

Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.)  
Dalam Mengurangi Kadar Kadmium (II)

**SKRIPSI**

oleh :

**Zulkarnain**

**NIM: 03530010**



**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG**

**MALANG**

**2008**

Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.)  
Dalam Mengurangi Kadar Kadmium (II)

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

**Universitas Islam Negeri Malang**

**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

oleh :

**Zulkarnain**

**NIM: 03530010**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG**

**MALANG**

**2008**

HALAMAN PERSETUJUAN

Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.)  
Dalam Mengurangi Kadar Kadmium (II)

**SKRIPSI**

oleh :

**Zulkarnain**

**NIM: 03530010**

**Telah Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing I  
III**

**Dosen Pembimbing II**

**Dosen Pembimbing**

**Eny Yulianti, M.Si  
M.Pd  
NIP.150 368 797**

**Ach. Nashichuddin, MA  
NIP. 150 302 531**

**Rini Nafsiati Astuti,  
NIP. 150 327 252**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Malang**

**Diana Candra Dewi, M.Si  
NIP. 150 327 251**

## HALAMAN PENGESAHAN

Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.)  
Dalam Mengurangi Kadar Kadmium (II)

### SKRIPSI

oleh :

**Zulkarnain**

**NIM: 03530010**

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal, 2 April 2008

Susunan Dewan Penguji  
Tangan

Tanda

- |                    |                              |   |   |
|--------------------|------------------------------|---|---|
| 1. Penguji Utama   | : Anton Prasetyo, M.Si       | ( | ) |
|                    | NIP. 150 377 252             |   |   |
|                    | Elok Kamilah Hayati, M.Si    | ( | ) |
|                    | NIP. 150 377 253             |   |   |
| 2. Ketua Penguji   | : Eny Yulianti, M.Si         | ( | ) |
|                    | NIP. 150 368 797             |   |   |
| 3. Sekr. Penguji   | : Rini Nafsiati Astuti, M.Pd | ( | ) |
|                    | NIP. 150 327 252             |   |   |
| 4. Anggota Penguji | : Ach. Nashichuddin          | ( | ) |
|                    | NIP. 150 302 531             |   |   |

Mengetahui Dan Mengesahkan  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang

Diana Candra Dewi, M.Si

NIP. 150 327 251

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Ilahi Robbi Sang Pemilik alam ini.*

*Shalatullah wa salamullah 'ala Sayyidina Muhammad SAW.*

*Sang Pembebas dari kejahiliyaan.*

*Karya ini kupersembahkan untuk.....*

*Ayah Mochammad Rasik dan Bunda Hamnah Rasik yang telah menghidupkan lentera cinta dalam hati anak-anaknya sebagai bekal menghadapi kerasnya kehidupan. Ayah Bunda... suatu saat aku pasti akan membahagiakan mu... walau itu semua tidak akan bisa membalas ketulusan cinta mu... tapi yakinlah engkau akan selalu di hati anak mu...*

*Keluarga besar Rasik di Tanjung Agung yang selalu mendidik, dan menjadi inspirasi sekaligus motivator ku dalam menggapai kesuksesan yang hakiki*

*Guru-guru ku.... yang selalu menyalakan lilin-lilin ilmu yang bermanfaat untuk kehidupan di dunia dan akhirat. Terima kasih atas didikan dan ajaran yang diberikan...*

*Sahabat-sahabat ku... tangan mu selalu engkau ulurkan ketika aku lemah dan terjatuh... senyum cinta mu selalu engkau lepaskan ketika aku bahagia.... karena kalian hidup ku menjadi tubuh yang utuh. Tubuh ini akan sakit ketika engkau sakit... Tubuh ini bahagia ketika engkau bahagia...*

# MOTTO

*Ingatlah kebaikan orang lain walupun itu sebesar atom, maka hidup mu... akan bahagia penuh dengan cinta.....*

*Lupakanlah kejelekan orang lain walaupun sebesar gunung, maka hidup mu... akan terbebas dari kebencian dan nista...*



## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Penulis menyadari banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan, utamanya kepada:

1. Ibu Diana Candra Dewi, M. Si selaku Ketua Jurusan kimia Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Malang.
2. Ibu Eny Yulianti, M.Si, Ibu Rini Nafsiati Astuti, M.Pd, dan Bapak Ach. Nashichuddin, MA selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, Ibu Himmatul Barroroh, M.Si, Bapak Tri Kustono Adi, S.Si, Ibu Eny Yulianti, M.Si, Ibu Rini Nafsiati Astuti, M.Pd, Ibu Akyunul Jannah, MP, Bapak Anton Prasetyo, M.Si, Bapak A.Ghanaim Fasya, S.Si, Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, dan Ibu Rachmawati, M.Si yang memberikan bekal ilmu dan nasehat kehidupan kepada penulis.
4. Bapak Jaiz Kumkelo yang membuat penulis mengerti akan arti cinta orang tua dan sahabat.
5. Ayah Mochammad Rasik dan Bunda Hamnah Rasik yang menghidupkan lentera cinta di hati anak-anaknya sebagai bekal mengarungi samudra kehidupan.
6. Keluarga besar Rasik yang selalu mendoakan penulis menjadi anak yang berguna dalam kehidupan ini.
7. Kakak Sulaiman Efendy, ST, Kakak Endang Suryadi, ST, Ayuk Ratema, Ayuk Sumarni, Ayuk Suhartini. Kak Yahman, Kak Samsul, Kak Iwan, Ayuk Anin, Ayuk Surmi, SE yang selalu mensupport penulis agar menjadi orang yang lebih baik lagi dan sukses dalam kehidupan ini.

8. Keponakan-keponakan yang hebat, Merry Trisnawati, Donna, Koko Chaniago, Frenky Pratama, Ade, Andre, dan Handika Sanjaya yang menjadi motivator tercanggih dalam abad ini.
9. Sahabat-sahabat di Tanjung Agung Rupi'ah, Raga Buana, Ellya, Firman Sudi, Neti, Supriadi, Eef, Rosya, Hulya, dan Subiran (Alm) dengan adanya engkau membuat hidup ini lebih berarti dan mengerti jalan mana yang akan ditempuh.
10. Sahabat-sahabat yang *cool* abiz, Mang Fadli Prayogi, Abang Taufik Husein, Adek Latifah Fuadiah, Makcik Fila Mona, Bang A. Fikri, Kang Bejo, Mr. Takim, Mr. Achi, Mr. Denny, Ismatul Spikologi, Tam Unmer, Sukma Hadi UM, dan Dion dengan adanya engkau semua membuat penulis selalu belajar tentang arti kehidupan yang sebenarnya.
11. Keluarga Besar Bapak Mashuri, Bang Iqbal yang selalu mengingatkan penulis agar tidak keliru dalam menyusuri jalan kehidupan.
12. Sahabat-sahabat Kimia Brawijaya, Yerry Rozaq, Fauzi, Suwondo, Ubaidillah, Siswanto, Arif yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Sahabat-sahabat Kimia UIN 2003, Ach. Washil, Moh. Taufik, Ika Arnas, Uswatun, Lailatul, Lilik Rohmawati, Halimatur Rosyida, Lilik Miftahul, Kartika, Akyunin, Susilowwati, dan semua teman-teman kimia 2003, dengan adanya kalian membuat duka sebagai anak pertama selalu berubah menjadi suka penuh tawa.
14. Sahabat-sahabat Kimia UIN 2004, Santi, Mar'atus, Devi, Mualifah, Elly, Melka, Muhibatul, Uswah, Taufik, Miko, Faijal, dan semua teman-teman kimia 2004 yang sering membantu dan mendoakan penulis agar menjadi lebih baik lagi.
15. Sahabat-sahabat Kimia UIN 2005, Halimah, Izzah, Fajar, Umi yang sering mensupport penulis agar cepat wisuda.
16. Sahabat-sahabat Kimia UIN 2006, Iqbal Fikri, Risman, Rijal Kriting, Sodikin, Ninik, yang menjadi motivator agar penulis bisa menjadi kakak yang baik.



17. Laboran Kimia UIN, Mbak Nur aini, S.Si yang telah mendukung penulis menyelesaikan penelitian.

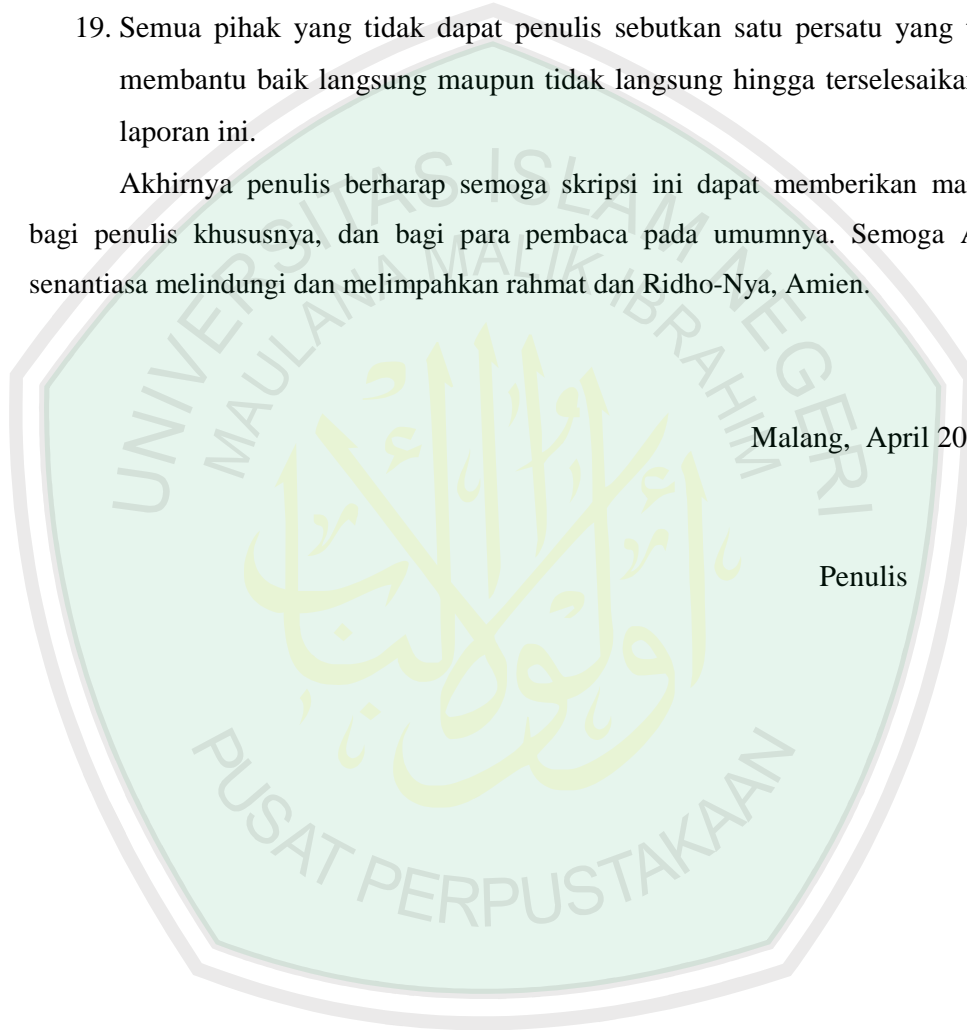
18. Sahabat-sahabat Biologi 2003, Jumat Hadi, Heri Susanto, Isa Amrulloh, Zulfan, Reni, yang membuat hidup ini terasa "*gambleh*" yang penuh tawa.

19. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya laporan ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi para pembaca pada umumnya. Semoga Allah senantiasa melindungi dan melimpahkan rahmat dan Ridho-Nya, Amien.

Malang, April 2008

Penulis



## DAFTAR ISI

	HALAMAN JUDUL.....	I
	LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
	LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
	LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
	MOTTO.....	v
	KATA PENGANTAR.....	vi
	DAFTAR ISI.....	viii
	DAFTAR TABEL.....	x
	DAFTAR GAMBAR.....	xi
	DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
	ABSTRAK.....	xiii
BAB I	PENDAHULUAN	
	1.1 Latar Belakang.....	1
	1.2 Rumusan Masalah.....	3
	1.3 Tujuan Penelitian.....	4
	1.4 Batasan Masalah.....	4
	1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II	KAJIAN PUSTAKA	
	2.1 Kelor (Moringa Oleifera Lamk).....	5
	2.1.1. Biji Kelor.....	8
	2.2. Kadmium (Cd).....	11
	2.2.1. Mekanisme Toksisitas Kadmium.....	14
	2.2.2. Efek Toksisitas Kadmium.....	15
	2.3. Koagulasi dan Flokulasi.....	18
	2.3.1 Mekanisme Koagulasi.....	19
	2.4. Spektroskopi Serapan Atom.....	22
	2.5. Spektrofotometri Infrared.....	23
	2.6. Pencemaran Kadmium Di Lingkungan Ditinjau dari Perspektif Islam.....	25
BAB III	METODE PENELITIAN	
	3.1 Waktu dan Tempat.....	32
	3.2 Bahan. Dan Alat.....	32
	3.2.1. Bahan.....	32
	3.2.1. Alat.....	33
	3.3 Cara Kerja.....	34
	3.3.1. Preparasi Koagulan Biji Kelor.....	34
	3.3.2. Pembuatan Larutan Dithizone 50 ppm.....	34
	3.3.3. Pembuatan Larutan Stok CdI <sub>2</sub> 500 ppm.....	34
	3.3.4. Analisis Kualitatif dengan IR.....	34
	3.3.5. Pembuatan Kurva Standar Kadmium(II).....	35
	3.3.6. Penentuan Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Optimum.....	35
	3.3.7. Penentuan pH Optimum.....	35

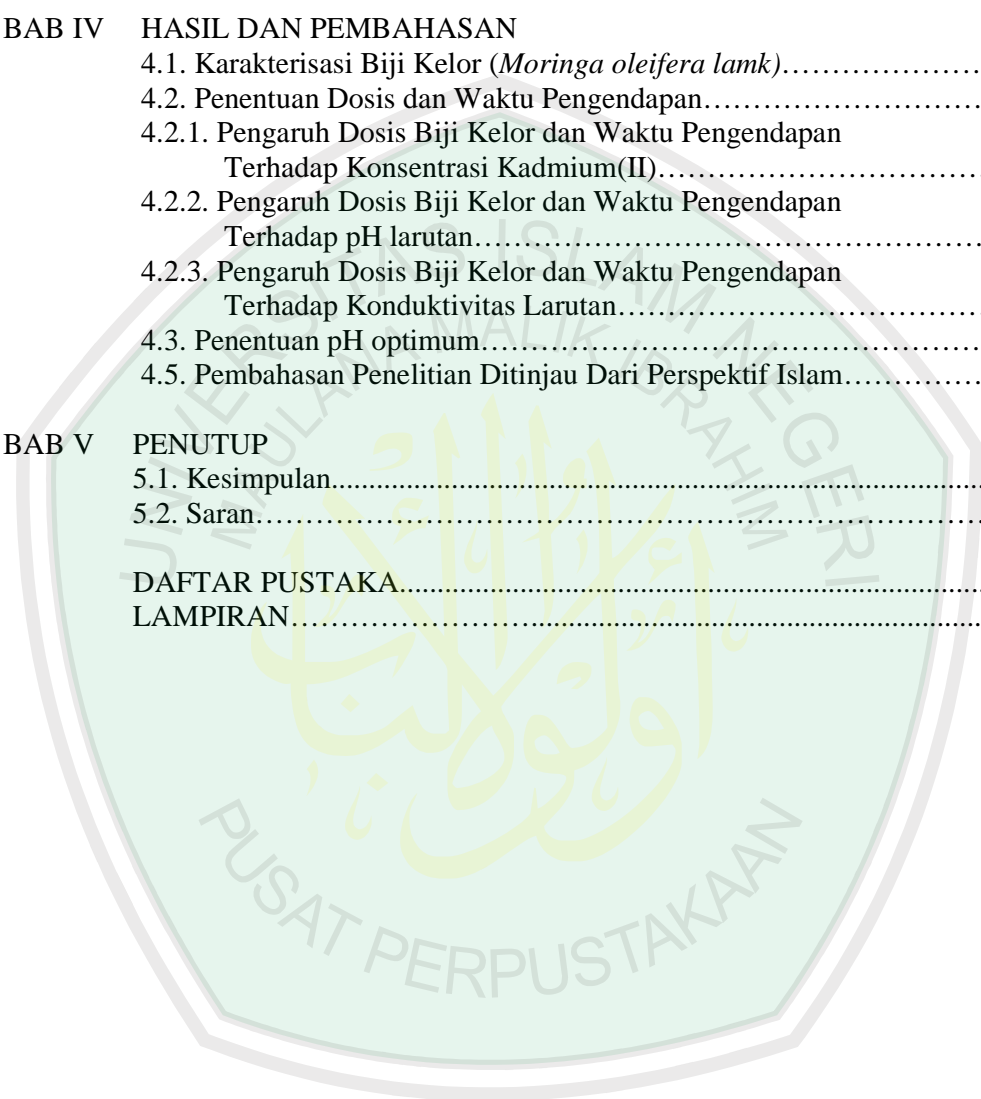
3.3.8. Perbandingan Penurunan Intensitas Warna.....	36
---	----

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Karakterisasi Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera lamk</i> ).....	38
4.2. Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan.....	42
4.2.1. Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Kadmium(II).....	42
4.2.2. Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap pH larutan.....	52
4.2.3. Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas Larutan.....	54
4.3. Penentuan pH optimum.....	56
4.5. Pembahasan Penelitian Ditinjau Dari Perspektif Islam.....	58

