bingkai kaca berwarna yang dibentuk sebagai lukisan jendela kaca, (5) pipa saluran air, (6) pelindung bahan radioaktif, (7) pelapis glasur pada industri keramik, (8) bahan murni (Pb_3O_4) untuk menghambat korosi, cat dasar dan pewarna bahan karet juga plastik, (9) sel aki: katoda (PbO_2) dan anoda (Pb dan Sn) dan (10) bahan anti knocking [tetraetillead, $Pb(C_2H_5)_4$] untuk menaikkan nilai oktan bahan bakar (Anonim, 2008). $Pb(C_2H_5)_4$

Timbal dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah sebagai hasil dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk dalam perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Logam timbal (Pb) yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari

aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk, diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan biji timah hitam dan buangan sisa industri baterai (Palar, 1994). Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak sungai untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan dan ion-ion logam berat tersebut dapat mencemari lingkungan terutama di sekitar jalur perairan yang dilaluinya. Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan (Dyah *dkk*, 2008). Sedangkan menurut Budianto (2012), timbal yang terdapat dalam air memiliki bilangan oksidasi Pb^{2+} , dan dikeluarkan oleh sejumlah industri dan pertambangan. Timbal yang berasal dari bahan bakar merupakan sumber utama dari timbal yang berada di atmosfer dan daratan yang kemudian dapat masuk ke dalam perairan secara alami. Timbal yang berasal dari batuan kapur merupakan sumber timbal yang berasal dari perairan alami.

e. Pengaruh Timbal Terhadap Organisme, Khususnya Organisme Perairan

Menurut Ali dan Rina (2010), logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui dua proses yaitu pengendapan dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan. Pada saat buangan limbah industri masuk ke dalam suatu perairan maka akan terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Hal ini menyebabkan konsentrasi bahan pencemar dalam sedimen meningkat. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001, kadar maksimum yang diizinkan untuk logam Zn adalah 0.05 mg/l, logam Pb adalah 0,03 mg/l, logam Cr (valensi 6) adalah 0.05 mg/l, dan untuk logam Cu adalah 0,02 mg/l. Sedangkan berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII /89 kadar maksimum yang diizinkan untuk logam Pb adalah 2,0 mg/kg; logam Zn adalah 100.0 mg/kg; dan untuk logam Cu adalah 20.0 mg/kg (Kohar *dkk*, 2005).

Akumulasi logam berat dalam tubuh hewan air menurut Sitorus (2004) dipengaruhi banyak faktor, antara lain:

- konsentrasi logam berat dalam air,
- konsentrasi logam berat dalam sedimen,
- pH air dan pH sedimen dasar perairan,
- tingkat pencemaran air dalam bentuk *cod* (*chemical oxygen demand*),
- kandungan sulfur dalam air dan sedimen,
- jenis hewan air,
- umur dan bobot tubuh, dan
- fase hidup (telur, larva).

Selanjutnya bila konsentrasi logam berat tinggi dalam air, ada kecenderungan konsentrasi logam berat tersebut tinggi dalam sedimen dan akumulasi logam berat dalam tubuh hewan demersal semakin tinggi. Disamping itu, pH air dan pH sedimen juga mempengaruhi akumulasi logam berat dalam tubuh hewan air, karena semakin rendah pH air dan pH sedimen, maka logam berat semakin larut dalam air (bentuk ion) sehingga semakin mudah masuk ke

dalam tubuh hewan tersebut, baik melalui insang, bahan makanan, ataupun melalui difusi (Sitorus, 2004).

f. Pengaruh Timbal Terhadap Manusia

Timbal terakumulasi di lingkungan, tidak dapat terurai secara biologis dan toksisitasnya tidak berubah sepanjang waktu. Timbal bersifat toksik jika terhirup atau tertelan oleh manusia dan di dalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali di dalam ginjal dan otak, dan disimpan di dalam tulang dan gigi. Manusia menyerap timbal melalui udara, debu, air dan makanan (Murhadi *dkk*, 2006).

