

**EFEKTIFITAS KOAGULASI
ION PARAQUAT (1,1-DIMETIL,4,4-BIPIRIDILIUM)
MENGUNAKAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera* Lamk)**

SKRIPSI

Oleh:
LILIK MIFTAHUL KHOIROH
NIM: 03530026



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG
MALANG
2008**

HALAMAN PERSETUJUAN

**EFEKTIFITAS KOAGULASI
ION PARAQUAT (1,1-DIMETIL,4,4-BIPYRIDILIJUM)
MENGUNAKAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera Lamk*)**

SKRIPSI

Oleh:

**LILIK MIFTAHUL KHOIROH
NIM: 03530027**

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Pembimbing III

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

**Ahmad Barizi, MA
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 KOAGULASI
ION PARAQUAT (1,1-DIMETIL,4,4-BIPIRIDILIUM)
MENGUNAKAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera* Lamk)**

SKRIPSI

Oleh:
LILIK MIFTAHUL KHOIROH
NIM: 03530026

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

Tanggal 14 April 2008

Susunan Dewan Penguji:		Tanda Tangan
1. Penguji Utama	: Eny Yulianti, M.Si NIP. 150 368 797	()
	: A. Ghanaim Fasya, S.Si NIP. 150 377 943	()
2. Ketua Penguji	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 150 377 253	()
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
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Malang

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Teriring rasa syukur yang paling dalam dan segenap ketulusan hati,
kupersembahkan karya sederhana ini buat
ayahanda Moh. Syukri (Alm) dan Ibunda Rohimah Aly
yang selalu memberikan siraman kasih sayang dan
mengorbankan segalanya buat keberhasilanku,
yang bersusah payah mengasuh dan mendidikku.
Berkat restu dan doanya aku bisa menyelesaikan skripsi ini.
Semoga ananda bisa menjadi anak yang berbakti.

Saudara-saudaraku tercinta, mba' Milla, mba' izzah,
de' Fashih, de' Hariri, dan de' Salman,
yang selalu menjadi motivator bagi kehidupanku.
Terima kasih atas segala kasih sayang, kepercayaan,
dan do'a yang tak pernah usai.

Paman-pamanku, man Muklis, man Muhammad, dan man Sukahar
yang selalu memberikan motivasi mencari ilmu.
Terimakasih atas segala bantuannya.

Seseorang yang selalu menjadi tempatku berkeluh kesah.
Semoga kehadiranmu selalu memberikan
inspirasi dalam kehidupanku.

MOTTO

الدُّنْيَا مِنْ نَصِيبِكَ تَنْسَ وَلَا الْآخِرَةَ الدَّارَ اللَّهُ ءَاتَاكَ فِيمَا وَابْتَغِ

الْأَرْضِ فِي الْفَسَادِ تَبْغِ وَلَا إِلَيْكَ اللَّهُ أَحْسَنَ كَمَا وَأَحْسَنَ

المُفْسِدِينَ تُحِبُّ لَا إِلَهَ إِلَّا

“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagiamu dari (kenikmatan) dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan”

(Qs. Al-Qashash / 28: 77).

KATA PENGANTAR



Maha Besar Allah Swt. yang telah memberikan kemudahan bagi umat manusia untuk menguak misteri dalam setiap rahasia yang diciptakan-Nya, guna menunjukkan betapa kuasanya Allah terhadap segala jenis makhluk-Nya. Rahasia itu menjadi ladang bagi umat manusia untuk menuai hikmah dan makna selama rentang kehidupan yang singkat. Segala puji syukur kehadiran Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga skripsi dengan judul “efektifitas koagulasi ion paraquat (1,1-dimetil,4,4-bipiridilium) menggunakan biji kelor (*Moringa Oleifera* Lamk) dapat terselesaikan.

Sholawat dan salam penulis ucapkan kepada baginda nabi besar Muhammad Saw. yang menjadi panutan bagi umat di dunia. Dialah Nabi akhir zaman, revolusioner dunia, yang mampu menguak dan merubah kejahiliaan menuju jalan yang lurus yakni agama Islam.

Penelitian yang dilakukan penulis dilatarbelakangi oleh semakin meningkatnya penggunaan herbisida paraquat di sektor pertanian. Hal ini dikarenakan paraquat dianggap dapat meningkatkan produktifitas bahan pangan, namun ternyata penggunaan paraquat juga dapat meningkatkan pencemaran lingkungan dan keracunan terhadap biota. Pencemaran tersebut tidak hanya berada dilahan pertanian namun berada di perairan karena limbah industrinya. Pengolahan limbah yang dilakukan dengan cara koagulasi menggunakan tawas dianggap tidak efektif, karena selain biayanya mahal juga dapat menyebabkan

penyakit alzheimer. Untuk itu, penulis mencoba memberikan solusi mengenai pengolahan limbah herbisida paraquat menggunakan koagulan alami biji kelor, karena disamping lebih murah juga tidak berbahaya bagi kesehatan.

Penulis sadar bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo selaku Rektor UIN Malang beserta stafnya, terima kasih atas fasilitas yang diberikan selama kuliah di UIN Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU., D.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
3. Diana Candra Dewi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia dan semua dosen Kimia, terima kasih telah memberikan ilmunya dan segala waktunya untuk *sharing* dan masukan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lancar.
4. Eny Yulianti, M.Si selaku dosen pembimbing I, terima kasih yang telah dengan sabar dan ikhlas menuntun dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi. Terima kasih juga atas bantuan dananya.
5. Ahmad Barizi, MA selaku pembimbing II (Agama), terima kasih atas saran dan masukannya.

6. Anton Prasetyo, M.Si selaku dosen pembimbing III, terima kasih atas kesediaannya meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penelitian hingga penulisan skripsi ini.
7. Ghonaim Fasya S.Si dan Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku penguji, terima kasih atas kritikan, masukan dan saran yang bersifat konstruktif.
8. Koordinator Laboratorium Kimia UIN Malang beserta staf atas kerja samanya.
9. Koordinator Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Barwijaya atas kesediaannya memberikan tempat penelitian dan meminjamkan segala peralatannya.
10. Semua saudaraku (mba' Mila, mba' Izzah, de' Fasih, de' Hariri, dan de' Salman), kalian semua adalah sebagian dari jiwaku yang lain. Terima kasih atas dukungan dan nasehatnya.
11. Kawan-kawan UKM UAPM INOVASI (Roli, Juneka, As'ad, Mida, dan yang tidak disebutkan) yang dengan tulus memberikan semangat dan motifasi berjuang memihak kesadaran nurani.
12. Teman-teman tim kelor (Ilil, Uswatun, dan Nain) atas bantuan dan kesediaannya berdiskusi.
13. Teman-teman Chemistry '03 yang selalu memberikan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini, cahyo.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini memberikan kontribusi positif bagi berkembangnya dunia intelektual.

Malang, 22 Maret 2008

Lilik Miftahul Khoiroh



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Persembahan	iv
Motto	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran	xv
Abstrak	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Urgensi Teknologi dalam Kehidupan	6
2.2 Pestisida	9
2.3 Struktur, Sifat dan Analisis Paraquat	11
2.3.1 Dampak Pencemaran Paraquat	14
2.4 Manfaat Tumbuhan	15
2.5 Biji Kelor	17
2.5.1 Protein dalam Biji Kelor	21
2.6 Biji Kelor Sebagai Koagulan	23
2.6 Koagulasi	25

2.7.1	Stabilitas Koloid.....	27
2.7.2	Mekanisme Koagulasi.....	30
2.7.3	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Koagulasi.....	33
2.7.4	Destabilisasi Koloid.....	37
2.8	Spektrofotometer.....	38
2.8.1	Hukum Dasar Spektroskopi Absorpsi.....	38
2.9	Spektrofotometer UV-Vis.....	39

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	42
3.2.1	Alat-alat yang Digunakan Dalam Penelitian.....	42
3.2.2	Bahan-bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.....	42
3.3	Cara Kerja.....	43
3.3.1	Preparasi Biji Kelor.....	43
3.3.2	Optimasi Prosedur Analisis Kuantitatif Paraquat.....	43
3.3.2.1	Penentuan Panjang Gelombang.....	43
3.3.2.2	Penentuan Stabilitas Senyawa Paraquat Tereduksi.....	44
3.3.2.3	Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri.....	44
3.3.3	Penentuan Dosis Optimum dan Waktu Pengendapan Optimum Koagulasi Paraquat Menggunakan <i>Moringa Oleifera</i> Lamk.....	45
3.3.4	Penentuan pH Optimum Koagulasi Paraquat menggunakan <i>Moringa Oleifera</i> Lamk.....	45
3.4	Metode Analisis data.....	46

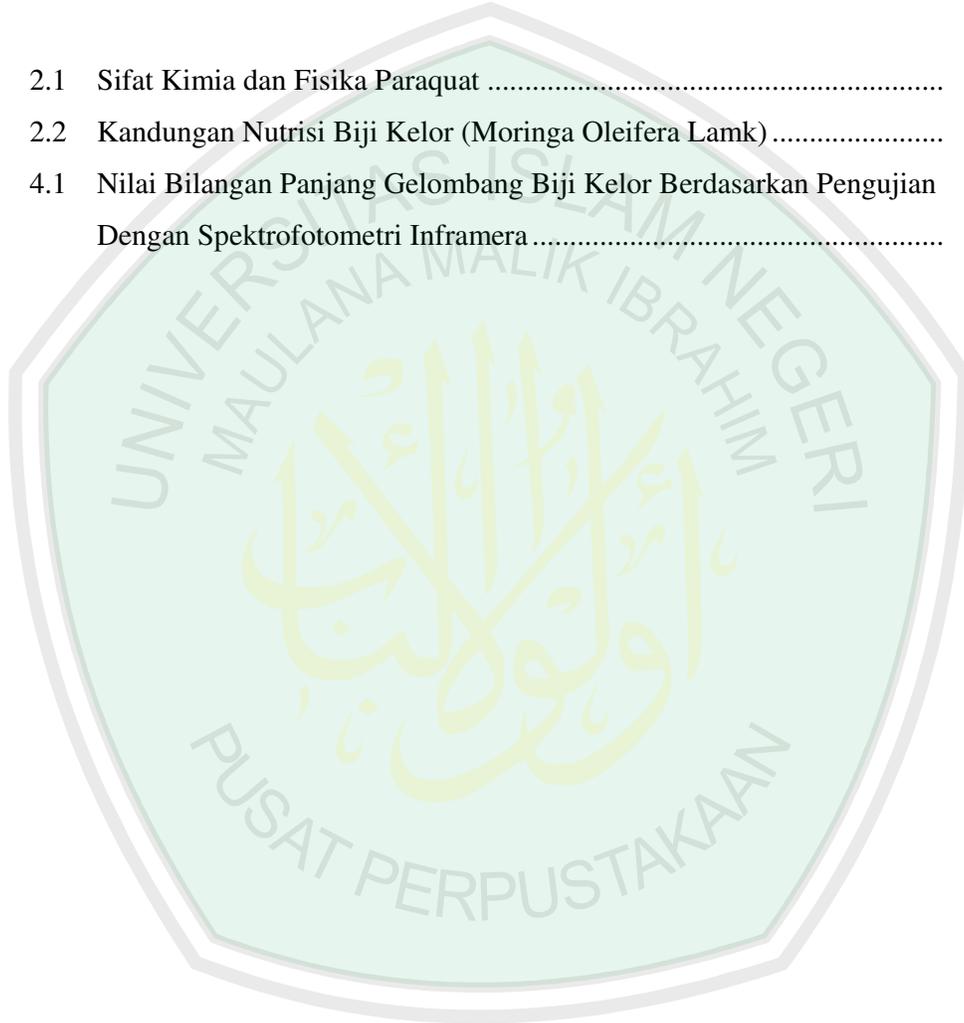
BAB IV PENELITIAN HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Optimasi Prosedur Analisis Kuantitatif Paraquat dengan Metode Spektrofotometri.....	47
4.1.1	Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum.....	

4.1.2	Penentuan Stabilitas Senyawa Paraquat Hasil Reduksi	50
4.1.3	Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri.....	52
4.1.4	Penentuan Dosis Optimum dan Waktu Pengendapan Optimum Koagulasi Paraquat dengan menggunakan <i>Moringa</i> <i>Oleifera</i> Lamk	55
4.1.4.1	Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Paraquat	55
4.1.4.2	Pengaruh Dosis Biji kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Perubahan pH.....	60
4.1.4.3	Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktifitas.....	62
4.2	Penentuan pH Optimum Koagulasi senyawa Paraquat dengan Menggunakan <i>Moringa Oleifera</i> Lamk	65
4.3	Interaksi Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i> Lamk) dengan Paraquat.....	68
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN-LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

2.1	Sifat Kimia dan Fisika Paraquat	13
2.2	Kandungan Nutrisi Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i> Lamk)	20
4.1	Nilai Bilangan Panjang Gelombang Biji Kelor Berdasarkan Pengujian Dengan Spektrofotometri Inframerah	70



DAFTAR GAMBAR

2.1	Paraquat (Kation 1,1'-dimetil-4,4'bipiridilium)	11
2.2	1,1'-dimetil-4,4'bipiridilium diklorida	12
2.3	Degradasi Fotokimia Paraquat	13
2.4	Pohon Kelor (Moringa Oleifera Lamk)	18
2.5	(I)Asam Glutamat, (II) Asam Metionin, (III) Asam Arginin.....	21
2.6	Struktur Zat Aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanat	23
2.7	Partikel Bermuatan Negatif, Lapisan Difusi Ganda, Dan Lokasi Potensi Zeta	28
2.8	Mekanisme Koagulasi.....	31
4.1	Spektra UV-Vis Paraquat Tereduksi oleh Natrium Ditionit	48
4.2	Kurva Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Absorbansi Senyawa Paraquat Hasil Reduksi dengan natrium ditionit	51
4.3	Reaksi Senyawa Paraquat yang Mengalami Autooksidasi	51
4.4	Kurva Standart paraquat.....	53
4.5	Kurva Perubahan Konsentrasi Terhadap Waktu Pengendapan.....	55
4.6	Mekanisme Koagulasi Paraquat.....	57
4.7	Kurva Perubahan pH Terhadap Waktu Pengendapan.....	60
4.8	Reaksi Ionisasi Gugus Karboksil Pada Kondisi pH Netral.....	61
4.9	Kurva Perubahan Konduktifitas Larutan Paraquat Setelah Diinteraksikan dengan Variasi Dosis Biji Kelor	62
4.10	Kurva Perubahan Konsentrasi Paraquat Pada Variasi pH setelah Diinteraksikan dengan Biji Kelor	65
4.11	Reaksi Ionisasi Asam Glutamat Pada pH Asam	67
4.12	Reaksi Ionisasi Asam Glutamat Pada pH Basa.....	67
4.13	Struktur Zat Aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate	68
4.14	Spektra Serbuk Biji Kelor Sebelum Diinteraksikan dengan Paraquat....	69

4.15 Spektra Serbuk Biji Kelor Sebelum dan setelah Diinteraksikan dengan
Paraquat..... 69



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Cara Kerja Penelitian.....	78
Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi Larutan	82
Lampiran 3. Nilai Panjang Gelombang, Stabilitas Paraquat Tereduksi, dan Sensitifitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri	83
Lampiran 4. Nilai Konsentrasi Paraquat dengan Variasi Dosis dan Waktu Pengendapan	86
Lampiran 5. Nilai Konsentrasi Paraquat dengan Variasi pH.....	90
Lampiran 6. Diagram Alir Proses koagulasi.....	92
Lampiran 7. Gambar Biji Kelor dan Alat	93
Lampiran 8. Gambar Proses Koagulasi.....	94
Lampiran 9. Lembar Konsultasi.....	95
Lampiran 10. Surat Katerangan Penelitian	98

ABSTRAK

Khoiroh, Lilik Miftahul. 2008. **Efektifitas Koagulasi Ion Paraquat (1,1-Dimetil,4,4-Bipiridilium) Menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*).**

Pembimbing I

: Eny Yulianti, M.Si

Pembimbing II

Ahmad Barizi, MA

Pembimbing III

: Anton Prasetyo, M.Si

Paraquat selain dapat meningkatkan produktifitas pertanian juga dapat mencemari sistem perairan dan tanah, karena relatif stabil terhadap suhu, tekanan, pH normal dan mudah larut dalam air. Allah melarang manusia berbuat kerusakan dan memerintahkan agar menjaga keseimbangan alam, sebagaimana firman-Nya dalam al-Qur'an surat Al-A'raf/7: 56. Salah satu cara mengurangi pencemaran yang disebabkan paraquat, dapat dilakukan dengan koagulasi menggunakan biji kelor. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektifitas proses koagulasi ion paraquat menggunakan biji kelor.

