

**EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN BIJI KELOR
(*Moringa Oleifera* Lamk.)
Dalam MENGURANGI KADAR Cr (VI)**

SKRIPSI

oleh :
Lailatul Mukarromah
NIM.03530027



JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
MALANG**

2008

HALAMAN PERSETUJUAN

EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN BIJI KELOR
(Moringa Oleifera Lamk.)
Dalam MENGURANGI KADAR Cr (VI)

SKRIPSI

oleh :
Lailatul Mukarromah
NIM.03530027

Telah disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Pembimbing III

Eny Yulianti, M.Si
NIP. 150 368 797

Ahmad Barizi, M.A
NIP. 150 283 991

Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 150 377 252

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

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

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN BIJI KELOR
(Moringa Oleifera Lamk.)
Dalam MENGURANGI KADAR Cr (VI)

SKRIPSI

Oleh:
LAILATUL MUKARROMAH
 NIM:03530027

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

Tanggal 10 April 2008

	Susunan Dewan Penguji:	Tanda Tangan
1. Penguji Utama	: Eny Yulianti, M.Si NIP. 150 368 797	()
	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 150 377 253	()
2. Ketua Penguji	: A. Ghanaim Fasya, S.Si NIP. 150 377 943	()
3. Sekr. Penguji	: Anton Prasetyo, M.Si NIP. 150 377 252	()
4. Anggota Penguji	: Ahmad Barizi, MA NIP. 150 283 991	()

Mengetahui dan Mengesahkan
 Ketua Jurusan Kimia

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

MOTTO

'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/30:41).

السَّمَوَاتِ خَلَقَ فِي وَيَتَفَكَّرُونَ جُنُوبِهِمْ وَعَلَى وَقُعُودًا قِيَمًا اللَّهُ يَذْكُرُونَ الَّذِينَ
النَّارِ عَذَابَ فَقِنَا سُبْحَانَكَ بَطِلاً هَذَا خَلَقْتَ مَا رَبَّنَا وَالْأَرْضِ

“ (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).



PERSEMBAHAN



*“Sesungguhnya Bersama
kesulitan itu ada kemudahan”.*
(QS. Alam Nashrah/94:6)

*“Senyum di Waktu Kesusahan
dan Kesukaran Adalah
Ketabahan”*

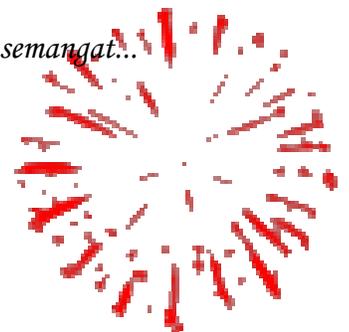
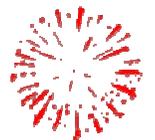


Ku persembahkan karya ini untuk:

*Allah Swt. atas segala nikmat dan kasih sayangNya
Ayahku M. Dhofir Al-Hamidy (Alm) kasih sayangmu masih terasa di hatiku
Bundaku Chususiyah yang setiap hari selalu menuangkan secangkir do'a dan
kasih sayang
Nenekku Sa'adah yang selalu mendo'akanku disetiap langkah yang ku jalani
Mbak dan Masku; Mbak Muhib, Mas Farid, Mas Nanang, Mas Rosyad, Mas
Alfu yang senantiasa mendukung, menyayangi dan mengajarku arti
persaudaraan dan arti hidup yang sesungguhnya
Bella, Ica dan Refa tawamu membuatku selalu ingin pulang*



*Ndoel, Pret, mbak Ninik, Tia dan Unil kalian selalu menggelitikku dengan
canda, terima kasih semuanya hanya Allah yang mampu membalas
Teman-teman kost Asih, Reni, Difa, Rohme, Natik, Vie, Fira, Nani, dan Tyas
trimakasih semangatnya
Lilik R dan Mami Nila bersama kesukaran pasti ada kemudahan, semangat...
Teman-teman Kimia '03*



KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT. Tuhan Pencipta semesta alam yang hanya karena rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, penulisan skripsi dengan judul **“Efektifitas Bioflokulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) dalam Mengurangi Kadar Cr(VI)”** dapat diselesaikan. Penulis menyadari bahwa selama berlangsung penelitian, penyusunan sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini yang tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, S.U.DSc selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
3. Diana Candra Dewi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia.
4. Eny Yulianti, M.Si, selaku pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan dukungan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Ahmad Barizi, MA, selaku Pembimbing integrasi sains dalam islam yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam mengintegrasikan ilmu kimia dengan agama.

6. Anton Prasetyo M.Si, selaku pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
7. Ibu Rini Nafsiati Astuti, M.Pd selaku Kepala Laboratorium Kimia UIN Malang yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan penelitian ini.
8. Kepala Laboratorium Central Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan kesempatan dalam menyelesaikan penelitian.
9. Laboran Laboratorium Central Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.
10. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Kimia Fakultas Sain Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan pada penulis selama mengikuti pendidikan S-1.
11. Ibu, Nenek, Mbak dan Mas yang selalu mendo'akan keberhasilanku.
12. Kelompok kelor Nain, Lilik dan Uswatun atas kerjasama, diskusi, bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan skripsi.
13. Teman-teman mahasiswa Kimia (angkatan '03) yang telah memberikan motivasi, semangat dan kerjasama selama ini.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga terselesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini merupakan upaya optimal penulis untuk memberikan yang terbaik selama penelitian. Meskipun demikian, Penulis sangat mengharap saran dan kritik yang membangun dari pembaca agar diperoleh hasil yang terbaik. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca, Amiin.

Malang, 28 Maret 2008

Penulis

Lailatul Mukarromah



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kelor (<i>Moringa Oleifera</i> Lamk).....	7
2.1.1 Biji Kelor (<i>Moringa olaifera</i> Lamk) sebagai Koagulan.....	9
2.2 Kromium (Cr)	14
2.2.1 Dampak Logam Cr dalam Lingkungan dan Toksisitas Logam Cr.....	17
2.3 Koagulasi dan Flokulasi	20
2.3.1 Stabilitas Koloid	21
2.3.2 Mekanisme Koagulasi.....	25
2.3.3 Destabilitas Koloid	30
2.4 Analisis Kadar Cr (VI) dengan Spektrofotometri	32

2.5 Pencemaran Lingkungan Dan Pemanfaatan Ciptaan Allah.....	33
--	----

BAB III : METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	38
3.2 Bahan dan Alat.....	38
3.2.1 Bahan.....	38
3.2.2 Alat.....	38
3.3 Cara Kerja.....	38
3.3.1 Preparasi Koagulan Biji Kelor.....	38
3.3.2 Pembuatan Larutan Stok Cr (VI) 1000 mg/L.....	39
3.3.3 Optimasi Prosedur Analisis Cr (VI) dengan Spektrofotometri.....	39
3.3.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Cr-difenilkarbazon.....	39
3.3.4 Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor Terhadap.....	40
3.3.3.2 Penentuan Stabilitas Kompleks Senyawa Cr-difenilkarbazon.....	39
3.3.3.3 Penentuan Sensitivitas Dan Batas Deteksi Metode Analisis Cr(VI) Secara Spektrofotometri.....	40
3.3.3.1 Penentuan Dosis Dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Optimum.....	40
3.3.4.2 Penentuan pH Larutan Optimum.....	41
3.3.5 Analisa Data.....	42

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

4.1 Optimasi Prosedur Analisis Cr(VI) Dengan Spektrofotometri.....	43
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr-difenilkarbazon.....	48
4.1.2 Penentuan Stabilitas Kompleks Cr-difenilkarbazon.....	50
4.1.3 Penentuan Sensitivitas Dan Batas Deteksi Metode Analisis Kromium Secara Spektrofotometri UV-Vis.....	52
4.2 Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor Terhadap	

Cr(VI)	52
4.2.1 Penentuan Dosis Dan Waktu Pengendapan	
Biji Kelor Optimum	52
4.2.1.1 Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Setelah	
Diinteraksikan Perlakuan Biji Kelor	58
4.2.1.2 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan	
Terhadap Konduktivitas	60
4.2.2 Penentuan pH Larutan Optimum.....	62
4.2.3 Karakterisasi Biji Kelor (<i>Moringa oleifera Lamk</i>).....	65
BAB V : Penutup	
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Polong, Daun dan Biji Kelor	8
Gambar 2.2 : Struktur Umum Asam Amino	10
Gambar 2.3 : Struktur Zat Aktif 4-alfa-4-rhamnosiloxy-benzil-isothiocyanate	11
Gambar 2.4 : Partikel Bermuatan Negatif, Lapisan Difusi Ganda, dan Lokasi Potensi Zeta	23
Gambar 2.5 : Mekanisme Koagulasi.....	25
Gambar 2.6 : Model Jembatan Koloid Oleh Polimer	31
Gambar 2.7 : Reaksi Kompleks Difenilkarbazida	32
Gambar 4.1 : Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr-difenilkarbazida....	43
Gambar 4.2 : Reaksi Kompleks difenilkarbazida.....	45
Gambar 4.3 : Struktur Komplek Cr-difenilkarbazon	46
Gambar 4.4 : Kurva Pengaruh Waktu Terhadap Stabilitas Kompleks Cr-difenilkarbazon.....	49
Gambar 4.5 : Kurva Sensitivitas dan Limit Deteksi Cr-difenilkarbazon.....	51
Gambar 4.6 : Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum Biji Kelor.....	53
Gambar 4.7 : Tahap-Tahap Koagulasi Polielektrolit Biji Kelor.....	55
Gambar 4.8 : Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Setelah Diinteraksikan dengan Biji Kelor	58
Gambar 4.9 : Mekanisme Reaksi Antara Protein Biji Kelor dengan Cr(VI) dalam Larutan	59
Gambar 4.10 : Konduktivitas (mS/cm) Larutan Cr(VI).....	60
Gambar 4.11 : Grafik pH Terhadap Cr(VI) Yang Terikat Oleh Biji Kelor	63
Gambar 4.12 : Spektra Serbuk Biji Kelor Sebelum Diinteraksikan dengan Cr(VI).....	66
Gambar 4.13 : Serbuk Biji Kelor Setelah Diinteraksikan dengan Cr(VI)	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Diagram Alir Penelitian.....	76
Lampiran 2	: Perhitungan Preparasi Larutan.....	81
Lampiran 3	: Data Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr-difenilkarbazon.....	83
Lampiran 4	: Data Pengaruh Waktu Terhadap Kestabilan Kompleks Cr-difenilkarbazon.....	84
Lampiran 5	: Data Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Cr(VI) Secara Spektrofotometri.....	85
Lampiran 6	: Data Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor.....	86
Lampiran 6.1	: Data Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum Biji Kelor.....	86
Lampiran 6.1.1	: Data Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Setelah Diberi Perlakuan Biji Kelor.....	87
Lampiran 6.1.2	: Data Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas.....	87
Lampiran 7	: Data Penentuan pH Optimum Koagulasi Cr (VI) Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk).....	88
Lampiran 8	: Uji Statistik.....	89
Lampiran 9	: Gambar Buah, Polong, dan Serbuk Biji Kelor.....	91

ABSTRAK

Mukarromah, Lailatul., 2008, **EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera* Lamk.) Dalam MENGURANGI KADAR Cr (VI)**. Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.

Pembimbing I : Eny Yulianti, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Barizi, M.A
Pembimbing III : Anton Prasetyo, M.Si

Kata Kunci: *Kromium(VI)*, *bioflokulan*, *Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk.)*.

Logam Cr(VI) merupakan salah satu logam berat yang mempunyai toksisitas tinggi serta dapat menyebabkan terjadinya kanker. Pencemaran logam Cr(VI) di lingkungan perairan disebabkan semakin banyaknya industri yang membuang limbah di perairan tanpa mengolah terlebih dahulu sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran di lingkungan perairan dan bila dikonsumsi akan menyebabkan keracunan terhadap makhluk hidup, sebagaimana dalam QS ar-Ruum/30:41. Biji kelor (*Moringa Oleifera* Lamk.) dikenal sebagai koagulan yang tidak beracun, dapat diolah secara biologis dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah dosis optimum dan waktu pengendapan optimum biji kelor dalam mengendapkan ion logam Cr(VI). Mengetahui pH larutan optimum untuk mengendapkan ion logam Cr(VI) menggunakan biji kelor.

Penelitian ini dilakukan pada 4 variasi dosis dari *Moringa oleifera* (0, 1000, 2500, 5000, 7500 ppm) dengan 6 variasi waktu pengendapan (0, 15, 30, 60, 90, 120) dengan 2 kali ulangan. Penelitian juga dilakukan pada 6 variasi pH larutan Cr(VI) (2, 3, 4, 5, 6, dan 8) setelah diketahui dosis dan waktu pengendapan optimum biji kelor. Efektivitas bioflokulan diukur dalam mg/L dan persen.

Hasilnya menunjukkan bahwa serbuk biji *Moringa oleifera* mampu menurunkan kadar Cr(VI) dalam larutan. Efektivitas biokoflokulan *Moringa oleifera* pada dosis 5000 ppm dengan waktu pengendapan 120 menit mampu menurunkan kadar Cr(VI) dalam larutan sebesar 14,3161 mg/L atau 28,0098 %. Efektivitas biokoflokulan *Moringa oleifera* pada pH 2 mampu menurunkan kadar Cr(VI) sebesar 15,3543 mg/L atau 30,63%.

ABSTRACT

Mukarromah, Lailatul., 2008, **THE BIOFLACULANE OF *Moringa Oleifera* Lamk SEEDS IN DECREASING THE CROMIUM(VI) LEVEL.** Unpublished Thesis. The Chemistry, Science and Technology Faculty, Islamic State University of Malang.

Adviser I : Eny Yulianti, M.Si
 Adviser II : Ahmad Barizi, M.A
 Adviser III : Anton Prasetyo, M.Si

Keyword : *Cromium(VI)*, *biofloculane*, *Moringa Oleifera* seeds.

Cromium(VI) metal is one of heavy metals which has high toxicity which cause cancer. Cromium(VI) metal stain in waters environment is caused by a lot of industries which throw away the rubbish without manufacture it first, so that it cause intoxication to the society, as included in QS ar Ruum/30:41. The *Moringa Oleifera* seeds known as coagulate which doesn't have toxic, can be manufactured in biologic manner and it is kind to the environment. The goal of this research is to know the total optimum dosage and optimum period of *Moringa Oleifera* seeds sediment process in concealing the ion of cromium(VI) metal with using the *Moringa Oleifera* seeds.

The research carried out in 4 dosage variations of *Moringa Oleifera* (0, 1000, 2500, 5000, 7500 ppm) with 6 variations of sediment process period (0, 15, 30, 60, 90, 120) with twice repeated. This research also done in 6 pH variations of cromium(VI) liquid (2, 3, 4, 5, 6, and 8) with twice repeated after knowed the dosage and the time of optimum concealing the *Moringa Oleifera* seeds. An effectivity biofloculane is measured in milligram per liter and in percentage.

The product indicate that the powder of *Moringa Oleifera* seeds could decrease the level of cromium(VI) metal in the liquid. Biofloculane efectivity of *Moringa Oleifera* in 500 ppm with period of conceal is 120 minutes could decrease 14,3161 mg/L or 28,0098 % cromium(VI) in liquid. Biofloculane evectivity of *Moringa Oleifera* in pH=2 could decrease 15,3543 mg/L or 30,63 % of cromium(VI) level.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dekade ini, pencemaran terhadap lingkungan berlangsung di mana-mana dengan laju yang sangat cepat dan beban pencemaran dalam lingkungan sudah semakin berat seiring dengan semakin banyaknya industri yang membuang limbah di perairan. Menurut SK Menteri Kependudukan Lingkungan Hidup No.02/MENKLH/1988, pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air/udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Anynomous, 2007).

Pencemaran terhadap lingkungan dapat menimbulkan permasalahan yang perlu ditangani secara khusus salah satunya adalah logam berat. Permasalahan spesifik yang ditimbulkan dari pencemaran logam berat di lingkungan adalah terjadinya akumulasi pada rantai makanan dan akan menyebabkan kerusakan atau keracunan pada manusia atau hewan yang mengkonsumsinya, menyebabkan kerusakan pada udara, air dan tanah bila konsentrasi logam berat terlalu tinggi.

Banyak bencana yang terjadi diakibatkan logam berat karena kelalaian manusia sehingga mengakibatkan penderitaan bagi masyarakat, seperti kasus Teluk Buyat di Indonesia dan kasus Teluk Minamata di Jepang. Masyarakat pada contoh kasus tersebut mengalami kelainan fisik, penurunan mental, dan kematian

setelah mereka memanfaatkan air yang tercemar logam berat di teluk untuk kebutuhan sehari-hari.

Kasus keracunan akibat logam berat di atas terjadi akibat kelalaian kita sendiri, sehingga bencana juga akan menimpa manusia itu sendiri. Allah Swt dan Rasul-Nya telah memperingatkan kepada manusia agar jangan melakukan kerusakan di bumi, akan tetapi manusia mengingkarinya. Allah Swt berfirman :

﴿مُصْلِحُونَ خُنْ إِنَّمَا قَالُوا الْأَرْضُ فِي تَفْسِدُوا لَا لَهُمْ قِيلَ وَإِذَا﴾

“Dan bila dikatakan kepada mereka: “Janganlah membuat kerusakan di muka bumi”, Mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan.” (QS. Al-Baqarah/2 :11).

Keingkaran mereka disebabkan oleh keserakahan mereka dan mereka mengingkari petunjuk Allah Swt dalam mengelola bumi, sehingga terjadilah ketidak seimbangan dalam sistem kerja bumi. Ketidak simbangan menyebabkan terjadinya bencana alam dan kerusakan di bumi karena ulah tangan manusia.

Allah Swt berfirman :

﴿عَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ﴾

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum/30 : 41).

Logam berat sangat berpotensi dalam memberikan kontribusi terhadap terjadinya masalah pencemaran lingkungan yang berkaitan erat terhadap dampak negatif bagi kesehatan manusia dan biota lingkungan perairan jika melebihi ambang batas. Pencemaran logam berat pada makanan (ikan dan hasil olahannya)

harus sesuai dengan nilai ambang batas maksimum yang telah ditentukan oleh Dirjen POM (Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan) nomor : 03725/B/SK/VII/89 adalah sebesar 500 ppb (0,5 ppm) (Sudarmaji, 2005), karena itu pemakaian logam berat harus dibatasi.

Salah satu logam berat yang sering mencemari lingkungan dan berbahaya adalah logam Cr. Pencemaran logam Cr di perairan dihasilkan dari proses industri seperti tekstil, keramik, dan lain-lain. Kromium (Cr) termasuk logam berat yang mempunyai daya racun tinggi. Nilai LC_{50} (konsentrasi letal terhadap waktu paparan) untuk kromium pada ikan adalah 7 dan 400 ppm dan untuk alga adalah 0.032-6.4 ppm (Anonymous, 2007). Sifat racun yang dibawa oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut, kronis, dan karsinogenik (Palar, 1994:139). Upaya dalam menanggulangi dan menurunkan konsentrasi logam berat dalam limbah sebelum dibuang ke lingkungan harus dilakukan agar terhindar dari keracunan logam berat.

Suatu metode dibutuhkan untuk memisahkan ion logam agar terhindar dari keracunan dan menurunkan konsentrasi logam berat Kromium di lingkungan perairan. Metode koagulasi merupakan salah satu metode alternatif yang tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dan efektif dalam mengendapkan partikel-partikel ion logam berat yang sulit mengendap. Metode koagulasi adalah proses pencampuran koagulan dan air baku yang disertai dengan pengadukan secara cepat di dalam suatu wadah, agar diperoleh suatu campuran koagulan sehingga proses pembentukan gumpalan atau flok dapat terjadi secara merata pula. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam proses koagulasi agar memperoleh hasil

yang optimum adalah dosis koagulan, kecepatan pengadukan, derajat keasaman (pH), waktu pengendapan, pengaruh garam-garam di air, pengaruh kekeruhan, pengaruh jenis koagulan, pengaruh temperatur, dan komposisi kimia larutan. Berbagai jenis koagulan sudah banyak diteliti kemampuannya dalam proses pengolahan limbah salah satunya Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) (Anonymous, 2006).

Biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk) merupakan buah dari tumbuhan kelor yang memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, vitamin A, vitamin B, vitamin C, zat besi, kalsium, sebagai bahan pembuatan sabun dan kosmetik. Biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk) juga mampu mengadsorpsi, menggumpalkan sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel-partikel air limbah, hal ini disebabkan adanya zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate yang terkandung dalam biji kelor (Ritwan, 2004).

Pemanfaatan biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dalam pengolahan limbah dan air baku baik skala kecil, sedang dan besar telah banyak dilakukan dan dipelajari. Menurut penelitian Rahardjanto, biji kelor dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisiko kimia air limbah industri tekstil. Parameter yang diamati meliputi turbiditas, warna, waktu pengendapan, zat padat total, COD, amonium, nitrat, Cd, Mn, Cr, Cu, dan Pb. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dapat meningkatkan kualitas air limbah industri tekstil. Efektifitas bioflokulan pada konsentrasi optimum (2250 ppm) berturut-turut adalah 99,84 %; 99,25 %; 90,83 %; 79,9 %; 75,36 %; 83,70 %; 20,8 %; 99,94 %; 82,06 %; 75 %; 59,05 % dan 16,15 %. Bioflokulan *Moringa oleifera*

Lamk dapat mereduksi parameter fisiko kimia lebih baik dibandingkan PAC dan mampu meningkatkan kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu limbah cair dan kriteria kualitas air. Dengan demikian biji kelor dapat digunakan sebagai alternatif bioflokulan untuk air limbah industri tekstil (Rahardjanto, 2004).