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	66



## DAFTAR TABEL

2.1 Komposisi Kimia Biji Kelor Dengan Porsi 100 gram.....	7
2.2 Daftar Korelasi Gugus Fungsi Pada Spektrum IR.....	25
3.1 Perbedaan Spektra Biji Kelor Sebelum dan Setelah Diinteraksikan Dengan Biji Kelor.....	40
4.2 Hasil Pengamatan Larutan Pengontol.....	43
4.3 Pengaruh Dosis Biji Kelor Terhadap pH, Konduktivitas, dan Konsentrasi Kadmium(II).....	45
4.4 Pengaruh pH Larutan Terhadap Penurunan Konsentrasi Kadmium(II).....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daun dan Bunga Kelor.....	6
Gambar 2.2	Polong, Daun Dan Biji Kelor.....	7
Gambar 2.3	Struktur Umum Asam Amino.....	9
Gambar 2.4	Struktur asam amino asam aspartat.....	10
Gambar 2.5	Struktur asam amino asam glutamat.....	10
Gambar 2.6	Struktur Dithizone.....	12
Gambar 2.7	Seorang Wanita Penderita <i>Itai-Itai</i> Disease.....	16
Gambar 2.8	Ginjal Yang Mengalami <i>Nekrotik, Nephrosis</i> Dan Gagal Ginjal Penderita <i>Itai-Itai</i> Disease.....	17
Gambar 2.9	Gambaran Sinar X Dari Tulang Pinggul Yang Mengalami Osteoporosis.....	17
Gambar 2.10	Tulang Rusuk Yang Mengalami Osteoporosis Dan Dekalsifikasi.....	18
Gambar 2.11	Partikel bermuatan negatif dan lapisan difusi ganda.....	19
Gambar 2.12	Mekanisme koagulasi.....	20
Gambar 2.13	Komponen Utama SSA.....	23
Gambar 4.1	Spektra Biji Kelor Sebelum Diinteraksikan Dengan Kadmium(II).....	39
Gambar 4.2	Spektra Biji Kelor Setelah Diinteraksikan Dengan Kadmium(II).....	39
Gambar 4.3	Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Kadmium(II).....	44
Gambar 4.4	Mekanisme Koagulasi Dengan Lapsian Difusi Ganda.....	51
Gambar 4.5	Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap pH Larutan .....	52
Gambar 4.6	Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktifitas Larutan.....	54
Gambar 4.7	Pengaruh pH Terhadap Penurunan Konsentrasi Kadmium(II).....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir Penelitian.....	61
Lampiran 2. Perhitungan Preparasi Larutan.....	65
Lampiran 3. Tabel Hasil Pengamatan.....	68
Lampiran. 4 Dokumentasi Penelitian.....	69
Lampiran 5. Perhitungan Data.....	72



## ABSTRAK

Zulkarnain, 2008, **Efektifitas Biji Kelor *Moringa oleifera Lamk* Dalam Mengurangi Kadar KadmiumII**, Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri UIN Malang

Pembimbing I : Eny Yulianti, M.Si  
II : Ach. Nashichuddin, MA  
III : Rini Nafsiati Astuti, M.Pd

Semua sumber daya alam yang diberikan Allah SWT dalam kehidupan ini wajib kita syukuri. Salah satu bentuk rasa syukurnya adalah menjaga dan memelihara sumber daya alam yang ada, tetapi tidak semua manusia menyadari hal tersebut. Kerusakan alam yang setiap tahun terus meningkat merupakan akibat ulah manusia yang tidak mensyukuri nikmat Allah SWT. Kerusakan alam dapat menyebabkan kehidupan manusia di bumi semakin menderita. Salah satu bentuk kerusakan alam adalah pencemaran limbah logam berat di lingkungan.

Masalah pencemaran limbah logam berat seperti kadmium merupakan masalah *global warning* yang saat ini ditakuti oleh manusia di bumi karena pencemaran kadmium dapat menyebabkan berbagai penyakit yang dapat berdampak pada manusia seperti rusaknya sistem ginjal, kanker, gangguan reproduksi, dan kematian. Ancaman pencemaran kadmium merupakan ujian bagi umat manusia dalam melaksanakan kehidupan ini. Peningkatan pencemaran kadmium di lingkungan terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga diperlukan suatu metode untuk mengatasi masalah tersebut salah satunya adalah dengan metode koagulasi. Metode koagulasi adalah metode untuk mengurangi kadmium dalam air dengan menambahkan koagulan. Koagulan alamiah dapat diperoleh dari alam seperti tanaman kelor. Penelitian dan pengkajian tentang pemanfaatan tanaman kelor untuk mengurangi kadar kadmium dalam air merupakan salah satu cara menjaga dan memelihara amanat Allah SWT.

Penelitian ini meliputi penentuan dosis optimum, waktu pengendapan optimum, dan pH optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium adalah 50 ppm, waktu pengendapan optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium adalah 120 menit, dan pH optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium adalah pH 6. Biji kelor mampu mengkoagulasi kadmium sampai 62 %.

**Kata kunci: Biji Kelor, dan Kadmium**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beberapa tahun terakhir pencemaran terhadap lingkungan berlangsung di mana-mana dengan laju yang sangat cepat dan beban pencemaran dalam lingkungan semakin berat seiring dengan semakin banyaknya industri yang membuang limbah pada perairan, hal ini dapat menimbulkan permasalahan yang perlu ditangani secara khusus terutama limbah logam berat. Beberapa ion logam berat seperti arsenik (As), timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan, walaupun pada konsentrasi yang rendah efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung pada makhluk hidup dan akan terakumulasi pada rantai makanan (Setyorini, 2003).

Peningkatan pencemaran di lingkungan akibat berbagai kegiatan industri menyebabkan kandungan logam di lingkungan meningkat sampai melebihi nilai ambang batas yang diizinkan. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa pencemaran logam berat di lingkungan telah sampai pada batas yang memprihatinkan. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan lingkungan dan pada akhirnya akan berdampak terhadap kesehatan masyarakat (Setyorini, 2003).



Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Ar-Ruum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ  
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

*Artinya: Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). (QS. Ar-Ruum: 41).*

Banyak contoh bencana yang diakibatkan oleh logam berat karena kelalaian manusia yang akhirnya membawa penderitaan bagi masyarakat, seperti kasus Teluk Buyat di Indonesia dan kasus Teluk Minamata di Jepang. Masyarakat yang menjadi korban mengalami kelainan fisik, penurunan mental, dan kematian setelah mereka memanfaatkan air yang tercemar logam berat di teluk untuk kebutuhan sehari-hari. Banyak sungai di Indonesia telah terkontaminasi oleh logam berat seperti sungai Surabaya, sungai Porong, sungai Musi, sungai Cisadane, sungai Pongkor, sungai Siak, sungai Ciliwung, dan sungai Banger. Kandungan logam berat pada sungai-sungai tersebut telah melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah, tetapi tidak ada tanggapan yang serius dari pemerintah untuk mengatasi masalah pencemaran ini (Setyorini, 2003)

Peningkatan pencemaran di lingkungan perairan akibat kadmium dapat membawa penderitaan bagi manusia. Masalah pencemaran kadmium ini perlu ditanggulangi dengan suatu metode khusus untuk mengurangi kadar kadmium, salah satu metodenya adalah metode koagulasi. Metode koagulasi merupakan suatu metode alternatif yang tidak membutuhkan biaya mahal dan dapat mengendapkan partikel-partikel ion logam berat yang sulit mengendap.

Pengolahan air dengan metode koagulasi membutuhkan suatu koagulan seperti biji kelor. Biji kelor merupakan koagulan alami yang murah dan mudah didapat, tetapi untuk mengetahui efektifitas biji kelor dalam mengurangi kadar ion logam kadmium perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Rahardjanto (2004) menyatakan bahwa biji kelor memiliki sifat yang tidak beracun, dapat diuraikan secara biologis, dan ramah lingkungan. Biji kelor dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisika-kimia air limbah industri tekstil seperti dapat mengurangi turbiditas air limbah sebesar 99,84%; zat padat total sebesar 75,36%; amonium sebesar 20,8%; Cd sebesar 75%; Pb sebesar 59,05% dan Cu sebesar 16,15%; tetapi untuk efektifitas biji kelor dalam mengurangi kadar ion logam kadmium belum banyak dilakukan dan perlu penelitian lebih lanjut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah dosis optimum dan waktu pengendapan optimum dalam proses koagulasi kadmium(II)?
2. Berapakah pH larutan optimum dalam proses koagulasi kadmium(II) menggunakan biji kelor?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui dosis optimum dan waktu pengendapan optimum dalam proses koagulasi kadmium(II).
2. Mengetahui pH larutan optimum dalam proses koagulasi kadmium(II) menggunakan biji kelor.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini diantaranya:

1. Bagian kelor yang digunakan adalah biji kelor tanpa kulit.
2. Kondisi yang diamati adalah dosis optimum biji kelor, waktu pengendapan optimum dan pH larutan optimum dalam proses koagulasi kadmium(II).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yaitu :

1. Memberikan informasi bahwa biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan kadmium(II).
2. Dapat meningkatkan nilai ekonomis biji kelor di masyarakat.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.)

Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) termasuk jenis tumbuhan perdu yang dapat memiliki tinggi batang 7-11 meter. Tanaman kelor di pulau Jawa sering dimanfaatkan sebagai tanaman pagar karena berkhasiat untuk obat-obatan. Pohon kelor tidak terlalu besar, batang kayunya mudah patah dan cabangnya jarang, tetapi mempunyai akar yang kuat. Tanaman kelor tidak beracun dan ramah lingkungan, di Indonesia kelor dikenal sebagai jenis tanaman sayuran yang sudah dibudidayakan. Buah kelor memiliki bentuk yang memanjang dan bersudut-sudut pada sisinya. Daun kelor telah banyak digunakan sebagai pakan ternak seperti sapi dan kambing. Akar kelor sering digunakan sebagai bumbu campuran perangsang nafsu makan (Winarno, 2006).

Klasifikasi tanaman kelor adalah sebagai berikut (Cronquist, 1981):

Kingdom : Plantae  
Divisio : Magnoliophyta  
Class : Magnoliopsida  
Subclass : Dilleniidae  
Ordo : Capparales  
Family : Moringaceae  
Genus : *Moringa*  
Spesies : *Moringa oleifera* Lamk.

Daun kelor berbentuk bulat telur dengan ukuran kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai. Kelor dapat berkembang biak dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah 300-500 meter di atas permukaan laut, bunganya berwarna putih kekuning-kuningan, dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau seperti yang terlihat di Gambar 2.1 (Anonymous, 2007)



**Gambar 2.1 Daun dan Bunga Kelor (Anonymous, 2007)**

Komoditas kelor di pasar lokal dijual dalam bentuk buah polong segar. Polong kelor yang masih muda berwarna hijau, dapat dikalengkan atau dibotolkan dalam medium larutan garam dan menjadi komoditas ekspor khususnya ke Eropa dan Amerika Serikat. Buah kelor yang mentah dipanen sebagai 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, sedangkan biji kelor berwarna hitam dengan diameter 1-1,4 cm dan "bersayap" tipis tiga helai dengan panjang 0,5-2,5 cm seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 (Anonymous, 2007)



**Gambar 2.2 Polong, Daun Dan Biji Kelor (Anonymous, 2007)**

Komposisi kimia dalam biji kelor adalah (Hidayat, 2006)

**Tabel 2.1 Komposisi Kimia Biji Kelor Dengan Porsi 100 Gram**

Nama	Jumlah	Satuan
Moisture	86,9	%
Protein	2,5	gram
Lemak	0,1	gram
Karbohidrat	3,7	gram
Serat	4,89	gram
Mineral	2	gram
Ca	30	mg
Mg	24	mg
P	110	mg
K	259	mg
Cu	3,1	mg
Fe	5,3	mg
S	137	mg
Vit A- $\beta$ karoten	0,1	mg
Vit B-kolin	423	mg
Vit B1-tiamin	0,05	mg
Vit B2-riboflavin	0,07	mg
Vit B3-asam nikotin	0,2	mg
Vit C-asam askorbat	120	mg

### 2.1.1 Biji Kelor

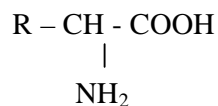
Biji kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang memiliki protein dengan konsentrasi yang tinggi. Protein biji kelor penting untuk diketahui karena untuk keperluan penjernihan air, protein inilah yang berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan. Hidayat (2006) menyatakan bahwa konsentrasi protein dari biji kelor (biji dalam) sebesar 147.280 ppm/gram, dari kulit biji kelor sebesar 15.680 ppm/gram, dan dari kulit biji kelor sebesar 73.547 ppm/gram. Konsentrasi protein yang tinggi di dalam biji kelor oleh Jahn (1986) dalam Hidayat (2006) dinyatakan sebagai flokulan polielektrolit kationik alami berbasis polipeptida dengan berat molekul berkisar antara 6.000-16.000 dalton yang mengandung tiga asam amino yang sebageaian besar merupakan asam glutamat, metionin, dan arginin. Kenyataan ini diperkuat oleh LaMer dan Healy (1963) dalam Hidayat (2006) dinyatakan bahwa biji kelor sebagai polielektrolit dapat dijadikan sebagai bahan penjernih air dengan cara adsorpsi dan membuat jembatan antar partikel.

Berdasarkan penelitian yang dilakukkann oleh Hidayat (2006) diketahui konsentrasi protein dari masing-masing bagian biji kelor, maka bagian biji dalam menunjukkan nilai yang paling tinggi. Protein biji kelor yang tidak dikupas kulit bijinya mengandung separuh bagian dibandingkan dengan protein dari bagian biji dalam saja (Ndabigengesere, 1995 dalam Hidayat, 2006), oleh karena itu jika akan digunakan sebagai koagulan maka sebaiknya kulit biji kelor dikupas terlebih dahulu. Pengupasan biji kelor memang memerlukan waktu yang lebih lama tetapi akan lebih efektif jika dibandingkan dengan menggunakan biji kelor sebagai bahan

koagulan tanpa dikupas kulit bijinya. Ndabigengesere (1995) dalam Hidayat (2006) dinyatakan bahwa biji kelor bagian dalam beserta kulit biji kelor dan biji bagian dalam saja sama-sama memiliki aktivisasi koagulasi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hidayat (2006) dibuktikan bahwa protein biji kelor memiliki muatan positif, demikian pula Jahn (1986) dalam Hidayat (2006) dinyatakan bahwa protein yang terdapat pada biji kelor merupakan koagulan polielektrolit kationik. Perbedaan muatan antara protein biji kelor yang dilarutkan dalam air dengan partikel-partikel penyebab kekeruhan menyebabkan terjadinya flok yang semakin membesar dan mengendap seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

Kestabilan struktur protein sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH dan temperatur. Semua asam amino yang ditemukan pada protein mempunyai ciri yang sama, yaitu adanya gugus karboksil dan gugus amina yang diikat pada atom karbon yang sama. Asam amino yang ada dalam protein memiliki perbedaan pada rantai sampingnya atau gugus alkil (R-) yang bervariasi dalam struktur. Berdasarkan gugus alkil yang dimiliki, terdapat empat golongan asam amino yaitu golongan alkil nonpolar, alkil polar tetapi tidak bermuatan, alkil bermuatan negatif, dan alkil bermuatan positif (Lehninger, 1982).



**Gambar 2.3 Struktur Umum Asam Amino (Lehninger, 1982)**



Wirahadikusumah (1977) dijelaskan bahwa berdasarkan gugus alkil (R-) yang dimiliki asam amino dapat dibagi menjadi empat golongan:

1. Asam amino dengan gugus alkil non polar

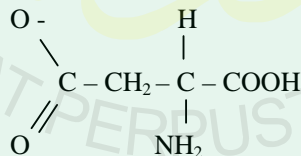
Golongan ini terdiri dari lima asam amino dengan alkil alifatik (*alanin, leusin, isoleusin, valin, dan prolin*), dua dengan alkil aromatik (*fenilalanin dan triptopan*), dan satu mengandung atom sulfur (*metionin*).

2. Asam amino dengan gugus alkil polar tetapi tidak bermuatan

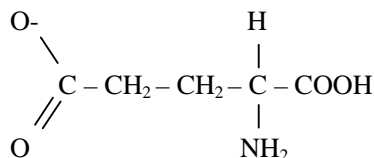
Golongan ini lebih mudah larut di dalam air, karena gugus alkil polar dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Golongan ini meliputi *glisin, serin, treosin, sistein, tirosin, asparagin, dan glutamin*.

3. Asam amino dengan gugus alkil bermuatan negatif (asam amino asam)

Golongan ini bermuatan negatif pada pH 6,0-7,0, dan terdiri dari *asam aspartat dan asam glutamat* yang masing-masing memiliki gugus karboksil.



**Gambar 2.4 Struktur asam amino asam aspartat**



**Gambar 2.5 Struktur asam amino asam glutamat**

#### 4. Asam amino dengan gugus alkil bermuatan positif (asam amino basa)

Golongan ini bermuatan positif pada pH 7,0. terdiri dari *lisin*, *arginin*, dan *histidin*.

Biji kelor merupakan makromolekul yang komposisi utamanya adalah protein. Protein merupakan poliasam amino yang banyak memiliki gugus fungsional (basa lewis) disamping gugus utamanya. Keberadaan gugus fungsional asam amino diperkirakan mampu mengikat ion logam kadmium(II) di dalam larutan melalui proses koagulasi. Koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor diduga terjadi melalui mekanisme pembentukan ikatan antara basa lewis dari protein dengan kadmium(II) yang bersifat asam lewis, hal ini diperkuat dengan banyak data penelitian yang menunjukkan bahwa biji kelor mampu mengurangi kadar ion logam berat. Rahardjanto (2004) menyatakan bahwa biji kelor dapat menurunkan turbiditas sebesar 99,84%; zat padat total sebesar 75,36%; amonium sebesar 20,8%; Cd sebesar 75%; Pb sebesar 59,05% dan Cu sebesar 16,15%;

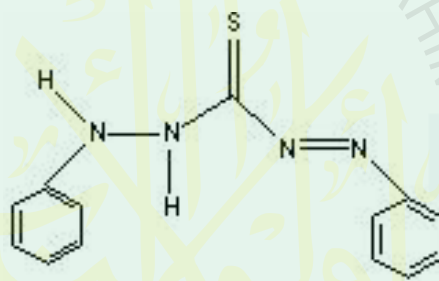
Pengaruh biji kelor terhadap pH larutan tidak signifikan seperti yang dinyatakan Hidayat (2006) hasil pengukuran pH akhir sampel menunjukkan adanya sedikit peningkatan tetapi masih dalam rentang pH netral antara 6-8.