Metode penelitian meliputi tiga tahapan. Pertama, optimasi metode spektrofotometri. Kedua, menentukan dosis dan waktu pengendapan optimum koagulasi paraquat menggunakan biji kelor. Parameter yang diamati adalah perubahan konsentrasi, pH dan konduktifitas. Ketiga, penentuan pH optimum koagulasi paraquat menggunakan biji kelor. Parameter yang diamati adalah perubahan konsentrasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum paraquat tereduksi adalah 629,2 nm dengan waktu kestabilan tidak lebih dari 15 menit. Sensitivitas analisis paraquat tereduksi sebesar 0,2287 mg/L sedangkan batas deteksi sebesar 0,284 mg/L. Konsentrasi paraquat dapat menurun sebesar 86,60% pada dosis 15000 ppm. Waktu pengendapan optimum adalah 30 menit. Bertambahnya dosis dan waktu pengendapan, pH dan konduktifitas larutan semakin turun. pH berkisar pada pH 5 dan konduktifitas berkisar pada 6,8 – 7 mS/cm. pH optimum koagulasi adalah sekitar pH 5 dengan penurunan konsentrasi sebesar 86%.

Kata Kunci : Koagulasi, Paraquat, Biji Kelor, dan Konsentrasi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akhir-akhir ini, penggunaan herbisida di bidang pertanian dan perkebunan mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Penggunaan herbisida merupakan bagian penting dalam sistem pertanian modern. Hal ini dikarenakan, penggunaan herbisida dan pestisida lainnya dianggap memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan produktifitas pertanian.

Paraquat (1,1-dimetil,4,4-bipiridilium) merupakan bahan aktif herbisida jenis gramoxone, yang banyak digunakan di lahan pertanian. Paraquat diklasifikasikan sebagai herbisida golongan piridin yang non selektif dan digunakan untuk membunuh gulma yang diaplikasikan pra-tumbuh (Humburg, *et.all.*, 1989; Muktamar dkk, 2004: 11).

Penggunaan paraquat memiliki dampak yang cukup signifikan bagi kerusakan lingkungan. Pencemaran tersebut menyebabkan gangguan pada mikroorganisme tanah dan tanah kurang efisien karena bahan aktif herbisida dijerap oleh tanah. Paraquat juga relatif stabil pada suhu, tekanan dan pH normal. Hal ini memungkinkan paraquat lebih stabil di dalam tanah. Sifat paraquat juga mudah larut dalam air, menjadikan paraquat sebagai senyawa yang mudah tercuci oleh air hujan atau air irigasi, sehingga mencemari sistem perairan (Hartzler, 2002; Muktamar dkk, 2004: 12).

Memperhatikan dampak negatif yang ditimbulkan paraquat, maka residu paraquat harus dikendalikan, agar kandungan residu dalam tanah tidak merusak ekosistem alam. Keseimbangan ekosistem akan tetap berlangsung jika manusia bersikap *ihsân* terhadap lingkungannya. Pemeliharaan, pembinaan dan usaha pelestarian lingkungan hidup adalah termasuk urusan duniawi atau masalah muamalah, yang berkaitan dengan pengaturan hubungan antara manusia dengan lingkungannya. Al-Qur'an mendorong manusia untuk mengendalikan diri tidak berbuat kerusakan dan memerintahkan agar menciptakan keseimbangan lingkungan (Gani dan Umam, 1994: 177).

Agar tetap terpelihara keseimbangan dan kelestarian hidup manusia dan makhluk-makhluk lainnya, maka Allah telah memperingatkan kepada manusia dalam al-Qur'an:

مِّن قَرِيبٍ اللَّهُ رَحْمَتٌ إِنَّهُ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلِحْهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تَفْسِدُوا وَلَا
 ٱلْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik (Qs. Al-A'raf / 7 : 56)

Kelestarian lingkungan harus tercipta, salah satu caranya dengan pengendalian dan penanganan residu paraquat. Langkah-langkah tersebut, antara lain membatasi penggunaan paraquat dan penanganan residu. Penanganan residu paraquat dapat dilakukan sebagaimana penanganan limbah industri, yaitu pengolahan limbah secara kimiawi melalui proses koagulasi flokulasi. Proses

koagulasi terjadi dengan menambahkan koagulan sehingga terjadi proses destabilisasi muatan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses koagulasi diantaranya dosis koagulan, kecepatan pengadukan, derajat keasaman, waktu pengadukan, dan jenis koagulan (Metchalf and Edy, 1994). Jenis koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan limbah adalah alumunium sulfat, kalsium hidroksida, fero sulfat dan feri sulfat. Koagulan-koagulan tersebut bekerja pada pH tertentu dan mahal. Akhir-akhir ini, banyak penelitian yang mempelajari mengenai koagulan alami yaitu biji kelor. Biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan pada pH berapapun dan merupakan koagulan alami yang ramah lingkungan.

Kelor merupakan tumbuhan yang banyak ditemukan di Mesir, Pakistan, Cuba, Jamaika, Nigeria, Sudan, dan Ethiopia. Kelor juga merupakan sumber vitamin A, B, C, sumber protein, kalsium, zat besi, sebagai obat-obatan, bahan baku pembuatan sabun dan kosmetik, dan juga dapat dimanfaatkan sebagai penjernih air (Hidayat, 2006: 13). *The Environmental Engineering Group* di Universitas Leicester, Inggris, telah mempelajari potensi penggunaan koagulan alami dalam proses pengolahan air dalam skala kecil, menengah dan besar dengan menggunakan tepung biji *Moringa oleifera* Lamk sebagai koagulan. Hal ini dikarenakan biji kelor mempunyai zat aktif 4- α L-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate. Zat aktif itu berfungsi untuk mengadsorpsi sekaligus menetralkan tegangan permukaan dari partikel-partikel air limbah (Winarno, 2003, <http://www>.

ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574, diakses tanggal 5 Maret 2006).

Penelitian tentang biji kelor sering dilakukan dalam proses penjernihan air dan limbah logam, namun belum banyak diarahkan kepada limbah herbisida. Hal inilah yang mendorong penulis untuk mengadakan penelitian yang berjudul “efektifitas koagulasi ion paraquat (1,1-dimetil,4,4-bipiridilium) menggunakan biji kelor (*Moringa Oleifera* Lamk).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana efektifitas proses koagulasi ion paraquat menggunakan biji kelor?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas proses koagulasi ion paraquat menggunakan biji kelor.

1.4 Batasan masalah

1. Senyawa yang dipakai penelitian adalah paraquat dengan nama lain paraquat diklorida merk Gramoxone produk PT. Syngenta Indonesia.
2. Biji kelor yang digunakan adalah biji kelor yang telah tua dan telah dikeringkan.

3. Pengamatan yang dilakukan adalah dengan bervariasi dosis biji kelor, waktu pengendapan, dan pH.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak baik masyarakat, mahasiswa, khalayak luas dan khususnya buat penulis, mengenai:

1. Peningkatan manfaat kelor. Kelor selain digunakan sebagai bahan konsumsi masyarakat juga mempunyai kegunaan lain yang sangat signifikan bagi kelestarian alam yaitu sebagai koagulan yang ramah lingkungan.
2. Memberikan metode alternatif pengolahan limbah pestisida.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Urgensi Teknologi Dalam Kehidupan Manusia

Seiring berkembangnya isu globalisasi, kemajuan teknologi dan industri semakin meningkat tajam. Awalnya bertujuan demi memperbaiki kehidupan manusia agar lebih layak, namun lambat laun kemajuan itu sedikit demi sedikit menyeret manusia kepada kehidupan yang tidak kenal batas dan kurang menghargai nilai hidup, misalnya menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya untuk keperluan sehari-hari hingga merusak ekosistem kehidupan, membangun pabrik-pabrik bercerobong asap hingga mencemari udara dan sebagainya.

Islam merupakan salah satu agama yang menuntun taraf hidup yang maju dan modern. Ajaran islam bersifat mengubah total dari pemikiran-pemikiran jahiliah kepada pemikiran yang maju dan baik. Ajaran Islam menegaskan agar kita mau memahami isi dunia dengan pengetahuan yang luas (Abdul Fatah dan Sudarsono, 2005: 60).

Islam tidak melarang untuk memikirkan masalah teknologi modern atau ilmu pengetahuan yang sifatnya menuju medernisasi pemikiran manusia genius, profesional, dan konstruktif serta aspiratif terhadap permasalahan yang timbul dalam kehidupan sehari-hari (Abdul Fatah dan Sudarsono, 1992: 63). Allah berfirman dalam al-Qur'an:

لَا فَانْفُذُوا وَالْأَرْضِ السَّمَوَاتِ أَقْطَارٍ مِّنْ تَنْفُذُوا أَنْ اسْتَطَعْتُمْ إِنَّ وَالْإِنْسِ الْجِنَّ يَمَعَشَرِ
بِسُلْطَنِ إِلَّا تَنْفُذُونَ ﴿٣١﴾

“Hai jamaah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lantasilah; kamu tidak dapat menembusnya melainkan dengan kekuatan yang sangat kuat/dahsyat” (Qs. Ar-Rahmân / 55: 33).

Sulthân dalam kajian ini mempunyai dimensi pengertian ilmu pengetahuan dan teknologi. Jika manusia mempunyai ilmu pengetahuan yang tinggi dan menguasai teknologi, maka manusia akan dapat menguasai dunia, akan tetapi kemajuan teknologi selain memberikan manfaat juga menyebabkan kerusakan alam jika tidak diperhatikan sisi negatifnya. Salah satu kemajuan teknologi dan perkembangan ilmu pengetahuan adalah teknologi pertanian dan berkembangnya pestisida sintesis.

Awalnya pestisida digunakan untuk membunuh serangan hama dan membantu untuk meningkatkan produktifitas pertanian, namun pada faktanya, selain dapat meningkatkan produktifitas hasil pertanian juga dapat merusak ekosistem alam. Hasil pertanian juga dapat terkontaminasi dengan senyawa yang terdapat dalam pestisida tersebut (Connell dan Miller, 1995: 194).

Islam dengan keseluruhan aspeknya menuntun dan menganjurkan kepada manusia untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi, namun manusia harus memiliki tanggung jawab yang besar dalam hidupnya. Tanggung jawab tersebut harus diwujudkan demi keseimbangan ekosistem tercipta. Al-Qur'an berusaha memberikan semangat dan motivasi yang kuat serta menumbuhkan kesadaran berwawasan lingkungan, diantaranya (Gani dan Umam, 1987: 177-178):

1. Bersikap dan berlaku positif (*ihsân*) dalam arti luas, baik terhadap Tuhan maupun terhadap dirinya sendiri, sesama manusia dan alam.

أَلَدُنْيَا هَذِهِ فِي أَحْسَنُوا لِلَّذِينَ خَيْرًا قَالُوا رَبُّكُمْ أَنْزَلَ مَاذَا اتَّقُوا لِلَّذِينَ وَقِيلَ *

﴿الْمُتَّقِينَ دَارُ وَلِنَعْمَ خَيْرُ الْأَخِرَةِ وَالدَّارُ حَسَنَةٌ﴾

”Dan dikatakan kepada orang-orang yang bertakwa: “Apakah yang telah diturunkan oleh Tuhanmu?” Mereka menjawab “Allah telah menurunkan) kebaikan”. Orang--orang yang berbuat baik di dunia ini mendapat (pembalasan) yang baik. Dan sesungguhnya kampung akhirat adalah lebih baik dan itulah sebaik-baik tempat bagi orang yang bertakwa” (Qs. An-Nahl /16: 30).

2. Tidak bersikap dan berlaku negatif (destruktif), yang dalam istilah Qur'an berbuat fasad terhadap lingkungan hidup, karena kerusakan lingkungan akan mengakibatkan gangguan dan hilangnya keseimbangan lingkungan hidupnya.

وَأَحْسِنِ الدُّنْيَا مِنْ نَصِيبِكَ تَسْرَ وَلَا الْأَخِرَةَ الدَّارَ اللَّهُ ءَاتَاكَ فِيمَا وَابْتَغِ
الْمُفْسِدِينَ تُحِبُّ لَا اللَّهُ إِنَّ الْأَرْضِ فِي الْفَسَادِ تَبِغِ وَلَا إِلَيْكَ اللَّهُ أَحْسَنَ كَمَا

”Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagiamu dari (kenikmatan) dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan” (Qs. Al-Qashash /28: 77).

Manusia sepatutnya berbuat *ihsân* terhadap alam. *Ihsân* dalam al-Qur'an mempunyai dimensi pengertian yang cukup luas dan mencakup berbagai aspek hubungan. *Ihsân* terhadap Tuhan, sesama manusia, dan dengan alam lingkungan. Manusia menjadi khalifah Allah di bumi mempunyai tugas dan tanggung jawab yang besar dalam menjaga amanat untuk memelihara alam. Manusia sepatutnya mensyukuri amanat tersebut dengan cara memelihara, mengolah, mengembangkan dan memanfaatkan kekayaan dengan sebaik-baiknya (Gani dan

Umam, 1987: 186). Manusia harus mempunyai etika dalam menjaga lingkungannya. Lingkungan tidak hanya menjadi obyek moral, tetapi subyek moral, sehingga harus disederajatkan dengan manusia (Bagir, dkk, 2006: 265). Manusia harus mempunyai kesadaran bahwa mereka adalah bagian dari sistem ekologi, kesadaran ini akan membentuk menjadi makhluk yang mencintai lingkungan hidup.

Kesadaran akan tanggung jawab ekologi tersebut dapat diaplikasikan di bidang pertanian dan industri, yaitu dengan cara pembatasan penggunaan herbisida dan pestisida, pembatasan produksi, dan pengolahan limbah industrinya. Hal ini dilakukan agar alam tidak tercemari oleh ulah manusia.

2.2 Pestisida

Sudarmo (1991: 9) menyatakan, pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama. Kata pestisida berasal dari kata *pest*, berarti hama dan *cida* yang berarti pembunuh. Secara sederhana pestisida diartikan sebagai pembunuh hama.

The United Stated Federal Enviromental Pestisides Controul Act, menyatakan bahwa pestisida adalah semua zat atau campuran zat yang khusus untuk memberantas atau mencegah gangguan serangga, binatang pengerat, nematode, cendawa, gulma, virus, bakteri, jasad renik yang dianggap hama kecuali virus, bakteri atau jasad renik yang terdapat pada manusia dan binatang lainnya (Sudarmo, 1990: 16).

Pada tahun 1200 sebelum masehi, manusia telah menggunakan kapur dan abu kayu untuk memberantas hama (Sudarmo, 1990: 10), selain itu, petani juga telah menggunakan debu derris, sulfur, nikotin, dan piretrin, namun kurang berhasil karena kurang berpotensi dalam membunuh hama, tidak efisien dan mahal. Untuk itu dikembangkan pestisida sintesis yang memberikan keuntungan yang cukup besar, relatif kuat, selektif, dan cukup murah (Connell dan Miller, 1995: 194).