Penelitian ini diarahkan pada faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proses koagulasi yaitu meliputi dosis optimum, waktu pengendapan optimum dan pH larutan optimum. Selain berpengaruh terhadap efisiensi bioflokulan biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk), pH berpengaruh terhadap kondisi anion yang dibentuk oleh Cr(VI) dalam larutan yaitu CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dan HCrO_4^- . Waktu pengendapan dosis optimum yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan pengendapan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah dosis optimum dan waktu pengendapan optimum biji kelor dalam mengendapkan ion logam Cr(VI)?
2. Bagaimanakah kondisi pH larutan optimum untuk mengendapkan ion logam Cr(VI) menggunakan biji kelor?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian dibatasi pada :

Kondisi yang diamati adalah dosis optimum biji kelor, waktu pengendapan optimum biji kelor dan pH larutan optimum dalam mengendapkan ion logam Cr(VI).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui jumlah dosis optimum dan waktu pengendapan optimum biji kelor dalam mengendapkan ion logam Cr(VI).
2. Mengetahui kondisi pH larutan optimum untuk mengendapkan ion logam Cr(VI) menggunakan biji kelor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yaitu :

1. Memberikan informasi bahwa biji kelor berpotensi sebagai koagulan logam berat Cr (VI).
2. Meningkatkan nilai ekonomi biji kelor di masyarakat.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kelor (*Moringa olaifera* Lamk)

Kekuasaan Allah dalam tumbuh-tumbuhan terlihat pada modifikasi tumbuh-tumbuhan itu sesuai dengan berbagai kondisi lingkungan. Tumbuh-tumbuhan ada yang hidup di air, tanah kering dan gersang, dataran rendah, dan dataran tinggi. Semua tumbuh-tumbuhan ini memiliki susunan dalam dan susunan luar yang berbeda antara satu dengan yang lain, sehingga tumbuhan tersebut dapat menyesuaikan diri dalam kondisi lingkungan yang mereka tumbuhi. Misalnya tumbuhan kelor, tumbuhan ini dapat tumbuh subur dari daratan rendah sampai dengan ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Tumbuhan kelor bersifat mudah tumbuh pada tanah kering dan gersang, dan jika tumbuh maka lahan di sekitarnya akan dapat ditumbuhi oleh tanaman lain yang lebih kecil, sehingga pada akhirnya pertumbuhan tanaman lain akan cepat terjadi. Kelor merupakan pohon berjenis perdu yang dapat memiliki ketinggian kurang lebih 7-11 m (Suriawiria, 2005). Kelor tumbuh di daerah tropis seperti India, Indonesia, dan berbagai kawasan tropis lainnya di dunia. Kelor juga dapat tumbuh di Mesir, Pakistan, Kuba, Jamaika, Nigeria, Sudan, dan Ethiopia.

Kelor memiliki pohon yang tidak terlalu besar, cabangnya jarang tetapi mempunyai akar yang kuat, berbatang lunak dan rapuh (mudah patah). Daunnya besar sebesar ujung ibu jari berbentuk bulat telur dan tersusun secara majemuk dalam satu tangkai. Tanaman ini berbunga sepanjang tahun berwarna putih

kekuning-kuningan, beraroma semerbak dan tudung pelepah bunganya berwarna hija. Buah kelor berbentuk segi tiga dengan panjang kira-kira 30 cm dan perkembangbiakannya dengan cara stek (Anonymuous, 2006; Kharistya; Suriawiria, 2005). Polong kelor yang sudah tua berwarna coklat, sedangkan biji kelor berwarna lebih gelap, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.1 Polong, Daun dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) (Anonim, 2007).

Kedudukan tanaman kelor dalam tanaman (taksonomi) dunia tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut Cronquist (1981) dalam Hidayat (2006:15):

- Divisi : Magnoliophyta
- Klas : Magnoliopsida
- Anak Kelas : Dilleniidae
- Bangsa : Capparales
- Suku : Moringaceae
- Marga : Moringa

Jenis : *Moringa oleifera* Lamk.

Sinonim : *M. pterygosperma* Gaertn., *M. poygona* D.C., *Guilandina Moringa* L.

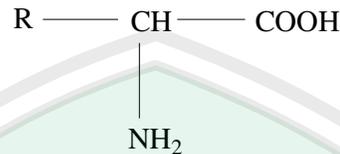
Kelor merupakan sumber protein A, protein B, protein C, sumber protein, kalsium, zat besi, sebagai obat-obatan, bahan baku pembuatan sabun dan kosmetik, dan juga dapat dimanfaatkan sebagai penjernih air. Tanaman kelor merupakan tanaman yang mempunyai kasiat sebagai obat-obatan mulai dari akar, batang, daun dan bijinya sudah dikenal sejak lama di lingkungan pedesaan. Daun kelor biasanya digunakan sebagai pakan ternak, terutama sapi dan kambing, dan juga dapat digunakan sebagai pupuk hijau (Suriawiria, 2005).

2.1.1 Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) sebagai Koagulan

Biji kelor memiliki kandungan protein cukup tinggi sekitar 2,5 gram. Protein berasal dari *protos* atau *proteus* yang berarti pertama atau utama. Protein tersusun lebih dari ratusan asam amino yang berikatan satu sama lain membentuk ikatan peptida. Asam amino merupakan bagian dari struktur protein dan banyak menentukan sifatnya yang penting. Asam amino dalam larutan netral, selalu membentuk ion dwi kutub atau juga disebut ion *zwitter* (Winarno, 2002:53).

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: 108).



Gambar 2.2 Struktur Umum Asam Amino (Lehninger, 1982)

Hawab (2003:38-44) mengatakan bahwa berdasarkan gugus alkil (R-) yang dimiliki asam amino dapat dibagi menjadi empat golongan:

1. Asam amino dengan gugus alkil nonpolar.

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.

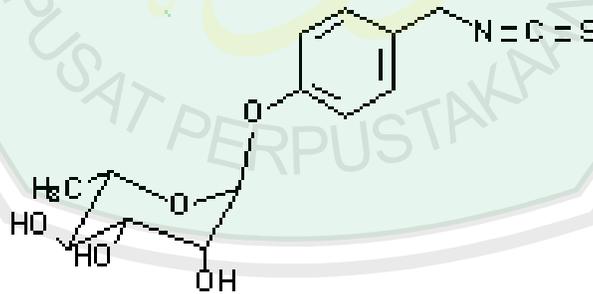
3. Asam amino dengan gugus alkil bermuatan negatif (asam amino asam).

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

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

Golongan ini terdiri dari lisin, arginin, dan histidin. Asam amino lisin dan arginin mempunyai rantai cabang yang bermuatan positif maupun negatif, tergantung lingkungannya (Winarno, 2002:55).

Protein merupakan poliasam amino yang banyak memiliki gugus fungsional disamping gugus utamanya. Keberadaan gugus asam amino diperkirakan mampu mengikat ion logam Cr(VI) di dalam larutannya melalui proses koagulasi. Kemampuan biji kelor dalam mengkoagulasi Cr(VI) diduga terjadi melalui mekanisme pembentukan ikatan antara asam lewis dari protein dengan Cr(VI) yang bersifat basa lewis dan juga adanya kandungan zat aktif 4- α -4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate, zat aktif ini merupakan zat yang mampu menggumpalkan dan sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel-partikel limbah (Ritwan, 2004). Gambar struktur dari kandungan aktif dalam biji kelor adalah sebagai berikut (Fahey, 2005):



Gambar 2.3 Struktur zat aktif 4- α -4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate (Fahey, 2005)

Biji kelor dapat digunakan untuk mengolah air dan limbah industri. Hal ini diperkuat dengan banyak data penelitian yang menunjukkan bahwa biji kelor mampu mengurangi kadar ion logam berat. Rahardjanto (2004) menjelaskan, 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%; Cr sebesar 75 % dan Cu sebesar 16,15%.

Biji kelor sebagai penjernih telah banyak diteliti. Biji kelor mempunyai kemampuan dalam mengendapkan partikel-partikel dalam limbah dengan hasil yang memuaskan, dapat berperan sebagai anti bakteri, ramah terhadap lingkungan karena dari tumbuhan alami dan dapat diuraikan secara biologis. Berdasarkan penelitian di Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, serbuk biji kelor mampu membersihkan 90 % dari total bakteri *E. Coli* dalam seliter air dalam waktu 20 menit (Ritwan, 2005).

Hasil penelitian Hidayat (2003) mengenai efektifitas bioflokulan biji kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dalam proses pengolahan limbah pulp dan kertas. Parameter yang diamati adalah waktu pengendapan, nilai warna, nilai kekeruhan, total suspended solid (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioflokulan biji *Moringa oleifera* pada konsentrasi 1500 ppm mampu mengendapkan flok limbah cair industri pulp dan kertas dalam waktu 8 menit 20 detik; efektifitas nilai warna 67,79 %; nilai kekeruhan 91,74 %; TSS 18,45 %; COD 75 %; dan BOD 81,49 %. Hasilnya jika dibandingkan dengan koagulan PAC (poli alkil klorida), bioflokulan biji *Moringa oleifera* memberikan hasil yang lebih baik ($P < 0.05$) untuk parameter

waktu pengendapan, namun untuk parameter nilai kekeruhan dan COD tidak berbeda nyata, sedangkan untuk parameter nilai warna, ZPT dan BOD ternyata PAC memberikan hasil yang lebih baik ($P < 0.05$) dibandingkan dengan bioflokulan biji *M. oleifera*. Hal ini berarti bahwa biji *M. oleifera* dapat dimanfaatkan sebagai bioflokulan dalam proses pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas. Proses penjernihan air dengan biji kelor ini tidak rumit bisa meliputi proses fisik (pengadukan dan penyaringan) dan biologis (penggumpalan atau pengendapan) (Hidayat, 2003) .

Kemampuan biji kelor dalam mengendapkan, menjernihkan dan sekaligus membersihkan air dari bakteri *E.Coli* dalam air sebagai bukti bahwa Allah menciptakan beraneka ragam yang ada di alam bermanfaat bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Allah Swt. berfirman :

مِنْهُ فَأَخْرَجْنَا شَيْءٍ كُلِّ نَبَاتٍ بِهِءٍ فَأَخْرَجْنَا مَاءً السَّمَاءِ مِنْ أَنْزَلِ الَّذِي وَهُوَ
 مِنْ وَجْنَتِ دَانِيَّةٍ قَبْوَانٌ طَلَعَهَا مِنَ النَّخْلِ وَمِنْ مُتْرَاكِبًا حَبًّا مِنْهُ خُرْجٌ خَصِرًا
 وَيَنْعِيهِ إِذَا ثَمَرَ إِذَا ثَمَرِهِ إِلَى أَنْظُرُوا مُتَشَبِهٍ وَغَيْرِ مُشْتَبِهًا وَالرُّمَانَ وَالزَّيْتُونَ أَعْنَابٍ
 يُؤْمِنُونَ لِقَوْمٍ لَأَيَّتِ ذَالِكُمْ فِي إِنْ

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (QS al-An’am/6: 99).

Ayat di atas mengingatkan kita pada tanda-tanda kebesaran dan kekuasaan Allah yang telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang penuh dengan manfaat, keunikan, dan kegunaan untuk kesejahteraan umat manusia. Semua jenis tumbuhan makan dan minum dari air, sinar, karbon, oksigen, hydrogen, nitrogen, sulphur, kalium, kalsium, magnesium, dan besi. Meskipun makanannya sama, tanah telah menumbuhkan kelor (*Moringa olaifera* Lamk) yang memiliki banyak manfaatnya bagi masyarakat mulai dari daun, biji, akar, dan batangnya. Bahkan masih banyak lagi tumbuhan yang belum dikenal sama sekali manfaatnya oleh manusia. Secara tidak langsung al-Qur'an mempunyai cara yang bijak dalam membuktikan tanda-tanda kekuasaan Allah di alam raya, dengan menjadikan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai perangkat untuk menafsirkan al-Qur'an dengan pemahaman yang lebih luas akan makna ayat-ayat al-Qur'an (Pasya, 2004:25)

2.2 Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu logam mineral yang keberadaannya terkandung dalam lapisan bumi. Allah Swt. menjelaskan dalam al-Quran tentang keberadaan logam dalam surah an-Naml ayat 25:

وَمَا تُخْفُونَ مَا وَيَعْلَمُ وَالْأَرْضِ السَّمَوَاتِ فِي الْخَبَاءِ تَخْرِجُ الَّذِي لِلَّهِ يَسْجُدُوا إِلَّا
تُعْلِنُونَ ﴿٢٥﴾

“Agar mereka tidak menyembah Allah yang mengeluarkan apa yang terpendam di langit dan di bumi dan yang mengetahui apa yang kamu sembunyikan dan apa yang kamu nyatakan” (QS an-Naml/27:25).

Al-Razi dalam Hasan (2006:1) menjelaskan, perkataan *”filardhi”* yang artinya *”di bumi”* dapat mengandung dua arti yaitu baik yang di dalam bumi atau

bumi itu sendiri, seperti segala barang logam yang terdapat di dalamnya, karena logam-logam itu termasuk bumi. Ayat suci ini menjelaskan bahwa logam dapat ditemukan dalam bumi, dalam artian logam tersebut dapat ditemukan dengan persenyawaan mineral dengan unsur-unsur lain yang terpendam di bagian dalam bumi dan juga dapat ditemukan di bebatuan. Allah menciptakan bumi dengan mempersiapkan untuk kebutuhan dan kepentingan tempat tinggal manusia yang diberi tugas memakmurkannya.

Bumi memiliki komposisi lapisan internal yang digambarkan oleh sains modern, lapisan bumi paling luar disebut kulit bumi. Kulit bumi ini memiliki ketebalan di seluruh benua berkisar antara 40-60 km, lapisan benua ini terdiri atas batu-batu yang relatif ringan, batu endapan dan lapisan granit, sedangkan di dasar laut mencapai sekitar 5-6 km. Para ahli menyebutkan di dasar laut terdiri atas batu-batu yang relatif berat sehingga bahan tambang yang ada di bumi ikut mengendap seperti emas, perak, dan platina (Pasya, 2004:112).

Bagian dalam bumi (setelah lapisan kulit) dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama disebut “ikat pinggang” atau “selimut” yang merupakan lapisan batu keras memanjang di bawah kulit bumi kearah dalam sekitar 3.000 kilometer. Bagian kedua disebut “jantung” atau “inti bumi” yang masih belum diketahui sampai sekarang. Meskipun demikian, komposisinya tunduk pada penafsiran ilmiah yang juga terdiri atas dua bagian. Bagian dalam terdiri atas bermacam-macam batu keras dan kaya dengan besi. Ketebalan lapisan ini mencapai 1.216 kilometer, sedangkan bagian luar terbentuk larutan berwarna

metalik yang ketebalannya mencapai 2.270 kilometer. Ketika gaya keseimbangan yang mengendalikan bagian ini terganggu, larutan dalam perut bumi itu akan menerobos diantara lapisan bumi dalam bentuk hulu sungai, atau sampai ke permukaan bumi dalam bentuk vulkanik. Penelitian tentang vulkanik dapat membantu kita mengetahui lebih jauh tentang perut bumi. Para ahli mengatakan “larutan metalik dalam perut bumi itu adalah laboratorium tempat terjadinya proses pembentukan batu dan tembaga dengan berbagai jenis. Benda-benda itu kemudian menjadi sumber penghasilan endapan, bahan mentah dan kekayaan mineral (Pasya, 2004:115), seperti halnya logam kromium.

Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah di batuan, hewan, tanaman, tanah, debu vulkanik dan juga gas. Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam, logam ini sering ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat/mineral dengan unsur-unsur yang lain. Mineral dari logam kromium ini dapat dipisahkan dengan beberapa cara, adapun cara untuk mendapatkan konsentrat logam Cr antara lain: Cara flotasi, reaksi siliko termik, reaksi isotermis dan elektrolisa larutan aluminoalum (Palar, 1994:133-134).

Kromium merupakan logam transisi yang mempunyai konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$ (Manahan, 1992:253), kromium memiliki masa atom 51,996 gram/mol, titik didih $2665\text{ }^\circ\text{C}$, titik leleh $1875\text{ }^\circ\text{C}$, jari-jari atom 128 pm (Sugiyarto, 2003:214). Logam ini memiliki tingkat oksidasi +2 sampai +6, namun yang sering dijumpai adalah tingkat oksidasi +3 dan +6 (Manahan, 1992:254).

Kromium tidak larut dalam air dan asam nitrat, larut dalam asam sulfat encer dan asam klorida. Kromium juga tidak dapat bercampur dengan basa, halogen, peroksida, dan logam. Kromium harus dihindarkan dari panas api, percikan api dan sumber-sumber yang dapat menyebabkan kebakaran (Agung, 2007).

Basa konjugat dari asam ini adalah ion kromat dan dikromat, yang dapat membentuk beberapa garam (misalnya kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$). Anhidrida dari asam kromat adalah kromium trioksida atau disebut juga kromium(VI) oksida, CrO_3 . Kromium sebagai bahan mineral paling banyak ditemukan dalam bentuk "Chromite" ($FeOCr_2O_3$) (Palar, 1994:34).

Kromium mempunyai sifat tidak mudah teroksidasi oleh udara, karena itu banyak digunakan sebagai pelapis logam, pengisi *stainless stel*, lapisan perlindungan untuk mesin-mesin otomotif dan alat perlengkapan tertentu (Sax, 1987). Asam kromat di laboratorium digunakan sebagai oksidator, mencuci perabotan laboratorium, dan sebagai katalis. $Na_2Cr_2O_7$ dalam jumlah banyak digunakan dalam penyamakan kulit (Ahmad, 1992: 143). Cr dalam bidang pengobatan dapat digunakan sebagai Radio Isotop Kromium (Palar, 1994: 136). Asam kromat dalam industri digunakan sebagai bahan untuk kaca berwarna, pembersih logam, bahan untuk tinta, dan cat.

2.2.1 Dampak Logam Cr dalam Lingkungan dan Toksisitas Logam Cr

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan. Apakah itu pada strata perairan, strata tanah ataupun strata udara. Kromium dapat masuk ke dalam strata perairan melalui dua cara, yaitu alamiah dan nonalamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti

erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan mineral, adanya debu-debu dan partikel-partikel Cr di udara akan terbawa turun oleh air hujan. Masuknya Cr yang masuk secara nonalamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktifitas yang dilakukan manusia, yaitu berupa limbah dari kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga (Palar, 1994: 137-138).

Ion Cr^{6+} merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya. Sifat racun yang dibawah oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan kronis, akut dan dapat menyebabkan kanker (Palar, 1994: 139). Kromium(VI) dalam sistem perairan lebih berbahaya dan beracun dari pada kromium(III), hal ini disebabkan karena kromium(VI) mempunyai kelarutan dan mobilitasnya sangat tinggi, sedangkan kromium(III) tidak larut dan mempunyai mobilitas yang rendah. Kromium(VI) dalam sistem biologis sangat aktif larut dan beracun karena dapat berdifusi sebagai anion kromat CrO_4^{2-} yang menembus membran sel yang bermuatan negatif dan menyebabkan oksidasi Thownshend (1995) dalam Ningsih (2006:11).

Ion Cr^{6+} merupakan turunan dari CrO_3 yang disebut dengan kromat dan dikromat, ion ini biasanya terdapat dalam garam kromat Na_2CrO_4 . Garam tersebut cenderung larut dalam air dan mudah menyerap ke dalam darah hingga ke paru-paru (Manahan, 1992: 254). Banyaknya jumlah Cr dengan lambatnya proses penghapusan Cr dari paru-paru, menjadi dasar dari suatu hipertensi bahwa Cr merupakan salah satu bahan kimia yang dapat menyebabkan timbulnya kanker paru-paru (Palar, 1994: 144).

Kromium(VI) merupakan turunan dari CrO_3 , dapat dijumpai dalam dua macam senyawa yang sangat terkenal yaitu kromat-kuning, CrO_4^{2-} , dengan struktur tetrahedral, larutan ini dapat terbentuk dalam larutan basa diatas pH 6, dan dikromat merah-oranye $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, dengan struktur dua tetrahedron yang bersekutu dalam salah satu titik sudutnya (atom O), larutan ini berada dalam kesetimbangan, pada larutan asam antara pH 2 sampai dengan pH 6 terbentuk HCrO_4^- . Pada pH dibawah 1, spesies yang utama adalah $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Cotton 1989: 456, Sugiyarto, 2003: 222).

Spesies utama akuatik Cr(VI) adalah HCrO_4^- , CrO_4^{2-} , dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Pada pH lebih besar dari 6,5 kadar kromat (CrO_4^{2-}) lebih dominan sedangkan HCrO_4^- mendominasi pada rentang pH lebih kecil dari 6,5. Pembentukan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) berlangsung pada kondisi asam dengan adanya konsentrasi Cr(VI) yang tinggi Mardiana (1998) dalam Sobri (2004:9).

Logam atau persenyawaan kromium yang masuk ke dalam tubuh akan ikut dalam proses fisiologi atau metabolisme tubuh. Logam atau persenyawaan Cr (kromium) akan berinteraksi dengan bermacam-macam unsur biologis yang terdapat dalam tubuh. Interaksi yang terjadi antara Cr dengan unsur-unsur biologis tubuh dapat menyebabkan terganggunya fungsi-fungsi tertentu yang bekerja dalam proses metabolisme tubuh (Palar, 1994: 146).