Timbal (Pb) adalah logam beracun yang dapat terakumulasi dalam organ tubuh manusia dan hewan. Kumulatif dari pengaruh racun adalah menghancurkan jaringan tubuh yang serius, otak, fatal pada anemia dan ginjal. Logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia baik secara akut maupun kronis. Pengaruh toksisitas kronis paling sering dijumpai pada pekerja di pertambangan dan pabrik pemurnian logam. Oleh karena itu logam Pb yang berada di lingkungan perairan perlu mendapat perhatian khusus dalam penanganannya (Supriyanto, 2011).

Keterpaparan timbal dalam jumlah kecil tetapi dalam jangka waktu lama, akan menyebabkan terjadi akumulasi dan keracunan. Gejala keracunan kronis ringan berupa insomnia, sedangkan gejala keracunan timbal akut ringan adalah menurunnya tekanan darah dan berat badan. Keracunan akut yang cukup berat dapat mengakibatkan koma bahkan kematian (Palar, 1994). Menurut Budianto (2012), timbal dapat berasal dari makanan, minuman, atau inhalasi dari udara, debu yang tercemar Pb, kontak dengan kulit dan kontak dengan mata. Orang

dewasa mengabsorpsi Pb sebesar 5 - 15 % dari keseluruhan Pb yang dicerna, sedangkan anak-anak mengabsorpsi Pb lebih besar yaitu 41,5 % dari keseluruhan Pb yang dicerna. Di dalam tubuh manusia, Pb bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil Pb di ekskresikan lewat urin atau feses karena terikat oleh protein serta sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. Waktu paruh timbal (Pb) dalam eritrosit adalah selama 35 hari, dalam jaringan ginjal dan hati adalah 40 hari, sedangkan waktu paruh dalam tulang adalah 30 hari. Tingkat ekskresi Pb melalui sistem urinaria adalah sebesar 76%, gastrointestinal 16%, dan rambut, kuku, serta keringat sebesar 8%.

II.3 Kelor *Moringa oleifera* Lamk

a. Morfologi dan Habitus

Kelor *Moringa oleifera* Lamk., berhabitus perdu dengan tinggi batang 7-11 meter. Di Jawa, kelor sering dimanfaatkan sebagai tanaman pagar dan berkhasiat untuk obat-obatan. Pohon kelor tidak terlalu besar, batang kayunya getas (mudah patah) dan cabangnya jarang tetapi mempunyai akar yang kuat. Daunnya berbentuk bulat telur dengan ukuran kecil-kecil, bersusun majemuk dalam satu tangkai. Kelor dapat berkembangbiak dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah 300-500 meter di atas permukaan laut (Miftahul, 2008). Tanaman ini berbunga sepanjang tahun, buahnya berbentuk segitiga dengan panjang sekitar 30 cm, tumbuh subur mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Daun kelor menyirip sirip majemuk ganda dan

beranak daun membundar kecil. Bunganya berwarna putih kekuning-kuningan dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau (Khasanah, 2008).

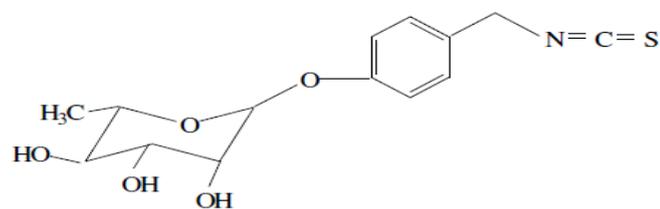
b. Klasifikasi

Klasifikasi tumbuhan Kelor *Moringa oleifera* Lamk, menurut Tjitrosoepomo (2000) adalah :

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Sub Classis	: Dialypetalae
Ordo	: Brassicales
Family	: Moringaceae
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lamk.

c. Kandungan Senyawa

Menurut Khasanah (2008), struktur dari zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benziliso-thiocyanate dalam biji kelor dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Struktur dari Kandungan Aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benziliso-thiocyanate

Kandungan gizi tumbuhan Kelor *Moringa oleifera* Lamk.(per 100 gram)

menurut Witariadi *dkk* (2009) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kadungan 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	Calori	26	92	205
3	Protein (g)	2.5	6.7	27.1
4	Lemak (g)	0.1	1.7	2.3
5	Carbohydrate (g)	3.7	13.4	38.2
6	Fiber (g)	4.8	0.9	19.2
7	Minerals (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%

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

Biji kelor berperan sebagai koagulan yang efektif, karena adanya zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate yang terkandung dalam biji kelor.