Di Indonesia, penggunaan pestisida mendapat perhatian khusus dan diawasi oleh pemerintah. Salah satu bentuk perhatian pemerintah adalah dengan mengatur peredaran, penyimpanan, dan penggunaan pestisida pada PP No. 7 tahun 1973. Peraturan tersebut antara lain (Sudarmo, 1990: 15):

1. Tiap pestisida harus didaftarkan kepada Menteri Pertanian melalui komisi pestisida untuk dimintakan izin penggunaannya.
2. Hanya pestisida yang penggunaannya terdaftar dan atau diizinkan oleh Menteri Pertanian boleh disimpan, diedarkan dan digunakan.
3. Pestisida yang penggunaannya terdaftar dan atau diizinkan oleh Menteri Pertanian hanya boleh disimpan, diedarkan dan digunakan menurut ketentuan-ketentuan yang ditetapkan dalam izin pestisida itu.
4. Tiap pestisida harus diberi label dalam bahasa Indonesia yang berisi keterangan-keterangan yang dimaksud dalam surat keputusan Menteri Pertanian No. 429/Kpts/Mm/1973 dan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam pendaftaran dan izin masing-masing pestisida.

Pestisida dapat digolongkan menjadi bermacam-macam berdasarkan fungsinya. Berdasarkan fungsi pestisida terutama yang nyata secara ekologis adalah insektisida, herbisida, dan fungisida (Connel and Miller, 1995: 196). Insektisida berfungsi untuk membunuh serangga, herbisida berfungsi membunuh gulma, dan fungisida berfungsi untuk membunuh jamur (Sudarmo, 1991: 19).

2.3 Struktur, Sifat dan Analisis Paraquat

Paraquat telah disintesis pertama kali pada tahun 1882, tapi pemanfaatannya sebagai herbisida, baru dilakukan pada tahun 1955 oleh pusat penelitian *Jealott's Hill ICI*. Paraquat memiliki nama kimia 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilium dan mempunyai nama lain paraquat dichloride; methyl viologen dichloride; Crisquat; Dexuron; Esgram; Gramuron; Ortho Paraquat CL; Para-col; Pillarxone; Tota-col; Toxer Total; PP148; Cyclone; Gramixel; Gramoxone; Pathclear; AH 501 (Anonymous, <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Paraquat/>, diakses tanggal 22 Januari 2007).

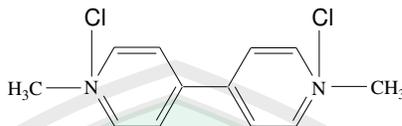
Sesuai namanya, paraquat memiliki rumus molekul $[C_{12} H_{14} N_2]^{2+}$ dengan struktur sebagai berikut (Cremllyn, 1991: 254):



Gambar 2.1 Paraquat (Kation 1,1-dimetil,4,4-bipiridilium)

Paraquat atau kation 1,1-dimetil,4,4-bipiridilium juga tersedia sebagai garam dibromida ataupun diklorida dengan rumus $[C_{12} H_{14} N_2] Br_2$ atau $[C_{12} H_{14} N_2] Cl_2$. Senyawa ini berwujud padatan berwarna putih bersih dan sangat larut

dalam air (Rahway, 1983; Lestari, 2000: 5). Struktur kimia $[C_{12} H_{14} N_2] Cl_2$ adalah sebagai berikut (IPCS INCHEM, 1984: 11):



Gambar 2.2 1,1-dimetil,4,4-bipiridilium diklorida

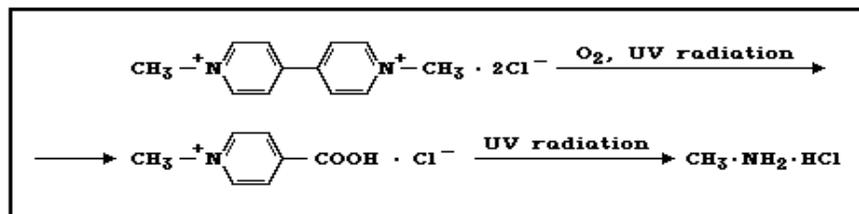
Paraquat atau kation 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilium dalam larutan berada sebagai kation divalen dan karena memiliki cincin aromatik maka muatan positifnya tidak terpusat pada satu titik melainkan terdistribusi merata pada seluruh permukaan molekulnya. Kation 1,1-dimetil,4,4-bipiridilium dapat direduksi oleh natrium ditionit dalam suasana basa membentuk kation radikal semiquinoid yang berwarna biru/ungu (Hassal, 1990; Lestari, 2000: 6). Natrium ditionit cukup stabil digunakan sebagai reagen dalam jangka waktu tidak lebih dari 60 menit (Lestari, 2000: 48).

Natrium ditionit mempunyai serapan maksimum pada panjang gelombang 300 nm (Constenla, 1990; Lestari, 2000: 49), sedangkan paraquat memiliki kemampuan menyerap sinar radiasi ultra violet pada panjang gelombang maksimum $\lambda = 260$ nm, yaitu sebagai akibat transisi elektronik π pada ikatan rangkap terkonjugasi dalam gugus bipiridil. Paraquat tereduksi berwarna biru dan menyerap sinar pada panjang gelombang $\lambda = 600$ nm (Cunnif, 1990; 227).

Tabel 2.1 Sifat Kimia dan Fisika Paraquat (European Commission, 2003: 8-9)

Titik leleh	340°C
Titik didih	340°C
Bentuk	Padatan higroskopis dan liquid (technical)
Massa molekul relatif	186.3
Densitas	1,5 g/cm ³ pada 25°C (kemurnian 99,5% w/w) 1,13 g/cm ³ pada 25°C (technical)
Tekanan	< 10 ⁻⁸ kPa pada 25°C (kemurnian 99,5% w/w)
Kelarutan dalam air	Pada suhu 20 °C pH 5,2: 618 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) pH 7,2: 620 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) pH 9,2: 620 g/l (kemurnian 99,5 % w/w)
Kelarutan dalam senyawa organik	Pada suhu 20 °C: Methanol: 143 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) Acetone: < 0,1 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) Dichloromethane: < 0,1 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) Toluene: < 0,1 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) Ethyl acetate: < 0,1 g/l (kemurnian 99,5 % w/w) Hexane: < 0,1 g/l (kemurnian 99,5 % w/w)
Kestabilan hidrolisis	Pada pH 5, 7 and 9 setelah 30 hari pada suhu 25 dan 40°C

Paraquat dalam larutan, cepat mengalami penguraian oleh sinar ultra violet sebagaimana telah terbukti bahwa larutan kation 1,1-dimetil-4,4-dipyridilium klorida di tempat gelap selama tujuh hari tidak mengalami pengurangan yang signifikan tetapi pada tempat yang terang terjadi pengurangan hingga 85%. Ini disebabkan karena sinar ultra violet dari matahari dapat membuka salah satu cincin piridin menghasilkan N-metil-4-karboksipiridilium klorid dan selanjutnya menghasilkan metilamin hidroklorid (Hassal, 1990; Lestari, 2000: 6).



Gambar 2.3 Degradasi fotokimia paraquat (IPCS INCHEM, 1984: 18)

2.3.1 Dampak Pencemaran Paraquat

Keseimbangan alam akan tetap berlangsung selama tidak terjadi gangguan dari luar, baik karena proses alam maupun karena ulah manusia. Kenyataannya, bencana seringkali terjadi karena tingkah manusia, seperti kerusakan ekosistem alam yang disebabkan oleh herbisida. Allah telah mengungkap fakta tersebut dalam al-Qur'an:

لَعَلَّهُمْ عَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْأَبْرِ فِي الْفَسَادِ ظَهَرَ
يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh karena perbuatan tangan manusia, sehingga Allah merusakkan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (Q.s. Ar-Rûm/ 30: 41).

Penggunaan herbisida paraquat memberikan manfaat bagi petani, yaitu meningkatkan hasil produksi pertanian dengan mencegah hama. Di sisi lain, herbisida juga memberikan dampak pencemaran lingkungan yang signifikan bagi ekosistem, hal ini dikarenakan bahan aktif pestisida adalah *POPS (Persistent Organic Pollutants)* (Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia, 2002: 7).

Salah satu herbisida yang sering digunakan adalah paraquat. Aktifitas paraquat meningkat dengan adanya cahaya (sinar UV matahari) dan oksigen, dua hal inilah yang mendorong paraquat membentuk radikal bebas, dengan segera paraquat akan mengalami proses autooksidasi menghasilkan peroksida yang menghancurkan kloroplas dan membran-membran lainnya (IPCS INCHEM, 1984: 18).

Paraquat dikategorikan sebagai herbisida kationik. Paraquat juga bersifat non selektif yaitu dapat mematikan seluruh bagian pada tanaman klorofil secara

kontak langsung, baik itu gulma maupun tanaman lain. Ciri-ciri fisiologis gulma yang rusak akibat kerja paraquat, cepat dapat teramati beberapa jam setelah kontak. Bagian tumbuhan yang dipengaruhi ialah sistem fotosintesis dengan cara mengubah aliran elektron sehingga dihasilkan hidrogen peroksida yang sangat beracun bagi jaringan tumbuhan (Hartadi, 1993; Suliyati, 2003: 8).

Paraquat tergolong herbisida paling beracun, sebagaimana ditunjukkan oleh harga LD₅₀ yang dimilikinya cukup rendah yaitu sebesar 93,4 – 113,5 mg/kg berat ion paraquat, demikian juga konsentrasi paraquat di lingkungan air, yaitu antara 1,2 mg/kg akan menimbulkan keracunan pada mamalia tikus (European Commission, 2003: 11).

Paraquat merupakan salah satu hasil perkembangan teknologi di bidang pertanian. Pencemaran yang diakibatkan oleh paraquat merupakan ulah manusia yang seharusnya tidak terjadi. Allah menciptakan alam dan isinya adalah untuk manusia. Manusia wajib bersyukur atas segala yang diberikan dengan cara tidak merusaknya, karena alam ini mempunyai keseimbangan.

2.4 Manfaat Tumbuhan

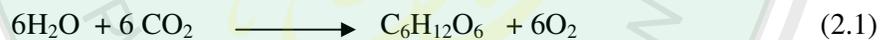
Allah menciptakan alam semesta untuk manusia adalah agar mau bersyukur. Bersyukur berarti memanfaatkan rahmat-rahmat Allah dengan selayaknya, karena segala pemberian Allah adalah penuh dengan rahmat. Allah berfirman dalam al-Qur'an:

لَايَةٌ ذَٰلِكَ فِي إِنْ الثَّمَرَاتِ كُلِّ وَمِنَ الْأَعْنَابِ وَالنَّخِيلِ وَالزَّيْتُونِ الزَّرْعَ بِهِ لَكُمْ يُنْبِتُ
 ① يَتَفَكَّرُونَ لِقَوْمٍ

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanaman-tanaman; zaitun, korma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya, pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (Qs. An-Nahl, 16: 11).

Ayat tersebut menerangkan bahwa, sesungguhnya Allah mempunyai tujuan dalam segala penciptaannya, untuk itu manusia harus memikirkannya, karena manusia diberi akal agar dapat memanfaatkan segala penciptaan Tuhan (Yahya, [http://www.harunyahya.com/ indo/](http://www.harunyahya.com/indo/), diakses tanggal 5 Juni 2007).

Segala ciptaan Allah pastilah mempunyai manfaat, karena tidak ada yang sia-sia dalam ciptaanNya. Tumbuhan pada waktu siang melakukan proses fotosintesis. Manusia bernafas, tetapi tidak pernah berfotosintesis. Berdasarkan segi ekologi, manusia membutuhkan tumbuhan agar terjadi peredaran CO₂ dan O₂ di udara. Hal ini dikarenakan dalam proses fotosintesis tumbuhan dapat menghasilkan O₂ sedangkan manusia membutuhkan O₂ untuk bernafas. Reaksi fotosintesis secara kimia diuraikan sebagai berikut (Dwidjoseputro, 1994: 14):



Berdasarkan proses tersebut, maka tumbuhan sangat bermanfaat karena terjadi hubungan timbal balik yang menguntungkan antara manusia, tumbuhan dan makhluk lain. Tumbuhan juga mempunyai manfaat lain yaitu sebagai sumber energi manusia dan hewan. Sebagaimana kelor yang mempunyai kandungan protein yang tinggi. Kandungan tersebut diantaranya, sumber vitamin A, B, C, sumber protein, kalsium, zat besi, sebagai obat-obatan, bahan baku pembuatan sabun dan kosmetik, dan juga dapat dimanfaatkan sebagai penjernih air. Hampir semua bagian pohon khususnya daun dan kulit akar dapat digunakan sebagai obat

misalnya sebagai diuretik, disinfektan (Siemonsma and Piluek, 1993: 213-214).

Buah dan daunnya dapat dijadikan sebagai sayuran.

Biji kelor selain digunakan untuk penjernih air juga dapat digunakan koagulan pengolah limbah. Segala tumbuhan yang diciptakan Allah sangat bermanfaat bagi terciptanya keseimbangan alam, dengan adanya tumbuhan maka pencemaran udara dapat berkurang, karena tumbuhan dapat menyerap CO₂, dan dengan adanya tumbuhan yang mempunyai berbagai manfaat, maka pencemaran air dan darat juga dapat diatasi dengan mengolah limbah dengan tumbuhan tersebut sebagaimana biji kelor. Allah berfirman dalam al-Qur'an :

﴿كَرِيمٍ زَوْجٍ كُلِّ مِنْ فِيهَا أَنْبَتْنَا كَمَّ الْأَرْضِ إِلَى يَوْمِ أَوْلَمَ﴾

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (Asy-Syu'arâ / 26: 7).

2.5 Biji Kelor

Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) termasuk jenis tumbuhan perdu yang dapat memiliki ketinggian batang 7-11 meter. Di Jawa, kelor sering dimanfaatkan sebagai tanaman pagar karena berkhasiat untuk obat-obatan. Pohon kelor tidak terlalu besar, batang kayunya getas (mudah patah) dan cabangnya jarang tetapi mempunyai akar yang kuat. Daunnya berbentuk bulat telur dengan ukuran kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai. Kelor dapat berkembang biak dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah 300-500 meter di atas permukaan laut.

Bunganya berwarna putih kekuning-kuningan dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau. Bunga kelor keluar sepanjang tahun dengan aroma bau

semerbak. Buah kelor berbentuk segitiga memanjang yang disebut *klentang* (bahasa: Jawa), sedangkan getahnya yang telah berubah warna menjadi coklat disebut *blendok* (bahasa: Jawa). Perkembangbiakannya dapat secara stek (Utami dan Sukarsono, 2005).



Gambar 2.4 Pohon Biji Kelor (*Moringa oleifera*) (Anonymous, <http://www.echonet.org/moringa3.htm>, diakses tanggal 8 Januari 2008)

Di Indonesia kelor dikenal sebagai jenis tanaman sayuran yang sudah dibudidayakan. Daun kelor telah banyak digunakan sebagai pakan ternak terutama sapi dan kambing maupun digunakan sebagai pupuk hijau. Akar kelor sering digunakan sebagai bumbu campuran perangsang nafsu makan, tetapi apabila terlalu banyak dikonsumsi ibu yang sedang hamil dapat menyebabkan keguguran. Tanaman kelor merupakan jenis leguminosa maka bagus ditanam secara tumpang sari dengan tanaman lain (Winarno, 2003, [http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel &jns=wawasan&kode=1574](http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574), diakses pada tanggal 5 Maret 2006).

Klasifikasi kelor (*M. Oleifera* Lamk.) adalah sebagai berikut (Cronquist, 1981; Hidayat, 2006, 15):

Devisi : Magnoliophyta
Kelas : 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.