Ion-ion Cr^{6+} dalam proses metabolisme tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja dari enzim benzopiren hidroksilase (enzim yang berfungsi sebagai penghambat pertumbuhan kanker yang disebabkan oleh asbestos). Penghalangan kerja enzim benzopiren hidroksilase dapat

mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel-sel menjadi tumbuh secara liar dan tidak terkontrol, atau lebih dikenal dengan istilah kanker. Ion Cr^{6+} juga dapat menyebabkan denaturasi pada albumin (Palar, 1994: 147).

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 (Metcalf, 1994:475).

Koagulasi adalah destabilisasi partikel yang dihasilkan melalui kompresi lapisan ganda bermuatan listrik yang mengelilingi permukaan partikel. Flokulasi merupakan destabilisasi partikel melalui adsorpsi organik yang diikuti dengan pembentukan partikel-polimer-partikel. Secara umum proses koagulasi dan flokulasi merupakan serangkaian proses meliputi destabilisasi muatan partikel karena adanya penambahan koagulan. Penyebaran pusat-pusat aktif partikel yang tidak stabil akan saling mengikat partikel-partikel pada air keruh (pembentukan endapan inti) dan kemudian pembentukan flok-flok (penggabungan endapan inti) yang terakhir terjadi proses pengendapan flok pada bak pengendapan (Metcalf, 1994:475).

Flokulasi ada dua macam, yaitu flokulasi mikro dan flokulasi makro (Metcalf, 1994:476):

1. Flokulasi mikro

Flokulasi mikro atau biasa juga disebut dengan flokulasi perikinetik adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan flokulasi yang terjadi pada ukuran partikel 0.001 sampai 1 μm .

2. Flokulasi makro

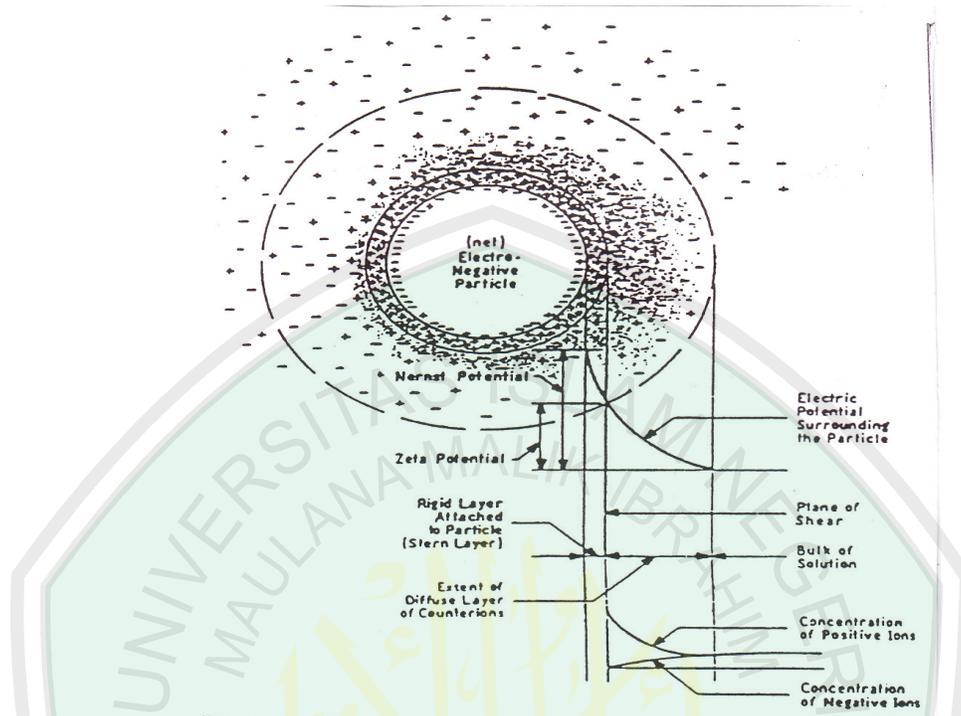
Flokulasi makro atau biasa juga disebut dengan flokulasi ortokinetik adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan flokulasi yang terjadi pada ukuran partikel lebih besar dari 1 μm . Di dalam makro flokulasi, proses pengendapan partikel yang lebih kecil lebih dulu mengendap daripada partikel yang lebih besar.

2.3.1 Stabilitas Koloid

Amirtarajah & O'Melia (1990) dalam Hidayat (2006:26) mengatakan ada koloid stabil (*reversible*) contohnya: deterjen, protein, tajin, polimer besar, dan beberapa unsur humik, ada koloid tidak stabil (*irreversible*) contohnya: tanah liat, oksida metal, dan mikroorganisme. Koloid tidak stabil dikelompokkan berdasarkan laju agregasinya menjadi koloid *diturnal* (koloid dengan laju pengendapan lambat) dan koloid *coducous* (koloid dengan laju pengendapan cepat). Pada pengolahan air dan limbah, koagulasi berhubungan dengan agregasi koloid tidak stabil secara termodinamik. Pada stabilitas koloid dan koagulasi, suspensi koloidal tidak mempunyai muatan listrik yang bersih, muatan utama partikel harus diseimbangkan di dalam sistem itu. Gambar 2.4 menunjukkan skema partikel koloid bermuatan negatif dengan awan ion (lapisan difusi) disekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan yang berkumpul di daerah interfisial

bersama-sama muatan utama membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapisan difusi ini dihasilkan oleh daya tarik elektrostatik ion yang berlawanan terhadap partikel (*counterions*), tolakan elektrostatik ion bermuatan sama sebagai partikel (*similions*), dan difusi molekuler atau termal yang melawan gradien konsentrasi akibat efek elektrostatik.

Ketika potensi elektrik diterapkan ke dalam suspensi partikel bermuatan negatif, maka akan bergerak ke arah elektrode positif. Potensi yang menyebabkan gerakan partikel berhubungan dengan bidang gunting (*plane of shear*) cairan di sekitar partikel, disebut potensi zeta atau potensi elektrokinetik Amirtharajah & O'melia (1990 dalam Hidayat (2006:27). Konsep potensi zeta ini diperoleh dari teori difusi lapisan ganda; pembungkus ion positif yang tetap dibentuk di atas partikel bermuatan negatif oleh daya tarik elektrostatik. Potensi zeta dapat diperkirakan dari pengukuran elektroforetik mobilitas partikel di dalam medan listrik dengan menggunakan Zetameter. Amirtharajah & O'Melia, (1990) dalam Hidayat (2006:27) Potensi zeta mempunyai nilai maksimum di partikel permukaan dan menurunkan jarak partikel dari permukaan.



Gambar 2.4 Partikel bermuatan negatif, lapisan difusi ganda, dan lokasi potensi zeta (sumber: Amirtharajah & O'Melia, (1990) dalam Hidayat (2006:28)).

Selain adanya lapisan difusi ganda dan potensi zeta penting juga untuk dipahami adanya gaya van der Waals sehubungan dengan koagulasi. Ketika dua muatan partikel koloid yang sama berhadapan satu dengan lain, lapisan difusi mereka mulai berinteraksi. Setelah semakin dekat, ada suatu gaya tolak elektrostatik yang meningkat sesuai tingkat kedekatannya. Energi potensial penolakan (ψ_R) mengalami penurunan yang besar ketika jarak pemisahan partikel meningkat Raju (1995) dalam Hidayat (2006:28). Gaya tolak tersebut menjaga partikel terhadap agregasi. Secara serentak, ada gaya tarik tersebut ketika partikel koloid mendekat satu sama lain. Gaya tarik ini disebut gaya van der Waals. Keberadaan gaya van der Waals merupakan fungsi komposisi kepadatan koloid

dan tidak terikat pada komposisi fase larutan. Gaya van der Waals berkurang dengan cepat ketika jarak antar partikel itu terus meningkat. Energi potensial yang menarik (ψ_A) juga berkurang seiring dengan meningkatnya jarak antar partikel koloid. Efek muatan pada stabilitas koloid dapat dijelaskan dengan menambahkan energi interaksi menarik dan yang menolak. Jaringan energi interaksi ($\psi_R - \psi_A$) dianggap sebagai energi penghalang atau rintangan terhadap agregasi partikel koloid (Amirtharajah & O'Melia, 1990).

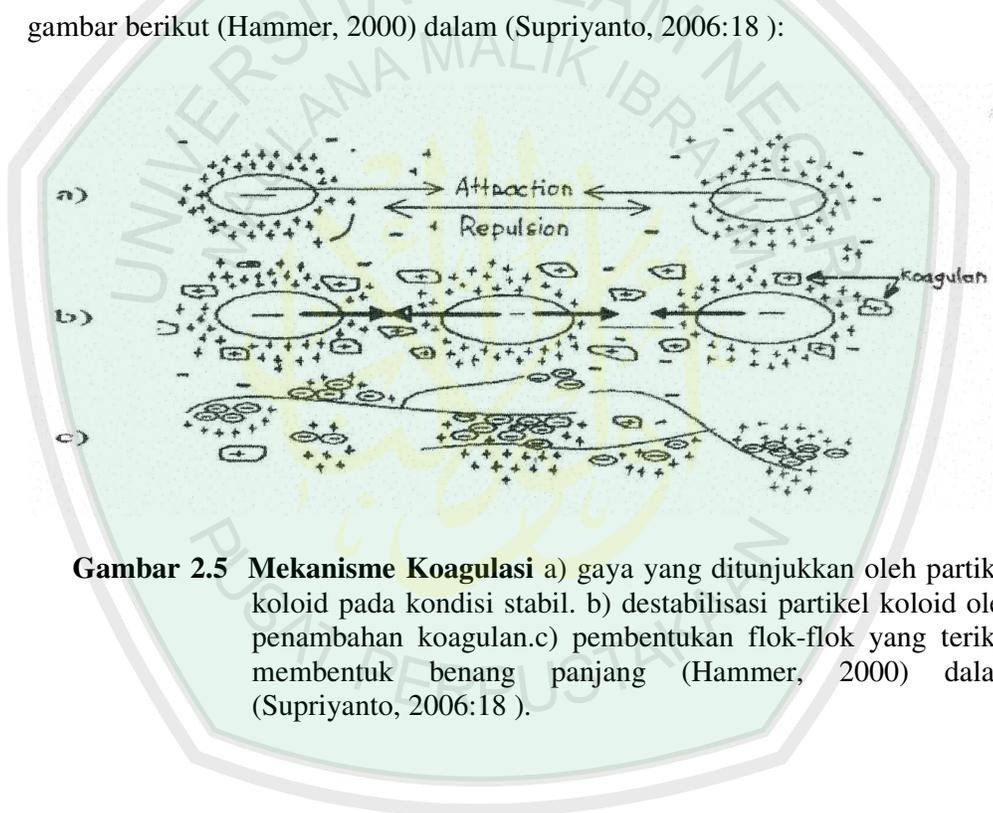
Koloid umumnya bermuatan listrik, ada yang positif dan ada yang bermuatan negatif, tergantung dari asalnya. Bila berasal dari bahan anorganik maka muatan listriknya positif, sedangkan yang berasal dari bahan organik muatan listriknya negatif Razif (1985) dalam Hidayat (2006:29). Supaya koloid mudah diendapkan maka ukuran harus diperbesar dengan cara menggabungkan koloid-koloid tersebut, melalui proses koagulasi-flokulasi, hal tersebut dapat dilakukan dengan penambahan koagulan atau flokulan. Partikel koloid dipengaruhi oleh dua macam gaya (Hammer, 1977:22) :

- 1). Gaya van der waals yang menyebabkan koloid saling tarik-menarik, disebut juga sebagai gaya atraksi.
- 2). Gaya tolak menolak antar koloid, karena mempunyai muatan listrik yang sama atau disebut gaya repulsi.

Gaya repulsi umumnya lebih besar dari gaya atraksi. Gaya atraksi tidak dapat dipengaruhi dari luar, sebaliknya gaya repulsi adalah gaya yang dapat dipengaruhi dari luar misalnya dengan penambahan muatan elektrolit.

2.3.2 Mekanisme Koagulasi dan Flokulasi

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. Secara sederhana mekanisme koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada gambar berikut (Hammer, 2000) dalam (Supriyanto, 2006:18):



Gambar 2.5 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 (Hammer, 2000) dalam (Supriyanto, 2006:18).

Umumnya, partikel-partikel koloid bermuatan listrik sejenis (negatif) yang saling tolak menolak sehingga partikel koloid tetap berada di tempatnya. Hal ini menyebabkan koloid bersifat stabil. Pada saat kondisi koloid stabil, maka tidak mungkin terjadi pembentukan flok. Koloid agar terbentuk menjadi flok maka perlu ditambahkan koagulan, penambahan koagulan ini akan mengurangi gaya

tolak-menolak antar partikel koloid sehingga terjadi destabilisasi partikel koloid yang memungkinkan terbentuknya flok-flok kecil. Flok-flok ini merupakan kumpulan dari partikel koloid, namun flok-flok tersebut masih belum mengendap, untuk mengendapkan flok-flok tersebut maka antar flok-flok ini harus bergabung membentuk menjadi flok yang lebih besar. Tidak semua koagulan dapat menggabungkan flok-flok kecil, karena ada kalanya flok-flok tersebut mengalami restabil (kembali stabil) sehingga sulit bergabung menjadi flok yang besar. Masalah ini dapat diselesaikan dengan memberikan flokulan, dengan diberikannya flokulan, maka flok-flok kecil akan segera diikat dengan flokulan yang mempunyai lengan yang cukup panjang menyerupai sekumpulan benang. Uraian diatas dapat disimpulkan bahwa mekanisme koagulasi dan flokulasi bisa terjadi secara berurutan dan bisa juga terjadi secara bersamaan sehingga kadang-kadang sulit untuk memisahkan antara kedua proses tersebut (Metcalf dan Eddy, 1994: 480).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses koagulasi dan flokulasi, antara lain:

a. Dosis Koagulan

Kebutuhan koagulan atau dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh tergantung pada jenis air keruhnya. Pada 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 pertikel-pertikel 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 (pH) adalah suatu besaran yang menyatakan sifat asam basa dari suatu larutan. Derajat keasaman (pH) mempengaruhi proses koagulasi air keruh. Derajat keasaman (pH) air keruh berkaitan dengan pemilihan jenis koagulan yang akan digunakan pada proses koagulasi, hal ini dikarenakan sifat kimia koagulan dalam air keruh. Pemilihan jenis koagulan yang tepat dengan kondisi pH air keruh akan membantu orises koagulasi.

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). Waktu pengendapan adalah waktu yang digunakan untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk pada prose koagulasi.

e. Pengaruh Garam-Garam di Air

Di dalam air terlarut, garam mineral sangat dipengaruhi oleh senyawa berbentuk konsentrasinya. Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuan dalam menggantikan ion hidroksinya pada senyawa kompleks hidroksid. Selain itu garam mineral juga berpengaruh dalam menentukan pH dan dosis koagulan.

f. Pengaruh Kekeruhan

Kekeruhan teramati sebagai sifat optik larutan yang mengandung zat yang tersuspensi didalamnya. Intensitas cahaya yang dihamburkan semakin tinggi, maka semakin tinggi pula kekeruhan dan sebaliknya. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai kekeruhan dalam proses koagulasi flokulasi adalah :

1. Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linier terhadap kekeruhan.
2. Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk dari pada partikel kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari dua partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi.

Adapun pengaruh kekeruhan terhadap proses koagulasi dan flokulasi terletak pada tingkat kekeruhan dan ukuran partikel penyebab kekeruhan. Kekeruhan tinggi umumnya membutuhkan koagulan yang sedikit, hal ini dikarenakan kemungkinan terjadi tumbukan antar partikel lebih tinggi. Sedangkan untuk

ukuran partikel akan berpengaruh pada kecepatan pengendapannya sehingga tidak diperlukannya koagulan berlebih untuk memperbesar flok.

g. Pengaruh Jenis Koagulan

Memilih koagulan harus disesuaikan dengan jenis koagulan yang terkandung di dalam air. Jenis koagulan yang dimasukkan ke dalam air biasanya memiliki tanda ion yang berlawanan dengan muatan ion yang terdapat pada air tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi daya tolak-menolak antara sesama koloid, sehingga terbentuk flok.

h. 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. Selain itu, peningkatan suhu menyebabkan dosis koagulan, seperti pada alum pada pH netral spesies muatan positif Al menurun dengan peningkatan temperatur. Pada suhu yang lebih rendah secara struktur agregat lebih kecil, kinetik hidrolis dan presipitasi lebih lambat.

i. Komposisi Kimia Larutan

Pada keadaan air yang alami, air akan mengandung bermacam-macam koloid dan elektrolit. Suatu larutan elektrolit adalah merupakan sistem yang kompleks dengan kandungan yang tidak mudah untuk diinterpretasikan. Kompleks merupakan masalah koloid dan fenomena koagulasi menunjukkan

bahwa setiap teori atau penelitian empiris dapat dengan mudah terjadi kesalahan atau pengecualian pada kondisi tertentu.

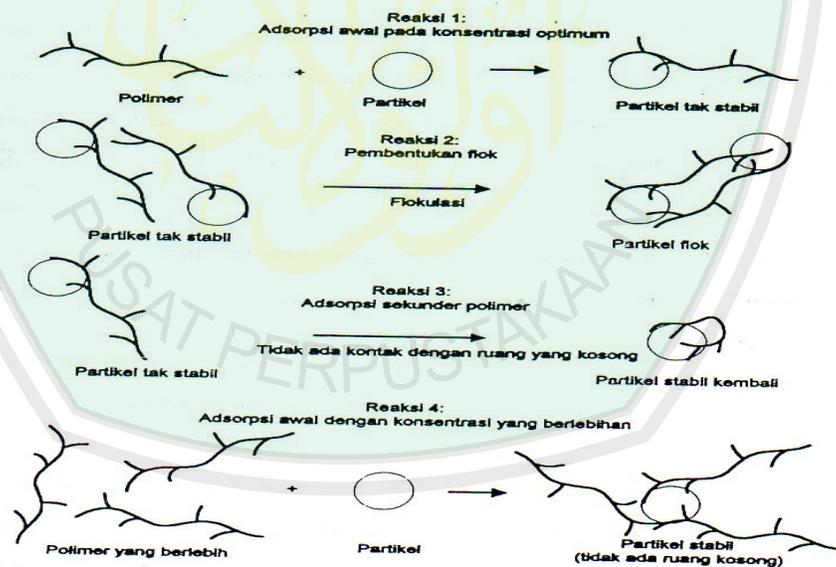
2.3.3 Destabilitas Koloid

Mekanisme destabilisasi koloid menurut Amirtarajah & O'Melia (1990) dalam Hidayat (2006:32) dibagi menjadi 4 tipe yaitu: kompresi (penekanan) lapisan ganda, adsorpsi dan netralisasi muatan, penjaringan dalam suatu presipitasi, adsorpsi dan jembatan antar partikel.

- a. **Kompresi (Penekanan) Lapisan Ganda.** Interaksi koagulan terhadap satu partikel koloid murni bersifat elektrostatik. Ion koagulan yang memiliki muatan elektrik yang sama dengan koloid akan ditolak, sedangkan yang memiliki muatan elektrik berbeda akan ditarik. Apabila koagulan dengan konsentrasi tinggi ditambahkan ke dalam dispersi koloid, maka konsentrasi ion berbeda muatan akan meningkat sehingga ketebalan lapisan ganda berkurang. Penipisan lapisan ini cukup untuk menanggulangi rintangan energi, dengan cara ini partikel dapat bergabung. Semakin banyak ion yang berbeda muatan, maka koagulasi semakin cepat terjadi.
- b. **Adsorpsi dan netralisasi muatan.** Muatan elektrik partikel koloid dapat dinetralisasi oleh molekul yang berbeda muatan yang memiliki kemampuan mengadsorpsi koloid.
- c. **Penjaringan dalam suatu presipitasi.** Koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air dan air limbah antara lain aluminium sulfat, feri klorida, dan CaO. Konsentrasi koagulan yang memadai atau berlebih, diperlukan untuk membentuk endapan, sehingga partikel koloid dapat dijaring dan mengendap

bersama. Partikel koloid berperan sebagai inti endapan, jadi tingginya laju pengendapan seiring dengan peningkatan partikel dalam air.

- d. **Adsorpsi dan jembatan antar partikel.** Polimer organik sintetis sering digunakan sebagai agen destabilisasi dalam pengolahan air dan air limbah. Polimer ini mempunyai rantai panjang, muatan polimer dapat menstabilisasi koloid melalui formasi jembatan. Salah satu sisi muatan rantai polimer dapat melekat dan mengadsorpsi pada satu sisi koloid. Sementara sisi molekul polimer lain meluas ke dalam larutan. Bila sisi yang meluas itu berikatan dengan koloid lain, maka dua koloid akan terikat bersama secara efektif dan disebut dengan flok. Model jembatan koloid ditunjukkan pada gambar 2.6:

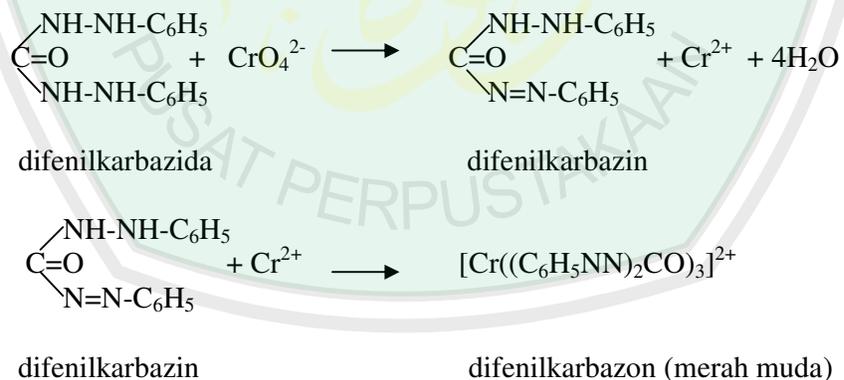


Gambar 2.6 Model Jembatan Koloid Oleh Polimer
(Sumber: LaMer, 1963 dalam Hidayat, 2006:34)

2.4 Analisis Cr(VI) dengan Spektrofotometer

Analisis kuantitatif kromium(VI) dilakukan dengan cara spektrofotometer menggunakan pereaksi difenilkarbazida sebagai reagen pengompleks. Tahapan yang dilakukan adalah larutan sampel diasamkan menggunakan asam sulfat encer kemudian ditambahkan reagensia difenilkarbazida yang menghasilkan kompleks warna merah tua apabila konsentrasi kromium tinggi dan akan menghasilkan kompleks warna lembayung atau merah muda apabila konsentrasi kromium rendah.