## 2.2 Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu unsur golongan II B yang berwarna putih perak. Kadmium dapat membentuk senyawa dengan unsur lain seperti  $CdI_2$ , ciri-ciri kadmium adalah memiliki masa atom 112,41 sma, nomor atom 48, bilangan oksidasi +2, titik didih 1040 K, titik lebur 594,26 K, massa jenis  $8,65 \text{ gram/cm}^3$ ,

dan elektronegatifitas 1,69 (Sunardi, 2006). Kadmium termasuk unsur logam transisi yang memiliki kemiripan sifat dengan logam seng. Kadmium digunakan sebagai pelapis karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi (Cotton and wilkinson, 1989).

Sax and Lewis (1987) menyatakan bahwa kadmium(II) dapat dikomplekskan dengan dithizone yang memiliki sifat larut dalam etanol, sangat larut dalam kloroform, dan tidak larut dalam air. Struktur dithizone adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.6 Struktur Dithizone (Sumber: Sax and Lewis, 1987)**

Kirk-Othmer (1964) menjelaskan bahwa  $CdI_2$  merupakan salah satu senyawa dari kadmium yang memiliki tingkat kelarutan dalam 100 ml air sebesar 82,62 gram. Kadmium di dalam air mulai mengendap pada pH 7,8 dan dapat membentuk kompleks dengan ligan O, N, S, dan ion halida. Kompleks kadmium yang terbentuk diantaranya adalah: pada pH 2-6 terbentuk  $[Cd(OH)]^+$  dengan nama ion hidrokso kadmium(I), pada pH 7,8 terbentuk  $[Cd(OH)_2]$  dengan nama ion dihidrokso kadmiat, pada pH 9-10 terbentuk  $[Cd(OH)_3]^-$  dengan nama ion trihidrokso kadmiat(I), pada pH 10,5 terbentuk  $[Cd(OH)_4]^{2-}$  dengan nama ion

tetrahidrokso kadmiat(II). pH basa sekitar pH 7,8 ion kadmium(II) mulai mengendap (Vogel, 1985). Kadmium adalah bivalent pada hampir semua campurannya, seperti pada  $CdI_2$ .  $CdI_2$  larut sebagian dalam air pada suhu di bawah suhu kamar, sehingga kadmium(II) menjadi koloid dalam larutan tersebut (Sneed and Brasted, 1996).

Beberapa reaksi pembentukan kompleks hidroksida dari  $CdI_2$  (Sneed and Brasted, 1996):



Kasus toksisitas kadmium dilaporkan sejak pertengahan tahun 1980-an dan kasus tersebut semakin meningkat sejalan dengan perkembangan ilmu kimia di akhir abad 20-an, dan sampai sekarang kadmium diketahui sebagai salah satu logam berat yang paling banyak menimbulkan toksisitas pada makhluk hidup. Kadmium dan bentuk garamnya banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik dalam proses produksinya. Industri pelapisan logam adalah pabrik yang banyak menggunakan kadmium murni sebagai pelapis. Bentuk garam kadmium banyak digunakan industri dalam proses fotografi, pembuatan gelas dan campuran perak, produksi foto-elektrik, foto-konduktor, dan fosforus. Kadmium asetat banyak digunakan pada proses industri porselen dan keramik (Darmono, 2001)

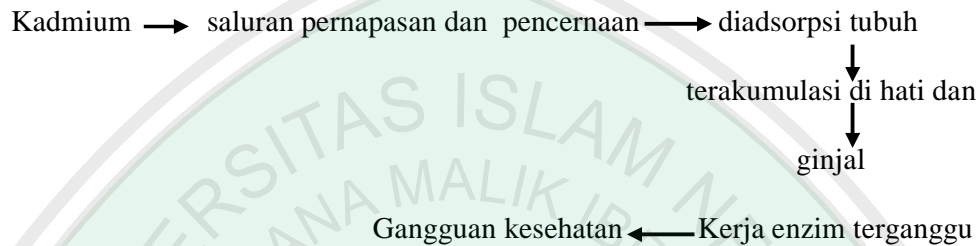
Logam kadmium merupakan logam berat yang penyebarannya sangat luas di alam dan berupa persenyawaan dengan unsur lain seperti  $CdS$ , biasanya pada

setiap konsentrasi bijih Zn ditemukan 0,2%-0,3% logam Cd. Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn, dalam industri pertambangan Pb dan Zn pada proses pemurniannya akan selalu diperoleh hasil samping kadmium yang terbuang ke lingkungan. Berdasarkan sifat fisiknya kadmium termasuk logam lunak, berwarna putih perak, dan mudah hilang kilapnya jika berada di udara basah atau lembab. Logam kadmium digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan stabilisasi pewarna dalam industri, selain itu kadmium juga digunakan untuk solder dan alloy-alloynya digunakan pada baterai (Palar, 1994)

### **2.2.1 Mekanisme Toksisitas Kadmium**

Sebagian besar kadmium masuk ke tubuh melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui faeses sekitar 3-4 minggu kemudian, dan sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Sekitar 5% dari diet kadmium, diabsorpsi dalam tubuh. Kadmium dalam tubuh terakumulasi di dalam hati dan ginjal terutama terikat sebagai *metalotionein*. *Metalotionein* mengandung unsur *sistein*, dimana kadmium terikat dalam gugus *sulfhidril* dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas kadmium disebabkan oleh interaksi antara kadmium dan protein tersebut, sehingga menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh (Darmono, 2001)

Plasma enzim yang diketahui dihambat oleh kadmium adalah aktivitas dari enzim, terjadinya defisiensi enzim ini dapat menyebabkan gangguan dalam paru-paru. Proses toksisitas kadmium dalam tubuh jika dibuat dalam diagram adalah sebagai berikut (Darmono, 2001):



### 2.2.2 Efek Toksisitas Kadmium

Kadmium dapat menimbulkan efek yang negatif terhadap tubuh manusia seperti kerusakan pada ginjal dan jantung, selain itu kadmium juga dapat menimbulkan kanker paru-paru, gangguan sistem reproduksi, dan anemia (Palar, 1994)

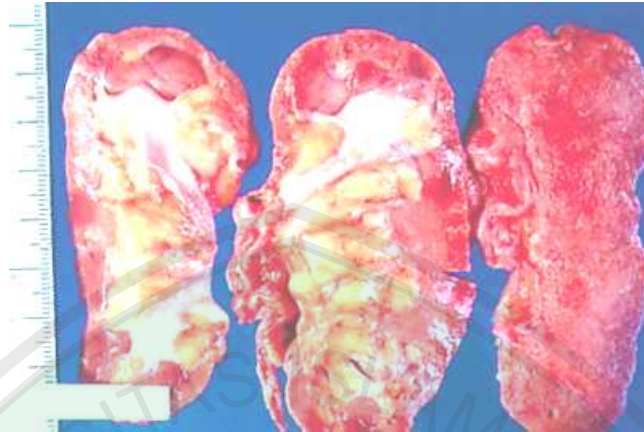
Kadmium lebih beracun bila terhirup melalui saluran pernapasan dari pada melalui saluran pencernaan. Kasus keracunan akut kadmium kebanyakan dari mengisap debu dan asap kadmium, terutama kadmium oksida (CdO). Beberapa jam setelah mengisap CdO, korban akan mengeluh gangguan saluran pernapasan, muntah, kepala pusing, sakit pinggang, bahkan kadmium dapat menyebabkan kematian yang disebabkan karena terjadinya gangguan di paru-paru. Kadmium juga dapat menyebabkan keracunan kronis, hal ini terjadi karena kadmium yang masuk masih dapat ditoleransi oleh tubuh pada saat itu, akan tetapi jika sudah melebihi ambang batas toleransi tubuh maka efek yang ditimbulkan akan lebih

parah dari pada keracunan akut seperti kerusakan sistem ginjal, sistem respirasi, sistem sirkulasi darah, dan jantung (Darmono, 2001)

Keracunan kronis terjadi bila terpapar kadmium dalam jangka waktu yang lama. Kadmium menyebabkan *nefrotoksisitas*, yaitu gejala *proteinuria*, *glikosuria*, dan *aminoasidiuria* yang disertai dengan penurunan laju filtrasi *glomerulus* ginjal. Kadmium dapat menyebabkan *osteomalasea* karena terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal. Kasus keracunan kadmium dilaporkan terjadi di sungai Jinzu di Toyama Jepang pada tahun 1980-an yang menyebabkan penyakit *Itai-itai* pada penduduk wanita umur 40 tahun (Darmono, 2001)



**Gambar 2.7 Seorang Wanita Penderita *Itai-Itai* Disease (Sumber: Darmono, 2001).**

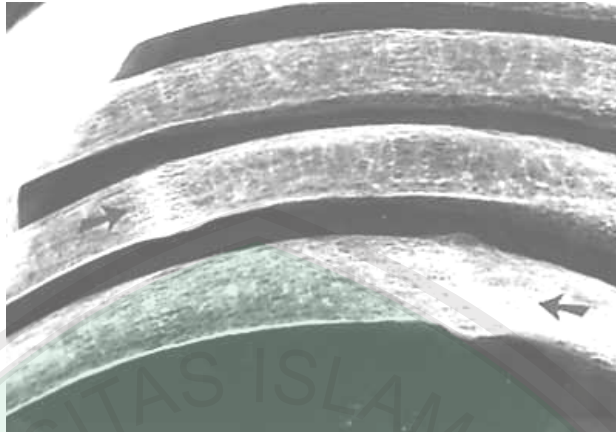


**Gambar 2.8 Ginjal Yang Mengalami *Nekrotik, Nephrosis* Dan Gagal Ginjal Penderita *Itai-Itai* Disease (Sumber: Darmono, 2001).**



**Gambar 2.9 Gambaran Sinar X Dari Tulang Pinggul Yang Mengalami Osteoporosis (Sumber: Darmono, 2001).**



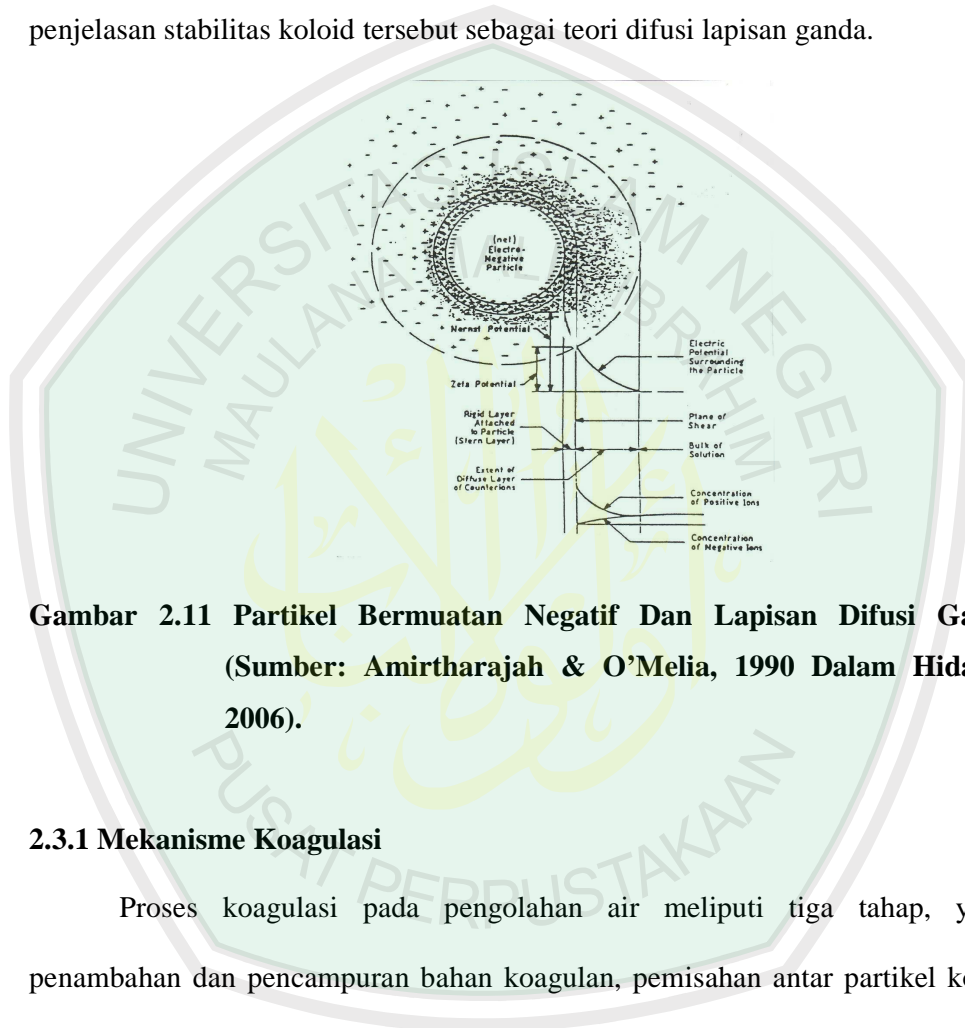


**Gambar 2.10 Tulang Rusuk Yang Mengalami Osteoporosis Dan Dekalsifikasi (Sumber: Darmono, 2001).**

### **2.3 Koagulasi dan Flokulasi**

Koagulasi dan flokulasi adalah suatu istilah yang berasal dari bahasa latin "*coagulare*" (yang berarti bergerak bersama-sama) dan "*flokulare*" (yang berarti membentuk flok) yang digunakan untuk menjelaskan agresi partikel-partikel koloid. Koagulasi adalah destabilisasi partikel yang dihasilkan lapisan ganda bermuatan listrik yang mengelilingi permukaan partikel (Metcalf, 1994), sehubungan dengan stabilitas koloid dan koagulasi Amirtharajah dan O'Melia (1990) dalam Hidayat (2006) menyatakan bahwa suspensi koloid tidak mempunyai muatan listrik yang bersih, muatan utama partikel harus diseimbangkan di dalam sistem itu. Gambar 2.11 menunjukkan skema partikel koloid bermuatan negatif dengan awan ion (lapisan difusi) di sekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan yang berkumpul di daerah interfasiial bersama-sama muatan utama membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapisan difusi ini dihasilkan oleh daya tarik elektrostatis ion yang berlawanan terhadap partikel

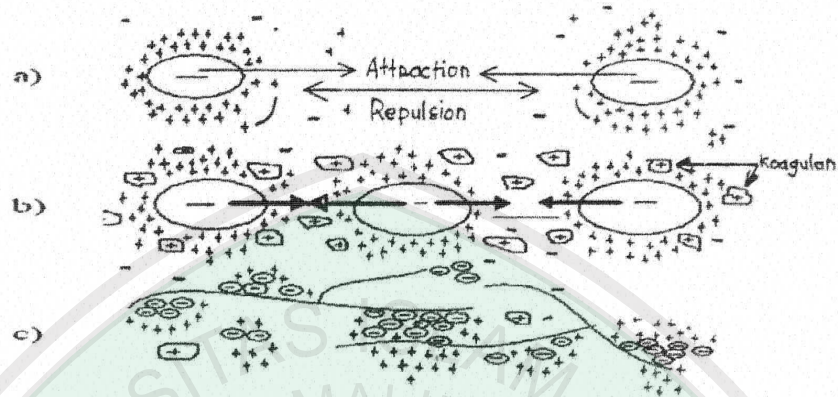
(*counterions*), tolakan elektrostatis ion bermuatan sama sebagai partikel (*similions*), dan difusi molekuler atau termal yang berlawanan gradien konsentrasi akibat efek elektrostatis. Raju (1995) dalam Hidayat (2006) dinyatakan bahwa penjelasan stabilitas koloid tersebut sebagai teori difusi lapisan ganda.



**Gambar 2.11 Partikel Bermuatan Negatif Dan Lapisan Difusi Ganda (Sumber: Amirtharajah & O'Melia, 1990 Dalam Hidayat, 2006).**

### 2.3.1 Mekanisme Koagulasi

Proses koagulasi pada pengolahan air meliputi tiga tahap, yaitu: penambahan dan pencampuran bahan koagulan, pemisahan antar partikel koloid atau destabilisasi partikel dikarenakan perubahan muatan listrik akibat penambahan koagulan, pembentukan flok-flok yang mengendap oleh gaya gravitasi. Mekanisme koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.12 Mekanisme koagulasi a) gaya yang ditunjukkan oleh partikel koloid pada kondisi stabil. b) destabilisasi partikel koloid oleh penambahan koagulan. c) pembentukan flok-flok yang terikat membentuk benang panjang (Sumber: Hammer, 1997 dalam Hidayat, 2006).**

- a. Partikel koloid dalam air yang bermuatan listrik sama (misalnya negatif), akan saling tolak menolak dan tidak dapat saling mendekat. Kondisi ini disebut stabil.
- b. Larutan jika ditambah ion logam, misalnya yang berasal dari koagulan maka akan terjadi pengurangan repulsi sesama koloid. Kondisi ini disebut destabilisasi koloid, yang memungkinkan koloid saling mendekat dan membentuk mikroflok.
- c. Mikroflok-mikroflok tersebut cenderung untuk bersatu dan membentuk makroflok karena sudah mengalami destabilisasi dan akan mengendap.