Di pasar lokal, komoditas kelor dijual dalam bentuk buah polong segar. Polong biji yang masih segar dapat dipotong-potong menjadi yang lebih pendek dan dapat dikalengkan atau dibotolkan dalam medium larutan garam dan menjadi komoditas ekspor khususnya ke Eropa dan Amerika Serikat. Kelor tumbuh di daerah tropis, seperti di India, Indonesia dan juga berbagai kawasan tropis lainnya di dunia. Pengetahuan tersebut perlu disebarluaskan karena dapat menghasilkan biji-bijian dan daun yang dikonsumsi sebagai sayuran. Berdasarkan berat keringnya, daunnya mengandung protein sekitar 27 % dan kaya akan vitamin A dan C, kalsium (Ca), besi (Fe) dan fosfor (F) (Winarno, 2003, <http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574>, diakses pada tanggal 5 Maret 2006).

Biji kelor mengandung 40% minyak berdasarkan berat kering. Hasil penelitian yang telah dilaporkan, ampas perasan minyak biji kelor masih banyak mengandung zat koagulan. Senyawa koagulan masih sangat berguna bagi proses pembersihan air dengan efektifitas sama, bila digunakan biji utuhnya. Bungkil kelor dapat dikeringkan dan disimpan, merupakan produk samping “industri minyak kelor” yang berguna. Minyak biji kelor memiliki mutu gizi dan fungsional tinggi dan memiliki nilai jual yang tinggi pula. Minyaknya juga baik untuk minyak goreng dan untuk pembuatan sabun. Minyak biji kelor dapat pula digunakan sebagai kerosin minyak untuk lampu templek pengganti penerangan di daerah yang belum ada listrik (Winarno, 2003, <http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan & kode = 1574>, diakses tanggal 5 Maret 2006).

Analisis kelor baik polong (biji) dan daun dengan porsi 100 gram, sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 2.2 berikut (Logu, 2005; Hidayat, 2006: 17):

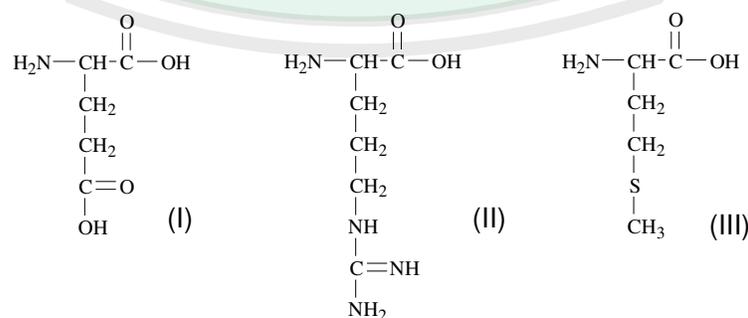
Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk).

No.	Kandungan (%)	Polong	Daun
1.	Kalori (g)	26	92,0
2.	Protein (g)	2,5	6,7
3.	Lemak (g)	0,1	1,7
4.	Karbohidrat (g)	3,7	13,4
5.	Serat (g)	4,8	0,9
6.	Mineral (g)	2,0	2,3
7.	Ca (mg)	30,0	440,0
8.	P (mg)	110,0	70,0
9.	K (mg)	259,0	259,0
10.	Cu (mg)	3,1	1,1
11.	Fe (mg)	5,3	7,0
12.	S (mg)	137,0	137,0

2.5.1 Protein Dalam Biji Kelor

Biji kelor banyak mengandung protein. Hidayat (2006:133) menyatakan bahwa protein dalam biji kelor berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan. Protein tersebut adalah polielektrolit kationik. Polielektrolit biasanya digunakan sebagai koagulan limbah cair. Polielektrolit membantu koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid, tetapi polielektrolit bermuatan sama sebagaimana koloid dapat juga digunakan sebagai koagulan dengan menjembatani antar partikel (Stevens, 2001: 576).

Hasil pengukuran dengan metode biuret diperoleh konsentrasi protein dari biji dalam katiledon sebesar 147,280 ppm/gram. Protein tersebut mengandung 3 asam amino yang sebagian besar asam glutamat, metionin, dan arginin (Muyibi and Evison, 1995; Hidayat, 2006: 133). Rantai cabang asam amino glutamat bermuatan negatif pada gugus karboksilnya, sedangkan arginin bermuatan positif pada gugus guanidido. Asam metionin mempunyai rantai cabang atom belerang yang berperan dalam pembentukan ikatan disulfida molekul protein (Winarno, 1984: 55-56). pH isoelektrik asam amino glutamat berkisar pada pH 3,22 sedangkan asam amino arginin berkisar pada pH 10,76 (Poedjiadi, 1994: 86).



Gambar 2.5 (I) Asam glutamat, (II) asam arginin, (III) asam metionin (Poedjiadi, 1994: 96-97).

Wirahadikusumah (1977: 10) menyatakan bahwa berdasarkan gugus alkil (R-) yang dimiliki asam amino dapat dibagi menjadi empat golongan:

1. Asam amino dengan gugus alkil non polar

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

2. Asam amino dengan gugus alkil polar tetapi tidak bermuatan

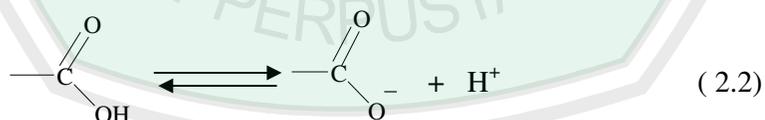
Golongan ini lebih mudah larut di dalam air, karena gugus alkil polar dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Golongan ini meliputi glisin, serin, treosin, sistein, tirosin, asparagin, dan glutamin.

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

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

Jika asam amino dilarutkan ke dalam air maka gugus fungsionalnya akan mengalami ionisasi atau disosiasi.

1. Gugus karboksil akan mengion dan menghasilkan proton (H^+)



Pada kondisi di atas (melepaskan H^+) asam amino berperan sebagai suatu asam (donor H^+)

2. Gugus amino, seperti halnya NH_3 , akan menerima H^+ (aseptor)

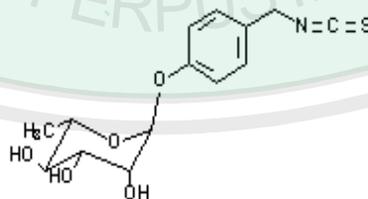


Pada kondisi di atas, asam amino berperan sebagai suatu basa (aseptor H^+)

Pada suasana larutan basa ($\text{pH} > 7$) yang berarti banyak OH^- , asam amino yang netral di atas melepaskan H^+ untuk membentuk molekul H_2O , berarti asam amino akan bersifat asam (donor H^+). Sebaliknya, pada suasana asam ($\text{pH} < 7$) yang berarti banyak H^+ , maka asam amino yang netral akan menarik H^+ untuk diikat oleh gugus COO^- , berarti asam amino akan bersifat basa (akseptor H^+) (Hawab, 2003: 50-51).

2.6 Biji Kelor Sebagai Koagulan

Biji kelor memiliki aktifitas flokulasi paling baik dibandingkan beberapa biji tumbuhan legume dan biji sereal. Serbuk biji kelor dapat dimanfaatkan sebagai bahan penurun kekeruhan air atau sebagai biokoagulan. Zat aktif dalam biji kelor yang digunakan untuk menggumpalkan dan sekaligus menetralkan tegangan permukaan partikel-partikel koloid limbah adalah zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate (Winarno, 2003, <http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574>, diakses pada tanggal 5 Maret 2006).



Gambar 2.6 Struktur zat aktif 4-alfa-4-rhamonsiloxy-benzil-isothiocyanate (Fahey, 2005, <http://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>, diakses tanggal 14 Januari, 2008).

Pusat-pusat pengolahan air perkotaan atau *municipal water treatment* dengan skala besar, mengolah air dengan cara menambahkan senyawa kimia

penggumpal (koagulan) ke dalam air kotor yang akan diolah. Partikel-partikel yang berada dalam air akan saling berdempetan menjadi suatu gumpalan yang lebih besar lalu mengendap, selanjutnya air di bagian atas yang bersih dipisahkan untuk digunakan keperluan keluarga sehari-hari (Winarno, 2003, <http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574>, diakses pada tanggal 5 Maret 2006).

Hasil penelitian dari *The Environment Engineering Group* di Universitas Leicester, Inggris menyebutkan biji kelor merupakan koagulan alami yang dapat digunakan sebagai proses pengolahan air dalam skala baik kecil, menengah, maupun besar. Penelitian mereka dipusatkan terhadap potensi koagulan dari tepung biji tanaman kelor. Penelitian Hidayat (2003) mengenai efektifitas biokoagulan biji kelor dalam proses pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas, menunjukkan bahwa biokoagulan biji kelor pada konsentrasi 1500 ppm mampu mengendapkan flok limbah cair industri pulp dan kertas dalam waktu 8 menit 20 detik, COD 75 %, kekeruhan 91,47 % dan BOD 81,49 % (Hidayat, 2003, http://www.rri-online.com/modules.php?name=pendidikan&op=info_pendidikan_detail&id=37, diakses tanggal 13 September 2006).

Dibandingkan dengan PAC (Poly Aluminium Chloride), biokoagulan biji kelor memberikan hasil yang lebih baik untuk parameter waktu pengendapan, namun, untuk parameter nilai kekeruhan dan COD tidak berbeda nyata, sedangkan untuk parameter BOD dan nilai warna memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan biokoagulan biji kelor. Hal ini berarti bahwa biji kelor dapat dimanfaatkan sebagai koagulan.

Biji kelor dapat berperan sebagai koagulan dengan hasil yang memuaskan. Biji tanaman itu juga berkhasiat sebagai anti bakteri. Berdasarkan penelitian di Universitas Gadjah Mada, serbuk bijinya mampu membersihkan 90% dari total bakteri E. coli dalam satu liter air sungai dalam waktu 20 menit. Hasil penelitian Chandra (2001) menyatakan bahwa biji kelor bisa dimanfaatkan sebagai koagulan sewaktu mengolah limbah cair pabrik tekstil. Hasilnya terjadi degradasi warna hingga 98%, penurunan BOD 62%, dan kandungan lumpur 70 ml per liter. Proses penjernihan air dengan biji kelor ini tidak rumit, meliputi proses fisik (pengadukan dan penyaringan) dan penggumpalan atau pengendapan bahkan juga proses penyerapan (Chandra, 2001, <http://www.terranel.or.id/search/stus.php?cat=A06>, diakses tanggal 21 Oktober 2006).

Biji kelor tidak beracun, dapat diuraikan secara biologis, dan ramah lingkungan. Penggunaan biji kelor pada proses pengolahan lindi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Benowo dengan dosis 150 mg/L dapat dicapai penyisihan 90% kekeruhan, 83 % TSS, 40% TDS, 19% COD dan 61,5% BOD (Dwiryanti, 2005: 11).

2.7 Koagulasi

Koagulasi adalah suatu istilah berasal dari bahasa latin "*coagulare*" yang berarti bergerak bersama-sama. Koagulasi adalah destabilisasi partikel koloid bermuatan netral yang dipengaruhi gravitasi. Penetralan partikel koloid dapat dilakukan dengan 4 cara, yaitu:

1. Menggunakan prinsip elektroforesis

Proses elektroforesis adalah pergerakan partikel-partikel koloid yang bermuatan ke elektrode dengan muatan berlawanan. Ketika partikel ini mencapai elektrode, maka sistem koloid akan kehilangan muatannya dan bersifat netral.

2. Penambahan koloid lain dengan muatan berlawanan

Ketika koloid bermuatan positif dicampur dengan koloid bermuatan negatif, maka muatan tersebut akan saling menghilangkan dan bersifat netral.

3. Penambahan elektrolit

Jika suatu elektrolit ditambahkan pada sistem koloid, maka partikel koloid yang bermuatan negatif akan mengadsorpsi ion positif (kation) dari elektrolit. Begitu juga sebaliknya, partikel positif akan mengadsorpsi ion negatif (anion) dari elektrolit, dari adsorpsi diatas maka terjadi proses koagulasi.

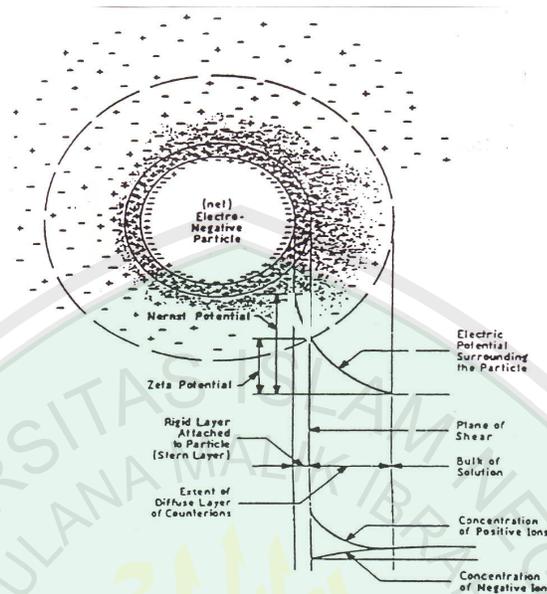
4. Pendidihan

Kenaikan suhu sistem koloid menyebabkan jumlah tumbukan antara partikel-partikel sol dengan molekul-molekul air bertambah banyak. Hal ini melepaskan elektrolit yang teradsorpsi pada permukaan koloid. Akibatnya partikel tidak bermuatan.

2.7.1 Stabilitas Koloid

Koagulasi berhubungan dengan agregasi koloid tidak stabil secara termodinamik. Sehubungan dengan stabilitas koloid dan koagulasi, suspensi koloidal tidak mempunyai muatan listrik yang bersih, muatan utama partikel harus diseimbangkan di dalam sistem itu. Gambar 2.7 menunjukkan skema partikel koloid bermuatan negatif dengan awan ion (lapisan difusi) disekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan yang berkumpul di daerah interfasial bersama-sama muatan utama membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapisan difusi 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 gradient konsentrasi akibat efek elektrostatik (Amirtharajah & O'Melia, 1990; Hidayat, 2006: 27).

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; 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 mobiltas partikel di dalam medan listrik dengan menggunakan Zetameter (Eckenfelder, 1966). Potensi zeta mempunyai nilai maksimum di partikel permukaan dan menurunkan jarak partikel dari permukaan (Amirtharajah & O'Melia, 1990; Hidayat, 2006: 27).



Gambar 2.7 Partikel bermuatan negatif, lapisan difusi ganda, dan lokasi potensi zeta (sumber: Amirtharajah & O'Melia, 1990).

Raju (1995) dalam Hidayat (2006: 28) menyatakan, selain adanya lapisan difusi ganda dan potensi zeta, gaya Van der Waals juga mempengaruhi koagulasi. Ketika dua muatan partikel koloid yang sama berhadapan satu dengan lain, lapisan difusi mereka mulai berinteraksi, setelah semakin dekat, ada suatu gaya tolak elektrostatis yang meningkat sesuai tingkat kedekatannya. Energi potensial penolakan (ψ_R) mengalami penurunan yang besar ketika jarak pemisahan partikel meningkat.

Gaya tolak tersebut menjaga partikel terhadap agregasi. Secara serentak, ada gaya tarik ketika partikel koloid mendekat satu sama lain. Gaya tarik ini disebut gaya Van der Waals. Keberadaan gaya Van der Waals merupakan fungsi komposisi dan 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 ($\psi_R \cdot \psi_A$) dianggap sebagai energi penghalang atau rintangan terhadap agregasi partikel koloid (Amirtharajah & O'Melia, 1990; Hidayat, 2006: 29).

Razif (1985) dalam Hidayat (2006: 31) mengatakan bahwa 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.

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.

Partikel-partikel koloid ialah bermuatan sejenis, sehingga terjadi gaya tolak-menolak yang mencegah partikel-partikel koloid bergabung dan mengendap akibat gaya gravitasi. Oleh karena itu, selain gerak Brown, muatan koloid juga berperan besar dalam menjaga kestabilan koloid.

Terdapat tiga tahapan penting yang diperlukan dalam proses koagulasi yaitu, tahap pembentukan inti endapan, tahap flokulasi, dan tahap pemisahan flok dengan cairan (Rubiyah 2000; Ningsih, 2006: 10-11).