Pada saat reaksi, kromat direduksi menjadi kromium(II) dan kemudian terbentuk menjadi difenilkarbazon, hasil reaksi yang terjadi ini menghasilkan suatu kompleks dengan warna yang khas. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Vogel, 1985:274) :



Gambar 2.7 Reaksi Kompleks difenilkarbazida

Clesceri (1992:3060), menyatakan analisis kromium(VI) menggunakan instrumen spektronik-20 dilakukan dengan cara sebagai berikut: larutan stok kromium(VI) dalam gelas beaker ditambah H_2SO_4 0,1 M sampai pH $1 \pm 0,3$,

kemudian ditambah difenilkarbazida (0,5%) sebanyak 2 mL, setelah itu dipindahkan kedalam labu ukur. Larutan didiamkan selama 5-10 menit agar terbentuk kompleks warna lembayung atau merah muda, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm.

Penelitian Puspitasari (2005) tentang adsorpsi kromium(VI) dalam larutan oleh akar Rumput Gajah, dalam penelitian ini instrumen yang digunakan untuk menganalisis kromium(VI) adalah spektrofotometer dengan menggunakan pengompleks difenilkarbazida dengan mengasamkan sampel terlebih dahulu menggunakan asam sulfat encer.

Beberapa peneliti telah menggunakan spektrofotometer untuk menganalisis Cr(VI) diantaranya adalah Leliana Alveira (2006), Rumiati Ningsih (2006), Warmi (2006). Tahapan analisis yang digunakan sebagai berikut: larutan stok kromium(VI) dalam gelas beaker ditambah H_2SO_4 0,1 M sampai pH $1 \pm 0,3$, kemudian ditambah difenilkarbazida (0,5%) sebanyak 2 mL, setelah itu dipindahkan kedalam labu ukur. Larutan didiamkan selama 5-10 menit agar terbentuk kompleks warna lembayung, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm.

2.5 Pencemaran Lingkungan dan Pemanfaatan Ciptaan Allah

Manusia sebagai Khalifah Allah di bumi mempunyai tugas dan tanggung jawab yang besar untuk memelihara kelestarian alam yang merupakan lingkungan hidupnya, sehingga planet bumi dan segala kekayaan yang diamanatkan

kepadanya dapat tetap menjadi tempat kediaman yang nyaman dan menyenangkan dan menjadi sumber penghidupan bagi kesejahteraan umat manusia dari satu generasi ke generasi sesudahnya (Gani, 1994:186). Allah berfirman:

فَسَوَّلْنَاهُنَّ السَّمَاءَ إِلَىٰ أَسْتَوَىٰ ثُمَّ جَمِعْنَا الْأَرْضَ فِي مَّا لَكُمْ خَلَقَ الَّذِي هُوَ
 عَلِيمٌ شَيْءٍ بِكُلِّ وَهُوَ سَمَوَاتٍ سَبْعَ ﴿٢٩﴾

”Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu”
 (QS al-Baqarah /2:29).

Walaupun kita diberi kelebihan oleh Allah atas segala sesuatu di alam ini, tapi kelebihan itu tidak menjadikan kita sebagai penguasa atas alam dan isinya. Alam dan isinya tetaplah milik Allah, kita hanya diberikan kekuasaan atas alam tersebut sebagai pengelola, pemelihara, dan pemakmur. Ketika kita berinteraksi dengan alam, Islam mengajarkan bahwa hak kita dalam memanfaatkan alam juga dibatasi oleh hak alam dan isinya itu sendiri.

مُخْتَلِفًا وَالزَّرْعَ وَالنَّخْلَ مَعْرُوشَتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَتٍ جَنَّتِ أَنْشَاءَ الَّذِي وَهُوَ ﴿١٤١﴾
 أَثْمَرَ إِذَا ثَمَرَهُ مِنْ كُلِّ مِثْشَبِهِ وَغَيْرِ مِثْشَبِهَا وَالرُّمَانَ وَالزَّيْتُونَ أَكْلُهُ
 الْمُسْرِفِينَ تَحِبُّ لَا إِنَّهُ تَسْرِفُوا وَلَا حَصَادِهِ يَوْمَ حَقَّهٖ وَءَاتُوا ﴿١٤١﴾

“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon kurma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya), dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan dikeluarkan zakatnya); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan. (al-An’am/6:141)”

”Berlebih-lebihan” dalam ayat ini kata yang digunakan adalah kata ”*israf*”, yang berarti *khata’* yang artinya bersalah. Kata *Israf* dalam ilmu fikih bermakna ”mubazir” atau ”boros” (Hasan, 2006:418). Ayat diatas menjelaskan tentang larangan berlebih-lebihan dalam menggunakan dan memanfaatkan sumberdaya alam seperti halnya menggunakan logam berat. Penggunaan logam berat yang melebihi batas optimum akan berdampak pada lingkungan perairan, tanah, udara dan makhluk hidup.

Pada perindustrian, logam berat seperti Cr digunakan sebagai pelapis logam, pengisi *stainless stel*, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam jumlah banyak digunakan dalam penyamakan kulit (Ahmad, 1992: 143). Namun, masih banyak industri tidak bertanggung jawab yang tidak memikirkan dampak dari limbah yang dihasilkan dengan membuang limbah yang mengandung logam berat ke perairan tanpa mengolahnya terlebih dahulu, sehingga hal ini berdampak pada pencemaran di lingkungan perairan. Allah Swt. berfirman :

عَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ
يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusi, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. (QS. ar-Rum/30:41)

Kata *zhahara* pada mulanya berarti terjadi sesuatu di muka bumi. Sehingga dia di permukaan menjadi nampak dan terang serta diketahui dengan jelas. Kata *fasad* menurut al-Ashfahani adalah *keluarnya sesuatu keseimbangan*,

baik sedikit maupun banyak. Beberapa ulama kontemporer memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan (Shihab, 2002:76-77). Ayat di atas menjelaskan bahwa terjadi kerusakan di darat dan di laut karena ulah tangan kita sendiri. Dosa dan pelanggaran yang dilakukan manusia mengakibatkan gangguan keseimbangan di darat dan di laut. Semakin banyak perusakan terhadap lingkungan, maka semakin besar pula dampak buruknya terhadap manusia. Semakin banyak dan beraneka ragam dosa manusia, semakin parah pula kerusakan lingkungan. Hahikat ini merupakan kenyataan yang tidak dapat dipungkiri, Allah menciptakan semua makhluk saling kait-berkait, dalam keterkaitan itu lahir keserasian dan keseimbangan dari yang terkecil hingga yang terbesar, dan semua tunduk dalam pengaturan Allah Yang Maha Besar. Bila terjadi gangguan pada keharmonisan dan keseimbangan itu, maka kerusakan terjadi dan ini kecil atau besar, pasti berdampak pada seluruh bagian alam, termasuk manusia (Shihab, 2002:78).

Jika kerusakan terjadi pada ekosistem perairan karena pencemaran logam berat maka akan berdampak buruk bagi masyarakat yang mengkonsumsinya. Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia, *“Everything originated in the water. Everything is sustained by water”*. Manusia membutuhkan air untuk hidupnya, karena dua pertiga tubuh manusia terdiri dari air, tanpa air seluruh gerak kehidupan akan berhenti. Allah swt. berfirman :

فُرَاتًا مَّاءً وَأَسْقَيْنَكُمُ

“Dan Kami beri minum kamu dengan air tawar ?”
(QS. al-Mursalaat/77: 27).

Maka dari itu, sebagai manusia beriman dan berpendidikan hendaknya kita merenung dan berpikir bagaimana menjaga keseimbangan ekosistem dengan melakukan tindakan dan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengembalikan atau memulihkan kembali keseimbangan harus segera dilakukan agar jangan sampai keseimbangan itu terganggu lagi (Gani, 1994:187). Banyak ayat Al-Quran yang menganjurkan kepada kita untuk berbuat ihsan, diantaranya:

﴿الْمُحْسِنِينَ يُحِبُّ اللَّهُ إِنَّ شَاءَ حَسُنَا﴾

”..... dan berbuat baiklah, karena Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik” (QS al-Baqarah/2:195).

Kata *ihsan* di dalam Al-Qur’an mempunyai dimensi pengertian yang luas dan mencakup berbagi aspek hubungan. Disamping aspek hubungan manusia dan tuhan (*ihsan* terhadap tuhan), termasuk pula aspek hubungan dengan diri sendiri, dengan sesama manusia dan dengan alam lingkungannya (Gani, 1994:178). Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah menyerukan kepada kita untuk berbuat baik dalam menjaga keseimbangan dan kelestarian alam agar tidak ada lagi dampak pencemaran logam yang memakan banyak korban seperti di Minamata di Jepang dan Teluk Buyat di Indonesia. Salah satu pemeliharaan lingkungan perairan dari logam berat yaitu dengan mengolah terlebih dahulu air limbah yang mengandung logam berat dengan memanfaatkan ciptaan Allah yang ada di alam raya untuk menyeimbangkan kembali ekosistem yang rusak seperti memanfaatkan biji kelor sebagai koagulan logam berat dalam limbah yang akan dibuang ke lingkungan perairan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2007 sampai dengan bulan Februari 2008, di Laboratorium Sentral Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi: K_2CrO_4 , HCl pekat (37 %), NaOH, H_2SO_4 pekat (96 %), difenilkarbazida, aseton, akuades dan biji kelor yang berasal dari Bangil, Pasuruan.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah timbangan Ohaus Analytical plus, seperangkat alat gelas, spektrofotometer UV-Vis merek SHIMADZU, stirer Ciramec 2, konduktivimeter WTW, sentrifius Mistral 1000 dan pH meter 3310 Jenway.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Preparasi Koagulan Biji Kelor

Buah kelor yang sudah tua dipohon 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 Stok Kromium(VI) 1000 mg/L

Padatan K_2CrO_4 ditimbang sebanyak 3,7347 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 250 ml dan ditambahkan HCl 6 M beberapa tetes untuk melarutkan K_2CrO_4 , setelah itu ditambahkan akuades kurang lebih 200 ml, kemudian larutan K_2CrO_4 dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, selanjutnya larutan dikocok agar menjadi homogen.

3.3.3 Optimasi Prosedur Analisis Kromium(VI) dengan spektrofotometer

3.3.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr-difenilkarbazon

Dipipet 5 ml larutan 50 mg/L dimasukkan dalam gelas beaker, lalu ditambahkan 0,1 M H_2SO_4 sampai pH $1 \pm 0,3$, setelah itu ditambahkan 2 mL difenilkarbazida, kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi akhir larutan Cr(VI) 5 mg/L. Larutan didiamkan selama 5-10 menit, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 nm hingga 600 nm dengan rentang 12,7 nm (Clesceri, et al, 1992:3060).

3.3.3.2 Penentuan Stabilitas Kompleks Cr-difenilkarbazon

Dipipet 5 mL larutan Cr(VI) 50 mg/L dimasukkan dalam labu ukur 50 mL, kemudian ditambah 0,1 M H_2SO_4 sampai pH $1 \pm 0,3$, lalu ditambahkan 2 mL difenilkarbazida dan ditandabatkan dengan akuades, sehingga diperoleh

konsentrasi akhir larutan Cr(VI) 5 mg/L. Larutan didiamkan 5-10 menit, setelah itu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum dalam rentang waktu 0-25 menit dengan jarak waktu 1 menit. Waktu optimum pengukuran adalah pada saat absorbansi mencapai maksimum yang dapat ditentukan dengan membuat kurva waktu versus absorbansi.

3.3.3.3 Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Cr(VI) Secara Spektrofotometri

Dibuat seri larutan K_2CrO_4 dengan konsentrasi : 0; 0,1; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; dan 2 mg/L dengan cara memipet larutan Cr(VI) 50 mg/L sebanyak 0, 0,1; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; dan 2 mL, setelah itu ditambah 0,1 M H_2SO_4 sampai pH $1 \pm 0,3$, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 ml, lalu ditambahkan 2 mL difenilkarbazida dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan 5-10 menit, setelah itu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh. Selanjutnya dibuat kurva linier hubungan antara konsentrasi larutan dan absorbansi larutan, dan akan diperoleh kurva standart sehingga dapat ditentukan sensitivitas dan batas deteksinya.

3.3.4 Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor Terhadap Cr(VI)

3.3.4.1 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Optimum

Serbuk biji kelor dibuat dengan variasi konsentrasi yaitu sebesar 1000, 2500, 5000, dan 7500 mg/L, selanjutnya masing-masing koagulan dilarutkan dalam 500 ml larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 3. Interaksi yang dilakukan menurut

langkah berikut: serbuk biji kelor diletakkan di atas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan Cr(VI), diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan Cr(VI). Larutan ini diaduk cepat selama 0,5 menit, kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Masing-masing larutan dibiarkan mengendap dengan berbagai variasi waktu yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Masing-masing perlakuan dipipet 10 mL untuk dikocok dengan menggunakan alat sentrifuge selama 20 menit dengan kecepatan 4000 rpm, kemudian dianalisa kadar Cr(VI) menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan sampel diambil lagi 30 mL digunakan untuk mengukur pH dan konduktivitas.

3.3.5 Penentuan pH Optimum Koagulasi Cr(VI) Menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera* Lamk)

Larutan Cr(VI) 50 mg/L sebanyak 500 ml diatur pH larutan dengan variasi menjadi pH 2, 3, 4, 5, 6 dan 8 melalui penambahan NaOH dan atau HCl, kemudian ditambahkan serbuk biji kelor dengan dosis optimum. Interaksi dengan biji kelor dilakukan menurut langkah berikut : serbuk biji kelor diletakkan diatas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 2, diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 2. Larutan ini diaduk cepat selama 0,5 menit, kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Masing-masing larutan dibiarkan mengendap dengan waktu pengendapan optimum. Masing-masing larutan dipipet 10 mL untuk dikocok dengan menggunakan alat sentrifuge selama 20 menit dengan kecepatan 4000 rpm, kemudian dianalisa kadar Cr(VI) menggunakan

spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama dengan variasi pH 2,3, 4, 5, 6, dan 8.

3.4 Analisa Data

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data dianalisa dalam bentuk deskriptif kualitatif dan kuantitatif, kemudian dibandingkan dengan teori untuk memperoleh kesimpulan.



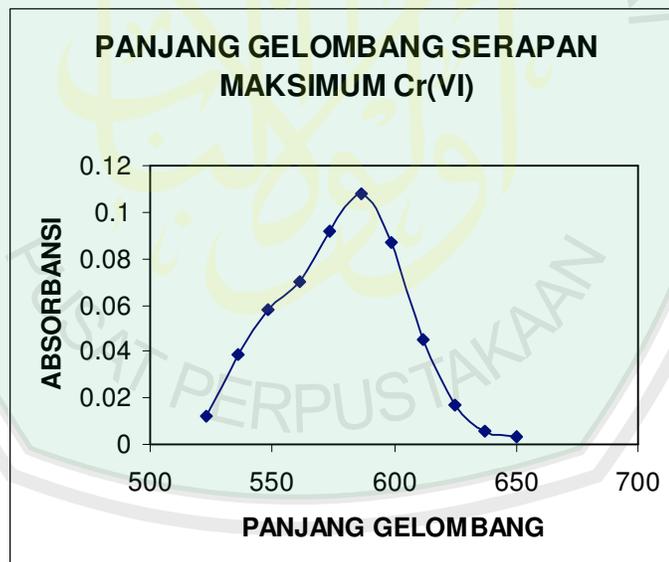
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Optimasi Prosedur Analisis Cr(VI) dengan Spektrofotometri

4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr-difenilkarbazon

Penentuan panjang gelombang serapan maksimum Cr(VI) dilakukan dengan cara mengukur larutan Cr(VI) dengan variasi panjang gelombang antara 500 sampai 650 nm dengan rentang panjang gelombang 12,7 nm. Grafik panjang gelombang serapan maksimum Cr(VI) disajikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



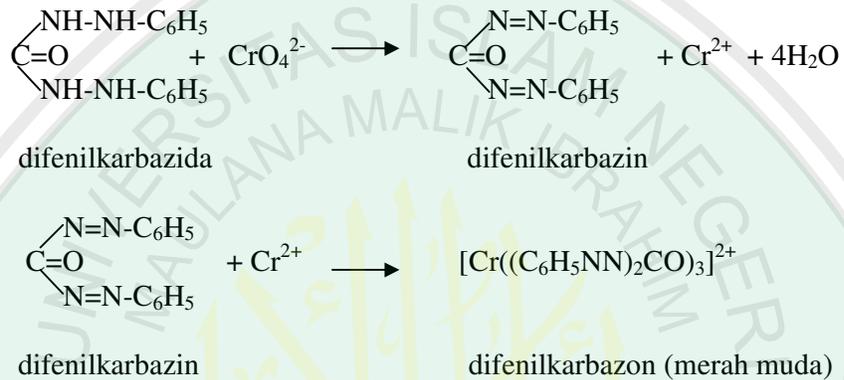
Gambar 4.1 Panjang Gelombang Serapan Maksimum Kompleks Cr-difenilkarbazon.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, didapatkan panjang gelombang serapan maksimum dari senyawa kompleks Cr-difenilkarbazon adalah 586,5 nm ($A = 0,108$ nm), bila dilihat dari intensitas warna pada hasil penelitian diperoleh

warna komplementer yang lebih kuat (ungu), jika dibandingkan dengan Clesceri (1992:3060) Analisis kromium menggunakan spektrofotometri didasarkan atas pembentukannya menjadi senyawa kompleks Cr-difenilkarbazon yang berwarna lembayung atau merah muda dan akan menyerap pada panjang gelombang 540 nm.

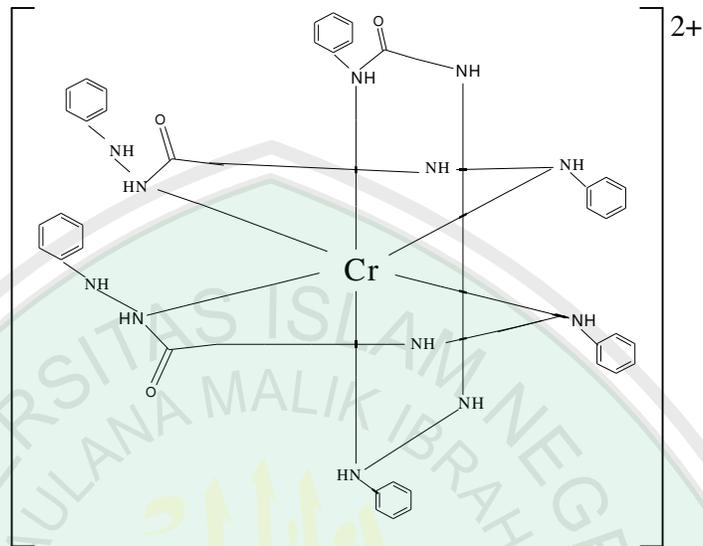
Berdasarkan hasil penentuan panjang gelombang serapan maksimum, terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum dari kompleks Cr-difenilkarbazon yang awalnya 540 menjadi 586,5 dan merupakan pergeseran *red shift* (pergeseran merah) ke arah panjang gelombang yang lebih besar karena adanya gugus fenil dalam ligan difenilkarbazida dimana gugus fenil merupakan gugus auksokrom (gugus jenuh yang apabila terikat pada kromofor mengubah panjang gelombang dan intensitas serapan maksimum). Gugus auksokrom merupakan gugus dalam molekul kromofor yang dapat terdelokalisasi bersama-sama dengan elektron terdelokalisasi dari kromofor. Peningkatan delokalisasi elektron dari kompleks kromium menyebabkan pergeseran panjang gelombang optimum kompleks kromium sekaligus peningkatan intensitas warna kompleks (Dewi, 2002:22). Pergeseran dari panjang gelombang kompleks kromium dapat digolongkan sebagai pergeseran batokromik, yaitu pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih panjang (pergeseran ke arah merah) disebabkan substitusi atau pengaruh pelarut. Pergeseran batokromik biasanya disertai dengan pengaruh hiperkromik (kenaikan dalam intensitas serapan) yang kuat (Sastrohamidjojo, 2001:23-33).