Zat aktif itu mampu mengabsorpsi partikel-partikel air limbah (Khasanah, 2008). Biji kelor mengandung polielektrolit kationik dan flokulan alamiah dengan komposisi kimia berbasis polipeptida dengan berat molekul 6.000 – 16.000 dalton, juga mengandung 6 asam-asam amino sehingga dapat mengkoagulasi dan flokulasi kekeruhan air (Sri, 2010).

d. Manfaat Biji Kelor

Senyawa bioaktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy benzilisothiocyanate dalam biji kelor mampu mengabsorpsi dan menetralsir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah, sehingga sangat potensial digunakan sebagai koagulan alami untuk membersihkan air sehingga layak minum (Dwi dkk, 2007).

Hidayat *dalam* Stevens (2001), menyatakan bahwa protein dalam biji kelor berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan. Protein tersebut adalah polielektronik kationik. Polielektrolit biasanya digunakan sebagai koagulan limbah cair dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid, tetapi polielektrolit bermuatan sama sebagaimana koloid dapat juga digunakan sebagai koagulan dengan menjembatani antar partikel.



Gambar 3. Buah dan Biji Kelor *Moringa oleifera* Lamk.

Hasil pengukuran dengan metode biuret, menunjukkan konsentrasi protein dari biji dalam kotiledon sebesar 147,280 ppm/gram, yang mengandung 3 asam amino yang sebagian besar asam glutamat, metionin, dan arginin. Rantai cabang asam amino glutamat bermuatan negatif pada gugus karboksilnya, sedangkan arginin bermuatan positif pada gugus guanidino. Asam metionin mempunyai rantai cabang atom belerang yang berperan dalam pembentukan ikatan disulfida molekul protein (Miftahul, 2008).

Hasil penelitian Madsen dan Dchulundt serta Grabow, dkk dalam Dwi dkk (2006) menunjukkan bahwa serbuk biji kelor mampu menumpas bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* dan *Salmonella typhimurium*. Di Afrika biji kelor dimanfaatkan untuk mendeteksi pencemaran air oleh bakteri-bakteri tersebut. Setiap butiran biji kelor yang telah dilarutkan akan mengikat dan menggumpalkan partikel-partikel padatan dalam air beserta mikroba dan kuman penyakit yang terdapat di dalam air, sehingga membentuk gumpalan yang lebih besar yang akan mudah tenggelam mengendap ke dasar air (Mustapa, 2011).

II.4 Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer Serapan Atom adalah alat yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur logam dan metalloid, yang berdasarkan pada penyerapan (absorpsi) radiasi oleh atom unsur bebas tersebut. Dalam spektrofotometer serapan atom, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi mulai dari energi termis atau panas, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses dalam atom bebas, yang hasilnya berupa emisi (pancaran) radiasi, panas dan sebagainya. Radiasi yang ditimbulkan dari interaksi

mempunyai panjang gelombang yang benar-benar karakteristik untuk atom yang bersangkutan. Absorpsi / emisi radiasi disebabkan karena adanya transisi elektronik, yaitu perpindahan elektron dalam atom dari tingkat energi yang satu ke tingkat energi yang lain (Budianto, 2012).

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode analisis untuk menentukan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi sumber oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Proses penyerapan tersebut menyebabkan atom penyerap tereksitasi, dimana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Banyaknya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (absorbansi) atau mengukur radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan (Boybul dan Iis, 2009). Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode spektrofotometri yang memanfaatkan fenomena serapan sebagai dasar pengukuran, dimana terjadi penyerapan energi oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Daerah spektrum yang termasuk ke dalam metode ini adalah sinar tampak dan sinar ultraviolet. Prosedur analisisnya relatif sederhana dan analisis suatu logam tertentu dapat dilakukan dalam campuran dengan unsur-unsur lain (Razak, 2003).



Gambar 4. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)