1. Pada tahap pertama diperlukan zat koagulan yang berfungsi untuk penggabungan antara koagulan dengan polutan yang ada dalam air limbah.
2. Pada tahap kedua, yaitu tahap flokulasi terjadi penggabungan inti-inti endapan sehingga menjadi molekul yang lebih besar, pada tahap ini dilakukan pengadukan lambat. Agar mempercepat terbentuknya flok dapat ditambahkan flokulan misalnya polielektrolit.
3. Tahap ketiga merupakan tahap pemisahan dimana flok yang terbentuk selanjutnya harus dipisahkan dengan cairannya, yaitu dengan cara pengendapan.

2.7.2 Mekanisme Koagulasi

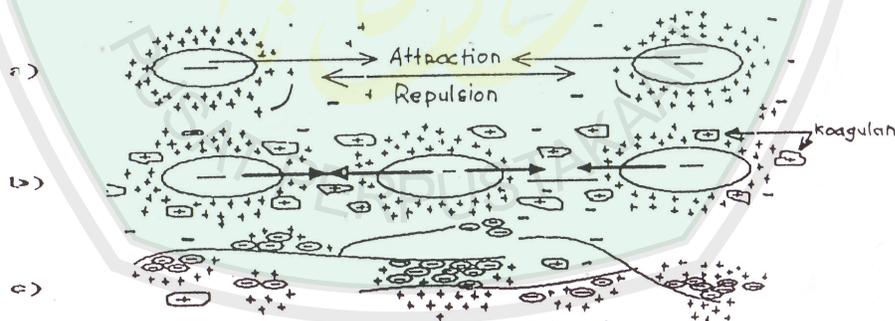
Proses koagulasi terjadi dengan menambahkan koagulan sehingga terjadi proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi. Penambahan koagulan tersebut berfungsi untuk menetralkan muatan partikel dan memperkecil ketebalan lapisan difusi di sekitar partikel sehingga mempermudah penggabungan partikel tersebut menjadi agregat yang lebih besar dan secara teknis dapat diendapkan (Stumm & Morgan, 1996; Notodarmodjo dkk, TT: 2).

Partikel-partikel koloid limbah tidak dapat mengendap sendiri dan sulit ditangani oleh perlakuan fisik. Melalui proses koagulasi, kekokohan partikel koloid ditiadakan sehingga terbentuk flok-flok lembut yang kemudian dapat

disatukan melalui proses flokulasi. Penggoyahan (ketidakstabilan) partikel koloid ini akan terjadi apabila elektrolit yang ditambahkan dapat diserap oleh partikel koloid sehingga muatan partikel menjadi netral. Penetralkan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup kuat untuk mengadakan gaya tarik menarik antar partikel koloid (Eckenfelder,1986: 128).

Mekanisme koagulasi juga terjadi dengan cara meningkatkan tegangan koloidal. Ion-ion yang berlawanan dialirkan ke dalam medium dispersi dalam jumlah yang berlebih. Ion-ion tersebut biasanya berupa ion hidroksida, yang terbentuk melalui reaksi antara koagulan dalam air buangan (Chandra, 2001, <http://www.terranet.or.id/search/stus.php?cat=A06>, diakses tanggal 21 Oktober 2006).

Secara sederhana mekanisme koagulasi dapat dilihat pada Gambar 2.8:



Gambar 2.8 Mekanisme koagulasi a) Gaya yang bekerja pada koloid hidrofobik dalam suspensi stabil, b) Penekanan muatan lapisan ganda (destabilisasi) dengan penambahan koagulan, c) Pembentukan flok-flok yang terikat membentuk benang panjang (Hammer, 1977: 23; Hidayat, 2006: 32).

- a. Partikel koloid dalam air yang bermuatan listrik sama (misalnya negatif), akan saling tolak menolak dan tidak dapat saling mendekat. Kondisi ini disebut stabil.
- b. Jika ditambahkan ion logam, misalnya yang berasal dari tawas atau dengan menambahkan koagulan seperti serbuk biji *M. Oleifera Lamk*, maka akan terjadi pengurangan gaya repulsi sesama koloid. Kondisi ini disebut destabilisasi koloid, yang memungkinkan koloid saling mendekat dan membentuk mikroflokk.
- c. Mikroflokk-mikroflokk tersebut cenderung untuk bersatu dan membentuk makroflokk karena sudah mengalami destabilisasi, akhirnya mengendap.

Pada umumnya partikel-partikel koloid bermuatan listrik sejenis (negatif) yang sering tolak-menolak sehingga partikel koloid tetap berada di tempatnya. Hal ini menyebabkan koloid bersifat stabil. Pada kondisi stabil, tidak memungkinkan terjadinya flokk, sehingga perlu ditambahkan koagulan. Koagulan akan mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel koloid sehingga terjadi destabilisasi partikel koloid yang memungkinkan terbentuknya flokk-flokk kecil (Metcalf dan Eddy, 1994: 479).

Flokk-flokk ini merupakan kumpulan dari partikel koloid. Agar bisa diendapkan, maka antar flokk-flokk ini harus bergabung membentuk flokk besar. Adakalanya koagulan (muatan positif) yang diberikan tidak mampu untuk menggabungkan flokk-flokk kecil, karena flokk-flokk ini mengalami kondisi restabil (kembali stabil) sehingga sulit bergabung menjadi flokk besar. Problem ini bisa terselesaikan dengan memberikan flokulan. Flokk-flokk kecil akan diikat dengan

flokulan yang mempunyai lengan-lengan yang cukup panjang menyerupai sekumpulan benang. Berdasarkan Uraian tersebut, bisa disimpulkan bahwa mekanisme koagulasi flokulasi bisa terjadi berurutan dan bisa juga terjadi secara bersamaan sehingga kadang-kadang sulit untuk memisahkan antara kedua proses tersebut (Metcalf dan Eddy, 1994: 480).

2.7.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Koagulasi

Proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain:

a. Dosis Koagulan

Kebutuhan koagulan atau dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh tergantung pada jenis airnya. Pada air dengan tingkat kekeruhan tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tepat sehingga proses pengendapan partikel koloid pada air keruh dapat berjalan dengan baik. Dosis koagulan yang tepat mampu mengendapkan dan mengurangi partikel koloid penyebab kekeruhan dalam air secara maksimal. Penentuan dosis koagulan dengan metode *Jar Test* dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis dari suatu bahan kimia (koagulan) tertentu yang dibutuhkan pada suatu proses koagulasi. Uji ini dapat digunakan untuk berbagai koagulan.

b. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan pada proses koagulasi dibutuhkan untuk reaksi penggabungan antara koagulan dengan bahan organik dalam air, dengan cara melarutkan koagulan dalam air sehingga inti-inti endapan bergabung menjadi molekul

besar. Hal ini memberikan kesempatan pada partikel-partikel flok kecil yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok yang ukurannya lebih besar. Kecepatan pengadukan yang tepat sangatlah penting di dalam proses koagulasi. Kurangnya kecepatan putaran pengadukan akan menyebabkan koagulan tidak dapat terdispersi dengan baik, sebaliknya apabila kecepatan putaran terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali, sehingga terjadi pengendapan tidak sempurna.

c. Derajat Keasaman

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 proses koagulasi. Derajat keasaman (pH) yang diperlukan untuk koagulan alumunium sulfat (tawas) adalah pada pH 6-7, kalsium hidroksida pada pH 2-5, fero sulfat pada pH 8-9, dan feri sulfat pada pH 5-9.

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 dibutuhkan untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi.

e. Pengaruh Garam-Garam di Air

Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuan dalam menggantikan ion hidroksida pada senyawa kompleks hidroksid. Garam mineral dalam air juga berpengaruh dalam menentukan pH dan dosis koagulan.

f. Pengaruh Kekeruhan

Kekeruhan teramati sebagai sifat optik larutan yang mengandung zat yang tersuspensi di dalamnya. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dihamburkan, semakin tinggi kekeruhan begitu sebaliknya. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai kekeruhan dalam proses koagulasi flokulasi adalah:

- Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linear terhadap kekeruhan
- Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel 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 terjadi tumbukan antar partikel lebih tinggi, sedangkan untuk ukuran partikel akan berpengaruh pada kecepatan pengendapannya sehingga tidak diperlukan koagulan berlebih untuk memperbesar flok.

g. Pengaruh Jenis Koagulan

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

h. Pengaruh Temperatur

Temperatur erat hubungannya 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. Di samping itu, peningkatan suhu menyebabkan peningkatan dosis koagulan, seperti pada alum pada pH netral spesies muatan positif Al menurun dengan peningkatan temperatur. Pada suhu lebih rendah secara struktur agregat lebih kecil, kinetik hidrolisis dan presipitasi lebih lambat.

i. Komposisi Kimia Larutan.

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

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

2.7.4 Destabilisasi Koloid

Menurut Amirtharajah & O'Melia (1990: 280-284), Raju (1995: 139-140) dalam Hidayat (2006: 32) mekanisme destabilisasi koloid 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 akan meningkat sehingga ketebalan lapisan ganda akan berkurang.
- 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. Konsentrasi koagulan yang memadai atau berlebihan, diperlukan untuk membentuk endapan logam hidroksida, sehingga partikel koloid dapat dijaring dan mengendap bersama.
- d. Adsorpsi dan jembatan antar partikel. Polimer organik sintesis sering digunakan sebagai agen destabilisasi dalam pengolahan air dan air limbah.

Polimer ini mempunyai rantai panjang, muatan polimer dapat mendestabilisasi koloid melalui formasi jembatan. Salah satu sisi muatan rantai polimer dapat melekat atau mengadsorpsi pada satu sisi koloid. Sementara sisi molekul polimer lain meluas ke dalam larutan. Bila sisi yang meluas ini berikatan dengan koloid akan terikat bersama secara efektif dan disebut flok.

2.8 Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinu, monokromator, sel pengadsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dari suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko atau pembanding (Khopkar, 2003: 215).

2.8.1 Hukum Dasar Spektroskopi Absorpsi

Apabila suatu radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu larutan dengan intensitas radiasi semula (I_0), maka sebagian radiasi tersebut akan

diteruskan (I_t), dipantulkan (I_r) dan diadsorpsi (I_a) (Mulja dan Suharman, 1995: 31):

$$I_0 = I_a + I_t + I_r \quad (2.5)$$

Harga I_r ($\pm 4\%$) dengan demikian dapat diabaikan karena pengerjaan dengan metode spektrofotometri UV-Vis dipakai larutan pembanding sehingga:

$$I_0 = I_a + I_t \quad (2.6)$$

Bouguer, Lambert, dan Beer membuat formula secara matematik hubungan antara transmittant atau absorban terhadap intensitas radiasi atau konsentrasi zat yang dapat dianalisis dan tebal larutan yang mengadsorpsi sebagai (Mulja dan Suharman, 1995: 31):

$$T = \frac{I_t}{I_0} = 10^{-\epsilon bc} \quad (2.7)$$

$$A = \log \frac{1}{T} = \epsilon bc \quad (2.8)$$

Dimana T = persen transmittan

I_0 = intensitas radiasi yang datang

I_t = intensitas radiasi yang diteruskan

ϵ = absorbansi molar ($Lt \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

c = konsentrasi (mol Lt^{-1})

2.9 Spektrofotometer Uv-Vis

Spektroskopi UV-Vis adalah absorpsi sinar UV-Vis oleh molekul/atom yang disebabkan promosi elektron dari keadaan elektronik dasar ke keadaan

terekstasi. Baik molekul organik maupun molekul anorganik dapat menyerap radiasi UV-Vis (Hayati, 2007).

Kebanyakan penerapan spektrofotometri ultraviolet dan cahaya tampak (UV-Vis) pada senyawa organik didasarkan pada transisi $n-\pi^*$ ataupun $\pi-\pi^*$ dan karenanya memerlukan kehadiran gugus kromofor dalam molekul itu. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum (sekitar 200 hingga 700 nm) yang praktis untuk digunakan dalam eksperimen (Day and Underwood, 1999: 391).

Ada tiga macam distribusi elektron di dalam suatu senyawa organik secara umum, yang selanjutnya dikenal sebagai orbital elektron pi (π), sigma (σ) dan elektron non bonding (n). Apabila pada molekul tersebut dikenakan radiasi elektromagnetik maka akan terjadi eksitasi elektron ke tingkat yang lebih tinggi yang dikenal sebagai orbital elektron "anti bonding" (Hayati, 2007).

Prinsip kerja alat ini adalah, berkas sinar dari sumber sinar kontinyu dilewatkan ke filter dan dibagi menjadi dua bagian. Satu bagian sinar dilewatkan ke kuvet yang berisi sampel dan kemudian menumbuk permukaan fotosel. Bagian sinar yang lain setelah melalui diafragma iris yang dapat digerak-gerakkan baru melalui larutan pembanding untuk kemudian tiba pada sel pembanding. Perbedaan intensitas antara dua berkas sinar tersebut menghasilkan pengukuran absorpsi asalkan kedua fotosel mula-mula diatur pada respon yang sama untuk mengoperasikannya. Hal ini umumnya diatur pada diafragma iris. Cara mengoperasikannya, kuvet diisi dengan pelarut dan jumlah radiasi yang jatuh pada sel pembanding diatur sedemikian rupa sehingga galvanometer menunjuk nol. Kemudian larutan pembanding diganti dengan larutan sampel sehingga akan

tampak penyimpangan skala galvanometer. Penyimpangan ini dibuat menjadi nol dengan perangkat tegangan listrik. Penunjuk pada perangkat tegangan listrik ini digunakan untuk membaca skala absorbansi (Khopkar, 1990: 212-213).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2007 sampai Maret 2008.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat-alat yang Digunakan dalam Penelitian

1. Seperangkat mortar
2. Neraca analitik Ohaus Analytical plus
3. pH meter 3310 Jenway
4. Konduktifimeter
5. Sentrifuge Mistral 1000
6. Seperangkat magnetik stirrer Thermolyne Cimarec 2
7. Stopwatch
8. Alat-alat gelas
9. Spektrofotometer UV-Vis merk SHIMADZU

3.2.2 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Penelitian Meliputi:

1. Biji kelor
2. Paraquat merk Gramoxone produk PT. Syngenta
3. Natrium ditionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

4. Natrium hidroksida (NaOH)
5. Asam klorida (HCl)
6. Akuades

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Preparasi Kelor

Diambil buah kelor yang sudah tua, dikupas kulit luarnya, sehingga diperoleh biji kelor yang masih terbungkus kulit yang berwarna coklat. Biji kelor yang terbungkus kulit tersebut dikupas lagi, sehingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih (seperti kacang tanah).

Biji kelor yang telah dikupas, kemudian dihaluskan dengan menggunakan cawan porselen, sehingga diperoleh serbuk yang berwarna putih.

3.3.2 Optimasi Prosedur Analisis Kuantitatif Paraquat

3.3.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Paraquat Tereduksi

Sebanyak 0,5 mL larutan paraquat 20 ppm, ditambahkan dengan 1 mL natrium ditionit 1% (pelarut natrium hidroksida 0,1 N), selanjutnya diencerkan dengan akuades sampai 10 mL, kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 555-650 nm. Panjang gelombang maksimum adalah panjang gelombang yang memberikan absorbansi maksimum.

3.3.2.2 Penentuan Stabilitas Paraquat Tereduksi

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan waktu optimum pengukuran senyawa paraquat tereduksi secara spektrofotometri dan pengaruh stabilitasnya terhadap akurasi analisis kuantitatif senyawa tersebut.

Diambil 0,5 mL larutan paraquat 20 ppm, kemudian ditambahkan 1 mL larutan natrium ditionit 1% (pelarut NaOH 0,1 N), dan diencerkan dengan akuades sampai 10 mL. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan merekam pola absorbansinya pada panjang gelombang serapan maksimum untuk rentang waktu 0-30 menit.