Reaksi pembentukan kompleks yang terjadi antara Cr(VI) dengan difenil karbazida akan menghasilkan kompleks Cr-difenilkarbazon namun belum diketahui dengan pasti jumlah ligan yang berperan dalam pembentukan kompleks Cr-difenilkarbazon, reaksinya adalah sebagai berikut (Vogel, 1985:274) :



Gambar 4.2 Reaksi Kompleks difenilkarbazida (Vogel, 1985:274)

Berdasarkan reaksi diatas, kromat dalam larutan asam yang ditambahkan dengan difenilkarbazida akan tereduksi menjadi Cr(II), setelah tereduksi kromat berikatan membentuk kompleks Cr-difenilkarbazon yang mempunyai warna merah muda. Adapun struktur dari kompleks Cr-difenilkarbazon adalah sebagai berikut Herman (1990) dalam Agung (2007:10):



Gambar 4.3 Struktur Komplek Cr-difenilkarbazon

Warna dari suatu kompleks timbul akibat adanya transisi elektronik, yaitu transisi elektron dari satu tingkat energi ke tingkat energi yang lebih tinggi dimana energi yang diabsorpsi untuk terjadinya transisi, yang merupakan perbedaan antara dua tingkat energi tersebut, bersesuaian dengan panjang gelombang sinar yang terdapat pada spektrum sinar tampak (Effendy, 2006:1).

Warna merupakan gejala sinar yang ditangkap oleh manusia dan hewan melalui penglihatannya. Warna yang ada memiliki ciri panjang gelombang, sehingga kita dapat membedakan antara berbagai macam warna dengan panjang gelombang masing-masing. Warna dapat membantu manusia untuk mengenali berbagai macam hal yang ada di alam raya ini, mulai dari warna kulit manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, gunung-gunung, sampai benda mati (Pasya, 2004:94-97). Allah berfirman:

وَمِنَ اللَّوْنِهَا مُخْتَلِفًا ثَمَرَاتٍ بِهِ ۚ فَأَخْرَجْنَا مَاءً السَّمَاءِ مِنْ أَنْزَلِ اللَّهُ أَنْ تَرَى أَلْمَ
 النَّاسِ وَمِنَ ۞ سُوْدٌ وَغَرَائِبُ اللَّوْنِهَا مُخْتَلِفٌ وَحُمْرٌ بَيْضٌ جُدُدٌ أَلْجِبَالِ
 الْعُلَمَاءُ عِبَادِهِ مِنْ اللَّهِ تَخَشَىٰ إِنَّمَا ۞ كَذَلِكَ أَلْوَانُهُ ۚ مُخْتَلِفٌ وَأَلَّا نَعْمِ وَالِدَوَابِّ
 غَفُورٌ عَزِيزٌ اللَّهُ إِنَّ ۞

“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam warnanya (jenisnya). dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat. Dan demikian (pula) di antara manusia, binatang-binatang melata dan binatang-binatang ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.” (QS Fathir/35: 27-28)

Dua ayat ini menerangkan tentang ciptaan Allah yang memiliki berbagai macam jenis dan warna yang ada di alam raya, selain itu ayat di atas juga menyerukan kepada manusia untuk melihat dan merenungi bagaimanakah suatu warna dan benda dapat terlihat oleh mata.

Sinar merupakan salah satu gejala yang dapat menimbulkan suatu warna dari benda sehingga dapat terlihat oleh mata. Tanpa adanya sinar manusia tidak dapat melihat benda yang ada di bumi. Allah menjadikan proses penglihatan benda berkaitan secara langsung dengan jatuhnya cahaya atau sinar ke benda itu, kemudian memantul ke mata, sedangkan sinar itu sendiri tidak dapat membantu untuk melihat suatu benda kalau tidak jatuh ke benda tersebut (Pasya, 2004:105).

Allah berfirman:

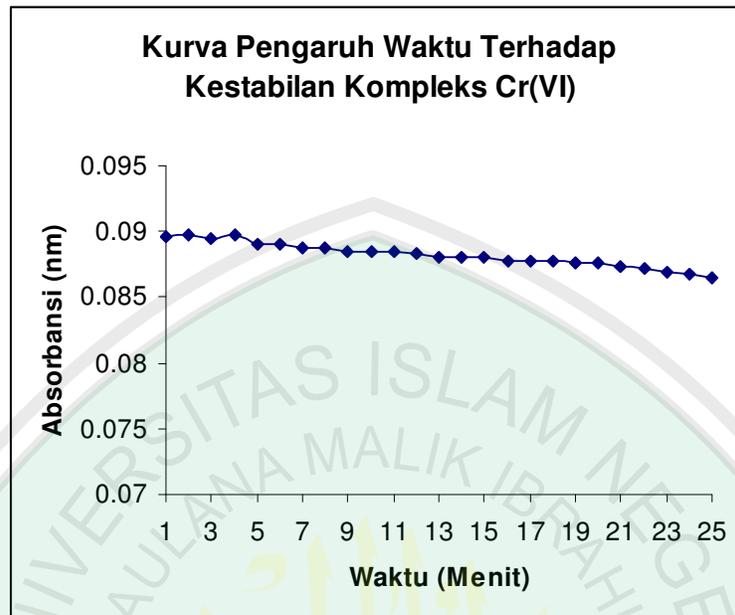
عَدَدَ لَتَعْلَمُوا مَنَازِلَ وَقَدَّرَهُ نُورًا وَالْقَمَرَ ضِيَاءَ الشَّمْسِ جَعَلَ الَّذِي هُوَ
يَعْلَمُونَ لِقَوْمٍ الْأَيَّتِ يُفَصِّلُ بِالْحَقِّ إِلَّا ذَلِكَ اللَّهُ خَلَقَ مَا وَالْحِسَابِ السِّنِينَ

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui” (QS Yunus/10: 5).

Ayat di atas menjelaskan suatu sinar dan cahaya yang keduanya digunakan untuk menunjuk sesuatu yang memancar dari benda yang terang dan membantu manusia untuk dapat melihat benda-benda yang dilalui oleh pancaran itu (Pasya, 2004:101). Allah menciptakan sinar matahari mempunyai banyak manfaat, dalam ilmu kimia sinar digunakan untuk mengidentifikasi suatu struktur dan kadar dari senyawa atau ion.

4.1.2 Penentuan Stabilitas Kompleks Cr-difenilkarbazon

Penentuan stabilitas kompleks Cr(VI) dilakukan melalui pengukuran absorbansi larutan kompleks Cr(VI) pada panjang gelombang 586,5 nm dalam rentang waktu antara 0-25 menit dengan jarak 1 menit. Penentuan stabilitas kompleks Cr(VI) bertujuan untuk mengetahui waktu optimum pengukuran Cr(VI) secara spektrofotometri dan pengaruh stabilitas kompleksnya terhadap akurasi analisis kuantitatif Cr(VI). Kurva pengaruh variasi waktu terhadap absorbansi senyawa Cr(VI) hasil penelitian disajikan pada Gambar 4.4 sebagai berikut :



Gambar 4.4 Kurva Pengaruh Waktu Terhadap Stabilitas Kompleks Cr(VI)

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa senyawa hasil pengompleksan Cr(VI) mempunyai stabilitas yang relatif stabil. Hasil pengukuran, teramati adanya penurunan nilai absorbansi dari menit ke 5 sampai menit ke 10 namun tidak signifikan. Pengukuran selanjutnya dilakukan pada menit ke -7, hal ini dilakukan untuk memberikan kesempatan waktu untuk preparasi sampel yang akan diukur absorbansinya dan menjaga keakuratan data yang diperoleh, jika dibandingkan dengan Clesceri (1992:3060), bahwa kestabilan kompleks Cr-difenilkarbazon diperoleh pada rentang waktu 5 sampai 10 menit.

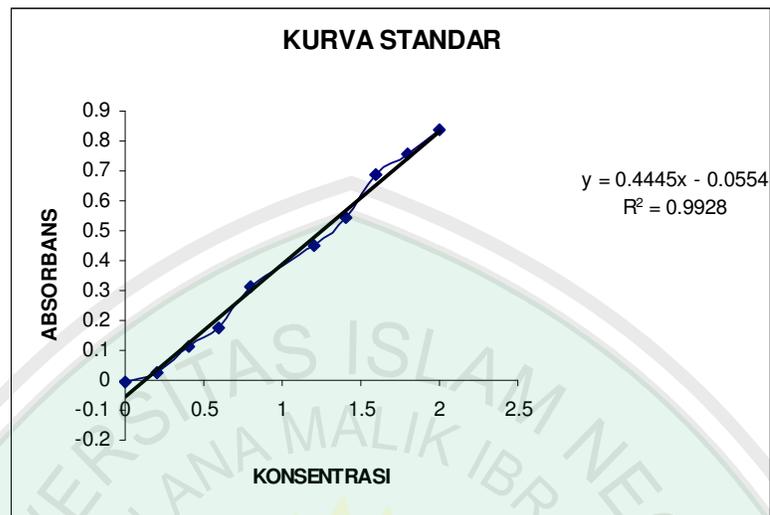
4.1.3 Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Kuantitatif Cr(VI) Secara Spektrofotometri UV-Vis

Hidayat (1987) dalam Yulianti (2005) mengatakan Sensitivitas metode dan batas deteksi dan kisaran linieritas dipelajari agar diperoleh informasi baik kuantitatif dan kualitatif kecermatan serta ketepatan yang tinggi. Sensitivitas didefinisikan sebagai besarnya slop dari kurva yang diperoleh bila besarnya sinyal analisis diplot terhadap konsentrasi yang dianalisis.

Batas deteksi adalah konsentrasi minimum dari analit yang dapat terdeteksi dengan batas kepercayaan yang diinginkan. Batas deteksi merupakan suatu bilangan yang menunjukkan batas konsentrasi terendah dari hasil analisis yang dapat terbaca oleh spektrofotometri sehingga seorang analis merasa yakin bahwa data analisis yang diperoleh akan berbeda secara signifikan dari data pengukuran blanko (Nur, 1989) dalam (Yulianti, 2005).

Penentuan sensitivitas dan batas deteksi bertujuan untuk mengetahui kemampuan metode untuk mendeteksi adanya suatu komponen dalam sampel yang dianalisis dan untuk mengetahui konsentrasi minimum dari sampel yang dapat terdeteksi. Penentuan sensitivitas dan batas deteksi dilakukan dengan cara membuat variasi konsentrasi dari larutan Cr(VI) 50 mg/L dan dipreparasi sesuai dengan metode analisis Cr(VI) secara spektrofotometri.

Kurva penentuan sensitivitas dan batas deteksi metode analisis Cr(VI) secara spektrofotometri menggunakan reagen difenilkarbazid pada panjang gelombang serapan maksimum 586,5 dan kestabilan kompleks tidak lebih dari 10 menit dengan beberapa variasi konsentrasi disajikan pada Gambar 4.5 :



Gambar 4.5 Kurva Sensitivitas dan Limit Deteksi Cr(VI)

Kurva di atas didapatkan persamaan umum regresi linier $y = a + bx$, dengan nilai a (intersep) = $-0,0554$; b (slop yang menggambarkan kepekaan analisis) = $0,4445$ dan r (koefisien regresi yang menunjukkan linieritas kurva) = $0,9928$ yang tidak berbeda secara signifikan dari nol, sehingga dari kurva tersebut dapat dikatakan mempunyai hubungan yang linier dan sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Kepekaan analisis Cr(VI) dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen difenilkarbazid pada panjang gelombang serapan maksimum $586,5$ nm dan kestabilan kompleks antara 5 sampai 10 menit adalah $0,4445$ mg/L. Berdasarkan hasil dari perhitungan batas deteksi metode analisis ditampilkan pada Lampiran 5 dan diperoleh nilai $0,2166$ mg/L.

Apabila dilihat dari harga slope yang cukup besar dan batas deteksi yang rendah maka kepekaan dan kecermatan dari metode spektrofotometri ini cukup bagus. Bila ditinjau dari harga koefisien regresi yang mendekati satu maka

hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi menjadi sangat linier atau mendekati satu garis lurus.

4.2 Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor Terhadap Cr(VI)

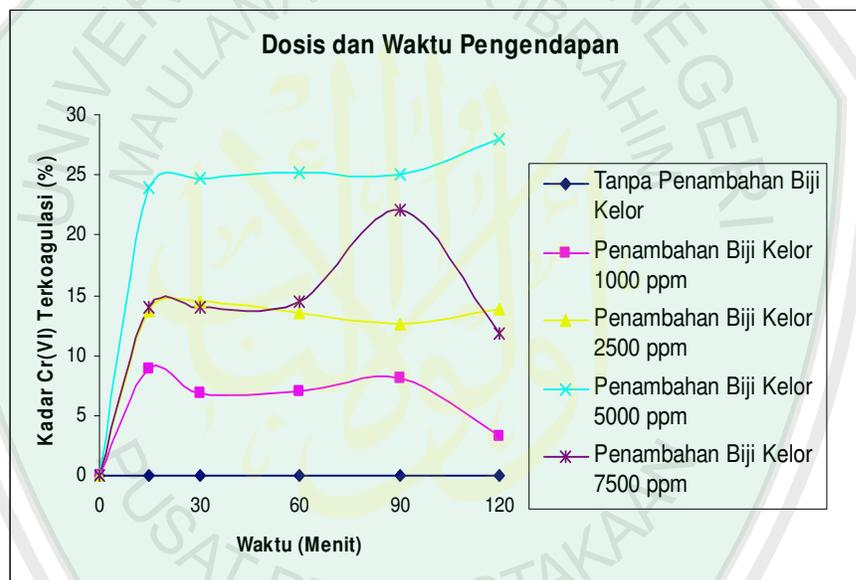
4.2.1 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Optimum

Penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum dilakukan dengan cara menambahkan beberapa variasi dosis kelor (0; 1000; 2500; 5000; dan 7500 ppm) ke dalam larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 3 (penelitian ini dilakukan pada pH 3 karena pada pH 1 dengan konsentrasi yang tinggi akan berubah bentuk yang berupa HCrO_4^- menjadi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) dan kemudian didiamkan sesuai dengan variasi waktu pengendapan (15; 30; 60; 90; dan 120 menit). Penentuan dosis optimum biji kelor bertujuan mendapatkan berat biji kelor optimum untuk menurunkan konsentrasi Cr(VI), sedangkan penentuan waktu pengendapan optimum bertujuan untuk mengetahui dan menentukan berapa lama Cr(VI) paling banyak terendapkan oleh biji kelor dalam rentang waktu selama 0 sampai 120 menit.

Penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum biji kelor dilakukan dengan cara memilih biji kelor yang sudah tua di pohon dan memiliki kualitas yang bagus karena kandungan gugus aktif sebagai koagulan yaitu 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate sudah terbentuk secara optimal. Penghalusan biji kelor bertujuan untuk memperbesar luas permukaan biji kelor dengan ion logam berat. Biji kelor halus dicampur dengan sedikit larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 3 hingga terbentuk koloid berwarna putih seperti air cucian beras, hal ini dimaksudkan untuk mempercepat terbentuknya koloid serbuk biji kelor dalam larutan Cr(VI), jika larutan biji kelor langsung diinterkasikan dengan larutan

Cr(VI) 50 mg/L pH 3 secara langsung dalam jumlah besar, akan terjadi penggumpalan biji kelor sebelum terjadi koagulasi dengan partikel ion logam Cr(VI).

Hasil penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum biji kelor dalam menurunkan konsentrasi Cr(VI) ditunjukkan pada Lampiran 5 dan dibuat grafik pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Dosis Optimum dan Waktu Pengendapan Biji Kelor

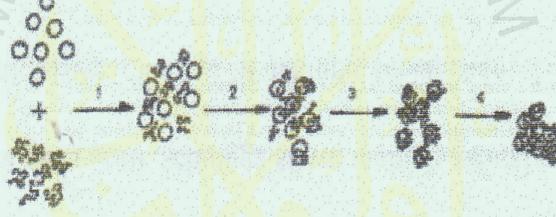
Berdasarkan Gambar 4.6 di atas dapat diamati bahwa waktu pengendapan berpengaruh terhadap koagulasi Cr(VI) namun tidak signifikan. Penurunan kadar Cr(VI) dengan variasi dosis 1000, 2500, 5000 dan 7500 dan waktu pengendapan antara 15, 30, 60, 90, dan 120 menit masing-masing memiliki kondisi optimum. Berdasarkan data yang diperoleh pada dosis 1000 ppm memiliki waktu pengendapan optimum pada menit ke 15 (t_1) dengan nilai penurunan kadar Cr(VI)

sebesar 4,5051 mg/L atau 8,8105 %. Pada dosis 2500 ppm waktu pengendapan optimum terjadi pada menit ke 30 (t_2) dengan nilai penurunan kadar Cr(VI) sebesar 7,214 mg/L atau 14,3897 %. Pada dosis 5000 ppm waktu pengendapan optimum terjadi pada menit ke 120 (t_5) dengan nilai penurunan kadar Cr(VI) sebesar 14,3161 mg/L atau 28,0098 %. Pada dosis terakhir sebesar 7500 ppm waktu pengendapan optimum terjadi pada menit ke 90 (t_4) dengan penurunan kadar sebesar 11,3868 mg/L atau 22,9961 %.

Penurunan kadar Cr(VI) dalam larutan terjadi disebabkan adanya proses koagulasi oleh biji kelor yang berperan sebagai koagulan. Proses koagulasi tersebut disebabkan karena proses destabilisasi koloid atau pengurangan gaya repulsi dari larutan Cr(VI) yang mempunyai muatan yang sama. Destabilisasi koloid dapat terjadi jika dalam larutan tersebut ditambahkan suatu koagulan yang mempunyai perbedaan muatan antara koloid dan koagulan yang diberikan. Mengendapnya Cr(VI) disebabkan karena adanya adsorpsi (tarik menarik) antara muatan Cr(VI) (anion okso HCrO_4^-) dan muatan biji kelor (NH_3^+). Partikel-partikel Cr(VI) yang teradsorpsi oleh polielektrolit kationik biji kelor akan terikat oleh polielektrolit, karena banyaknya partikel Cr(VI) yang terlibat akhirnya membentuk gumpalan partikel melalui jembatan antar muatan partikel, kemudian membentuk agregat yang cukup besar dan mengendap .

Polielektrolit merupakan bagian dari polimer khusus yang dapat terionisasi dan mempunyai kemampuan untuk membuat terjadinya suatu flokulasi dalam medium cair. Biji kelor merupakan polielektrolit kationik. Kennedy dkk (2001)

dalam Widodo dkk (2005) menyatakan, Koagulasi yang disebabkan oleh polielektrolit meliputi empat tahap yaitu : 1) dispersi dari polielektrolit dalam suspensi, 2) adsorpsi antara permukaan solid-liquid, 3) kompresi atau pemeraman dari polielektrolit yang teradsorpsi dan 4) koalisi atau penyatuan dari masing-masing polielektrolit yang telah dilingkupi oleh partikel dengan cara membuat jembatan antar partikel untuk membentuk flok-flok kecil dan berkembang menjadi flok yang lebih besar dan mengendap. Keempat proses tersebut digambarkan dalam Gambar 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Tahap-tahap Koagulasi Polielektrolit Biji Kelor

Berdasarkan hasil penelitian dan uji BNT (0,05) pada lampiran 8 menunjukkan bahwa biji kelor cukup efektif dalam menurunkan kadar Cr(VI) dan adanya perbedaan nyata terhadap penurunan logam berat pada sampel larutan Cr(VI). Dosis optimum dalam menurunkan kadar logam berat Cr(VI) diperoleh pada dosis 5000 ppm sedangkan waktu pengendapan maksimum diperoleh pada menit ke 120 dengan nilai penurunan kadar Cr(VI) sebesar 14,3161 mg/L atau 28,0098 %, sehingga hasil yang diperoleh untuk rentang variasi dosis 5000 ppm dan variasi waktu selama 120 menit digunakan untuk penentuan optimasi selanjutnya.

Berdasarkan data yang diperoleh, kecenderungan meningkatnya penurunan kadar Cr(VI) tidak dipengaruhi oleh bertambahnya waktu dan dosis kelor yang digunakan, dari Gambar 4.6 terlihat adanya kecenderungan peningkatan kembali kadar Cr(VI) setelah dilakukan pengendapan dengan variasi waktu, hal ini dimungkinkan lemahnya interaksi antara Cr(VI) dan biji kelor. Interaksi antara Cr(VI) dan biji kelor adalah melalui gaya van der Waals (Raju, 1995 dalam Hidayat, 2006:28). Companion (1991:101-103), menyatakan gaya van der Waals merupakan gaya terlemah dan gaya universal yang dapat bekerja pada jarak yang tidak dapat menyebabkan pertumpangtindihan atau pengalihan elektron, gaya ini hanya mempunyai energi yang kecil yaitu 0,4 sampai 40 kJ/mol yang tidak cukup untuk menghasilkan pemutusan ikatan. Lemahnya energi yang dimiliki oleh gaya van der Waals dan tidak adanya pertumpangtindihan atau pengalihan elektron antara Cr(VI) dan biji kelor mengakibatkan Cr(VI) mudah terlepas kembali. Terdapat beberapa gaya yang menyebabkan adanya gaya van der Waals yaitu (Companion, (1991:102-104); Effendy, (2006:187-197) : 1) *energi orientasi*, energi yang disebabkan dari gaya antara molekul yang partikel penyusunnya memiliki momen dwikutub permanen. 2) *energi imbasan*, energi yang disebabkan dari gaya antara molekul dengan dwikutub permanen dengan molekul tanpa dwikutub permanen. 3) gaya London.

Penambahan dosis biji kelor yang lebih banyak tidak berpengaruh terhadap penurunan kadar Cr(VI), hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang diperoleh pada dosis biji kelor 7500 ppm kadar Cr(VI) yang terkoagulasi jumlahnya lebih sedikit bila dibandingkan dengan dosis biji kelor 5000 ppm.