Hammer (1997) menjelaskan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses koagulasi dan flokulasi, antara lain :

a. Dosis Koagulasi

Kebutuhan koagulan atau dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh tergantung pada jenis air keruhnya. Air yang tingkat kekeruhannya paling tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tepat sehingga proses pengendapan partikel koloid pada air keruh dapat berjalan dengan baik.

b. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan pada proses koagulasi dibutuhkan untuk reaksi penggabungan antara koagulan dengan bahan organik dalam air, melarutkan koagulan dalam air, menggabungkan inti-inti endapan menjadi molekul besar, dan untuk memberi kesempatan pada partikel-partikel flok kecil yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok yang lebih besar. Kecepatan pengadukan yang tepat sangatlah penting dalam proses koagulasi. Kurangnya kecepatan putaran pengadukan akan menyebabkan koagulan tidak dapat terdispersi dengan baik, begitu sebaliknya apabila kecepatan putaran terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali sehingga terjadi pengendapan tidak sempurna.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman adalah suatu besaran yang menyatakan sifat asam basa dari suatu larutan.

d. Waktu Pengendapan

Pengendapan dilakukan untuk memisahkan benda terlarut atau tersuspensi pada air keruh. Pengendapan juga merupakan suatu cara yang digunakan untuk memisahkan lumpur yang terbentuk akibat penambahan bahan kimia (koagulan).

e. Pengaruh Kekeruhan

Kekeruhan teramati sebagai sifat optik larutan yang mengandung zat yang tersuspensi di dalam air. Intensitas cahaya yang dihamburkan semakin tinggi, maka semakin tinggi pula kekeruhan dan sebaliknya.

f. Pengaruh Jenis Koagulan

Pemilihan koagulan disesuaikan dengan jenis koagulan yang terkandung di dalam air. Koagulan yang bisa dipakai adalah koagulan alami seperti biji kelor atau koagulan sintesis seperti tawas.

g. Pengaruh Temperatur

Temperatur mempunyai hubungan erat dengan viskositas air, semakin tinggi suhu air semakin kecil viskositasnya. Viskositas ini akan berpengaruh pada pengendapan flok. Hal ini terjadi karena bertambahnya suhu akan meningkatkan gradien kecepatan sehingga flok akan terlarut kembali.

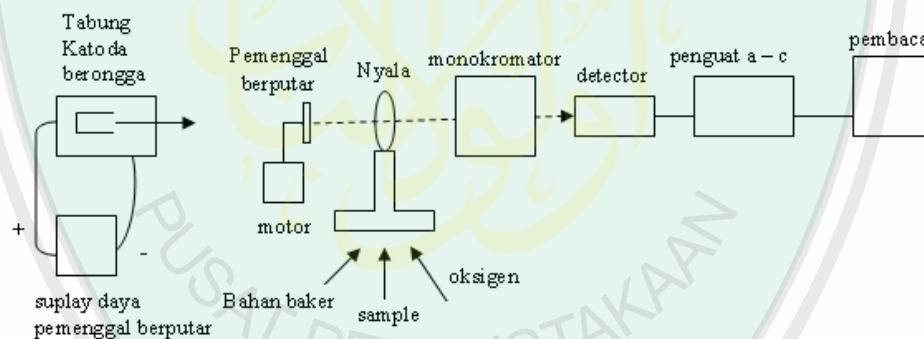
## 2.4 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah alat yang mengukur radiasi dari atom-atom yang tereksitasi (*absorban*), bila suatu atom dari suatu unsur pada keadaan dasar (*ground state*)

dikenai radiasi akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi disebut keadaan tereksitasi (*excited state*). Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sama dengan besar energi yang diserap (Hayati, 2007).

Salah satu keuntungan analisis dengan SSA adalah tidak perlu dilakukan pemisahan unsur atau larutan, sampel dapat dianalisis langsung kandungannya karena SSA merupakan instrumen yang mempunyai spesialisasi untuk menganalisis unsur logam dengan tingkat keakuratan yang baik (Khopkar, 2003).

Komponen utama SSA secara garis besar adalah sebagai berikut (Underwood, 2002):



**Gambar 2.13** Komponen Utama SSA ( Sumber: Underwood, 2002)

## 2.5 Spektrofotometri Inframerah

Spektrofotometri inframerah (IR) memiliki daerah radiasi pada panjang gelombang sekitar 1400-200 nm. Alat ini digunakan untuk penentuan struktur, khususnya senyawa organik. Sumber radiasi yang umum digunakan adalah neslert atau lampu glower dan menggunakan detektor termal. Kelebihan dari IR

mencakup persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat dan memiliki kemampuan untuk menyimpan data. Keunggulan IR lainnya adalah spektrum-spektrumnya bisa disimpan dan ditransformasikan dalam hitungan detik. Tehnik ini memudahkan penelitian reaksi polimer-polimer seperti degradasi atau ikatan silang (Stuart, 1996 dalam Ratna, A.,Y, 2006).

Cara penanganan sampel tergantung dari jenis cuplikan yaitu apakah berbentuk gas, cairan, atau padatan. Ada tiga cara umum untuk mengolah cuplikan yang berupa padatan yaitu lempeng KBr, mull, dan bentuk film atau lapisan tipis. Lempeng (pellet) KBr dibuat dengan menggerus cuplikan (0,1-2% berat) dengan kalium bromida (KBr) dalam mortar dari batu agate untuk mengurangi kontaminasi yang menyerap radiasi IR dan kemudian dimasukkan ke dalam tempat khusus kemudian di vakum untuk melepaskan air. Campuran dipres beberapa saat (10 menit) pada tekanan 80 Torr (8 hingga 20 ton per satuan luas). Kalium bromida yang digunakan harus kering dan dianjurkan penggerusan dilakukan dibawah lampu inframerah untuk mencegah kondensasi uap air. Kerugian metode pellet KBr adalah sifat KBr yang hidroskopis hingga sukar memperoleh pelet yang bebas sempurna terhadap kontaminasi air, yang memberikan serapan lebar pada  $3500\text{ cm}^{-1}$  dan sukar mendapat ulangan yang tinggi (Hayati, 2007).

Secara garis besar proses pembacaan sampel dengan alat IR adalah mula-mula sinar IR dilewatkan melalui sampel dan larutan pembanding, kemudian dilewatkan pada monokromator untuk menghilangkan sinar yang tidak diinginkan. Berkas ini kemudian didispersikan melalui prisma, dengan

melewatkannya melalui slit, sinar tersebut dapat difokuskan ke detektor (Khopkar, 2003).

Secara umum digunakan diagram korelasi dalam mengidentifikasi gugus fungsi seperti pada tabel berikut (Sastroraharjo, 2001).

**Tabel. 2.2 Daftar Korelasi Gugus Fungsi Pada Spektrum IR**

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang $\text{Cm}^{-1}$	Intensitas
N-H Amina		
Primer	1650-1590	Sedang, kuat
Sekunder	1650-1550	Lemah
N-H Amida		
Primer	1620-1590	Kuat
Sekunder	1570-1550	Kuat
C=O Asam Karboksilat	1725-1700	Kuat
O-H Asam Karboksilat	3400-2400	Sedang
C-O	1300-1000	Tajam

## 2.6 Pencemaran Kadmium Di Lingkungan Ditinjau Dari Perspektif Islam

Pencemaran kadmium di lingkungan merupakan akibat ulah manusia yang kurang bersyukur nikmat alam yang diberikan Allah SWT. Pencemaran kadmium dapat berarti sebagai musibah (ujian), atau adzab (peringatan dan hukuman) bagi umat manusia yang telah kufur akan nikmat Allah SWT. Beberapa hal penyebab datangnya adzab Allah SWT adalah kedzaliman, kemaksiyatan, dan kefasikan. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Al-Qashash ayat 59:



وَمَا كَانَ رَبُّكَ مُهْلِكَ الْقُرَىٰ حَتَّىٰ يَبْعَثَ فِي أُمِّهَا رَسُولًا يَتْلُوا عَلَيْهِمْ

ءَايَاتِنَا وَمَا كُنَّا مُهْلِكِي الْقُرَىٰ إِلَّا وَأَهْلُهَا ظَالِمُونَ ﴿٥٩﴾

Artinya: Dan tidak adalah Tuhanmu membinasakan kota-kota, sebelum dia mengutus di ibukota itu seorang Rasul yang membacakan ayat-ayat kami kepada mereka; dan tidak pernah (pula) kami membinasakan kota-kota; kecuali penduduknya dalam keadaan melakukan kezaliman. (Qs. Al-Qashash [28]: 59).

Ayat di atas menunjukkan, bahwa adzab Allah SWT hanya akan dijatuhkan kepada penduduk negeri yang melakukan kezaliman, kemaksiyatan, dan kefasikan. Adzab Allah SWT hanya akan dijatuhkan, tatkala peringatan-peringatan Allah SWT melalui Rasul-Nya telah diabaikan dan didustakan. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Al-Isrâ' ayat 58:

وَإِنْ مِّن قَرْيَةٍ إِلَّا نَحْنُ مُهْلِكُوهَا قَبْلَ يَوْمِ الْقِيَامَةِ أَوْ مُعَذِّبُوهَا

عَذَابًا شَدِيدًا كَانَ ذَٰلِكَ فِي الْكِتَابِ مَسْطُورًا ﴿٥٨﴾

Artinya: Tak ada suatu negeripun (yang durhaka penduduknya), melainkan kami membinasakannya sebelum hari kiamat atau kami azab (penduduknya) dengan azab yang sangat keras. yang demikian itu Telah tertulis di dalam Kitab (Lauh mahfuzh). (Qs. Al-Isrâ' [17]: 58)

Adzab Allah SWT tidak hanya ditimpakan kepada orang-orang fasik, tetapi orang-orang mukmin juga bisa ditimpa adzab Allah SWT, hal ini bisa terjadi tatkala mereka enggan mencegah kemungkaran padahal mereka mampu melakukannya. Dari Adi bin Umairah dituturkan, bahwasanya ia pernah mendengar Rasulullah SAW bersabda:

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak akan mengadzab orang-orang secara keseluruhan akibat perbuatan mungkar yang dilakukan oleh seseorang, kecuali mereka melihat kemungkaran itu di depannya, dan mereka sanggup menolaknya, akan tetapi mereka tidak menolaknya. Apabila mereka melakukannya, niscaya Allah akan mengadzab orang yang melakukan kemungkaran tadi dan semua orang secara menyeluruh.*” (HR. Imam Ahmad).

Bencana pencemaran lingkungan bisa jadi merupakan teguran terhadap pemimpin-pemimpin negeri ini agar kembali kepada hukum-hukum Allah SWT. Banyak pemimpin-pemimpin negeri ini melalaikan hukum Allah SWT, tidak bersih, dan tidak amanah. Allah SWT akan memberikan keberkahan, kedamaian, dan kemakmuran kepada suatu negeri jika penduduk dan pemimpin-pemimpin negeri tersebut melaksanakan apa yang diperintahkan oleh Allah SWT, tidak mengherankan jika negeri ini ditimpa oleh bencana secara bertubi-tubi, mungkin ini adalah suatu teguran atau adzab Allah SWT karena begitu banyak orang-orang dan pejabat di negeri ini melakukan kemaksiyatan, kedurhakaan, dan kezaliman kepada Allah SWT. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Al-Isra' ayat 16:

وَإِذَا أَرَدْنَا أَنْ نُهْلِكَ قَرْيَةً أَمَرْنَا مُتْرَفِيهَا فَفَسَقُوا فِيهَا فَحَقَّ عَلَيَّا الْقَوْلُ  
فَدَمَّرْنَاهَا تَدْمِيرًا

Artinya: *Dan jika kami hendak membinasakan suatu negeri, Maka kami perintahkan kepada orang-orang yang hidup mewah di negeri itu (supaya mentaati Allah) tetapi mereka melakukan kedurhakaan dalam negeri itu, Maka sudah sepantasnya berlaku terhadapnya perkataan (ketentuan kami), Kemudian kami hancurkan negeri itu sehancur-hancurnya.* (Qs. Al-Isrâ' [17]: 16).

Ibnu 'Abbas tatkala menafsirkan ayat ini menjelaskan bahwa yang di maksud ayat ini adalah jika Kami (Allah SWT) memberikan kekuasaan kepada

pembesar-pembesar di sebuah negeri, kemudian mereka berbuat maksiyat di dalamnya, maka Allah SWT akan menghancurkan penduduk di negeri tersebut dengan adzab (Mukhtashar, 1998)

Bencana pencemaran lingkungan merupakan kerusakan yang nyata akibat ulah tangan manusia. Allah SWT telah menggambarkan bencana ini di dalam Al-Quran surat Ar-Rûm ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ  
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: *Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).* (Qs. Ar-Rûm [30]: 41).

Imam Baidhawi menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan kerusakan (pada ayat tersebut) adalah paceklik, kebakaran yang merajalela, ketenggelaman, hilangnya keberkahan, dan banyaknya kelaparan, akibat kemaksiyatan dan ulah perbuatan manusia. Kedzaliman penguasa, keengganan rakyat melakukan koreksi dan muhasabah terhadap penguasa merupakan pemicu datangnya adzab dari Allah SWT, sebaliknya ketaatan kepada Allah SWT merupakan kunci bagi perbaikan bumi dan seisinya (Imam al-Baidhawi, 1998)

Seorang mukmin harus menyakini, bahwa seluruh musibah yang menimpa dirinya berasal dari Allah SWT. Tidak ada satupun musibah yang terjadi di muka bumi ini, kecuali atas kehendak dan izin Allah SWT, akan tetapi seorang mukmin juga wajib mengimani adanya musibah-musibah yang disebabkan karena kemaksiyatan yang dilakukan oleh manusia. Suatu musibah maupun adzab yang

ditimpakan Allah SWT kepada manusia sesungguhnya bertujuan agar mereka kembali mentauhidkan Allah SWT, dan menjalankan seluruh syariat-Nya dalam kehidupan bernegara dan bermasyarakat. Zaman sekarang banyak orang yang memandang musibah sebagai peristiwa dan fenomena alam biasa bukan sebagai peringatan dan pelajaran dari Allah SWT, sehingga mereka tetap tidak mau berbenah dan memperbaiki diri. Mereka tetap melakukan kemaksiyatan dan menyia-nyiakan syariat Allah SWT. Mereka lebih percaya kepada kekuatan ilmu dan teknologi karya manusia untuk menangkal bencana dan musibah, dari pada kekuatan dan kekuasaan Allah SWT. Adanya musibah tidak justru menjadikan mereka rendah diri dan bersandar kepada Allah SWT, namun justru menyeret mereka untuk semakin ingkar kepada Allah SWT (Al-Nawiy, 2007)

Suatu musibah pada hakekatnya merupakan ujian atau teguran dari Allah SWT, agar manusia kembali ke jalan yang benar sesuai dengan hukum-hukum Allah SWT. Mensikapi suatu musibah kita diharapkan memiliki cara pandang yang benar tentang musibah, sehingga dengan musibah tersebut dapat mengantarkan kita kepada keyakinan dan sikap yang benar yang diridhai Allah SWT. Ada beberapa sikap yang perlu dilakukan dalam menghadapi suatu musibah atau bencana, diantaranya adalah: (Khothir, 2007)

1. Meyakini bahwa semuanya datang dari Allah SWT.

Allah SWT berfirman di dalam Al-Quran surat Al-Hadid ayat 22:

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ

مِّن قَبْلِ أَنْ نَبْرَأَهَا إِنَّ ذَٰلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ ﴿٥٧﴾

Artinya: *Tiada suatu bencanapun yang menimpa di bumi dan (Tidak pula) pada dirimu sendiri melainkan Telah tertulis dalam Kitab (Lauhul Mahfuzh) sebelum kami menciptakannya. Sesungguhnya yang demikian itu adalah mudah bagi Allah. (QS: Al-Hadid [57]: 22).*

Rasulullah SAW bersabda,

*artinya, “Ketahuilah, sesungguhnya apabila umat ini seluruhnya berkumpul untuk memberikan manfaat kepadamu maka mereka tidak akan bisa memberi manfaat kecuali yang telah Allah tetapkan untukmu. Dan apabila mereka berkumpul untuk menimpakan bahaya kepadamu, maka niscaya mereka tidak akan mampu menimpakan kemudharatan itu kecuali apa yang telah Allah tetapkan untukmu.” (HR: Tirmidzi)*

Meyakini bahwa semua musibah adalah dari Allah SWT semata maka seorang mukmin akan mengembalikan semua urusannya kembali kepada Allah SWT, dan disertai keyakinan bahwa di dalamnya pasti terkandung hikmah dan pelajaran. Seorang mukmin tidak akan menjadi stres dengan adanya musibah yang menimpa dirinya.