3.3.2.3 Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan besarnya respon absorbansi yang ditimbulkan oleh paraquat. Pengukuran ini menggunakan variasi konsentrasi paraquat pada panjang gelombang maksimum. Kurva standart diperoleh dengan membuat kurva linear antara konsentrasi dan absorbansi, sehingga dapat ditentukan sensitivitas dan batas deteksinya.

Dibuat larutan standart sebesar 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm, dengan cara mengambil 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1,25; 2,5; 5; 7,5; 10; dan 12,5 mL dari larutan paraquat 20 ppm. Ditambahkan dengan 5 mL larutan natrium ditionit 1% (pelarut NaOH 0,1 N) dan diencerkan dengan akuades hingga 50 mL.

Larutan tersebut selanjutnya diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

3.3.3 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum Koagulasi Paraquat Menggunakan Biji Kelor.

Tahap ini bertujuan untuk menentukan dosis dan waktu pengendapan optimum *Moringa oleifera* Lamk yang digunakan untuk mengkoagulasi larutan paraquat.

Cara Kerja:

Disiapkan sebanyak 5 botol gelas yang diisi dengan 100 mL larutan paraquat 4 ppm. Larutan-larutan tersebut diinteraksikan dengan biji kelor variasi dosis, antara lain 0; 10000; 15000; 20000; dan 25000 ppm, selanjutnya diaduk dengan pengadukan secara cepat selama 0,5 menit dan pengadukan lambat selama 5 menit.

Sampel diendapkan dengan variasi waktu pengendapan selama 0, 30, 60, 90, dan 120 menit. Larutan diambil sekitar 30 mL. Sepuluh mili liter pertama diaduk dengan alat sentrifuge dengan kecepatan 4000 rpm selama 20 menit. Larutan hasil sentrifuge diambil 2 mL, kemudian diinteraksikan dengan 1 mL natrium ditionit 1% (pelarut NaOH 0,1 N) dan diencerkan dengan aquades hingga 10 mL. Sampel segera dianalisis dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum. Sisa larutan diukur pH dan konduktifitasnya pada masing-masing dosis dan waktu pengendapan.

3.3.4 Penentuan pH Optimum Koagulasi Paraquat Menggunakan Biji Kelor.

Tahap ini bertujuan untuk menentukan pH optimum dengan mengukur konsentrasi paraquat yang terendapkan pada beberapa variasi pH.

Cara kerja:

Disiapkan sebanyak 5 botol gelas yang diisi dengan 100 mL larutan paraquat 4 ppm. Kemudian pH diatur pada nilai yang berbeda. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan HCl dan NaOH untuk mencapai nilai pH yang diinginkan yaitu 3; 5; 7; 9; dan 11. Larutan ditambahkan koagulan dengan dosis optimum. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan pengadukan secara cepat selama 0,5 menit dan pengadukan lambat selama 5 menit, kemudian diendapkan dengan waktu pengendapan optimum. Filtrat diaduk dengan alat sentrifuge selama 20 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Larutan hasil sentrifuge diambil 2 mL selanjutnya diinteraksikan dengan 1 mL natrium ditionit 1% (pelarut NaOH 0,1 N) dan diencerkan dengan aquades hingga 10 mL. Sampel segera dianalisis dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum. Banyaknya paraquat yang terendapkan untuk masing-masing pH dihitung dari selisih antara paraquat sebelum dan setelah penambahan biji kelor.

3.4 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data dianalisa secara deskripif kualitatif dan kuantitatif, selanjutnya dibandingkan dengan teori untuk memperoleh kesimpulan. Data kualitatif berdasarkan intrepretasi penulis mengenai spektra IR hasil penelitian Yulianti (2007) menggunakan FTIR merk Buck Scientific-500, sedangkan data kuantitatif berdasarkan perubahan konsentrasi, pH dan konduktifitas.

BAB IV

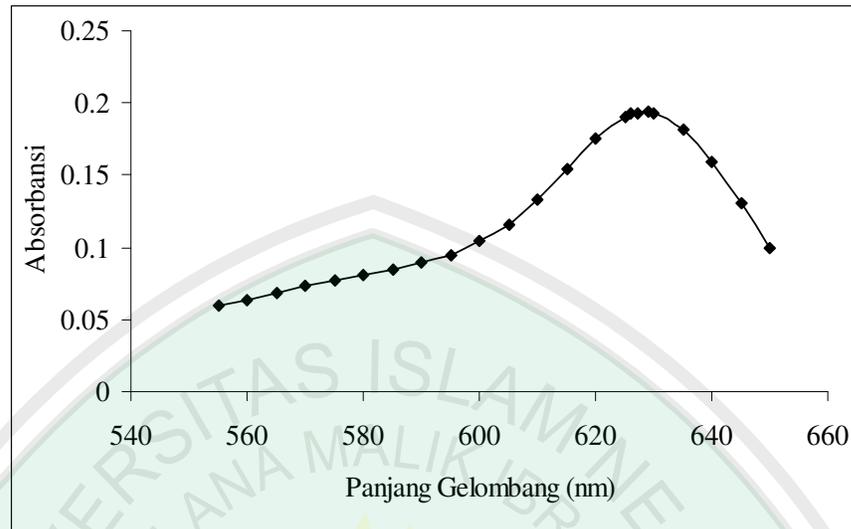
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Optimasi Prosedur Analisis Kuantitatif Paraquat dengan Metode Spektrofotometri

4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Paraquat Tereduksi

Penentuan panjang gelombang maksimum bertujuan agar pengukuran setiap satuan konsentrasi diperoleh kepekaan analisis yang maksimal. Spektrum paraquat memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang 252,2 nm, namun pengukuran paraquat pada panjang gelombang tersebut tidak dapat dilakukan secara langsung, karena banyak senyawa organik yang memberikan serapan pada daerah tersebut, sehingga mengganggu pengukuran. Kesulitan ini dapat diatasi dengan menggunakan reduktor natrium ditionit yang mempunyai serapan maksimum 300 nm, sehingga menghasilkan senyawa semiquinoid yang mempunyai serapan maksimum pada panjang gelombang ± 600 nm (Constenla, 1990; Lestari: 2000: 49).

Penentuan panjang gelombang serapan maksimum pada penelitian ini dilakukan dengan cara mereaksikan 0,5 mL paraquat 20 ppm dengan 1 mL natrium ditionit 1%. Absorbansi diukur pada berbagai panjang gelombang antara 550 nm sampai 650 nm. Grafik panjang gelombang senyawa paraquat hasil reduksi dengan natrium ditionit, disajikan pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Spektra UV-Vis senyawa paraquat tereduksi oleh natrium ditionit

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat dinyatakan bahwa energi radiasi yang diserap maksimum paraquat hasil reduksi adalah pada panjang gelombang 629,2 nm ($A=0,194$). Penambahan natrium ditionit menyebabkan warna paraquat hasil reduksi menjadi hijau kebiruan dengan warna yang diabsorpsi adalah merah.

Pergeseran panjang gelombang dari 255,2 nm menjadi 629,2 nm, merupakan pergeseran batokromik. Pergeseran batokromik adalah pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih panjang (Sastrohamidjojo, 2001: 23). Pergeseran pada senyawa paraquat terjadi karena ikatan rangkap terkonjugasi pada gugus biperidil. Pengaruh konjugasi pada gugus biperidil mengakibatkan transisi elektron $\pi - \pi^*$, yang disebabkan overlap orbital π . Hal inilah yang menyebabkan terjadinya pemisahan tenaga antara tingkat dasar ke tingkat tereksitasi berkurang dan sistem menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang dan kenaikan intensitas yang besar.

Pergeseran batokromik yang disebabkan oleh transisi elektron $\pi - \pi^*$ juga disertai adanya pengaruh hiperkromik yang kuat akibat transisi $n - \pi^*$. Pergeseran ini diakibatkan oleh bertambahnya sistem konjugasi.

Perubahan energi tereksitasi tersebut merupakan gejala warna hasil reduksi senyawa paraquat. Transisi tersebut merupakan perbedaan energi dua tingkat yang bersesuaian dengan panjang gelombang sinar yang terdapat pada spektrum sinar tampak. Semakin rendah energi yang dihasilkan, maka pergeseran panjang gelombang menjadi lebih panjang.

Benda bercahaya memancarkan spektrum yang lebar yang terdiri dari panjang gelombang. Benda-benda tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. Manusia dengan indera penglihatannya mampu mengidentifikasi warna pada cahaya tampak. Cahaya tampak mampu mempengaruhi selaput mata manusia dan karenanya menimbulkan kesan subyektif akan ketampakan (Day and Underwood, 1999: 384), dengan begitu manusia mampu membedakan warna pelangi, warna langit dan warna berbagai macam benda baik yang ada di angkasa maupun yang ada di alam sekitar. Allah berfirman dalam al-Qur'an.

زُجَاجَةٌ فِي الْمِصْبَاحِ مِصْبَاحٌ فِيهَا كَمِشْكُوتٍ نُورِهِ مِثْلُ وَالْأَرْضِ السَّمَوَاتِ نُورُ اللَّهِ ﴿١٠﴾
 زَيْتًا يَكَادُ غَرْبِيَّةٌ وَلَا شَرْقِيَّةٌ لَا زَيْتُونَةٍ مُبْرَكَةٍ شَجْرَةٍ مِنْ يُوقَدُ ذَرْيُ كَوْكَبٍ كَأَنَّهَا الزُّجَاجَةُ
 الْأَمْثَلُ اللَّهُ وَيَضْرِبُ يَشَاءُ مَنْ لِنُورِهِ اللَّهُ يَهْدِي نُورٍ عَلَى نُورٍ نَارٌ تَمَسُّهُ لَمْ وَلَوْ يُضِيءُ
 عَلِيمٌ شَيْءٍ بِكُلِّ وَاللَّهُ لِلنَّاسِ

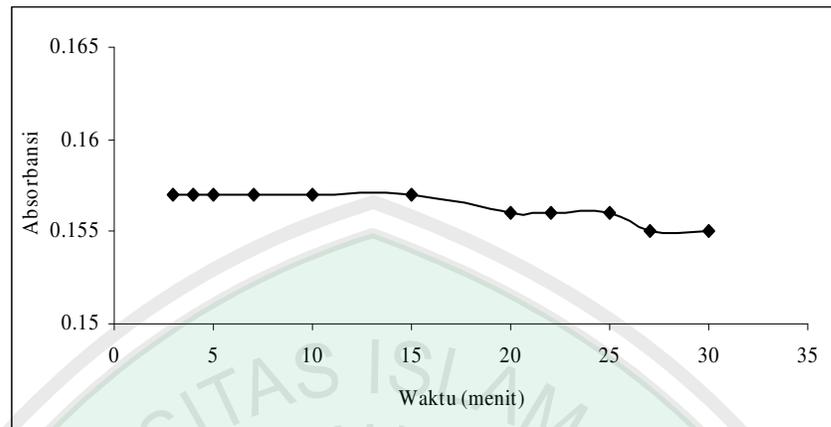
"Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur

(sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu” (Q.s An-Nûr/ 24: 35).

Allah menjadikan proses penglihatan benda berkaitan secara langsung dengan jatuhnya cahaya atau sinar ke benda itu. Manusia melihat obyek dengan pertolongan atau cahaya yang diteruskan atau yang dipantulkan. Benda tersebut mempunyai panjang gelombang tertentu, karena adanya gelombang yang diteruskan ke mata, maka panjang gelombang tersebut yang menentukan warna medium, dengan demikian mata kita dapat mengidentifikasi berbagai macam benda ataupun suatu senyawa di alam ini sesuai dengan panjang gelombangnya.

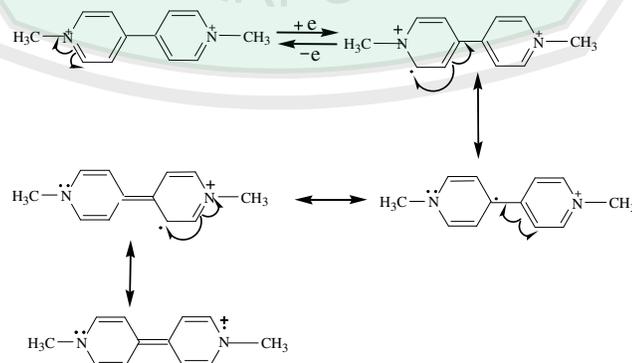
4.1.2 Penentuan Stabilitas Paraquat Hasil Reduksi

Penentuan stabilitas paraquat hasil reduksi, diamati dari waktu setimbang yang diperoleh saat absorbansi mencapai nilai konstan. Tahap ini bertujuan menentukan waktu kestabilan paraquat hasil reduksi secara spektrofotometri. Kurva pengaruh variasi waktu terhadap absorbansi senyawa paraquat hasil reduksi dengan natrium ditionit disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Kurva pengaruh variasi waktu terhadap absorbansi senyawa paraquat hasil reduksi dengan natrium ditionit

Berdasarkan Gambar 4.2, dapat dinyatakan bahwa paraquat hasil reduksi cukup stabil. Hal ini ditunjukkan dengan nilai absorbansi ($A = 0,157$) yang konstan pada rentang waktu tidak lebih dari 15 menit dan mengalami penurunan yang tidak signifikan pada menit selanjutnya, sehingga rentang waktu sampai 15 menit tersebut digunakan untuk menentukan waktu kestabilan pada pengukuran konsentrasi. Penurunan konsentrasi tersebut disebabkan paraquat mengalami autooksidasi membentuk radikal bebas 1,1-dimetil 4,4 dipiridilium sebagaimana reaksi yang disajikan pada Gambar 4.3:



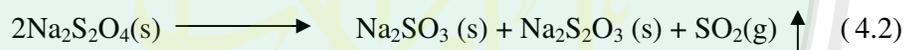
Gambar 4.3 Reaksi senyawa paraquat yang mengalami autooksidasi (Cremlyn, 1991: 254)

Ashton (1981) dalam Lestari (2000: 51) menjelaskan, reaksi paraquat akan mengalami autooksidasi akibat kehadiran air dan oksigen membentuk ion 1,1-dimetil 4,4 bipiridilium.

Kestabilan reagen natrium ditionit sendiri tidak kurang dari 60 menit. Lestari (2000: 48), menjelaskan bahwa pembuatan konsentrasi natrium ditionit setelah 60 menit akan menurun secara signifikan, hal ini dimungkinkan mengalami peruraian menurut reaksi berikut:

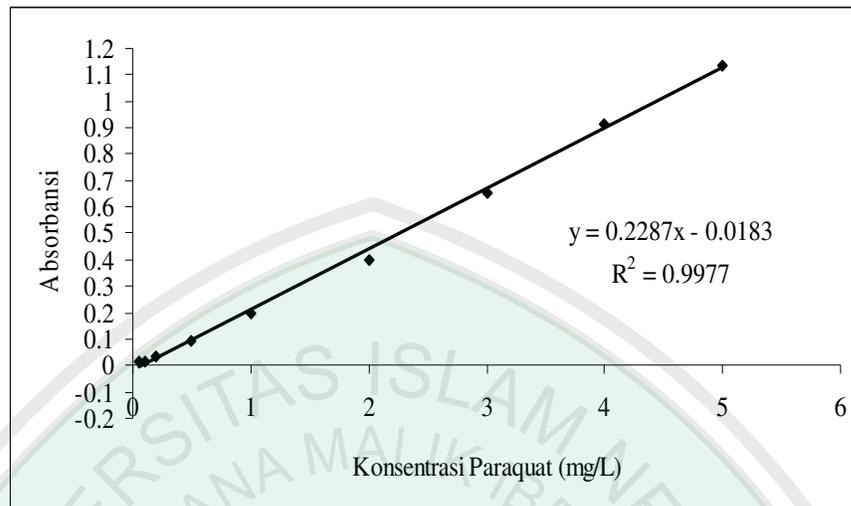


Residu juga akan kehilangan daya mereduksinya untuk menjadi indigo dan larutan biru metilen, karena telah merupakan suatu campuran dari natrium sulfit dan natrium tiosulfat (Vogel, 1985: 408-409).