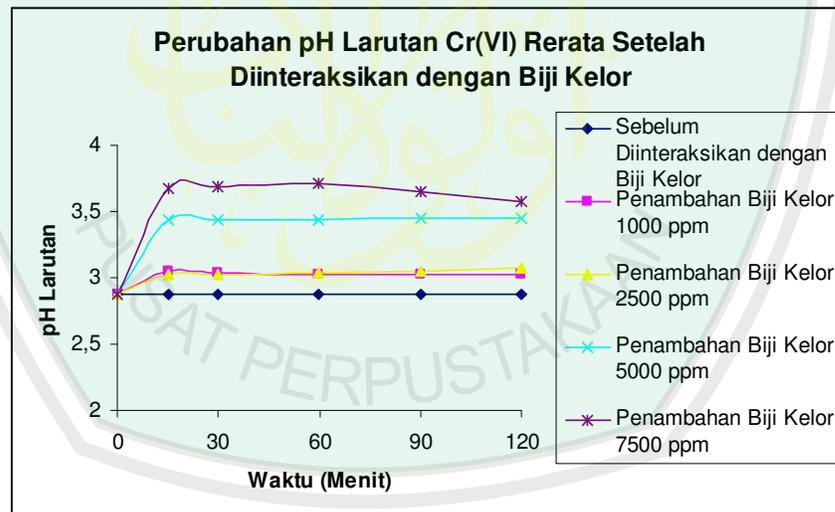
Peningkatan kembali kadar Cr(VI) dalam larutan kemungkinan disebabkan karena batas pengecilan lapisan difusi (penekanan lapisan baur) kemungkinan telah maksimum, potensial zeta menurun dan gaya van der Waals semakin lemah. Hidayat (1996) dalam Hidayat (2006:136) menyatakan, penambahan bioflokulan serbuk biji kelor yang berlebih dapat menyebabkan kekeruhan kembali air baku yang dijernihkan. Kelebihan serbuk biji kelor di dalam larutan terbaca sebagai penyebab kekeruhan yang baru. Hal ini dapat terjadi karena batas pengecilan lapisan difusi (penekanan lapisan baur) kemungkinan telah maksimum, potensial zeta menurun, sehingga gaya tarik menarik (gaya van der Waals) antara partikel koloid dengan biji kelor semakin lemah (Linggawati, 2002). Khalil dan Aly (2001) dalam Linggawati dkk (2002) flokulasi maksimum terjadi pada saat harga potensial zeta menuju nol. Hal ini juga diperkuat oleh Migo dkk., (1993) dalam Novita (2001) yang menyatakan adanya adsorpsi dari kation berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antara muatan positif partikel.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2006:133) tentang penentuan sifat keelektronegatifan protein biji kelor yang didukung dengan alat Elphor Micro Rapid System dari Bender & Hobein diketahui bahwa di dalam biji kelor terdapat protein yang bermuatan positif, dan memiliki konsentrasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 147.280 ppm/gram. John (1986) dalam Hidayat (2006:133) mengatakan bahwa tinggi konsentrasi protein yang terdapat pada biji kelor dinyatakan sebagai flokulan polielektrolit kationik alami berbasis polipeptida dengan berat molekul berkisar antara 6.000-16.000 dalton.

Biji kelor juga mengandung asam amino yang sebagian besar merupakan asam glutamat, metionin, dan arginin. LaMer dan Healy (1963) dalam Hidayat (2006:133) menyatakan; sebagai polielektrolit, kelor dapat dijadikan sebagai bahan penjernih air dengan cara adsorpsi dan membuat jembatan antar partikel.

4.2.1.1 Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Setelah Diinteraksikan dengan Biji Kelor

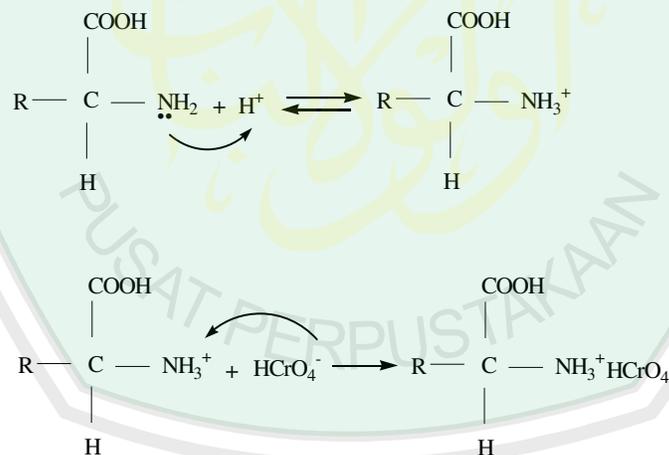
Hasil pengukuran pH larutan sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan biji kelor dalam proses penurunan kadar Cr(VI) disajikan pada Gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4.8. Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Sebelum dan Sesudah Diinteraksikan dengan Biji Kelor

Berdasarkan Gambar 4. 8 di atas dapat diamati bahwa hasil pengukuran pH larutan sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan biji kelor dalam proses penurunan kadar Cr(VI) dengan dosis kelor 1000, 2500, 5000, dan 7500 ppm dan

waktu pengendapan 15, 30, 60, 90, dan 120 menit menunjukkan adanya peningkatan pH seiring dengan bertambahnya waktu dan dosis biji kelor yang cukup signifikan. pH akhir setelah diendapkan selama 120 menit sampel larutan Cr(VI) berubah semakin mendekati netral. Cotton (1989:456) menjelaskan, Cr(VI) pada larutan asam antara pH 2 sampai dengan pH 6 terbentuk sebagai anion okso yaitu HCrO_4^- dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ terbentuk pada pH asam pada konsentrasi tinggi, sedangkan protein pada suasana asam menghasilkan suatu kation (Fessenden dan Fessenden, 1999:29) seperti halnya protein dalam biji kelor pada suasana asam menghasilkan suatu kation, sehingga jika diinteraksikan reaksi kimia yang terjadi diperkirakan sebagai berikut:



Gambar 4.9. Mekanisme Reaksi Antara Protein Biji Kelor dengan Cr(VI) dalam Larutan.

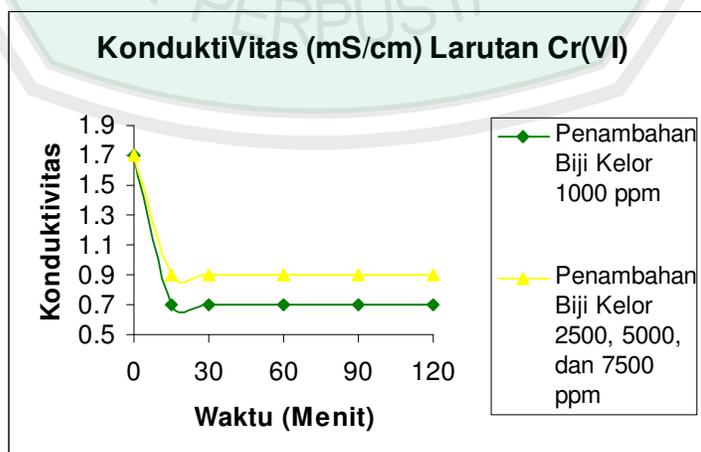
Meningkatnya pH larutan dimungkinkan karena semakin banyaknya HCrO_4^- yang bersifat sebagai basa lewis berikatan dengan NH_3^+ dari protein yang bersifat

sebagai asam lewis sehingga situs NH_3^+ dalam larutan berkurang dan pH larutan menjadi netral.

Berdasarkan data pada Gambar 4.8 sampel larutan Cr(VI) mengalami perubahan cukup signifikan terjadi pada dosis 7500 dengan waktu pengendapan selama 60 menit dengan pH akhir sebesar 3,715 (menuju ke arah netral), namun pada waktu pengendapan selanjutnya yaitu 90-120 menit pH akhir berubah kembali ke asam hal tersebut dapat terjadi karena dimungkinkan dosis biji kelor terlalu besar dan situs NH_3^+ bertambah sehingga lama waktu kontak akan menyebabkan kekeruhan larutan semakin bertambah dan mengakibatkan bertambahnya nilai keasaman pada larutan tersebut.

4.2.1.2 Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas

Hasil pengukuran konduktivitas sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan biji kelor dalam proses penurunan kadar Cr(VI) disajikan pada Gambar 4.9 sebagai berikut:



Gambar 4.10. Konduktivitas (mS/cm) Larutan Cr(VI)

Konduktivitas merupakan kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan aliran listrik dengan satuan milisiemens per cm (mS/cm) yang dahulu lebih dikenal dengan satuan mho (Ω^{-1}) (Atkin,1999:303).

Konduktivitas dari larutan mempunyai nilai yang berbeda-beda, sesuai dengan jumlah ion dan mobilitas ion di dalam larutan, dengan demikian konduktivitas bergantung pada konsentrasi dan ukuran ion. Kekuatan konduktivitas larutan elektrolit dinyatakan melalui pergerakan ion-ion dalam medan listrik, jika jumlah ion meningkat diharapkan aliran arus dalam larutan juga meningkat (Sevilla, 1993) dalam (Kuswandi, 2001).

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diamati nilai konduktivitas mengalami penurunan, tetapi nilai konduktivitas naik setelah ditambahkan dosis biji kelor yang lebih besar namun tidak signifikan dan semakin lama waktu pengendapan tidak berpengaruh terhadap penurunan nilai konduktivitas. Larutan Cr(VI) sebelum diinteraksikan dengan biji kelor mempunyai nilai konduktivitas sebesar 1,7 mS/cm, setelah diinteraksikan dengan biji kelor sebesar 1000 ppm nilai konduktivitas mengalami penurunan menjadi 0,7 mS/cm. Turunnya nilai konduktivitas dimungkinkan karena adanya penurunan jumlah ion-ion dari Cr(VI) yang disebabkan adanya interaksi antara biji kelor dengan Cr(VI) sehingga Cr(VI) terkoagulasi dan dengan terkoagulasinya Cr(VI) maka ion-ion dalam larutan berkurang yang ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas. Pada penambahan dosis biji kelor selanjutnya nilai konduktivitas naik lagi menjadi 0,9 mS/cm. Naiknya nilai konduktivitas kemungkinan disebabkan jumlah ion-ion dari Cr(VI) berkurang atau telah habis karena sebagian besar ion-ion telah berinteraksi

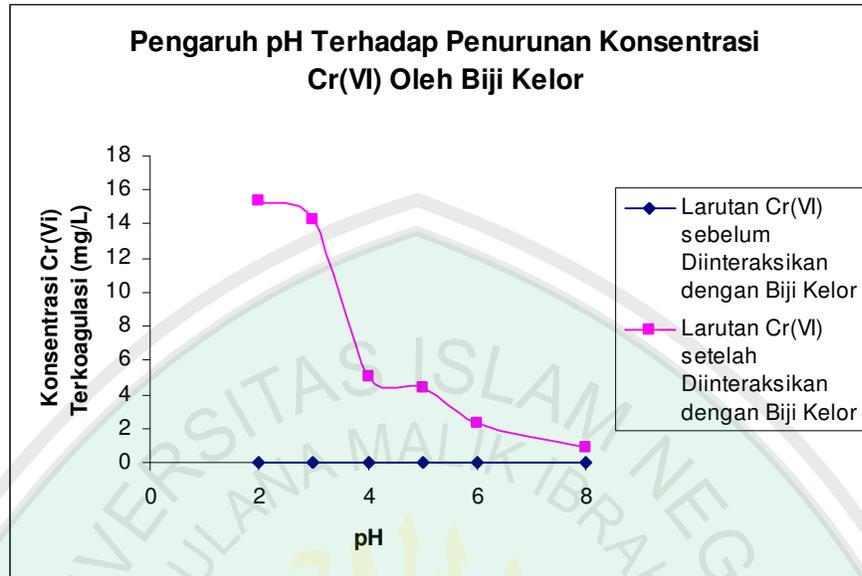
dengan biji kelor. Semakin banyak penambahan biji kelor maka jumlah ion-ion yang dihasilkan dari biji kelor semakin bertambah dan mempengaruhi nilai konduktivitas. Lama waktu pengendapan tidak berpengaruh terhadap penurunan nilai konduktivitas, hal ini dimungkinkan karena jumlah dan pergerakan ion-ion dalam larutan sudah seimbang sehingga aliran arus yang dihasilkan akan seimbang.

Pengukuran konduktivitas juga dipengaruhi oleh adanya antaraksi ion-ion. Ketika elektroda dimasukkan dalam larutan yang berion maka ion yang terdapat dalam larutan akan mengalami medan listrik seragam yaitu kation akan bereaksi dengan percepatan menuju elektroda negatif dan anion bereaksi menuju elektroda positif, tetapi saat ion bergerak melalui pelarut, ion itu akan mengalami gesekan memperlambat yang sebanding dengan kecepatannya, sehingga konduktivitas berkurang seiring dengan bertambahnya viskositas pelarut dan ukuran ion (Atkin, 1999:307-313).

4.2.2 Penentuan pH Optimum Koagulasi Cr(VI) Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk)

Penentuan pH optimum pada koagulasi Cr(VI) menggunakan koagulan biji kelor dilakukan pada variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 8. Penentuan pH optimum ini bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa ion Cr(VI) terendapkan maksimal oleh koagulan biji kelor.

Hasil penelitian tentang pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi Cr(VI) ditampilkan pada Gambar 4.11. sebagai berikut:



Gambar 4.11 Grafik pH Terhadap Cr(VI) Yang Terikat Oleh Biji Kelor

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diamati bahwa pada pH 2 biji kelor mampu mengurangi kadar Cr(VI) 15,3543 ppm. Pada pH 3 biji kelor mengurangi kadar Cr(VI) sebesar 14,7960 ppm, sementara pada pH 4 biji kelor mengurangi kadar Cr(VI) sebesar 4,9964 ppm. Pada pH 5 biji kelor mampu mengurangi kadar Cr(VI) sebesar 4,3681. Pada pH 6 biji kelor mengurangi kadar Cr(VI) sebesar 2,2529 ppm dan pada pH 8 pengikatan terhadap Cr(VI) relatif kecil yaitu sebesar 0,8998 ppm.

Mekanisme pengikatan logam dengan biji kelor belum sepenuhnya dapat dipahami. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yulianti (2007) yang didukung oleh data spektrum FTIR menyatakan bahwa dalam biji kelor terdapat gugus amino dan gugus karboksil yang terdapat pada protein, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengikatan Cr(VI) oleh biji kelor disebabkan karena adanya

keterlibatan protein yang mempunyai gugus amino dan gugus karboksil, tetapi peranan gugus amino berperan lebih besar dari pada gugus karboksil.

Kromium(VI) dalam media air terdapat dalam bentuk anion okso seperti HCrO_4^- ($\text{pH} < 6,5$), CrO_4^{2-} ($\text{pH} > 6,5$) atau $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (pH asam dalam konsentrasi yang tinggi) (Cotton, 1989:456), sehingga akan cenderung berinteraksi dengan gugus aktif yang mengandung muatan positif. Berdasarkan komponen asam amino penyusun protein biji kelor (*Moringa oleifera Lamk.*), maka gugus aktif yang berperan dalam mengikat Cr(VI) adalah asam amino terprotonasi. Gugus amino yang berperan pada pengikatan Cr(VI) oleh biji kelor adalah gugus amino pada rantai utama dan rantai samping pada asam amino arginin John (1986) dalam Hidayat (2006: 133).

Berdasarkan grafik diatas dapat diamati bahwa pada pH 2 merupakan pH optimum dalam menurunkan kadar Cr(VI) dalam larutan. Hal tersebut diperkirakan biji kelor cenderung membentuk situs NH_3^+ sehingga dapat menurunkan Cr(VI) yang pada pH 2 yang didominasi anion HCrO_4^- . Reaksi terikatnya Cr(VI) oleh biji kelor diperkirakan sebagai berikut:



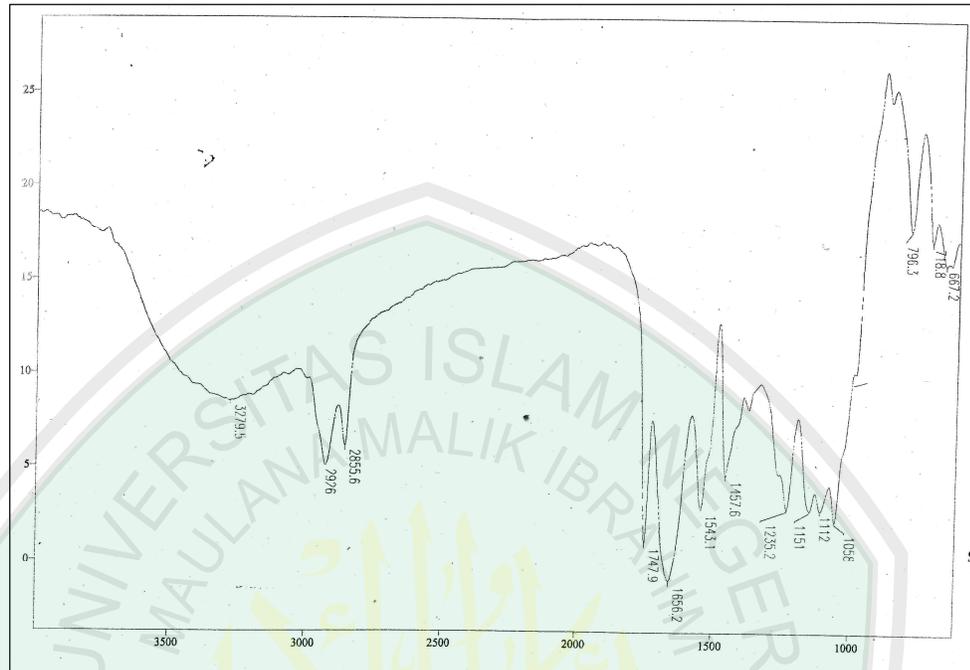
Keterangan: **M** = gugus lain dalam biji kelor

Penurunan kadar Cr(VI) terkoagulasi terjadi pada pH 3 tetapi penurunannya tidak signifikan yaitu 15,3543 ppm menjadi 14,3151 ppm. Hal ini diperkirakan bahwa biji kelor masih relatif membentuk situs- NH_3^+ , sementara konsentrasi Cr(VI) dalam larutan masih didominasi HCrO_4^- .

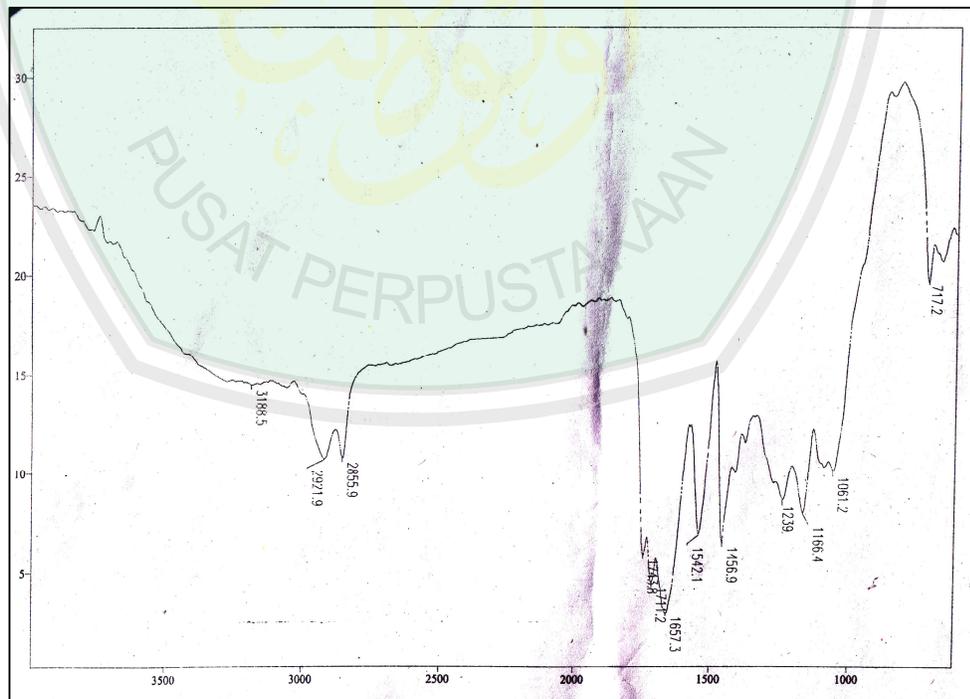
Penuruna kadar Cr(VI) terkoagulasi pada pH 4 sampai pH 6 terjadi penurunan yang sangat tajam yaitu 4,9964 ppm sampai 2,2529 ppm. Pada kisaran pH 4 tersebut jumlah situs-NH₃⁺ semakin turun dan jumlah situs-NH₂ semakin meningkat akibat H⁺ dalam larutan semakin berkurang, sementara itu HCrO₄⁻ menurun namun tidak signifikan. Pada pH 5 sampai 6 jumlah situs-NH₃⁺ semakin turun dan jumlah situs-NH₂ semakin meningkat, konsentrasi HCrO₄⁻ menurun secara signifikan.