2. Disebabkan karena dosa dan kesalahan kita sendiri.

Banyak sekali musibah yang terjadi dimuka bumi ini merupakan akibat dari kesalahan yang dilakukan oleh manusia, Allah SWT berfirman dalam surat Al-A'raf ayat 23:

قَالَ رَبَّنَا ظَلَمْنَا أَنفُسَنَا وَإِن لَّمْ تَغْفِرْ لَنَا وَتَرْحَمْنَا لَنَكُونَنَّ مِنَ الْخَاسِرِينَ



Artinya: *Keduanya berkata: "Ya Tuhan kami, kami Telah menganiaya diri kami sendiri, dan jika Engkau tidak mengampuni kami dan memberi rahmat kepada kami, niscaya Pastilah kami termasuk orang-orang yang merugi. (QS: Al-A'raf [07]: 23).*

### 3. Sabar Menghadapi Musibah

Sabar merupakan suatu sikap yang menerima semua ketentuan dari Allah SWT dan berusaha untuk mengatasi masalah yang ada. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Al-Baqarah ayat 155-156:

وَلَنَبْلُوَنَّكُمْ بِشَيْءٍ مِّنَ الْخَوْفِ وَالْجُوعِ وَنَقْصٍ مِّنَ الْأَمْوَالِ  
وَالْأَنْفُسِ وَالْثَمَرَاتِ ۗ وَبَشِيرِ الصَّابِرِينَ ﴿١٥٥﴾ الَّذِينَ إِذَا أَصَابَتْهُمُ  
مُصِيبَةٌ قَالُوا إِنَّا لِلَّهِ وَإِنَّا إِلَيْهِ رَاجِعُونَ ﴿١٥٦﴾

Artinya: *Dan sungguh akan kami berikan cobaan kepadamu, dengan sedikit ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa dan buah-buahan. dan berikanlah berita gembira kepada orang-orang yang sabar. (yaitu) orang-orang yang apabila ditimpa musibah, mereka mengucapkan: "Inna lillaahi wa innaa ilaihi raaji'uun". (QS: Al-Baqarah [02]: 155-156)*

Berusaha untuk mengatasi masalah pencemaran kadmium dan memelihara lingkungan dari kerusakan alam merupakan salah satu bentuk rasa syukur atas nikmat yang diberikan Allah SWT. Melalui penelitian ini diharapkan kita dapat mengatasi masalah pencemaran kadmium di lingkungan dan dapat meningkatkan keimanan kita kepada Tuhan Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai dengan bulan Desember 2007. Penelitian dilakukan di laboratorium kimia Universitas Islam Negeri Malang dan laboratorium kimia Universitas Muhamadiyah Malang.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

##### **3.2.1 Bahan**

Bahan kimia yang digunakan adalah:

1. Biji kelor
2. Akuades
3.  $\text{CdI}_2$  (Pa)
4.  $\text{HCl}$  (Pa)
5.  $\text{NaOH}$  (Pa)
6. Etanol (Pa)
7. Kloroform (Pa)
8. Dithizone (Pa)

### 3.2.2 Alat

Alat yang diperlukan dalam penelitian adalah:

1. Timbangan analitis Mettler AW 166
2. Gelas beaker 500 ml
3. Gelas beaker 100 ml
4. Corong pisah 250 ml
5. Labu ukur 1000 ml
6. Pipet volume 100 ml
7. Pipet volume 50 ml
8. Gelas arloji
9. Pengaduk
10. Stirer
11. Stopwatch
12. Toples
13. Spektrofotometer Serapan Atom Merk Shimadzu AA 6200
14. pH meter merk LF91 KLE 1/T
15. Konduktivimeter merk LF91 KLE 1/T
16. Spektrofotometer Infrared (IR) merk Shimadzu



### **3.3 Cara Kerja**

#### **3.3.1 Preparasi Koagulan Biji Kelor**

Buah kelor yang sudah tua di pohon diambil bijinya (dikupas kulit luarnya), kemudian dibersihkan dari kulit arinya (berwarna coklat) hingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih. Biji kelor yang sudah dikupas selanjutnya ditumbuk dengan menggunakan cawan porselen dan kemudian disimpan dalam toples dan ditutup rapat.

#### **3.3.2 Pembuatan Larutan Dithizone 50 ppm**

Ditimbang dithizone 0,005 gram kemudian ditambahkan sedikit etanol, dimasukkan ke labu ukur 100 ml dan ditambahkan etanol sampai tanda batas.

#### **3.3.3 Pembuatan Larutan Stok $CdI_2$ 500 ppm sebanyak 1000 ml**

Padatan  $CdI_2$  ditimbang sebanyak 1,6292 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 ml, ditambahkan akuades kurang lebih 10 ml dan diaduk hingga larut. Larutan  $CdI_2$  dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, selanjutnya larutan dikocok.

#### **3.3.4 Analisis Kualitatif dengan IR**

Sampel yang digunakan adalah endapan hasil proses koagulasi dengan waktu pengendapan 120 menit dengan bilangan gelombang  $4000\text{cm}^{-1}$ - $400\text{cm}^{-1}$ . Alat IR yang digunakan adalah merk Shimadzu dengan *resolution* 2.0 dan no.of scans

20, sedangkan sebagai pembanding digunakan data sekunder IR biji kelor dari Yuliati (2007).

### **3.3.5 Pembuatan Kurva Standar Kadmium(II)**

Pembuatan kurva standar disiapkan sederet larutan kadmium(II) disiapkan dengan konsentrasi 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60 dan 70 ppm yang diukur absorbansinya dengan SSA, kemudian dibuat kurva hubungan antara konsentrasi larutan sebagai sumbu X dan absorbansi larutan sebagai sumbu Y. Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan ke persamaan  $Y = aX$ , persamaan ini digunakan untuk menentukan konsentrasi kadmium(II) dari absorbansi yang diperoleh untuk tiap-tiap parameternya.

### **3.3.6 Penentuan Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Optimum**

Serbuk biji kelor dibuat dengan variasi konsentrasi yaitu sebesar 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm, interaksi yang dilakukan menurut langkah berikut: serbuk biji kelor diletakkan di atas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan  $CdI_2$  50 ppm, diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan  $CdI_2$  50 ppm 500 ml. Larutan ini diaduk cepat dengan magnetik stirer selama 0,5 menit, kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Masing-masing larutan dibiarkan mengendap dengan berbagai variasi waktu pengendapan yaitu 0; 15; 30; 60; 90; dan 120 menit. Setiap waktu pengendapan dipipet 15 ml kemudian diukur nilai pH, konduktivitas dan kadar kadmium(II).

### **3.3.7 Penentuan pH Larutan Optimum**

Larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm sebanyak 500 ml diatur pH larutan dengan variasi menjadi pH 2, 3, 4, 5, dan 6, kemudian ditambahkan serbuk biji kelor dengan dosis optimum. Interaksi dengan biji kelor dilakukan menurut langkah berikut: serbuk biji kelor diletakkan di atas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm pH 2, diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm pH 2 500 ml. Larutan ini diaduk cepat dengan magnetik stirer selama 0,5 menit kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Masing-masing larutan dibiarkan mengendap dengan waktu pengendapan optimum. Masing-masing larutan dipipet 15 ml kemudian diukur nilai pH, konduktivitas dan konsentrasi kadmium(II). Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama dengan variasi pH 3, 4, 5, dan 6.

### **3.3.8 Perbandingan Penurunan Intensitas Warna**

Serbuk biji kelor dengan konsentrasi sebesar dosis optimum (50 ppm), interaksi yang dilakukan menurut langkah berikut: serbuk biji kelor diletakkan di atas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm, diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm 500 ml. Larutan ini diaduk cepat dengan magnetik stirer selama 0,5 menit kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Larutan dipipet 20 ml (t<sub>0</sub>) dan diukur nilai pH dan konduktivitas, kemudian dibiarkan mengendap dengan waktu pengendapan optimum (120 menit) kemudian dipipet 20 ml (t<sub>1</sub>) dan diukur nilai pH dan konduktivitas.

Larutan  $CdI_2$  20 ml ( $t_0$ ) dimasukkan ke gelas beker 100 ml kemudian ditambahkan dithizone 50 ppm 10 ml dan diaduk hingga larut. Larutan kemudian dimasukkan ke corong pisah dan ditambahkan 5 ml kloroform, kemudian dikocok selama 5 menit. Larutan kemudian didiamkan selama 20 menit dan diambil bagian kloroform (lapisan bawah).

Larutan  $CdI_2$  20 ml ( $t_1$ ) yang sudah diinteraksikan dengan kelor di atas dimasukkan ke gelas beker 100 ml kemudian ditambahkan dithizone 50 ppm 10 ml dan diaduk hingga larut. Larutan kemudian dimasukkan ke corong pisah dan ditambahkan 5 ml kloroform, kemudian dikocok selama 5 menit. Larutan kemudian didiamkan selama 20 menit dan diambil bagian kloroform (lapisan bawah).

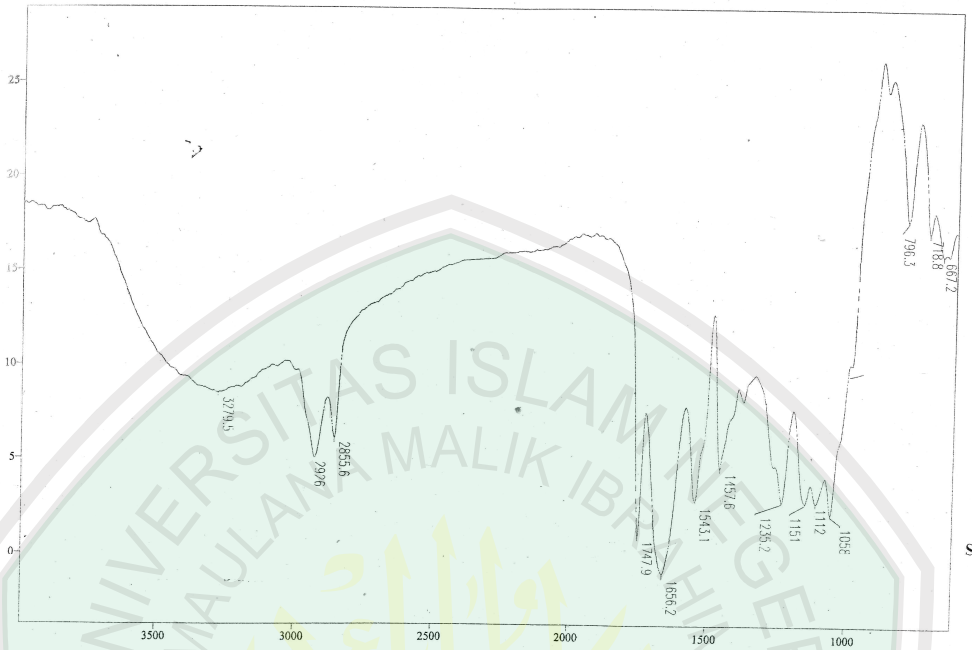
Masing-masing hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan warnanya antara sampel  $CdI_2$  20 ml ( $t_1$ ) dengan  $CdI_2$  20 ml ( $t_0$ ).

## **BAB IV**

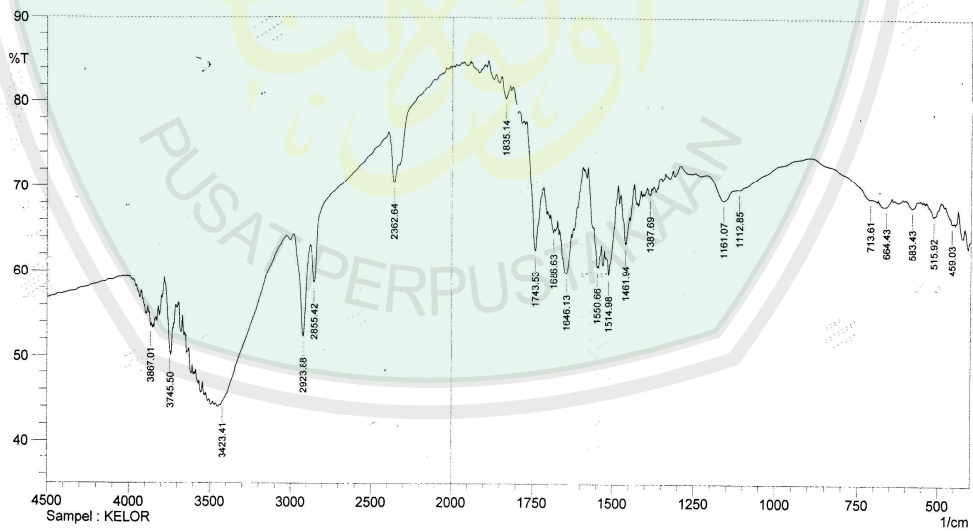
### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakterisasi Biji Kelor (*Moringa oleifera Lamk*)**

Identifikasi menggunakan Spektrofotometri infrared (IR) bertujuan untuk mendapatkan keterangan tentang keberadaan gugus fungsional dari suatu molekul, hal ini dikarenakan setiap gugus fungsional memiliki daerah vibrasi yang khas (Harjono, 1992 dalam Wahyudi, 2004). Koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor diperkirakan terjadi akibat keberadaan basa lewis yang aktif untuk berikatan dengan kadmium(II). Berdasarkan komposisi yang ada biji kelor memiliki kandungan protein yang cukup besar, hal ini perlu dikaji dengan melakukan karakterisasi terhadap biji kelor dengan pengamatan IR. Spektra biji kelor dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2



**Gambar 4.1 Spektra Biji Kelor Sebelum Diinteraksikan Dengan Kadmium(II) (Yulianty, 2007)**



Comment; No. of Scans; 20 Date/Time : 12 Februari 2008  
 Sampel : Resolution; 2.0 User; hadik  
 Apodization;

**Gambar 4.2 Spektra Biji Kelor Setelah Diinteraksikan Dengan Kadmium(II)**

Perbedaan spektra biji kelor sebelum dan setelah diinteraksikan dengan kadmium(II) dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Perbedaan Spektra Biji Kelor Sebelum Dan Setelah Diinteraksikan Dengan Kadmium(II)**

No	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		Range (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas Reverensi	Keterangan
	Kelor	Kelor + Cd			
1	-	3423,41	4000-3200	Tajam	Uluran O-H terikat hidrogen secara intermolekul
	3279,5	-		Tajam	
2	2926	-	2940-2915	Tajam	Uluran C-H, CH <sub>3</sub> aliphatik
	-	2923,88		Tajam	
3	2855,6	-	3000-2800	Tajam	Uluran C-H, CH <sub>3</sub> aromatik
	-	2855,42		Tajam	
4	-	2362,64	2500-2000	Tajam	Uluran N-H, Amina primer
5	1747,9	-	1750-1730	Tajam	Uluran C=O (Ester)
	-	1743,5		Tajam	
6	-	1686,03	1690-1620	Sedang	Uluran C=C Alkena
7	1656,2	-	1680-1600	Tajam	Uluran C=C aromatik
	-	1646,13		Tajam	
8	1543,1	-	1600-1450	Sedang	Uluran C=C simetris aromatik
	-	1514,98		Tajam	
9	1235,2	-	1310-1020	Sedang	Uluran R-O, Aromatik
10	796,3	-	900-670	Tajam	Uluran C-H, Monosubstituen benzen
	-	713,61		Lemah	Uluran C-H, 1,2 disubstituen benzen

(Sumber: Socrates, 1994)

Berdasarkan spektra IR biji kelor sebelum diinteraksikan dengan kadmium(II) seperti pada Gambar 4.1 dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya uluran O-H pada pita serapan  $3279,5\text{ cm}^{-1}$ . Serapan yang tajam juga terlihat pada pita serapan  $2926\text{ cm}^{-1}$  dan  $2855,6\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya uluran C-H dari  $\text{CH}_3$  aliphatik dan dari  $\text{CH}_3$  aromatik. Uluran C=O biasanya muncul pada daerah  $1870\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$ , hal ini ditunjukkan dengan adanya serapan tajam pada pita serapan  $1747,9\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya uluran C=O dari ester protein. Serapan yang tajam juga terlihat pada pita serapan  $1656,2\text{ cm}^{-1}$  dan  $1543,1\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya uluran C=C dari senyawa aromatik.

Berdasarkan spektra IR biji kelor setelah diinteraksikan dengan kadmium(II) seperti pada Gambar 4.2 dapat dilihat adanya perbedaan serapan dengan spektra IR biji kelor sebelum diinteraksikan dengan kadmium(II) seperti adanya pergeseran bilangan gelombang serapan dan munculnya spektra baru. Serapan tajam terlihat pada pita serapan  $3423,41\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus OH yang terikat hidrogen secara intermolekuler (satu molekul/molekul lain yang sejenis/berbeda). Socrates (1994) menyatakan bahwa uluran OH yang terikat hidrogen secara intermolekuler terjadi pada daerah  $4000\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ . Serapan tajam juga terlihat pada pita serapan  $2923,88\text{ cm}^{-1}$  dan  $2855,42\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya uluran C-H dari  $\text{CH}_3$  aliphatik dan dari  $\text{CH}_3$  aromatik. Uluran C=O dari ester juga muncul tetapi bilangan gelombangnya bergeser menjadi  $1743,5\text{ cm}^{-1}$  yang sebelumnya  $1747,9\text{ cm}^{-1}$ . Uluran C=C dari senyawa



aromatik juga muncul tetapi bilangan gelombangnya bergeser menjadi 1646,13  $\text{cm}^{-1}$  dan 1514,98  $\text{cm}^{-1}$  yang sebelumnya 1656,2  $\text{cm}^{-1}$  dan 1543,1  $\text{cm}^{-1}$ .

Berdasarkan hasil pengamatan spektra IR dapat diperkirakan bahwa koagulan biji kelor memiliki basa lewis yang berasal dari protein, yaitu munculnya gugus asam amino pada spektra IR yang dihasilkan. Keberadaan protein ini diharapkan akan memiliki peranan yang penting dalam proses koagulasi kadmium(II).

## **4.2 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum**

### **4.2.1 Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Kadmium(II)**

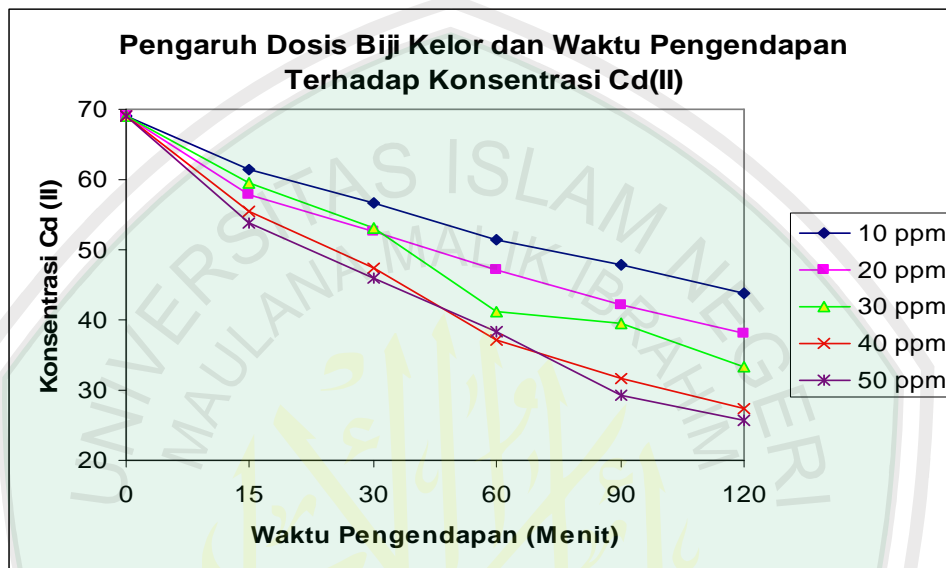
Penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum bertujuan untuk mengetahui banyaknya biji kelor dan waktu pengendapan yang terbaik untuk proses koagulasi kadmium(II) dalam air, untuk mendukung data yang diperoleh maka diperlukan larutan pengontrol. Larutan pengontrol bertujuan untuk membandingkan perubahan-perubahan yang terjadi antara larutan  $\text{CdI}_2$  yang diinteraksikan tanpa biji kelor dengan larutan  $\text{CdI}_2$  yang diinteraksikan dengan biji kelor. Larutan pengontrol yang digunakan adalah larutan  $\text{CdI}_2$  yang diinteraksikan tanpa biji kelor, dan larutan  $\text{CdI}_2$  yang diinteraksikan dengan biji kelor 50 ppm. Hasil pengamatan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Larutan Pengontrol**

No	Konsentrasi Biji Kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (menit)	Konsentrasi Cd(II) (ppm)
1	0	0	54,821
		60	54,46
		120	53,93

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui bahwa pada larutan  $CdI_2$  yang diinteraksikan tanpa biji kelor, konsentrasi kadmium(II) mengalami penurunan setelah diendapkan selama 120 menit sebesar 1 ppm. Waktu pengendapan 0 menit konsentrasi kadmium(II) sebesar 54,821 ppm, waktu pengendapan 60 menit konsentrasi kadmium(II) sebesar 54,46 ppm, dan waktu pengendapan 120 menit konsentrasi kadmium(II) sebesar 53,93 ppm. Hal ini terjadi karena pada pH netral (mendekati pH 7.8) pengomplekan kadmium(II)  $[Cd(OH)_2]$  mulai terbentuk sehingga kadmium(II) mulai turun ke bawah dan mengendap.

Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap konsentrasi kadmium(II) dengan menggunakan koagulan dari serbuk biji kelor dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.3



Gambar 4.3 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Kadmium(II)

**Tabel 4.3 Pengaruh Dosis Biji Kelor Terhadap pH, Konduktivitas, Dan Konsentrasi Kadmium(II)**

No	Konsentrasi Serbuk Biji Kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (menit)	pH Larutan	Konduktivitas Larutan (ms/cm)	Cd (II) (ppm)	Penurunan konsentrasi Cd(II) (%)
1	10	0	6,52	0,47	69,019	0
		15	6,52	0,42	61,470	10,94
		30	6,53	0,39	56,667	17,90
		60	6,55	0,34	51,373	25,57
		90	6,59	0,32	47,941	30,54
		120	6,61	0,30	43,726	36,65
2	20	0	6,53	0,47	69,019	0
		15	6,53	0,40	57,843	16,19
		30	6,56	0,35	52,647	23,72
		60	6,58	0,33	47,255	31,53
		90	6,62	0,28	42,157	38,92
		120	6,65	0,26	38,138	44,74
3	30	0	6,65	0,49	69,019	0
		15	6,66	0,42	59,509	13,78
		30	6,69	0,39	53,137	23,01
		60	6,71	0,31	41,275	40,20
		90	6,74	0,28	39,412	42,90
		120	6,76	0,25	33,334	51,70
4	40	0	6,65	0,49	69,019	0
		15	6,66	0,40	55,589	19,46
		30	6,70	0,35	47,451	31,25
		60	6,73	0,29	37,157	46,16
		90	6,75	0,24	31,667	54,12
		120	6,79	0,22	27,451	60,23
5	50	0	6,65	0,49	69,019	0
		15	6,67	0,38	53,922	21,87
		30	6,72	0,33	45,882	33,52
		60	6,76	0,28	38,432	44,32
		90	6,79	0,23	29,216	57,67
		120	6,82	0,20	25,687	62,78

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa dosis biji kelor dan waktu pengendapan berpengaruh terhadap proses koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor. Biji kelor pada dosis 10 ppm penurunan konsentrasi kadmium(II) berubah seiring dengan lamanya waktu pengendapan. Waktu pengendapan 15 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 61,470 ppm. Waktu pengendapan 30 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 61,470 ppm menjadi 56,667 ppm. Waktu pengendapan 60 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 56,667 ppm menjadi 51,373 ppm. Waktu pengendapan 90 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 51,373 ppm menjadi 47,941 ppm. Waktu pengendapan 120 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 47,941 ppm menjadi 43,726 ppm.

Dosis biji kelor 20 ppm dengan waktu pengendapan 15 menit mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 57,843 ppm. Waktu pengendapan 30 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 57,843 ppm menjadi 52,647 ppm. Waktu pengendapan 60 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 52,647 ppm menjadi 47,255 ppm. Waktu pengendapan 90 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 47,255 ppm menjadi 42,157 ppm. Waktu pengendapan 120 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 42,157 ppm menjadi 38,138 ppm.

Dosis biji kelor 30 ppm dengan waktu pengendapan 15 menit mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 59,509 ppm.

Waktu pengendapan 30 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 59,509 ppm menjadi 53,137 ppm. Waktu pengendapan 60 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 53,137 ppm menjadi 41,275 ppm. Waktu pengendapan 90 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 41,275 ppm menjadi 39,412 ppm. Waktu pengendapan 120 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 39,412 ppm menjadi 33,334 ppm.

Dosis biji kelor 40 ppm dengan waktu pengendapan 15 menit mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 55,589 ppm. Waktu pengendapan 30 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 55,589 ppm menjadi 47,451 ppm. Waktu pengendapan 60 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 47,451 ppm menjadi 37,157 ppm. Waktu pengendapan 90 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 37,157 ppm menjadi 31,667 ppm. Waktu pengendapan 120 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 31,667 ppm menjadi 27,451 ppm.

Dosis biji kelor 50 ppm dengan waktu pengendapan 15 menit mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 53,922 ppm. Waktu pengendapan 30 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 53,922 ppm menjadi 45,882 ppm. Waktu pengendapan 60 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 45,882 ppm menjadi 38,432 ppm. Waktu pengendapan 90 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 38,432 ppm menjadi 29,216 ppm. Waktu

pengendapan 120 menit biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 29,216 ppm menjadi 25,687 ppm.

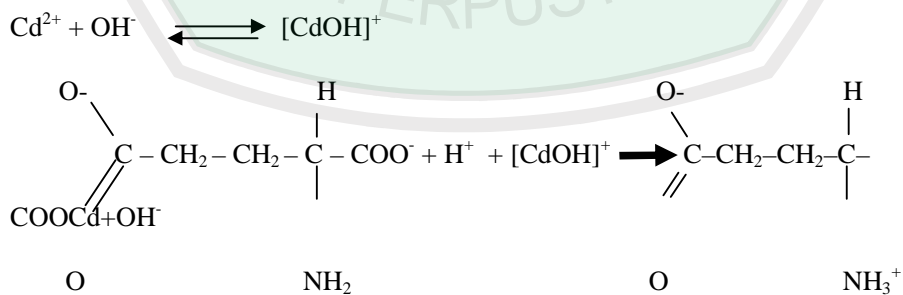
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi kadmium(II) mengalami penurunan setelah diinteraksikan dengan biji kelor. Konsentrasi kadmium(II) sebelum diinteraksikan dengan biji kelor adalah 69,019 ppm, tetapi setelah diinteraksikan dengan biji kelor konsentrasi kadmium(II) pada dosis 50 ppm dengan waktu pengendapan 120 menit turun menjadi 25,687 ppm. Penurunan konsentrasi kadmium(II) dipengaruhi juga oleh pengendapan alami yang dilakukan oleh kadmium(II), hal ini disebabkan oleh terbentuknya kompleks kadmium(II) yang berbentuk  $[Cd(OH)_2]$  pada pH mendekati 7.8 sudah mulai terbentuk, dan hal ini dapat mengakibatkan kadmium(II) dapat mengendap dengan sendiri secara alami.

Berdasarkan data berkurangnya konsentrasi kadmium(II) setelah diinteraksikan dengan biji kelor maka dosis optimum biji kelor dalam koagulasi kadmium(II) adalah 50 ppm, sedangkan waktu pengendapan optimumnya adalah 120 menit.

Kecenderungan meningkatnya koagulasi kadmium(II) dipengaruhi oleh waktu pengendapan dan dosis biji kelor. Semakin lama waktu kontak antara koagulan dan kadmium(II) maka semakin lama aksi gaya tarik terjadi antara keduanya, sehingga semakin banyak kadmium(II) yang terikat dengan koagulan dan membentuk flok. Berkurangnya konsentrasi kadmium(II) disebabkan oleh berinteraksinya kadmium(II) dengan protein biji kelor. Meningkatnya jumlah biji kelor mengakibatkan semakin banyak pula kadmium(II) yang terikat oleh protein

yang memiliki gugus fungsi karboksil (-COOH) dengan gugus alkil (R-) yang bermuatan negatif yaitu asam aspartat dan asam glutamat. Wirahadikusumah (1977) menyatakan bahwa pada pH 6-7 asam amino memiliki muatan negatif, sehingga jika berinteraksi dengan kadmium(II) yang bermuatan positif maka akan terjadi gaya tarik menarik dan membentuk flok yang akan mengendap seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

Interaksi antara kadmium(II) dengan gugus fungsi karboksil adalah melalui gaya van der Waals yaitu gaya ikatan kimia yang lemah, hal ini dibuktikan dengan labilnya endapan yang terbentuk pada proses koagulasi. Perbedaan muatan antara gugus fungsi karboksil pada asam aspartat dan asam glutamat, dan COO<sup>-</sup> dari karboksilat pada biji kelor dengan kadmium(II) yang bermuatan positif menyebabkan terjadinya pembentukan flok yang semakin besar seiring dengan lamanya waktu pengendapan. Sneed and Brasted (1996) menyatakan bahwa pada pH 6, OH<sup>-</sup> yang dihasilkan merupakan basa lewis yang akan diikat oleh ion Cd<sup>2+</sup> yang belum bereaksi menjadi ion kompleks [CdOH]<sup>+</sup>, reaksi kimia yang terjadi adalah:



### Asam Amino Asam Glutamat

Perbedaan muatan pada gugus fungsional dalam protein menyebabkan biji kelor mampu mengendapkan senyawa yang non polar, polar, ion bermuatan

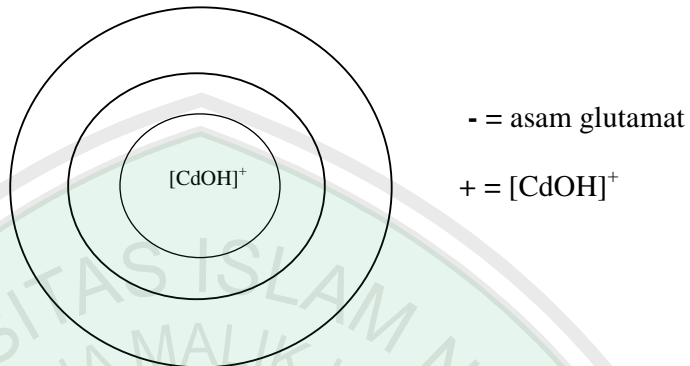


negatif, maupun ion yang bermuatan positif. Hal ini dapat membuat kita sebagai manusia untuk memikirkan ciptaan Tuhan dan berpikir bahwa Tuhan tidak menciptakan semua ini dengan sia-sia, inilah yang dikatakan Al-Quran dalam surat Ali Imran ayat 191, yang artinya:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي  
خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا  
عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka. (QS. Ali Imran [3]:191)

Mekanisme koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor secara fisika dapat dijelaskann dengan teori difusi lapisan ganda. Raju (1995) dalam Hidayat (2006) menyatakan bahwa teori difusi lapisan ganda adalah berinteraksinya partikel dengan awan ion (lapisan difusi) di sekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan yang berkumpul di daerah interfasial bersama muatan utama membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Protein merupakan makromolekul yang polielektrolit, Hidayat (2006) menyatakan bahwa biji kelor polielektrolit bermuatan positif, tetapi protein biji kelor juga memiliki jenis protein yang bermuatan negatif seperti asam amino asam glutamat.

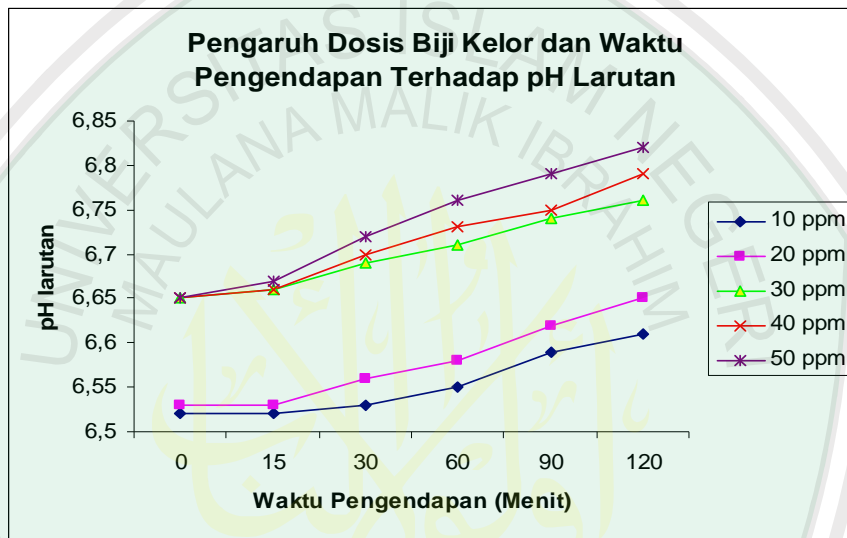


**Gambar 4.4 Mekanisme Koagulasi Dengan Lapsian Difusi Ganda**

Gambar 4.4 menunjukkan skema partikel koloid kadmium(II) bermuatan positif dengan awan ion (lapisan difusi) di sekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan dari protein yang berkumpul di daerah interfasial bersama muatan utama kadmium(II) membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapsian elektrik ganda akan mengikat ion lain yang bermuatan berlawanan sehingga lapisan (flok) yang terbentuk semakin besar seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

#### 4.2.2 Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap pH Larutan

Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap pH larutan dengan menggunakan koagulan dari serbuk biji kelor dapat dilihat pada Gambar 4.5.

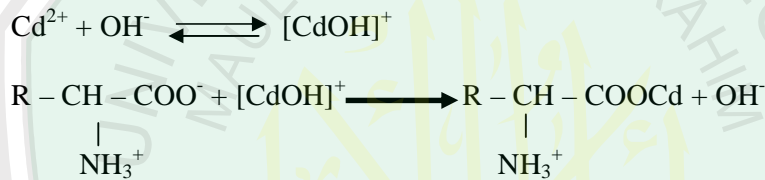


Gambar 4.5 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap pH Larutan

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa dosis biji kelor dan waktu pengendapan berpengaruh terhadap pH larutan yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan walaupun tidak signifikan. pH larutan mengalami peningkatan setelah diendapkan selama 120 menit; dosis biji kelor 10 ppm pH larutan naik menjadi 6,61 dari pH awal 6,52. Dosis biji kelor 20 ppm pH larutan naik menjadi 6,65 dari pH awal 6,53. Dosis biji kelor 30 ppm pH larutan naik menjadi 6,76 dari pH awal 6,55, pada dosis biji kelor 40 ppm pH larutan naik menjadi 6,79 dari pH awal 6,55, dan dosis biji kelor 50 ppm pH larutan naik menjadi 6,82 dari pH awal

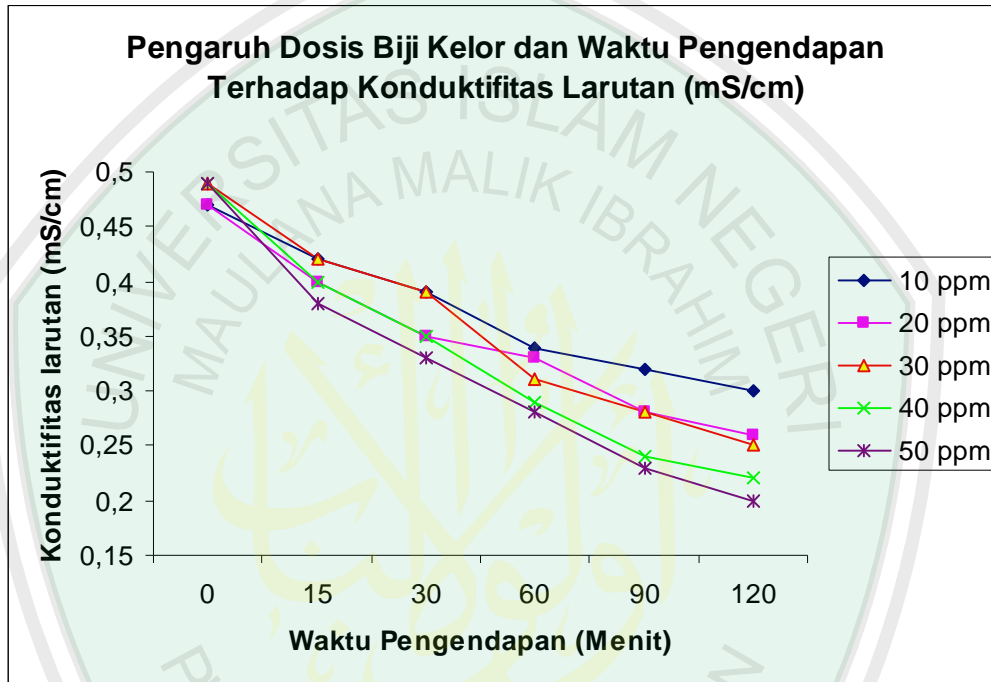
6,55. Wahyudi (2004) menyatakan bahwa peningkatan pH dapat disebabkan oleh banyaknya hasil reaksi antara koagulan dengan kadmium(II) yang berupa OH<sup>-</sup>, semakin banyak OH<sup>-</sup> yang dihasilkan maka larutan semakin basa.