4.1.3 Penentuan Sensitivitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri

Penentuan sensitivitas, batas deteksi dan kisaran linearitas bertujuan agar diperoleh informasi baik kualitatif dan kuantitatif serta kondisi sesungguhnya bahan yang dianalisis dengan kecermatan (*precision*) dan ketepatan (*accuracy*) yang tinggi. Sensitivitas paraquat pada analisis spektrofotometer ditunjukkan pada kurva standar seperti pada Gambar 4.4, yang menghubungkan variasi konsentrasi senyawa paraquat terhadap absorbansinya pada panjang gelombang 629,2 nm. Kurva tersebut digunakan sebagai acuan dalam mengkalibrasi setiap besaran absorbansi ke dalam besaran konsentrasi pada pengukuran hasil spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 4.4 Kurva standar senyawa paraquat

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.4, didapatkan bahwa nilai intersep (a) adalah $-0,0183$, nilai slope yang menggambarkan kepekaan analisis (b) adalah $0,2287$ dan nilai koefisien regresi (R) adalah $0,9977$. Kurva tersebut dapat dikatakan mempunyai hubungan linear dan sesuai dengan hukum Lambert-Beer, karena tidak berbeda secara signifikan dari nol. Bila ditinjau nilai koefisien regresi yang mendekati satu, maka hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi menjadi sangat linear atau mendekati garis lurus.

Sensitivitas didefinisikan sebagai besarnya slop dari kurva yang diperoleh bila besarnya sinyal analisis diplot terhadap konsentrasi yang dianalisis (Hidayat, 1987; Yulianti, 2005: 55). Sensitivitas merupakan ukuran kualitas metode, yang menggambarkan kemampuan metode untuk mendeteksi adanya kemampuan suatu komponen dalam sampel yang dianalisis. Sensitivitas adalah banyaknya mikrogram unsur yang diubah ke produk berwarna dalam kolom suatu larutan berwarna dalam kolom suatu larutan yang mempunyai luas penampang 1 cm^2 ,

menunjukkan pengurangan absorbansi 0,001. Secara teoritis sensitivitas dapat dihitung melalui (Khopkar, 2003: 227):

$$\text{Sensitivitas (S)} = n \left(\frac{M}{\epsilon} \right) = \frac{\text{Berat molekul} \times \text{No. Atom}}{\text{Absorpsivitas molar zat}} \quad (4.3)$$

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.4, dapat dinyatakan sensitivitas (kepekaan) analisis paraquat hasil reduksi dengan natrium ditionit menggunakan metode spektrofotometri adalah sebesar 0,2287 mg/L.

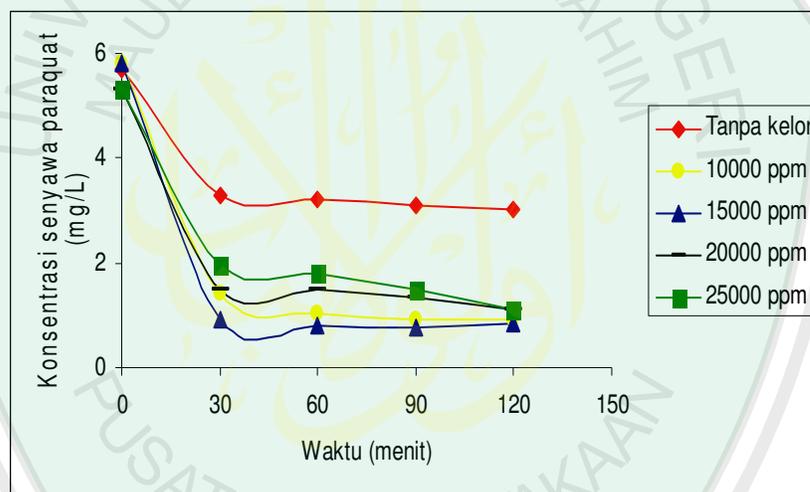
Skoog dan West (1980) dalam Yulianti (2005: 55) menyatakan bahwa batas deteksi adalah konsentrasi minimum dari analit yang dapat terdeteksi dengan batas kepercayaan yang diinginkan. Batas deteksi merupakan suatu bilangan yang menunjukkan batas konsentrasi terendah dari suatu hasil analisis sehingga seorang analis atau peneliti merasa yakin bahwa data yang diperolehnya akan berbeda secara signifikan dari pengukuran blanko. Berdasarkan perhitungan batas deteksi menggunakan persamaan umum regresi linear yang ditampilkan pada Lampiran 3, didapatkan nilai batas deteksi sebesar 0,284 mg/L.

Bila ditinjau dari harga slope yang cukup besar dan batas deteksi yang cukup kecil maka kecermatan dan ketelitian dari metode spektrofotometri ini cukup bagus. Harga koefisien regresi dalam kurva standart pada penelitian ini mendekati satu, hal ini menandakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi menjadi sangat linier atau mendekati satu garis lurus.

4.2 Penentuan Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum Koagulasi Paraquat Menggunakan Biji Kelor.

4.2.1 Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konsentrasi Paraquat

Penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum bertujuan untuk mengetahui berapa dosis dan waktu pengendapan yang dibutuhkan biji kelor dalam menurunkan konsentrasi paraquat. Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap konsentrasi paraquat dengan menggunakan biji kelor, ditunjukkan grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kurva perubahan konsentrasi terhadap waktu pengendapan

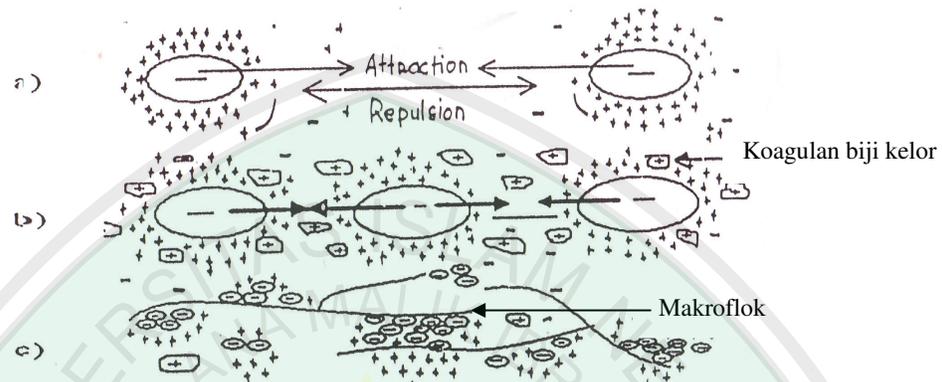
Kurva pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dosis koagulan biji kelor sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi. Berdasarkan data pada Lampiran 4, dapat dinyatakan bahwa dengan pemberian dosis biji kelor 10000 ppm terjadi penurunan konsentrasi sebesar 4,9 mg/L atau 84,40%, sedangkan dosis 15000 ppm konsentrasi paraquat yang diturunkan sebesar 5,02 mg/L atau 86,60%. Dosis 20000 ppm dan 25000 ppm konsentrasi paraquat yang diturunkan sebesar 4,2 mg/L atau 79,20%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis yang paling efektif dalam mengendapkan paraquat adalah dosis 15000 ppm. Penurunan konsentrasi terjadi disebabkan destabilisasi koloid dengan pengurangan gaya repulsi antar ion paraquat. Pengurangan gaya repulsi disebabkan adanya penambahan protein biji kelor yang berlawanan muatan. Protein biji kelor mengandung sisi aktif yang bermuatan negatif sehingga dapat berinteraksi dengan muatan positif pada paraquat. Hal ini dikuatkan oleh data spektra IR biji kelor setelah interaksi dengan paraquat, yaitu ada uluran OH yang hilang, ketika biji kelor diinteraksikan dengan paraquat.

Semakin besar energi potensial tarikan, maka jarak muatan antar partikel semakin berkurang sehingga membentuk lapisan ganda. Lapisan pertama ialah lapisan padat di mana muatan partikel koloid biji kelor menarik ion-ion dengan muatan berlawanan dari medium pendispersi (larutan paraquat), sedangkan lapisan kedua berupa lapisan difusi dimana muatan dari paraquat terdifusi ke partikel koloid biji kelor. Adanya lapisan ini menyebabkan muatan secara keseluruhan bersifat netral. Semakin netral muatan, maka akan mengalami agregasi (destabilisasi koloid) dan akhirnya mengendap.

Penurunan konsentrasi juga terjadi karena proses jembatan antar partikel. Banyaknya partikel koloid yang terlibat akhirnya membentuk kompleks-kompleks partikel. Salah satu sisi rantai polimer biji kelor mengikat partikel paraquat dan polimer pada sisi lainnya meluas dan berikatan dengan partikel paraquat yang lain, dengan demikian koloid-koloid yang telah terikat secara bersama-sama, menggumpal dan membentuk flok. Flok-flok tersebut bersatu dan membentuk

makroflok dan akhirnya mengendap. Uraian diatas, dapat diilustrasikan sebagaimana Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mekanisme koagulasi paraquat a) Koloid protein biji kelor dalam kondisi stabil (sebelum berinteraksi dengan paraquat) b) Muatan negatif biji kelor berinteraksi dengan muatan positif paraquat, sehingga terjadi gaya tarik-menarik antar partikel dan terjadilah agregasi (destabilisasi koloid) c) Polimer rantai biji kelor mengikat partikel paraquat melalui jembatan antar partikel sehingga membentuk makroflok yang terlihat seperti benang panjang.

Penambahan koagulan yang melebihi batas optimum dapat menyebabkan penurunan konsentrasi semakin berkurang, sebagaimana penelitian Linggawati, dkk (2002: 170) yang menyatakan bahwa pemberian komposisi koagulan flokulan Alumunium sulfat dan pati- fosfat (yaitu sebesar 4000ppm – 1000 ppm) tidak menyebabkan kekeruhan semakin kecil. Pemberian dosis 20000 ppm dan 25000 ppm biji kelor pun demikian. Dosis ini hanya dapat menurunkan konsentrasi senyawa paraquat sebesar 4,2 mg/L atau 79,20%. Hal ini karena batas pengecilan lapisan difusi (penekanan lapisan baur) telah maksimum pada dosis 15000 ppm, potensial zeta menurun sehingga gaya tarik hidrofob (partikel koloid protein biji kelor) dengan senyawa paraquat semakin lemah.

Faktor lainnya adalah pengadukan yang tidak stabil. Kecepatan pengadukan yang tepat sangatlah penting di dalam proses koagulasi. Kurangnya kecepatan putaran pengadukan akan menyebabkan koagulan tidak dapat terdispersi dengan baik, sebaliknya apabila kecepatan putaran terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali, sehingga proses koagulasi tidak sempurna (Metchalf and Edy, 1994: 344-345). Pengadukan pada penelitian ini dilakukan dengan menstirer sehingga putaran pengadukan tidak sama rata atau tidak stabil, meskipun telah dikondisikan sama dengan waktu dan kecepatan yang sama, akibatnya flok-flok yang telah terbentuk memecah kembali karena koagulan biji kelor tidak terdispersi dengan baik, karena perlu dilakukan putaran pengadukan yang sama rata dalam setiap pemberian dosis koagulan, yaitu menggunakan alat *jar test*.

Waktu pengendapan sangat diperlukan dalam proses koagulasi untuk memberi kesempatan terjadinya kontak (interaksi) antara muatan untuk saling tarik-menarik sehingga agregat dapat mengendap. Berdasarkan Gambar 4.5 dan uji BNT pada dosis 15000 ppm, dapat dinyatakan bahwa waktu pengendapan yang dibutuhkan untuk dapat mengendapkan konsentrasi senyawa paraquat secara efektif adalah selama 30 menit. Hal ini dikarenakan, tidak ada beda nyata antara waktu 30 menit dengan waktu lainnya.

Pada waktu tersebut, muatan pada biji kelor dan paraquat dapat tepat berinteraksi. Konsentrasi paraquat dapat meningkat kembali pada waktu pengendapan 120 menit, yang disebabkan oleh gaya Van der Waals yang lemah.

Gaya Van der Waals ditimbulkan karena pengaruh antar dua atom yang bersifat dipol sementara (Sugiharto, TT, 42).

Hidayat (2006: 136) menyatakan bahwa penambahan bioflokulan serbuk biji kelor yang berlebih dapat menyebabkan kekeruhan kembali air baku yang dijernihkan, sehingga memerlukan tambahan waktu pengendapan. Penambahan dosis biji kelor pada paraquat pun demikian. Semakin banyak dosis biji kelor yang diberikan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk terjadi kontak. Hal ini dikarenakan protein yang ditambahkan semakin banyak sehingga gaya tarik antara sol hidrofob (partikel koloid biji kelor) dengan senyawa paraquat semakin lemah. Faktor lainnya adalah adanya partikel-partikel koloid yang telah terikat erat dengan molekul air (hidrofil).

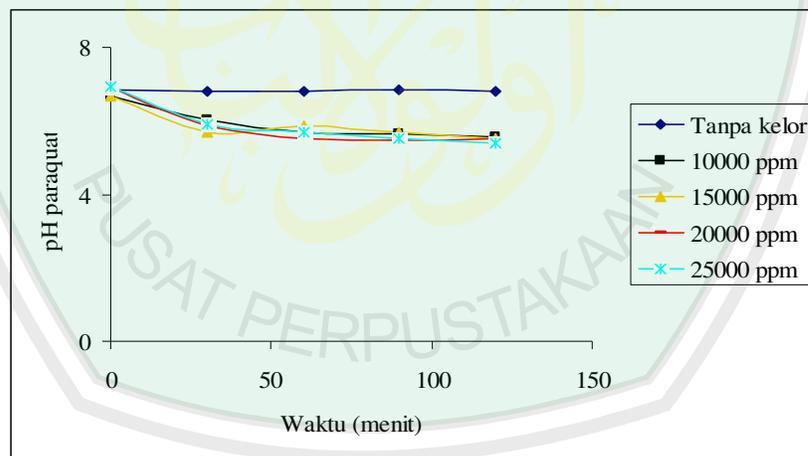
Seiring besarnya dosis yang diberikan, paraquat berubah warna. Berdasarkan foto pada Lampiran 8, dapat dinyatakan bahwa penambahan koagulan biji kelor dapat menurunkan kadar warna. Awalnya paraquat berwarna hijau gelap, namun setelah diberi koagulan biji kelor, warna berubah menjadi kuning kehijauan. Biji kelor selain dapat menurunkan kadar warna, juga dapat menurunkan bau paraquat. Awalnya paraquat berbau menyengat dan menusuk hidung, namun setelah diinteraksikan dengan biji kelor, bau tersebut menurun. Berdasarkan uraian di atas, biji kelor dapat menurunkan toksisitas senyawa paraquat, karena toksisitas senyawa paraquat dapat terpapar lewat saluran pernafasan dan kulit.

Gurnham (1955) dalam Linggawati dkk (2002: 170) menyatakan bahwa suatu koagulan dikatakan efektif, apabila mampu mengurangi nilai kekeruhan

sebesar 50%. Berdasarkan pernyataan tersebut, biji kelor sangat efektif dijadikan koagulan dalam menurunkan konsentrasi senyawa paraquat, karena pada dosis dan kondisi optimum, prosentase penurunan konsentrasi paraquat adalah sebesar 86,60%.

4.2.2 Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Perubahan pH

Tahap penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis biji kelor dan waktu pengendapan terhadap pH larutan paraquat. Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap pH larutan paraquat, disajikan pada Gambar 4.8.