4.2.3 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 (Sastrohamidjojo, 1992:2). Koagulasi Cr(VI) oleh biji kelor diperkirakan terjadi akibat keberadaan asam lewis dari protein biji kelor yang aktif untuk berikatan dengan Cr(VI). Berdasarkan komposisi yang ada biji kelor memiliki kandungan protein yang cukup besar, hal ini perlu dikaji dengan melakukan karakterisasi terhadap biji kelor sebelum diinteraksikan dengan Cr(VI) dan biji kelor sesudah diinteraksikan dengan Cr(VI) yang dilakukan dengan pengamatan IR. Spektra biji kelor dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12 sebagai berikut:



Gambar 4.11 Spektra Serbuk Biji Kelor Sebelum diinteraksikan dengan Cr(VI) (sumber: Yulianti, 2007)



Gambar 4.12 Serbuk Biji Kelor Setelah Diinteraksikan dengan Cr(VI) (sumber: Yulianti, 2007)

Perbedaan spektra IR antara biji kelor sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan Cr(VI) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.1 Perbedaan Spektra Biji Kelor Sebelum Dan Setelah Diinteraksikan Dengan Cr(VI)

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Range (cm ⁻¹)	Intensitas Reverensi	Vibrasi Reverensi
	Kelor	Kelor + Cr(VI)			
1	3279,5	3188,5	3300-3150	sedang-lemah	O-H dari ikatan hidrogen
2	2926	2921,9	2975-2950	tajam	Rentangan CH asimetris dari CH ₃
3	2855,6	2855,9	3000-2850	Tajam	Rentangan CH dari alkana
4	1747	1743,8S	1870-1550	Tajam	C=O dari keton
5	-	1711,2			
6	1656,2	1657,3	1870-1550	Sedang-Tajam	Rentangan C=O dari amida skunder
7	1543,1	1542,1	1580-1440	Tajam melebar	Vibrasi – N=C=S
8	1457,6	1456,9	1490-1150	Sedang	Goyangan gunting -CH ₂ - dari alkana
9	1235,2	1239	1350-1000	Kuat	Rentangan C-O dari aromatik
10	1151	1166,4	1160-1050	Tajam	Rentangan vibrasi C-O-C simetris dari ester
11	1112	-			
12	1058	1061,2			
13	796,3	-	-	-	C-H keluar bidang
14	718,8	717,2	730-650	Tajam	C-H keluar bidang dari ikatan <i>cis</i> =CH=CH
15	667,2	-	-	Sedang-Tajam	Tekuk Alkil isotiosianat (N=C=S)

Sumber: Socrates (1994)

Berdasarkan spektra IR Yulianti (2007) yang telah diinterpretasikan oleh penulis pada Gambar 4.11 (Biji kelor sebelum diinteraksikan dengan Cr(VI)), pita serapan lemah dan melebar pada daerah panjang gelombang $3279,5 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi O-H dari ikatan hidrogen. Pita serapan pada bilangan gelombang 2926 cm^{-1} merupakan akibat dari vibrasi rentangan C-H asimetris dari gugus CH_3 , sedangkan serapan tajam pada bilangan gelombang $2855,5 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari rentangan CH alkana. Pita serapan tajam pada bilangan gelombang 1747 cm^{-1} merupakan vibrasi dari rentangan C=O keton. Pita serapan sedang sampai tajam pada bilangan gelombang $1656,2 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi C=O dari amida skunder. Vibrasi dari $-\text{N}=\text{C}=\text{S}$ memberikan serapan sedang sampai tajam pada bilangan gelombang $1457,6 \text{ cm}^{-1}$ (Socrates, 1994:9-30).

Pita serapan sedang pada bilangan gelombang $1235,2 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi R-O dari aromatik. Pita serapan tajam pada bilangan gelombang 1151 cm^{-1} , 1112 cm^{-1} dan 1058 cm^{-1} merupakan vibrasi rentangan C-O-C simetris dari ester. Vibrasi dari C-H keluar bidang memberikan serapan pada bilangan gelombang $796,3 \text{ cm}^{-1}$. Pita serapan pada bilangan gelombang $718,8$ merupakan vibrasi C-H keluar bidang dari ikatan *cis*-CH=CH, sedangkan serapan sedang sampai tajam pada bilangan gelombang $667,2 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari tekuk alkil isotiosianat.

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas terlihat bahwa kebanyakan gugus fungsi yang terdapat pada biji kelor sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan Cr(VI) adalah sama, namun serapan yang terdapat pada biji kelor setelah diinteraksikan dengan Cr(VI) mengalami pergeseran dan ada yang hilang, hal ini diakibatkan

karena adanya interaksi dan ikatan antara biji kelor dengan Cr(VI) seperti bergeser dan hilangnya bilangan gelombang dari gugus aktif biji kelor alkil isotiosianat ($N=C=S$) setelah diinteraksikan dengan Cr(VI).

Berdasarkan hasil pengamatan spektra IR dapat diperkirakan bahwa menurunnya kadar Cr(VI) disebabkan adanya peran dari gugus aktif kelor 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate. Gugus aktif tersebut berfungsi dalam menggabungkan jembatan antar partikel-partikel dari biji kelor (adanya adsorpsi antar muatan positif protein dari biji kelor dengan anion okso $HCrO_4^-$) sehingga membentuk gumpalan yang lebih besar dan mengendap. Hal ini sesuai dengan pernyataan LaMer dan Healy (1963) dalam Hidayat (2006:133); sebagai polielektrolit kationik, kelor dapat dijadikan sebagai bahan penjernih air dengan cara adsorpsi dan membuat jembatan antar partikel.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dosis optimum dalam menurunkan kadar logam berat Cr(VI) diperoleh pada dosis 5000 ppm sedangkan waktu pengendapan maksimum diperoleh pada menit ke 120 dengan nilai penurunan kadar Cr(VI) sebesar 14,3161 mg/L atau 28,0098 %. Berdasarkan hasil uji BNT (0,05) dosis 5000 ppm dan waktu pengendapan maksimum 120 menit terdapat perbedaan nyata terhadap penurunan kadar Cr(VI).
2. pH larutan terbaik yang digunakan untuk mengendapkan Cr(VI) dengan biji kelor dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 8 adalah pada pH 2 dengan penurunan kadar Cr(VI) sebesar 15,3543 mg/L atau 30,63%.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang efektifitas biji kelor dalam menurunkan kadar Cr(VI) pada limbah industri. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan alat jar test agar mengurangi tingkat kesalahan.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang karakteristik interaksi biji kelor dengan logam Cr(VI).

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, 2007., *Kromium*,
<http://bapedal.jawatengah.go.id/V3/artikel/Chromium.php> diakses tanggal 25 Maret 2007.
- Agung, Desak, P., 2007, *Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Daun Rumput Gajah Terhadap Cr(VI)*, Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- Ahmad, H., 1992, *Kimia Unsur Dan Radiokimia*, PT Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Alveira, L., 2006, *Studi Kemampuan Adsorpsi Silika Gel Hasil Sintesis Dari Natrium Silikat Terhadap Kromium (VI)*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.
- Anonim, Chrom(VI), <http://www.vito.be/milieu/pdf/cma> 2006/2-1-c7.pdf.
- Anonim, Chromium (Cr) and water, www.veoliawaterst.com, diakses tanggal 26 juli 2007
- Anonymous, *Kelor (Moringa Oleifera, Lamk)*,
<http://www.iptek.net.id/ind/pd.tanobat/view.php> diakses tanggal 10 September 2006.
- Anonymous,
http://www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/info_5_1_0604/isi_5.htm diakses tanggal 25 Maret 2007
- Atkins,P,W., 1999, *Kimia Fisika Jilid 2*; Alih Bahasa Oleh Dr. Irma I. Kartohadiprojo, Erlangga, Jakarta. Hal 302-313
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Eaton, 1992, *Standart Methods The Examination Of Waste Water*, 18th ed, American Public Healt Association Washington. Hal 3-59 – 3-60.
- Companion, Audrey L., 1991, *Ikatan Kimia*; terjemahan Suminar Achmadi, Penerbit ITB, Bandung.
- Cotton dan Wilkinson, S., 1989, diterjemahkan oleh Suharto., *Kimia Anorganik Dasar*, UI-Press, Jakarta.
- Dewi, Candra, D., 2002, *Metode Ekstraksi-Spektrofotometri untuk Penentuan Besi dalam Konsentrasi Rendah Sebagai Kompleks Assosiasi Ion Tris (5-Fenil-*

1,10-Fenantrolin)-Besi(II)-Pikrat, Thesis, Program Pascasarjana, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Effendy, 2006, *Spektroskopi Uv-Vis Senyawa Koordinasi*, PSSJ Pendidikan Kimia, Program Pascasarjana, UM-Malang.

Effendy, 2006, *Teori VSEPR Kepolaran dan Gaya Antarmolekul*, Bayumedia, Malang.

Fahey, Jed.W., 2005, *Moringa oleifera: A Review Of The Medical Evidence For Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic properties, Part I*, <http://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>, diakses tanggal 14 Desember 2007.

Fessenden, R. J., and Fessenden, J. S., 1999, *Kimia Organik Jilid 2*; Alih Bahasa Oleh Aloysius Handayana Pudjaatmaka, Ph.D, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Gani, Bustami. A., dan Umam, Chatibul., 1994, *Beberapa Aspek Ilmiah Tentang Al-Qur'an*, Lintera AntarNusa, Jakarta.

Hammer., Mark. J and Hammer, Mark. J.Jr, 1996, *Water and Wastewater Technology*, Third Edition: Prentice Hall International Edition.

Hasan, Halim, 2006, *Tafsir Al-Ahkam*, Penerbit Kencana, Jakarta.

Hidayat, Saleh., 2003, *Efektifitas Bioflokulan Biji Moringa Oleifera Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas*, <http://digilib.ib.itb.ac.ai/go.php>. diakses tanggal 25 Maret 2007.

Hidayat, Saleh., 2006, *Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematang dalam Menurunkan Kekeruhan Air dengan Biji Kelor (Moringa oleifera Lam.) sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air*, Disertasi tidak diterbitkan. Malang: Program Studi Setara Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang.

Hawab, H. M., 2003, *Pengantar Biokimia*, Bayumedia, Malang.

Kharistya, *Teknologi Tepat Guna Penjernihan Air Dengan Biji Kelor (Moringa Oleifera)*, <http://kharistya.wordperss.com>. Diakses tanggal 23 Maret 2007.

Kuswandi, B., Pisesidharta, E., Budianto, H., Maisara, T, dan Novita N., *Pemanfaatan Baterai Bekas Sebagai Elektroda Konduktansi Sederhana*, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Jember, Jurnal ILMU DASAR, Vol.2 No.1: 34-40.

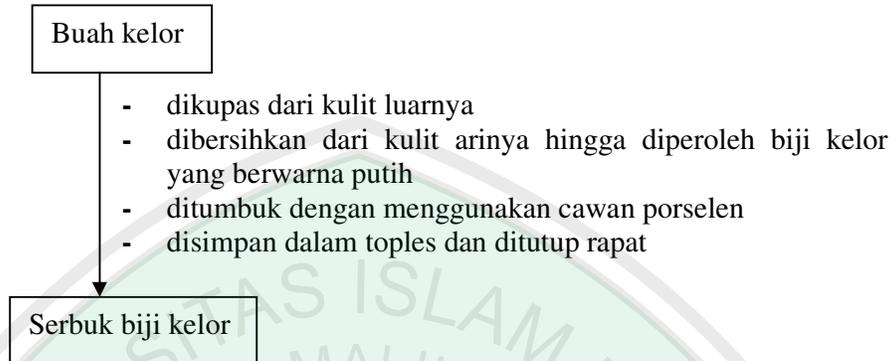
- Lehninger, A. L., 1995, *Dasar-Dasar Biokimia*; Alih Bahasa Oleh Dr. Ir. Maggy Thenawidjaya, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Linggawati. A, dan Muhdarina, Sianturi. H., *Efektifitas Pati-Fosfat dan Aluminium sulfat Sebagai Flokulan dan Koagulan*, Jurnal Natur Indonesia 4(2): 164-170 (2002).
- Manahan, S., 1992, *Toxicological Chemistry*, Lewis Publishers, Inc.
- Metcalf and Edy, 2003, *Wastewater Engineering, Treatment And Reuse*, fourth edition: McGraw- Hill Companies, Inc.
- Ningsih, R., 2006, *Adsorpsi Kromium (Vi) Pada Adsorben Kitosan-Alumina*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.
- Novita, Elida., 2001, *Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi pada Limbah Cair yang Mengandung Melanoidin*, Jurnal ILMU DASAR, Vol.2 No.1, 2001:61-67
- Palar, 1994, *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta. Hal 133 – 147.
- Puspitasari, N., 2005, *Adsorpsi Kromium (VI) Dalam Larutan Oleh Biomassa Akar Rumpun Gajah*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.
- Pasya, A. F., 2004, *Dimensi Sains Al-Qur'an Menggali Ilmu Pengetahuan dari Al-Qur'an*, Tiga Serangkai, Solo.
- Rahardjanto, 2004, *Efektivitas Bioflokulan Moringa Oleifera Lamk dalam Memperbaiki Sifat Fisiko-Kimia Air Limbah Industri Tekstil*. <http://digilib.ib.itb.ac.ai/go.php>. diakses tanggal 28 Maret 2007.
- Rina, Sofiany., 1999, Efektivitas Biji Moringa oleifera Lam. Dalam Memperbaiki Sifat Fisika - Kimia Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Sukaregang, Garut, <http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574>. diakses tanggal 14 Desember
- Ritwan, 2004, *Biji Kelor Penjernih Air*. <http://www.rri-online.com/modules>. diakses tanggal 10 September 2006.
- Sastrohamidjojo, H., 1992, *Spektroskopi Infra Merah*, Liberty, Yogyakarta
- Sastrohamidjojo, H., 2001, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta.

- Sax, N., and Lewis, R.J., 1987, *Condensed Of Chemical Dictionary*, 11th edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Shihab, Quraish., 2002, *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, Lentera Hati, Jakarta.
- Sobri, Z.M., 2004, *Studi Adsorpsi Limbah Karbon Hasil Delinting Kapas*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.
- Socrates. G., 1994, *Infrared Characteristic Group Frequencies Tables and Charts*, Second Edition, John Wiley and Sons Ltd, England.
- Sudarmaji, 2005, *Makalah Seminar Kimia Lingkungan VII*, di Surabaya.
- Sugiyarto, K., 2003, *Kimia Anorganik II*, Jica, Jurusan Kimia fakultas Pendidikan MIPA, UNY, Yogyakarta.
- Supriyanto, Jen., 2006, *Uji Kemampuan Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kertas PT. Surya Zig zag*, Skripsi, Jurusan Pangairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Suriawiria, 2005, *Manfaat Daun Kelor*, <http://keris.blogs.ie/2005/03/15/manfaat-daun-kelor>. diakses tanggal 10 September 2006.
- Vogel, 1985, diterjemah oleh Setiono, L., dan Pudjatmaka., *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro*, edisi ke lima, PT. Kalaman Media Pusaka, Jakarta.
- Warmi, 2006, *Studi Adsorpsi Kromium (VI) oleh Karbon Aktif Hasil Sintesis Dari Limbah Batang Daun Tembakau*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.
- Widodo. A, Mardiah, dan Prasetyo. A., 2005, *Potensi KITOSAN Dari Sisa Udang Sebagai Koagulan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil*, Karya Tulis Ilmiah Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Winarno, F.G., 2002, *Kimia Pangan dan Gizi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Yulianti, Eny., 2005, *Adsorpsi Metil 1-[(Butil Amino) Karbonil]-1 H-Densimidazo-Z-Karbamat-2 (Benomil) Pada Humin sebagai Fraksi Tak Larut Tanah Gambut Pontianak Kalimantan Barat*, Thesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

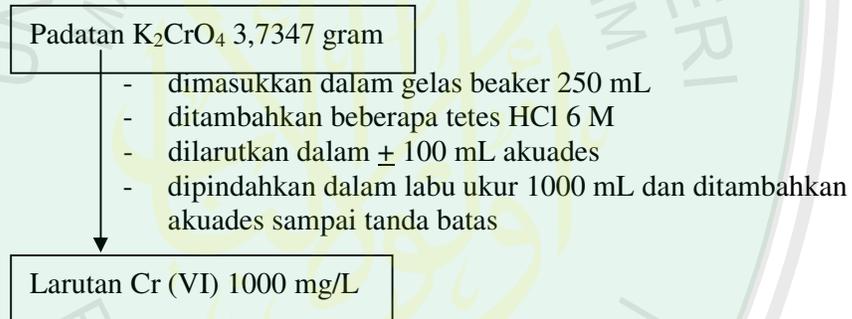
Yulianti, Eny., 2007, *Studi Interaksi Antara Biji Kelor Terhadap Pestisida Paraquat (1,1 dimetil 4,4 dipiridilium) dan Pospat Dalam Medium Air*, Laporan Penelitian UIN, Malang.



Lampiran 1. Diagram alir Penelitian
L.1.1 Preparasi Koagulan Biji Kelor

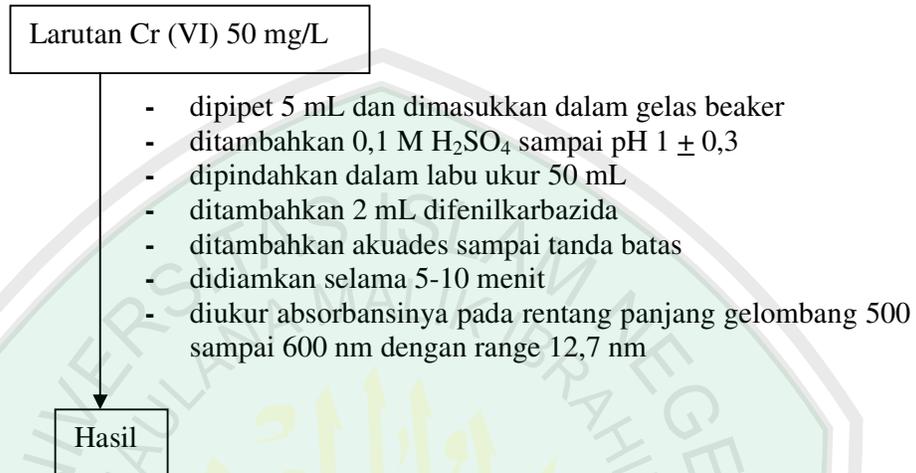


L.1.2 Pembuatan Larutan Stok Cr(VI) 1000 mg/L sebanyak 1000 mL

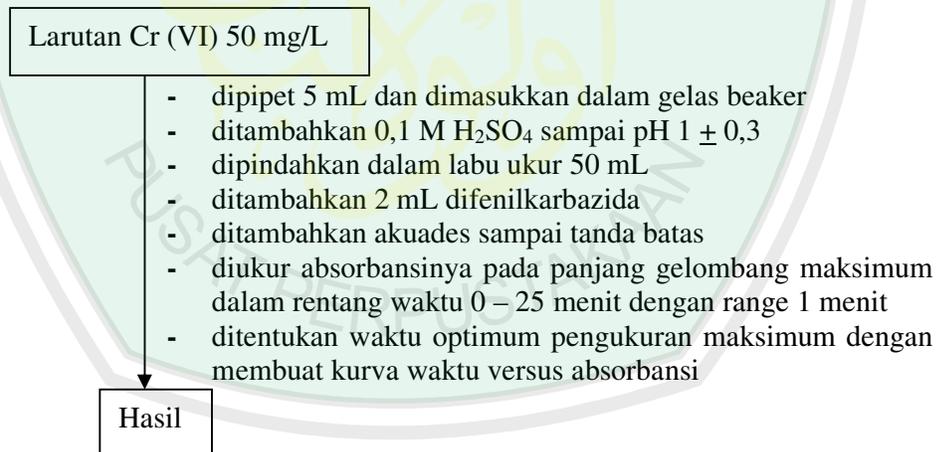


L.1.3 Optimasi Prosedur Analisis Kromium (VI) dengan Spektrofotometer UV-Vis

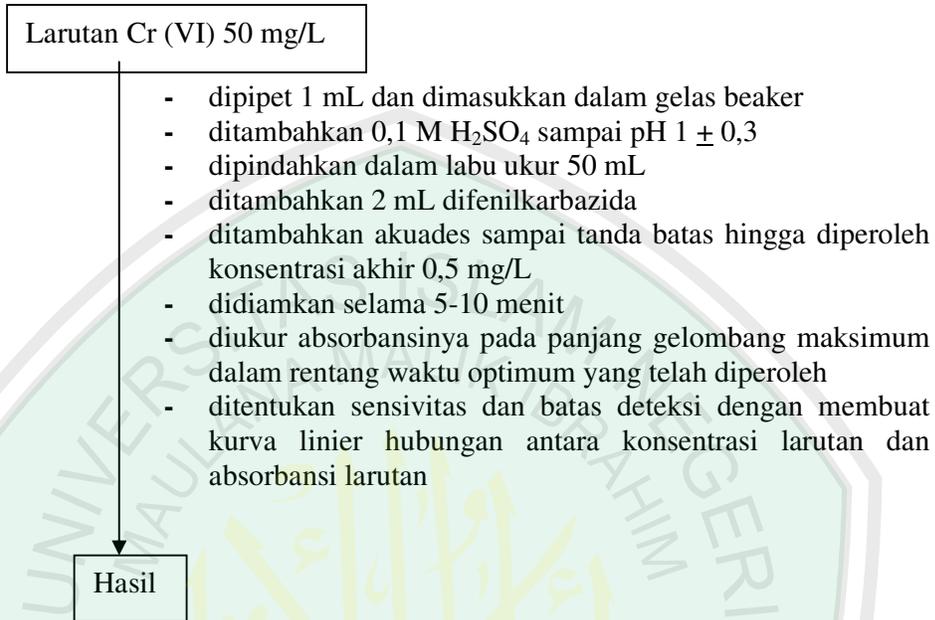
L.1.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Cr-difenilkarbazon