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa peningkatan pH larutan sebanding dengan banyaknya dosis biji kelor yang diinteraksikan dan lamanya waktu pengendapan. Sneed and Brasted (1996) pada pH 6 kadmium(II) dalam larutan berbentuk [CdOH]<sup>+</sup> sehingga jika diinteraksikan dengan biji kelor, reaksi kimia yang terjadi diperkirakan sebagai berikut:



#### 4.2.3 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas Larutan

Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap konduktivitas larutan sampel kadmium(II) dengan menggunakan koagulan dari serbuk biji kelor dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas Larutan**

Konduktivitas merupakan kemampuan larutan untuk menghantarkan aliran listrik dengan satuan mili Siemens per cm (mS/cm). Effendi (2003) menyatakan bahwa konduktivitas dipengaruhi oleh ion-ion yang ada dalam larutan, semakin banyak ion yang ada maka nilai konduktivitas semakin tinggi, dengan kata lain nilai konduktivitas sebanding dengan konsentrasi ion dalam larutan.

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa dosis biji kelor dan waktu pengendapan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas yang ditunjukkan dengan adanya penurunan konsentrasi seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

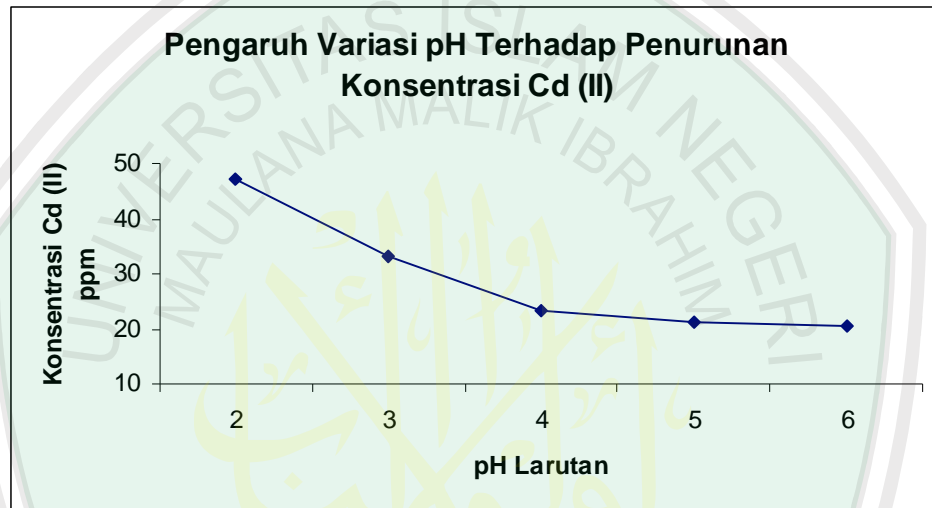
Konduktivitas larutan mengalami penurunan setelah diendapkan selama 120 menit, pada dosis biji kelor 10 ppm konduktivitas larutan turun menjadi 0,30 mS/cm dari konduktivitas awal 0,47 mS/cm. Dosis biji kelor 20 ppm konduktivitas larutan turun menjadi 0,26 mS/cm dari konduktivitas awal 0,47 mS/cm. Dosis biji kelor 30 ppm konduktivitas larutan turun menjadi 0,25 mS/cm dari konduktivitas awal 0,47 mS/cm. Dosis biji kelor 40 ppm konduktivitas larutan turun menjadi 0,22 mS/cm dari konduktivitas awal 0,47 mS/cm. Dosis biji kelor 50 ppm konduktivitas larutan turun menjadi 0,20 mS/cm dari konduktivitas awal 0,47 mS/cm.

Penurunan konduktivitas larutan menunjukkan bahwa semakin berkurangnya ion-ion kadmium(II) dalam larutan, hal ini disebabkan karena banyaknya kadmium(II) yang diikat oleh biji kelor dan mengendap seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

#### **4.3 Penentuan pH Optimum**

Pengukuran pH merupakan hal penting yang sering digunakan dalam setiap pengujian kimiawi air (Eaton, 1995 dalam Hidayat, 2006). Nilai pH

mempengaruhi reaksi-reaksi kimia dan aktivitas biologi yang biasanya dibatasi oleh rentang pH antara 6-8 yang terdapat di dalam air. Air yang terlalu asam atau terlalu basa tidak dikehendaki karena bersifat korosif dan sulit diolah. Hasil pengamatan pengaruh variasi pH terhadap konsentrasi kadmium(II) dengan dosis serbuk biji kelor 50 ppm dapat dilihat pada Gambar 4.7



**Gambar 4.7 Pengaruh pH Terhadap Penurunan Konsentrasi Kadmium(II)**

**Tabel 4.3 Pengaruh pH Larutan Terhadap Konsentrasi Kadmium (II) Dengan Dosis Biji Kelor 50ppm**

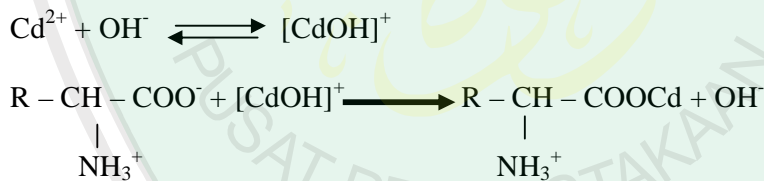
No	pH	Cd(II) awal (ppm)	Cd(II) akhir (ppm)
1	2	69,019	47.053
2	3	69,019	33.035
3	4	69,019	23.482
4	5	69,019	21.161
5	6	69,019	20.446

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada pH 2 biji kelor mampu mengurangi konsentrasi kadmium(II) dari 69,019 ppm menjadi 47.053 ppm, pada pH 3 konsentrasi kadmium(II) berkurang dari 69,019 ppm menjadi 33.035 ppm, pada pH 4 konsentrasi kadmium(II) berkurang dari 69,019 ppm menjadi 23.482 ppm, pada pH 5 konsentrasi kadmium(II) berkurang dari

69,019 ppm menjadi 21.161 ppm, dan pH 6 konsentrasi kadmium(II) berkurang dari 69,019 ppm menjadi 20.446 ppm. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui bahwa pH optimum koagulasi kadmium(II) oleh biji kelor adalah pH 6.

Tingkat koagulasi kadmium(II) pada pH asam cukup tinggi, hal ini disebabkan oleh gugus fungsional yang terdapat pada protein biji kelor terionisasi, akibatnya semakin banyak gugus fungsi yang berubah menjadi bermuatan negatif seperti gugus fungsional karboksilat (-COOH) terionisasi menjadi -COO<sup>-</sup>. Wirahadikusumah (1977) menyatakan bahwa pada kondisi pH asam, asam amino memiliki dwiionik, sehingga interaksi yang terjadi adalah gaya tarik menarik antara R-COO<sup>-</sup> dengan kadmium(II) yang bermuatan positif.

Kadmium(II) dalam larutan pada pH 2 sampai pH 6 berbentuk [CdOH]<sup>+</sup> sehingga jika diinteraksikan dengan kelor, reaksi kimia yang terjadi diperkirakan sebagai berikut:



#### 4.4 Pembahasan Penelitian Ditinjau Dari Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan segala sesuatu di atas muka bumi ini tidak lain sebagai penunjang kehidupan umat manusia. Matahari yang terus memancarkan



sinarnya, bumi yang berotasi mengakibatkan silih bergantinya siang dan malam, lautan dan daratan yang kaya dengan sumber daya alam, potensi diri yang dimiliki manusia, dan semua yang ada di langit dan di bumi merupakan anugerah Allah SWT untuk kehidupan umat manusia.

Semua sumber daya alam yang diberikan Allah SWT dalam kehidupan ini wajib kita syukuri. Salah satu bentuk rasa syukurnya adalah menjaga dan memelihara sumber daya alam yang ada, tetapi tidak semua manusia menyadari hal tersebut. Kerusakan alam yang setiap tahun terus meningkat merupakan akibat ulah manusia yang tidak mensyukuri nikmat Allah SWT. Kerusakan alam dapat menyebabkan kehidupan manusia di bumi semakin menderita. Salah satu bentuk kerusakan alam adalah pencemaran limbah logam berat di lingkungan.

Masalah pencemaran limbah logam berat seperti kadmium merupakan masalah *global warning* yang saat ini ditakuti oleh manusia di bumi karena pencemaran kadmium dapat menyebabkan berbagai penyakit yang dapat berdampak pada manusia seperti rusaknya sistem ginjal, kanker, gangguan reproduksi, dan kematian. Ancaman pencemaran kadmium merupakan ujian bagi umat manusia dalam melaksanakan kehidupan ini. Allah SWT berfirman dalam surat Al-Baqarah ayat 155-156:

وَلَنَبْلُوَنَّكُمْ بِشَيْءٍ مِّنَ الْخَوْفِ وَالْجُوعِ وَنَقْصٍ مِّنَ الْأَمْوَالِ  
وَالْأَنْفُسِ وَالشَّمَرَاتِ ۗ وَكَشِّرَ الصَّابِرِينَ ﴿١٥٥﴾ الَّذِينَ إِذَا أَصَابَتْهُمُ  
مُّصِيبَةٌ قَالُوا إِنَّا لِلَّهِ وَإِنَّا إِلَيْهِ رَاجِعُونَ ﴿١٥٦﴾

Artinya: Dan sungguh akan kami berikan cobaan kepadamu, dengan sedikit ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa dan buah-buahan. dan berikanlah berita gembira kepada orang-orang yang sabar. (yaitu) orang-orang yang apabila ditimpa musibah, mereka mengucapkan: "Inna lillaahi wa innaa ilaihi raaji'uun".(QS: Al-Baqarah [02]: 155-156)

Ayat di atas menjelaskan bahwa manusia diuji keimanannya dengan berbagai macam cobaan, salah satunya adalah rasa takut dengan ancaman pencemaran kadmium. Peningkatan pencemaran kadmium yang begitu cepat perlu diatasi dengan metode khusus yaitu metode koagulasi. Metode koagulasi adalah metode untuk mengurangi kadmium dalam air dengan menambahkan koagulan. Koagulan alamiah dapat diperoleh dari alam seperti tanaman kelor. Penelitian dan pengkajian tentang pemanfaatan tanaman kelor untuk mengurangi kadar kadmium dalam air merupakan salah satu cara menjaga dan memelihara amanat Allah SWT. Pengkajian manfaat dari biji kelor merupakan bentuk rasa syukur kepada Allah SWT yang secara tidak langsung membuat kita telah melakukan ibadah kepada Allah SWT. Allah SWT berfirman dalam surat As-Syu'araa ayat 7-8:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾ إِنَّ فِي

ذَلِكَ لَآيَةً ۖ وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾

Artinya: Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan

Allah.dan kebanyakan mereka tidak beriman.(QS: As-Syu'araa [26]: 7-8)

Ayat di atas menjelaskan kepada manusia agar mengkaji ciptaan Allah SWT dan mengakui kebesaran-Nya. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh diketahui bahwa biji kelor memiliki efektifitas dalam mengkoagulasikan kadmium sebesar 62%. Hal ini membuktikan kebenaran Al-Quran dalam surat Shaad ayat 27:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۚ فَوَيْلٌ لِّلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

Artinya: Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu Karena mereka akan masuk neraka. (QS: Shaad [38]: 27)

Hasil penelitian ini menunjukkan bukti-bukti kebenaran yang datang dari Allah SWT, dan hendaknya dapat menambah dan menguatkan keimanan kita sebagai hamba-Nya. Semua yang terkandung dalam ciptaan Allah SWT merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah SWT bagi orang-orang yang berfikir. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Ali Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ

وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا

بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka. (QS: Ali Imran [3]: 190-191)*

Pemanfaatan biji kelor sebagai koagulan dalam menyerap kadmium membuktikan kebesaran Allah SWT sebagai Tuhan Yang Maha Esa dalam jagat raya ini, dengan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan keyakinan dan keimanan kita akan kebesaran dan kekuasaan Allah SWT. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menambah rasa syukur kita terhadap nikmat Allah SWT dan menjaganya dari kerusakan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dosis optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium(II) dengan skala dosis 10-50 ppm adalah 50 ppm, sedangkan waktu pengendapan optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium(II) dengan skala 15-120 menit adalah 120 menit.
2. pH optimum biji kelor dalam mengkoagulasi kadmium(II) dengan skala pH 2-6 adalah pH 6.

## 5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu dikaji lebih lanjut tentang gugus biji kelor yang berperan aktif dalam proses koagulasi antara koagulan biji kelor dan kadmium(II), dan mengintegrasikannya antara ilmu kimia, Al-quran dan ilmu hadist.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, 2007, *Mukjizat Tanaman Kelor*, [www.sehatsuaramerdeka.com/index.php?id=28](http://www.sehatsuaramerdeka.com/index.php?id=28), diakses 20 juli 2007

- Anonymous, 2007, *Tanaman Obat Indonesia*, [www.iptek.net.id/ind/pd.tanobat/view.php/id1457](http://www.iptek.net.id/ind/pd.tanobat/view.php/id1457), diakses 25 Juli 2007
- Al-Nawiy, 2007, Definisi Bala', <http://konsultasi.wordpress.com/2007/03/07/memahami-bala%E2%80%99-musibah-dan-%E2%80%98adza/>, diakses 20 Juli 2007
- Cronquist, 1991, *An Integrated System of Classification of Flowering Plant*, Columbia University Press, New York
- Cotton and Wilkinson, 1981, *Kimia Anorganik Dasar*, Universitas Indonesia-Press, Jakarta
- Darmono, 2001, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Departemen Agama Republik Indonesia, 1999, *Al-quran Dan Terjemahan*, Mahkota, Surabaya
- Effendi, Hefni, 2003, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta
- Hammer, 1997, *Water and Wastewater Technology*, Second Edition, John Willey and Son Inc, New York
- Hayati, Elok Kamilah, 2007, *Dasar-Dasar Analisis Spektrofotometri*, UIN Malang
- Hidayat, Saleh, 2006, *Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematang Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Dengan Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk) Sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air*, Universitas Negeri Malang
- Khopkar, 2003, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Khothir, 2007, *Hakekat Ujian dan Musibah*, [http://www.mediamuslim.info/index.php?option=com\\_content&task=view&id=397&Itemid=15](http://www.mediamuslim.info/index.php?option=com_content&task=view&id=397&Itemid=15), diakses 15 Agustus 2007
- Kirk-Othmer, 1964, *Encyclopedia of Chemical Teechnology*, Second Edition, Volume 3, Interscience Publisher Adivition of John Willey and Son Inc, New York
- Lehninger, 1982, *Dasar-Dasar Biokimia*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Metcalf, 1994, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, MC.Graw-Hill Companies Inc, New York

- Mukhtashar, 1998, *Bencana, Sebuah Teguran* <http://kilausurya.wordpress.com/2007/01/15/8/>, diakses 15 Agustus 2007
- Palar, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta
- Rahardjanto, 2004, *The Effectivity Of Bioflocculant Moringa Oleifera For The Remediation Physicochemical Characteristics Of Textile Industry Wastewater*, <http://digilib.bi.itb.ac.id/go.php?id=jbptitbbi-gdl-s2-2004-abdulkadir-55&node=1576&start=11>, diakses 20 Mei 2007
- Sax and Lewis, 1987, *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 11<sup>th</sup> Edition, Van Nostran Reinholding Company, New York
- Setyorini, 2003, *Kerusakan Lingkungan Kita*, [www.digilib.ac.id/ind/pd.kerusakanlingkungan/view67&node=886&.php/id1457](http://www.digilib.ac.id/ind/pd.kerusakanlingkungan/view67&node=886&.php/id1457), diakses 25 Juli 2007
- Sneed and Brasted, 1996, *Comprehensive Inorganic Chemistry*, Van Nostrand Company Inc, Canada
- Socrates, 1994, *Infra Red Characteristic Group Frequencies Table And Charts*, Second Edition, University Of West London
- Sunardi, 2006, *Unsur-Unsur Kimia*, Erlangga, Jakarta
- Underwood, 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Vogel, 1985, *Analisis Anorganik Kuantitatif Makro dan Semimakro*, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta
- Wahyudi, Hendra, 2004, *Studi Adsorpsi Kadmium (II) Dalam Larutan Menggunakan Biomassa Rumput Gajah*, Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang
- Wirahadikusumah, 1977, *Biokimia*, ITB, Bandung
- Winarno, 2006, *Tanaman Obat-Obatan Tradisional*. [www.digilib.ac.id/ind/pd.obatradisonal/view&=8933.php/id](http://www.digilib.ac.id/ind/pd.obatradisonal/view&=8933.php/id), diakses 17 Agustus 2007
- Yulianti, Eny, 2007, *Studi Interaksi Antara Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk) Terhadap Pestisida Paraquat (1,1 dimetil 4,4 bipiridilium) dan Phosphat Dalam Medium Air*, Laporan Penelitian, UIN Malang



**Lampiran 1. Perhitungan Preparasi Larutan**  
**L.1.1 Larutan HCl 0,1 M**



Untuk membuat HCl 0,1 M sebanyak 500 ml maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Mol HCl} &= M \cdot V \\ &= 0,1 \text{ M} \cdot 0,5 \text{ L} \\ &= 0,005 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa HCl} &= \text{mol} \cdot \text{Mr} \\ &= 0,005 \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ gram/mol} \\ &= 1,823 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HCl} &= \text{Massa} / (\% \text{ HCl} \cdot \text{Berat jenis HCl}) \\ &= 1,823 \text{ gram} / (37\% \cdot 1,19 \text{ gram/ml}) \\ &= 4,14 \text{ ml}\end{aligned}$$

Jadi volume HCl yang diambil adalah 4,14 ml, untuk membuat larutan HCl dengan konsentrasi yang lebih kecil maka digunakan rumus pengenceran, yaitu:

$$\begin{aligned}M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ 0,1 \cdot V_1 &= 0,01 \cdot 250 \text{ ml} \\ V_1 &= 2,5 / 0,1 \\ &= 25 \text{ ml}\end{aligned}$$

### L.1.2 Larutan NaOH 0.1 M

Untuk membuat larutan NaOH 0.1 M sebanyak 500 mL, maka:

$$\begin{aligned}\text{Mol NaOH} &= M \times V \\ &= 0.1 \times 0,5 \text{ L} \\ &= 0.05 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH} &= \text{mol NaOH} \times \text{Mr} \\ &= 0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 2 \text{ gram}\end{aligned}$$

### L.1.3 Larutan Stok CdI<sub>2</sub> 500 ppm

Membuat larutan stok CdI<sub>2</sub> 500 ppm sebanyak 1000 mL dari CdI<sub>2</sub>

$$\text{Ar Cd} = 112,41 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr CdI}_2 = 366,21 \text{ g/mol}$$

$$500 \text{ ppm Cd (II)} = \frac{\text{berat}}{\text{volume}}, \text{ jika volume larutan } 1000 \text{ mL (1L) maka:}$$

$$500 \text{ ppm Cd (II)} = \frac{\text{mg}}{1\text{L}}, \text{ maka massa Cd (II) yang dibutuhkan:}$$

$$a = 500 \text{ ppm} \times 1 \text{ L}$$

$$a = 500 \text{ mg}$$

sehingga berat CdI<sub>2</sub> yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Berat Cd (II)} = \frac{\text{ArCd}}{\text{MrCdI}_2} \times \text{berat CdI}_2$$

$$500 \text{ mg} = \frac{112,41}{366,21} \times W \text{ (mg)}$$

$$500 \text{ mg} = 0.3069 \times W$$

$$W = \frac{500}{0.3069}$$

$$W = 1629,2 \text{ mg}$$

$$W = 1,6292 \text{ g}$$



## Lampiran. 2 Dokumentasi Penelitian

### L.2.1. Foto sampel dengan variasi dosis biji kelor 10 ppm dan 20 ppm



### L. 2.2. Foto sampel dengan variasi dosis biji kelor 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm



**L. 2.3. Foto Larutan Dithizone 100 ppm**



**L. 2.4. Foto Perbedaan warna larutan kadmium(II) yang diinteraksikan dengan kelor pada waktu pengendapan 0 menit (1) dan 120 menit (2)**



**L. 2.5 Foto alat pengukuran pH dan konduktifitas**

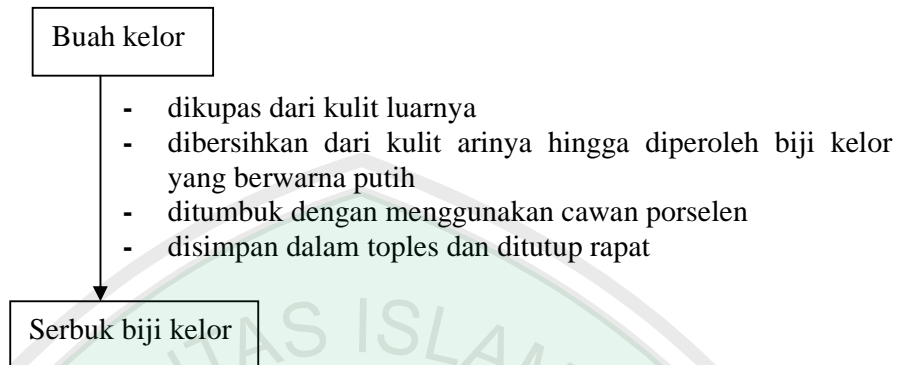


**L. 2.6 Foto alat pengaduk stirermagnetik**

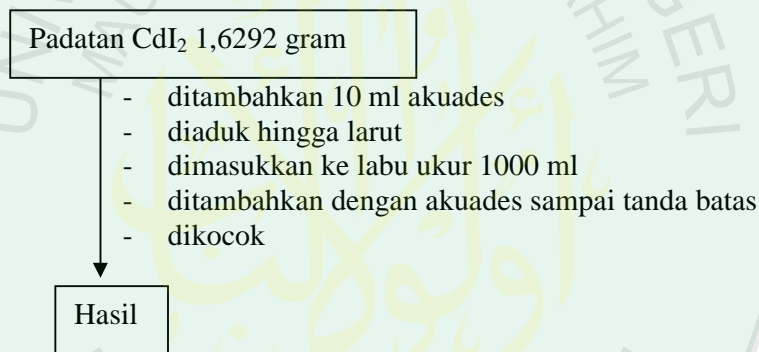


### **Lampiran 3. Perhitungan Preparasi Larutan**

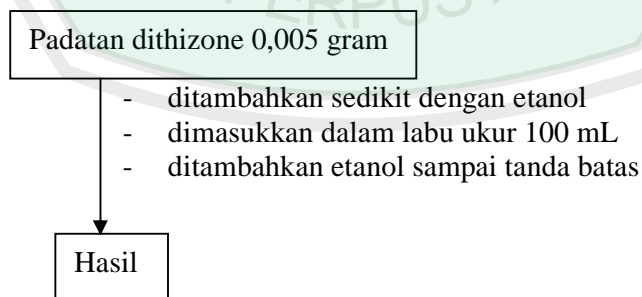
### L.3.1 Preparasi Koagulan Biji Kelor



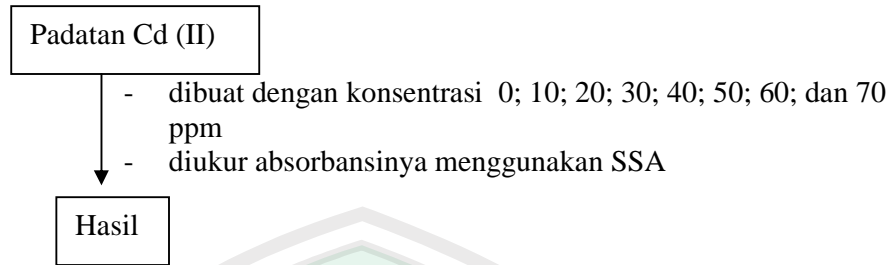
### L.3.2 Pembuatan Larutan Stok $\text{CdI}_2$ 500 ppm sebanyak 1000 mL



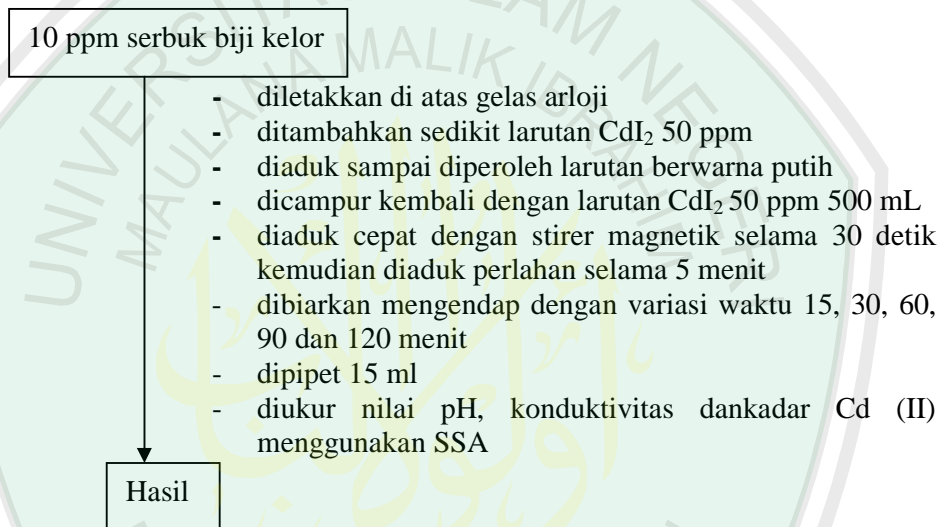
### L.3.3 Pembuatan Larutan dithizone 50 ppm



### L.3.4 Pembuatan Kurva Standar Kadmium (II)



### L.3.5 Penentuan Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Optimum



Catatan:

- Perlakuan diulang dengan prosedur yang sama pada dosis koagulan 20, 30, 40 dan 50 ppm

### L.3.6 Penentuan pH Larutan Optimum



Serbuk biji kelor optimum

500 mL larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm

- diletakkan di atas gelas arloji

- diatur pH larutan menjadi pH 2

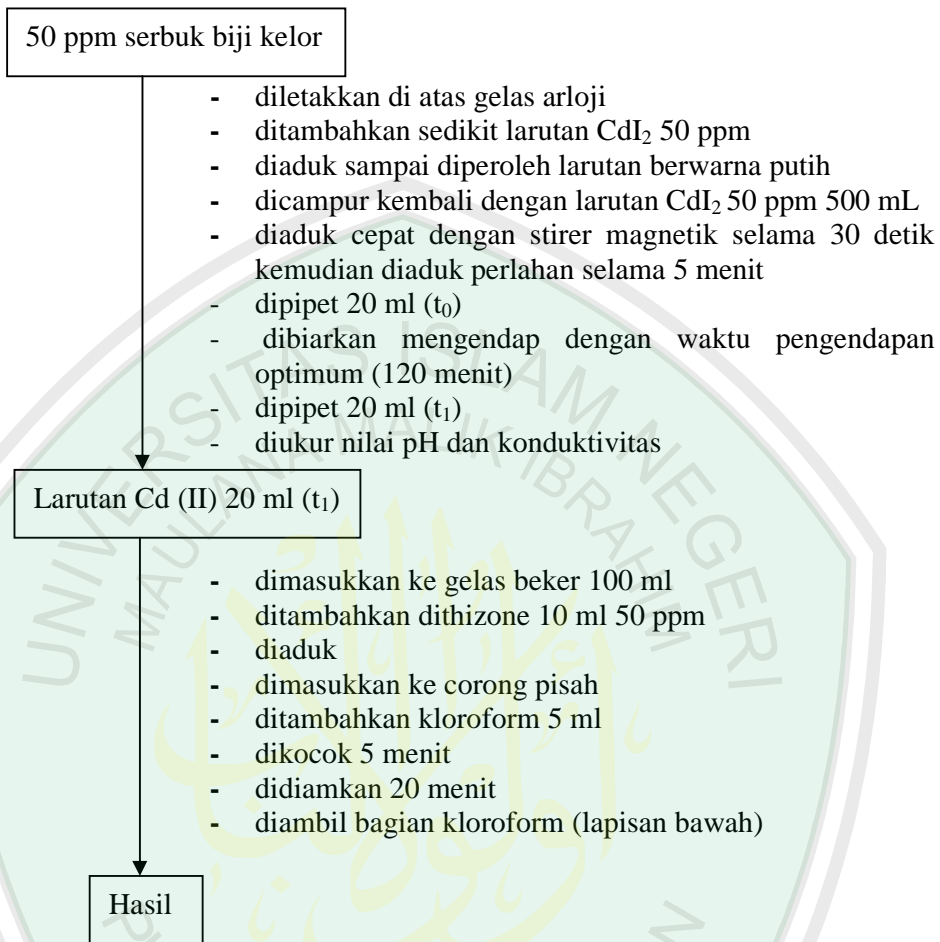
- ditambah sedikit larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm pH 2
- diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih
- dicampur dengan larutan CdI<sub>2</sub> 50 ppm 500 mL
- diaduk cepat dengan stirer magnetik selama 30 detik kemudian diaduk perlahan selama 5 menit
- dibiarkan mengendap dengan waktu optimum
- dipipet 15 mL
- diukur nilai pH, konduktivitas dan kadar Cd (II) menggunakan SSA

Hasil

Catatan:

- Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama pada pH 3, 4, 5 dan 6

### L.3.7 Perbandingan Penurunan Intensitas Warna



Catatan: Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama pada larutan Cd (II) 20 ml ( $t_0$ ) sebagai pembandingan.

#### Lampiran 4. Tabel Hasil Pengamatan

#### L.4.1 Hasil Pengamatan Larutan Pengontrol

No	Konsentrasi Biji Kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (menit)	pH larutan	Konduktifitas larutan (mS/cm)	Konsentrasi Cd(II) (ppm)
1	0	0	6,57	0,45	54,821
		60	6,57	0,44	54,46
		120	6,57	0,44	53,93
2	50	0	6,57	0,45	54,821
		60	6,64	0,26	33,571
		120	6,72	0,19	24,107

#### L.4.2 Perbandingan Penurunan Intensitas Warna

No	Konsentrasi serbuk biji kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (menit)	pH larutan	Konduktivitas (ms/cm)	Warna larutan
1	50	0	6,42	0,46	Orange keruh
2	50	120	6,58	0,18	Orange jernih

### L.5.1 Regresi Kurva Baku Pada Dosis Dan Waktu Pengendapan Optimum

No	Konsentrasi (X)	Absorbansi (Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1	0	00	0	0	0
2	10	0,03	100	0,0009	0,3
3	20	0,08	400	0,0064	1,6
4	30	0,11	900	0,0121	3,3
5	40	0,20	1600	0,0400	8
6	50	0,26	2500	0,0676	13
7	60	0,34	3600	0,1156	20,4
8	70	0,36	4900	0,1296	25,2
Jumlah			14000	0,3722	71,8

$$a = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad Y = a.X$$

$$a = \frac{71,8}{14000} \quad Y = 0,0051 X$$

$$a = 0,0051$$

$$R^2 = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

$$R^2 = \frac{71,8}{\sqrt{14000 \times 0,3722}}$$

$$R^2 = 0,9893$$

Contoh perhitungan konsentrasi kadmium(II) pada dosis optimum 50 ppm dan waktu pengendapan optimum 120 menit pada pengulangan pertama:

$$Y = 0,0051 X \quad X = \text{Konsentrasi kadmium(II) (ppm)}$$

$$0.134 = 0.0051 X \quad Y = \text{Absorbansi}$$

$$X = 46.078$$

Konsentrasi kadmium(II) pada penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $Y = 0.0051X$ , maka hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

No	Konsentrasi Serbuk Biji Kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (menit)	Absorbansi		Cd (II) (ppm)		Cd (II) rata-rata (ppm)	Penurunan konsentrasi Cd(II) (%)
			1	2	1	2		
1	10	0	0.352	0.352	69.019	69.019	69,019	0
		15	0.311	0.316	60.980	61.961	61,470	10,94
		30	0.283	0.295	55.490	57.843	56,667	17,90
		60	0.265	0.259	51.961	50.784	51,373	25,57
		90	0.234	0.255	45.882	50.000	47,941	30,54
		120	0.221	0.225	43.333	44.118	43,726	36,65
2	20	0	0.352	0.352	69.019	69.019	69,019	0
		15	0.301	0.289	59.019	56.667	57,843	16,19
		30	0.271	0.266	53.137	52.157	52,647	23,72
		60	0.234	0.248	45.882	48.627	47,255	31,53
		90	0.211	0.219	41.373	42.941	42,157	38,92
		120	0.201	0.188	39.412	36.863	38,138	44,74
3	30	0	0.352	0.352	69.019	69.019	69,019	0
		15	0.306	0.301	60.000	59.019	59,509	13,78
		30	0.268	0.274	52.549	53.725	53,137	23,01
		60	0.215	0.206	42.157	40.392	41,275	40,20
		90	0.204	0.198	40.000	38.824	39,412	42,90
		120	0.174	0.166	34.118	32.549	33,334	51,70
4	40	0	0.352	0.352	69.019	69.019	69,019	0
		15	0.288	0.279	56.471	54.706	55,589	19,46
		30	0.246	0.238	48.235	46.667	47,451	31,25
		60	0.192	0.187	37.647	36.667	37,157	46,16
		90	0.164	0.159	32.157	31.176	31,667	54,12
		120	0.142	0.138	27.843	27.059	27,451	60,23
5	50	0	0.352	0.352	69.019	69.019	69,019	0
		15	0.279	0.271	54.706	53.137	53,922	21,87
		30	0.235	0.233	46.078	45.686	45,882	33,52
		60	0.201	0.191	39.412	37.451	38,432	44,32
		90	0.146	0.152	28.627	29.804	29,216	57,67
		120	0.134	0.128	26.275	25.098	25,687	62,78

### L.5.2 Regresi Kurva Baku Pada pH Optimum

No	Konsentrasi (X)	Absorbansi (Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1	0	00	0	0	0
2	10	0,02	100	0,0004	0,2

3	20	0,09	400	0,0081	1,8
4	30	0,15	900	0,0225	4,6
5	40	0,22	1600	0,0484	8,8
6	50	0,28	2500	0,0784	14
7	60	0,36	3600	0,1296	21,6
8	70	0,41	4900	0,1681	28,7
Jumlah			14000	0,4555	79,6

$$a = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad Y = a.X$$

$$a = \frac{79,6}{14000} \quad Y = 0,0056 X$$

$$a = 0,0056$$

$$R^2 = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

$$R^2 = \frac{79,6}{\sqrt{14000 \times 0,4555}}$$

$$R^2 = 0,9935$$

Contoh perhitungan konsentrasi kadmium(II) pada pH optimum pH 6 pada pengulangan pertama:

$$Y = 0,0056 X \quad X = \text{Konsentrasi kadmium(II) (ppm)}$$

$$0.112 = 0.0056 X \quad Y = \text{Absorbansi}$$

$$X = 20.000$$

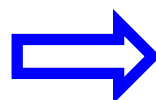
Konsentrasi kadmium(II) pada penentuan pH optimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $Y = 0.0056X$ , maka hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

No	Dosis Biji	Waktu	pH	Absorbansi	Cd (ppm)	Cd rata-
----	------------	-------	----	------------	----------	----------

	Kelor (ppm)	Pengendapan (Menit)		1	2	1	2	rata (ppm)
1	50	120	awal	0.352	0.352	69.019	69.019	69.019
			2	0.266	0.261	47.500	46.607	47.053
			3	0.188	0.182	33.571	32.500	33.035
			4	0.133	0.130	23.750	23.214	23.482
			5	0.115	0.122	20.536	21.786	21.161
			6	0.112	0.117	20.000	20.892	20.446



**L.3.8 Diagram Alir Prosedur Penelitian**



**Buah Kelor Kering**



**Biji Kelor Halus**



**Biji Kelor Diinteraksikan Dengan Larutan CdI<sub>2</sub>**

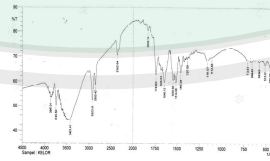
**Biji Kelor Dengan Kulit Ari**



**Biji Kelor Tanpa Kulit Ari**



**Hasil Penurunan Intensitas Warna sebelum(1) dan setelah(2)diinteraksikan engan biji kelor**



**Hasil Analisis Dengan IR**