L.1.3.2 Penentuan Stabilitas Kompleks Senyawa K₂CrO₄



L.1.3.3 Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis K_2CrO_4 Secara Spektrofotometri



Catatan:

- Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama dengan variasi konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; dan 2 mg/L
- Pembuatan larutan Cr (VI) 0,2 mg/L yaitu:
 $V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$
 $50 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,2 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$
 $V_1 = 10/50$
 $= 0,2 \text{ mL}$
- Masing-masing konsentrasi dibuat dengan rumus dan perlakuan yang sama dengan cara mengambil larutan kromium 50 mg/L sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; dan 2 mL

L.1.4 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Optimum

1000 ppm serbuk biji kelor

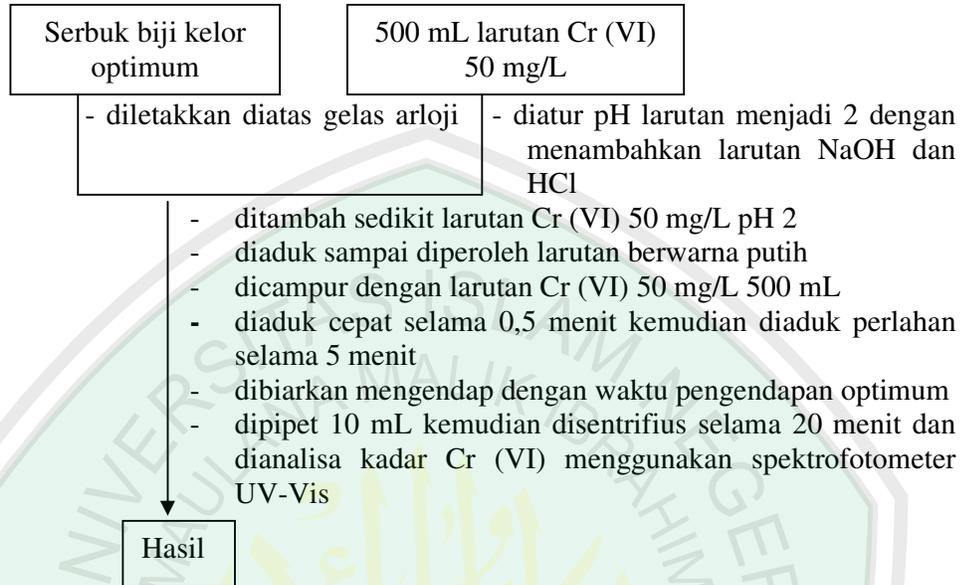
- diletakkan diatas gelas arloji dan ditambahkan sedikit larutan Cr (VI) 50 mg/L
- diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih
- dicampur dengan larutan Cr (VI) 50 mg/L 500 mL
- diaduk cepat selama 0,5 menit kemudian diaduk perlahan selama 5 menit
- dibiarkan mengendap dengan variasi waktu 15, 30, 60, 90 dan 120 menit
- dipipet 10 mL, kemudian disentrifius selama 20 menit setelah itu dianalisa kadar Cr (VI) menggunakan spektrofotometer visible,
- dipipet 30 mL untuk pengukuran pH dan konduktivitasnya pada tiap-tiap waktu pengendapan

Hasil

Catatan:

- Perlakuan diulang dengan prosedur yang sama pada dosis koagulan 2500, 5000 dan 7500 ppm

L.1.5 Penentuan pH Optimum Koagulasi Cr (VI) Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk)



Catatan:

- Perlakuan ini diulang dengan prosedur yang sama pada pH 3, 4, 5, 6 dan 8.

Lampiran 2. Perhitungan Preparasi Larutan

L.2.1. Larutan Baku Cr (VI) 1000 ppm

Membuat larutan stok Cr (VI) 1000 ppm sebanyak 1000 mL dari K₂CrO₄

$$\text{Ar Cr} = 51,996 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr K}_2\text{CrO}_4 = 194,188 \text{ g/mol}$$

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

$$1000 \text{ ppm Cr (VI)} = \frac{\text{mg}}{1\text{L}}, \text{ maka massa Cr (VI) yang dibutuhkan:}$$

$$a = 1000 \text{ ppm} \times 1 \text{ L}$$

$$a = 1000 \text{ mg}$$

sehingga berat K₂CrO₄ yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Berat Cr (VI)} = \frac{\text{ArCr}}{\text{MrK}_2\text{CrO}_4} \times \text{berat K}_2\text{CrO}_4$$

$$1000 \text{ mg} = \frac{51,996}{194,188} \times W \text{ (mg)}$$

$$1000 \text{ mg} = 0,26776 \times W$$

$$W = \frac{1000}{0,26776}$$

$$W = 3734,69 \text{ mg}$$

$$W = 3,73469 \text{ g}$$

L.2.2 Larutan HCl 0,1 M

Untuk membuat larutan HCl 0,1 M sebanyak 500 mL:

$$\text{bj HCl pekat} = 1,19 \text{ g/mL}$$

$$\text{Kadar} = 37 \%$$

$$\text{Mr HCl} = 36,461 \text{ g/mol}$$

$$\text{Konsentrasi HCl} = \frac{\text{bj}}{\text{Mr}} \times \% \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}}$$

$$= \frac{1,19}{36,461} \times 0,37 \times \frac{1000}{1}$$

$$= 0,033 \times 0,37 \times 1000$$

$$= 12,075$$

HCl 0,1 M 500 mL dihitung dengan rumus

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,1 \times 500 = 12,075 \times V_2$$

$$\frac{50}{12,075} = V_2$$

$$V_2 = 4,1 \text{ mL}$$

L.2.3. 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.2.4. Larutan H₂SO₄ 0,1 M

Untuk membuat larutan H₂SO₄ 0,1 M sebanyak 500 mL

$$\begin{aligned} \text{bj H}_2\text{SO}_4 &= 1,8325 \text{ g/mL} \\ \text{Mr H}_2\text{SO}_4 &= 98,0776 \text{ g/mol} \\ \text{Kadar} &= 96 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat (M)} &= \frac{\text{bj}}{\text{Mr}} \times \% \times \frac{1000}{1} \\ &= \frac{1,8325}{98,0776} \times 96 \times \frac{1000}{1} \\ &= 0,0187 \times 0,96 \times 1000 \\ &= 17,952 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

H₂SO₄ 0,1 M 500 mL dihitung dengan rumus :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

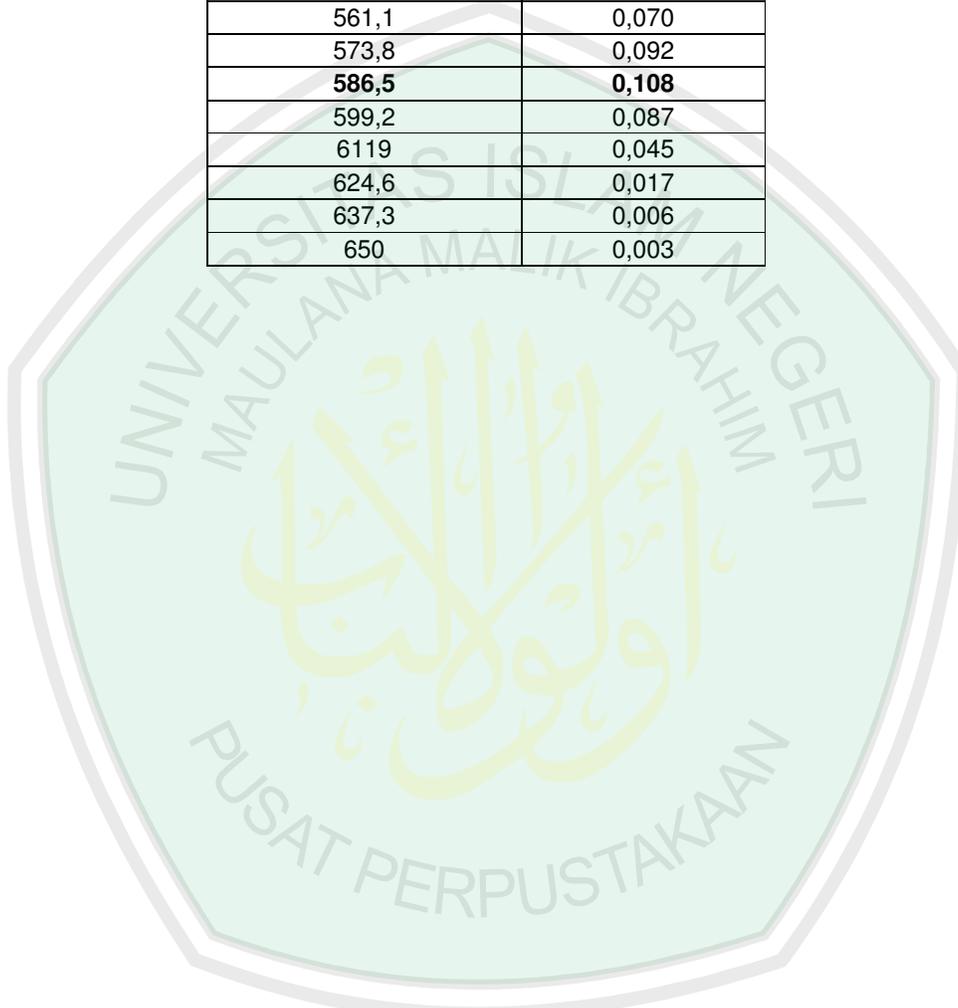
$$17,952 \times V_1 = 0,1 \times 500$$

$$V_1 = \frac{50}{17,952}$$

$$V_1 = 2,8 \text{ mL}$$

Lampiran 3. Data Panjang Gelombang Serapan Maksimum Cr(VI)

Panjang Gelombang (λ)	Absorbansi (nm)
523	0,012
535,7	0,039
548,4	0,058
561,1	0,070
573,8	0,092
586,5	0,108
599,2	0,087
6119	0,045
624,6	0,017
637,3	0,006
650	0,003



Lampiran 4. Data Pengaruh Waktu Terhadap Kestabilan Kompleks Cr-difenilkarbazon

Waktu (Menit)	Absorbansi (nm)
1	0,0896
2	0,0897
3	0,0895
4	0,0897
5	0,0891
6	0,0891
7	0,0887
8	0,0887
9	0,0885
10	0,0885
11	0,0884
12	0,0883
13	0,0881
14	0,0880
15	0,0880
16	0,0878
17	0,0878
18	0,0878
19	0,0876
20	0,0876
21	0,0873
22	0,0872
23	0,0869
24	0,0867
25	0,0865

Lampiran 5. Data Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Cr(VI) Secara Spektrofotometri

Panjang gelombang : 586,5 nm
 Waktu kestabilan : 5-7 menit
 pH : 7

x	y	x ²	y ²	xy	y [^]	(y-y [^]) ²
0	-0,0088	0	7,744 x 10 ⁻⁵	0	0,0554	4,122 x 10 ⁻³
0,2	0,024	0,04	5,76 x 10 ⁻⁴	0,0048	0,0335	9,025 x 10 ⁻⁵
0,4	0,1123	0,16	1,261 x 10 ⁻²	0,0449	0,1224	1,0201 x 10 ⁻⁴
0,6	0,176	0,36	3,098 x 10 ⁻²	0,1056	0,2113	1,2461 x 10 ⁻³
0,8	0,3102	0,64	9,622 x 10 ⁻²	0,2482	0,3002	1 x 10 ⁻³
1,2	0,4507	1,44	2,031 x 10 ⁻¹	0,5408	0,4780	7,4529 x 10 ⁻⁴
1,4	0,5410	1,96	2,927 x 10 ⁻¹	0,7574	0,5669	6,7081 x 10 ⁻⁴
1,6	0,6859	2,56	4,706 x 10 ⁻¹	1,0974	0,6558	9,0601 x 10 ⁻⁴
1,8	0,7593	3,24	5,765 x 10 ⁻¹	1,3667	0,7447	2,1316 x 10 ⁻⁴
2	0,8406	4	7,066 x 10 ⁻¹	1,6812	0,8336	4,9 x 10 ⁻⁵
Σ						8,2443 x 10 ⁻³

Persamaan regresi linier : $y = 0,4445X - 0,0554$

$$R^2 = 0,9928$$

Absorbansi blanko teoritis adalah $YB = a = -0,0554$, sedangkan standar deviasi blanko teoritis adalah

$$\begin{aligned}
 SB = SB = a_{yx} &= \sqrt{\frac{\sum (y_i - y)^2}{n - 2}} \\
 &= \sqrt{\frac{(0,0082443)}{8}} \\
 &= 0,0321
 \end{aligned}$$

$$y = YB + 3 SB = (-0,0554) + 3 (0,0321) = 0,0409$$

Maka berdasarkan persamaan $y = a + bx$ diperoleh harga batas deteksi (x)

$$x = \frac{y - a}{b} = \frac{(0,0409) + 0,0554}{0,4445} = 0,2166 \text{ mg/L}$$

Lampiran 6. Data Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Biji Kelor
Lampiran 6.1 Data pengukuran Cr(VI) pada Variasi Dosis dan Waktu
Pengendapan Biji Kelor

Dosis Biji Kelor (ppm)	Waktu Pengendapan (Menit)	Cr(VI) awal (mg/L)	Absorbansi		fp	Cr(VI) Sisa Rata-rata (mg/L)	% Rata-rata Cr(VI) Terkoagulasi (mg/L)
			1	2			
0	0	51,0058	0,5428	0,5428	41,6667	51,0058	-
	15	51,0432	0,5432	0,5432	41,6667	51,0432	-
	30	50,7246	0,5398	0,5398	41,6667	50,7246	-
	60	51,2400	0,5453	0,5453	41,6667	51,2400	-
	90	51,1183	0,5440	0,5440	41,6667	51,1183	-
	120	51,2495	0,5454	0,5454	41,6667	51,2495	-
1000	0	51,1332	0,5370	0,5370	41,6667	51,1332	-
	15		0,4961	0,4961	41,6667	46,6281	8,8105
	30		0,5072	0,5072	41,6667	47,6686	6,7756
	60		0,5057	0,5057	41,6667	47,5280	7,0510
	90		0,5000	0,5000	41,6667	46,9937	8,0955
	120		0,5267	0,5267	41,6667	49,4965	3,2008
2500	0	50,1332	0,5072	0,5072	44,4445	50,1332	-
	15		0,4312	0,4315	44,4445	43,2542	13,7214
	30		0,4280	0,4280	44,4445	42,9192	14,3896
	60		0,4305	0,4335	44,4445	43,3192	13,5916
	90		0,4424	0,4310	44,4445	43,7893	12,6540
	120		0,4351	0,4272	44,4445	43,6292	13,7611
5000	0	51,1111	0,4915	0,4915	46,1111	51,1111	-
	15		0,3647	0,3535	46,1111	38,9061	23,8795
	30		0,3671	0,3439	46,1111	38,5072	24,6597
	60		0,3657	0,3408	46,1111	38,2605	25,1424
	90		0,3606	0,3458	46,1111	37,5323	24,9662
	120		0,3262	0,3260	46,1111	36,7950	28,0089
7500	0	50,3829	0,5291	0,5291	42,2223	50,3829	-
	15		0,4071	0,5029	42,2223	43,3443	13,9702
	30		0,4152	0,4946	42,2223	43,3348	13,9890
	60		0,4012	0,5043	42,2223	43,1257	14,4040
	90		0,4172	0,4066	42,2223	39,2502	22,0960
	120		0,4243	0,090	42,2223	44,4509	11,7738

Contoh Perhitungan:

Dosis 0 ppm dengan waktu pengendapan 15 menit:
 Dimana persamaan kurva baku Cr(VI): $y = 0,4445X - 0,0554$
 $R^2 = 0,9928$
 $A = 0,5432$
 $Fp = 41,6667$

Maka:

$$Fp = 41,6667 \times 0,5432 = 22,6333$$

$$Cr(VI) \text{ Sisa (mg/L)} = \frac{22,6333 \times 0,0554}{0,4445} = 51,0432 \text{ mg/L}$$

Lampiran 6.1.1 Data Perubahan pH Larutan Cr(VI) Rerata Setelah Diinteraksikan dengan Biji Kelor

Waktu (Menit)	Dosis (ppm)				
	0 ppm	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	7500 ppm
0	2,8800	2,8800	2,8800	2,8800	2,8800
15	2,8800	3,0502	3,0250	3,4402	3,6801
30	2,8800	3,0402	3,0301	3,4401	3,6850
60	2,8800	3,0301	3,0402	3,4403	3,7150
90	2,8800	3,0301	3,0502	3,4450	3,655
120	2,8800	3,0201	3,0701	3,4550	3,5802

Lampiran 6.1.2 Data Pengaruh Dosis Biji Kelor Dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktivitas

Waktu (Menit)	Dosis (ppm)			
	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	7500 ppm
0	1,7001	1,7001	1,7001	1,7001
15	0,7001	0,9003	0,9005	0,9004
30	0,7002	0,9000	0,9004	0,9002
60	0,7003	0,9004	0,9004	0,9002
90	0,7004	0,9004	0,9003	0,9001
120	0,7002	0,9005	0,9000	0,9004

Lampiran 7. Data Penentuan pH Optimum Koagulasi Cr (VI) Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk)

pH	Cr(VI) awal (mg/L)	Cr(VI) tanpa biji kelor didiamkan selama 2 jam	Absorbansi	fp	Cr(VI) sisa (mg/L)	Cr(VI) terkoagulasi (mg/L)
2	50,1246	50,1246	0,3820	41,6667	34,7703	15,3543
3	51,1111	51,1111	0,3260	46,1111	36,3151	14,3151
4	50,8652	50,8652	0,4880	41,6667	45,8688	4,9964
5	50,7339	50,7339	0,4933	41,6667	46,3658	4,3681
6	51,0152	49,8654	0,5066	41,6667	47,6125	2,2529
8	51,0339	48,9436	0,5081	41,6667	47,7531	0,8998

Contoh Perhitungan:

pH 6:

Dimana persamaan kurva baku Cr(VI): $y = 0,4445X - 0,0554$

$$R^2 = 0,9928$$

$$A = 0,5066$$

$$Fp = 41,6667$$

Maka:

$$Fp = 41,6667 \times 0,5066 = 21,1084$$

$$\text{Cr(VI) Sisa (mg/L)} = \frac{21,1084 + 0,0554}{0,4445} = 47,6125 \text{ mg/L}$$

$$\text{Cr(VI) terkoagulasi (mg/L)} = (51,0152 - 49,8654) - (51,0152 - 47,6125) = 2,2529 \text{ mg/L}$$

Lampiran 8. Uji Statistik

Data waktu pengendapan oleh biji kelor terhadap penurunan kadar Cr(VI)

Tabel Cr(VI) Sisa

Waktu (Menit)	Cr(VI) Sisa		Total	Rata-rata
	1	2		
0	51,1111	51,1111	102,2222	51,1111
15	37,9575	39,8545	77,8122	38,9061
30	38,2060	38,8085	77,0145	38,5027
60	38,0612	38,4598	76,5210	38,2605
90	37,5323	37,5323	75,0646	37,5323
120	36,7950	36,7952	73,5900	36,7952
Toatal			428,2245	

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2}{pn} \\
 &= \frac{(482,2245)^2}{12} \\
 &= 19378,3701
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK}_{\text{Total}} &= \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \text{FK} \\
 &= \{(51,1111)^2 + \dots + (36,7950)^2\} - 19378,3701 \\
 &= 294,1860
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK}_{\text{Perlakuan}} &= \frac{\sum_{i=1}^p \left(\sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2}{n} - \text{FK} \\
 &= \frac{(102,2222)^2 + \dots + (73,5900)^2}{2} - 19378,3701 \\
 &= 19670,5002 - 19378,3701 \\
 &= 292,1254
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK}_{\text{Galat}} &= \text{JK}_{\text{Total}} - \text{JK}_{\text{Perlakuan}} \\
 &= 294,1860 - 292,1254 \\
 &= 2,0606
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel
Perlakuan	5	292,1254	58,4251	170,131	4,93
Galat Percobaan	6	2,0606	0,3434		
Total	11	294,1860			

Berdasarkan analisis ragam diatas $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu pengendapan terdapat perbedaan yang nyata terhadap penurunan kadar Cr(VI), sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$\begin{aligned}
 BNT_{(0,05)} &= t_{tabel}^{(0,05/2)} \sqrt{2KTG/n} \\
 &= (2,447) \times \sqrt{2 \times 0,3434/2} \\
 &= 2,447 \times 0,5860 \\
 &= 1,4339
 \end{aligned}$$

Tabel Uji BNT Pengaruh Waktu Pengendapan Terhadap Koagulasi Cr(VI) oleh Biji Kelor

NO	Rerata Cr(VI) Sisa	Waktu					
		0	15	30	60	90	120
		Rerata Cr(VI) Sisa					
		51,1111	38,9061	38,5027	38,2605	37,5323	36,7952
0	51,1111	-					
15	38,9061	12,2051*	-				
30	38,5027	12,6039*	0,3988	-			
60	38,2605	12,8506*	0,6456	0,2468	-		
90	37,5323	13,5788*	1,3738	0,9751	0,7282	-	
120	36,7952	14,3161*	2,1111*	1,7123*	1,4655*	0,7373	-

Keterangan: *) = berbeda nyata pada taraf 0,05

Lampiran 9. Gambar Buah, Polong, dan Serbuk Biji Kelor



Buah kelor kering di Pohon



Biji Kelor dengan Kulit Ari



Biji Kelor tanpa Kulit Ari



Biji Kelor Halus