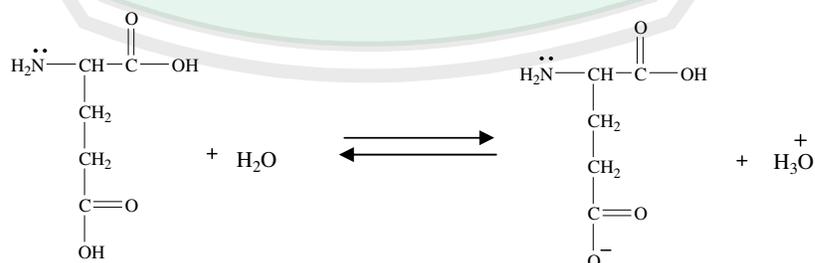
Gambar 4.7 Kurva perubahan pH terhadap waktu pengendapan (menit)

Kurva pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pemberian dosis biji kelor dan waktu pengendapan sangat berpengaruh terhadap pH larutan paraquat. Data pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa pH awal larutan paraquat adalah sekitar pH 7. Pemberian biji kelor dengan dosis antara 10000 ppm – 25000 ppm dan waktu

pengendapan selama 30 – 120 menit menyebabkan pH larutan berubah sekitar pH 6 sampai 5.

Hidayat (2006: 137) menyatakan bahwa sampel air sungai Lengki yang mempunyai pH awal sekitar 7 berubah menjadi 6,84, ketika ditambahkan koagulan biji kelor sebanyak 30 ppm. Berdasarkan penelitian tersebut, biji kelor dapat menurunkan pH walau tidak terlalu signifikan, namun pada penelitian ini, pH larutan semakin asam ketika larutan paraquat diinteraksikan dengan biji kelor. Hal ini dikarenakan dosis biji kelor yang ditambahkan ke dalam larutan paraquat jauh lebih besar.

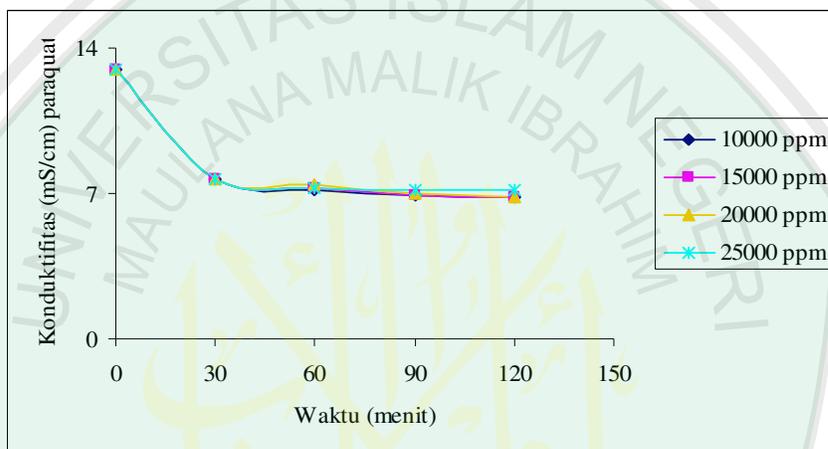
Perubahan pH semakin asam dimungkinkan adanya gugus-gugus karboksil asam amino glutamat dalam biji kelor berinteraksi dengan paraquat. Biji kelor merupakan elektrolit lemah, karena mempunyai gugus karboksil asam glutamat sebagaimana asam asetat (Atkins, 1999: 305). Hawab (2003: 44) menyatakan bahwa rantai samping asam glutamat bermuatan negatif pada pH 7 pada gugus karboksilnya. Berdasarkan hal tersebut, maka paraquat dengan pH awal sekitar 7 dapat terionisasi dan membentuk H_3O^+ sehingga pH larutan bertambah asam. Reaksi ionisasi asam glutamat pada kondisi netral disajikan pada Gambar 4.8:



Gambar 4.8 Reaksi ionisasi gugus karboksil dalam kondisi pH netral

4.2.3 Pengaruh Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Terhadap Konduktifitas

Penentuan konduktifitas dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pemberian dosis biji kelor dan waktu pengendapan. Hasil pengamatan pengaruh dosis dan waktu pengendapan terhadap konduktivitas larutan paraquat, disajikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kurva perubahan konduktifitas larutan paraquat terhadap waktu pengendapan (menit)

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pemberian dosis biji kelor dan waktu pengendapan sangat berperan dalam menurunkan konduktifitas larutan paraquat. Data pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa larutan paraquat sebelum diinteraksikan dengan biji kelor sebesar 12,96 mili Siemens per cm (mS/cm), namun setelah diinteraksikan dengan biji kelor dan diendapkan, konduktifitas larutan menurun drastis. Pemberian dosis biji kelor 10000 ppm, 15000 ppm dan 20000 ppm, dengan waktu pengendapan selama 30-120 menit, dapat menurunkan konduktifitas sekitar 7,7 - 6,8 mS/cm, sedangkan pada dosis 25000 ppm, dengan

waktu pengendapan selama 30 - 120 menit, penurunan konduktifitas tidak terlalu besar, hanya berkisar pada nilai 7,7 - 7,2 mS/cm.

Konduktifitas pada larutan dipengaruhi oleh kehadiran ion-ion, besarnya konsentrasi, gerakan ion yang ditimbulkan dan suhu pada saat pengukuran (Hidayat, 2006: 143). Atkins (1990: 302-307) juga menyatakan bahwa konduktifitas sangat tergantung pada gerakan ion. Semakin besar mobilitas ion semakin besar pula konduktifitasnya, namun konduktifitas larutan tidak sebanding tepat dengan jumlah ion yang ada. Konsentrasi ion dalam larutan asam lemah bergantung pada konsentrasi asam secara rumit, dan penduakalihan konsentrasi asam, tidak menduakalikan jumlah ion.

Larutan paraquat sebelum berinteraksi dengan biji kelor mempunyai pH sekitar 6 - 7. Berdasarkan hal tersebut, larutan paraquat mempunyai muatan ion netral sebagaimana air yang mempunyai konduktifitas nol, namun pada kenyataannya larutan paraquat mempunyai konduktifitas sebesar 12,96 mS/cm. Hal ini dikarenakan pada senyawa paraquat tidak ada medan listrik, sehingga awan ion bulat simetris, akibatnya mempercepat gerakan ion sehingga konduktifitas meningkat. Peningkatan konduktifitas ini dapat menyebabkan konsentrasi senyawa paraquat meningkat (Atkins, 1990: 313).

Pemberian dosis koagulan biji kelor pada senyawa paraquat menyebabkan mobilitas ion bergerak lambat. Muatan yang berlawanan saling berikatan dan membentuk medan listrik, sehingga awan ion terdistorsi (muatan tidak berada pada posisi semula). Muatan ion saling bergerak ke arah yang berlawanan kemudian berikatan sehingga mengurangi mobilitas ion (ion bergerak lambat).

Jika mobilitas ion berkurang, maka konduktivitas juga berkurang (Atkins, 1990: 313).

Bertambahnya pemberian biji kelor pada dosis 25000 ppm dengan waktu pengendapan yang lebih lama tidak mengalami penurunan konduktivitas yang signifikan, hal ini dikarenakan partikel koloid tersebut sangat kecil sehingga menghasilkan resultan tumbukan partikel koloid sendiri. Tumbukan tersebut berlangsung ke segala arah dan cenderung tidak seimbang sehingga menyebabkan bergerak zig-zag dengan cepat. Semakin cepat gerakan partikel atau ion tersebut, maka konduktivitasnya semakin meningkat. Jika dilihat pada konsentrasinya, larutan paraquat dengan pemberian dosis 25000 ppm juga meningkat, jadi berdasarkan penjelasan diatas bahwa peningkatan konduktivitas suatu larutan sebanding dengan konsentrasinya.

Manfaat biji kelor begitu besar bagi terciptanya keseimbangan alam, yaitu pengendalian pencemaran lingkungan, maka sepatutnya manusia harus selalu mensyukurinya. Al-Qur'an mengemukakan fakta-fakta yang terjadi dalam fenomena tetumbuhan itu agar manusia dapat mengembalikan kesadaran dirinya akan keagungan Allah yang maha kuasa atas segala sesuatu. Apa yang ada di alam ini, harus kita perhatikan agar kita bisa mengambil manfaatnya, sebagaimana manfaat biji kelor. Allah berfirman dalam al-Qur'an.

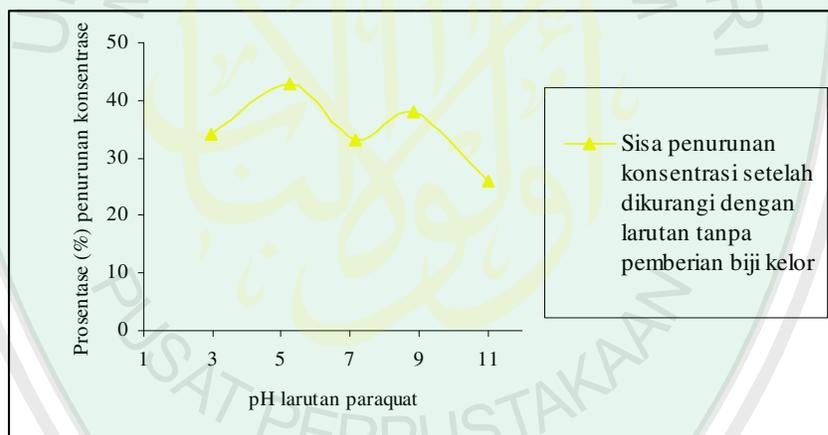
أَكْثَرُهُمْ كَانَ وَمَا لَأَيَّةٍ ذَٰلِكَ فِي إِنَّ ﴿٧﴾ كَرِيمٍ زَوْجٍ كُلِّ مِنْ فِيهَا أَنْبَتْنَا كَمَّ الْأَرْضِ إِلَى يَرَوًّا أَوْلَمَ
مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾

"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan itu pelbagai macam tumbuhan-tumbuhan yang baik? sesungguhnya pada demikian itu benar-benar ada tanda kekuasaan Allah. Dan kebanyakan mereka tidak beriman" (Q.S Al-Syu'arâ/ 26:7-8).

4.3 Penentuan pH Optimum Koagulasi Paraquat menggunakan *Moringa Oleifera* Lamk.

Berdasarkan penelitian Lestari (2000: 52), bahwa larutan paraquat dapat stabil pada rentang pH 2 – 12, oleh karena itu pada tahap ini pH diatur pada rentang pH 3– 11. Penentuan pH optimum ini bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa konsentrasi senyawa paraquat dapat menurun secara maksimal. Tahap penelitian ini dilakukan dengan dosis optimum yaitu 15000 ppm dan waktu pengendapan selama 90 menit.

Hasil pengukuran konsentrasi senyawa paraquat pada variasi pH dengan menggunakan biji kelor disajikan pada Gambar 4.10.

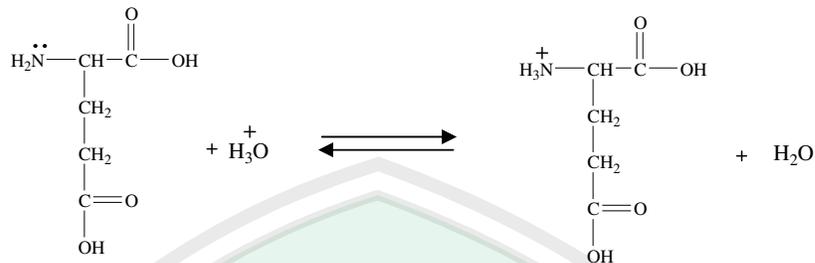


Gambar 4.10 Kurva sisa konsentrasi (penurunan konsentrasi paraquat dengan pemberian biji kelor dikurangi dengan tanpa pemberian biji kelor) pada variasi pH

Gambar 4.10 dan Lampiran 5 menunjukkan bahwa sekitar pH 3 konsentrasi paraquat dapat menurun sebesar 82% (sisa 34%). Konsentrasi menurun sebesar 86% (sisa 43%) sekitar pH 5, sedangkan sekitar pH 7 konsentrasi paraquat menurun sebesar 84% (sisa 33%). Prosentase penurunan konsentrasi pada pH 9 sebesar 81% (sisa 38%) dan 83% (sisa 26%) sekitar pH 11.

Berdasarkan data tersebut maka penurunan konsentrasi paraquat dapat efektif sekitar pH 5. Hal ini sebagaimana pada penentuan dosis dan waktu pengendapan optimum bahwa pH larutan paraquat setelah diinteraksikan dengan kelor dapat menurun sekitar pH 5. Pada pH tersebut, gugus-gugus pada protein biji kelor dapat terionisasi. Ion-ion tersebut bergerak dan berikatan dengan ion yang berlawanan. Ion-ion tersebut semakin mendekat hingga jarak antar muatan berkurang sehingga membentuk lapisan ganda. Berkumpulnya muatan pada lapisan ganda tersebut menyebabkan zeta potensial nol sehingga proses koagulasi menjadi optimum dan sistem koloid menjadi netral. Ketika sistem koloid netral, maka koloid mengalami agregasi dan membentuk flok-flok. Pembentukan flok inilah yang mengakibatkan konsentrasi paraquat sekitar pH 5 dapat menurun tajam.

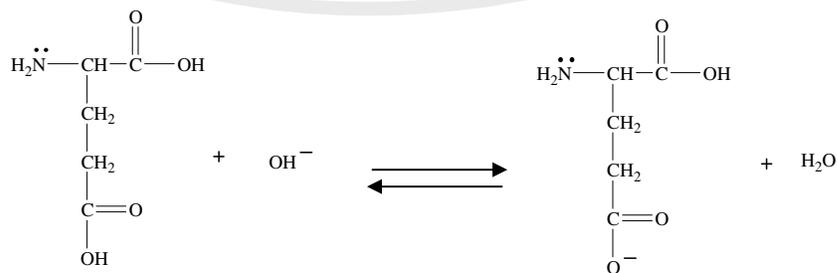
Amina dan asam karboksilat dapat mengalami reaksi reversibel dengan air dan asam lemah lainnya (Fessenden dan Fessenden, 1986: 29). Protein dalam biji kelor pun demikian, hal ini dikarenakan biji kelor mengandung gugus karboksil dan amina pada asam aminonya. Data sekunder mengenai pH larutan menunjukkan bahwa larutan paraquat yang dikondisikan sekitar pH 3 dapat berubah menjadi pH 4 setelah ditambahkan biji kelor, begitu juga sekitar pH 5 dapat berubah menjadi lebih netral. Hal ini dimungkinkan muatan-muatan asam amino glutamat dalam protein biji kelor berinteraksi dengan paraquat. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 5. Reaksi ionisasi asam glutamat pada kondisi asam sebagaimana Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Reaksi ionisasi asam glutamat pada pH asam

Hadirnya H_2O dalam larutan menyebabkan paraquat menjadi lebih netral, sedangkan pada pH 7 gugus COOH dari asam glutamat akan terionisasi membentuk H_3O sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Gugus ini akan terionisasi pada pH netral sehingga melepas H^+ dalam larutan, dengan demikian larutan menjadi semakin asam.

Sekitar pH 9 dan 11, gugus COOH akan melepaskan H^+ , sehingga dapat membentuk H_2O . Kehadiran H_2O inilah yang dapat menyebabkan larutan menjadi lebih, namun dengan pemberian biji kelor pada paraquat pada kondisi-kondisi tersebut tidak menjadikan asam amino glutamat dalam biji kelor berubah menjadi netral (pH isoelektrik), sehingga muatan-muatannya dapat berinteraksi dengan paraquat. Poedjiadi (1994: 86) menyatakan bahwa pH isoelektrik asam amino glutamat berkisar pada pH 3,22.

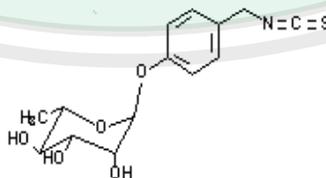


Gambar 4.12 Reaksi ionisasi asam glutamat pada pH basa

Larutan paraquat sebelum diinteraksikan dengan biji kelor dengan waktu pengendapan selama 90 menit, tidak mengalami penurunan konsentrasi yang signifikan. Hal ini dikarenakan tidak ada transfer muatan, namun penurunan konsentrasi yang kecil tersebut dikarenakan adanya gaya gravitasi yang cukup besar, sehingga mengalami sedimentasi.

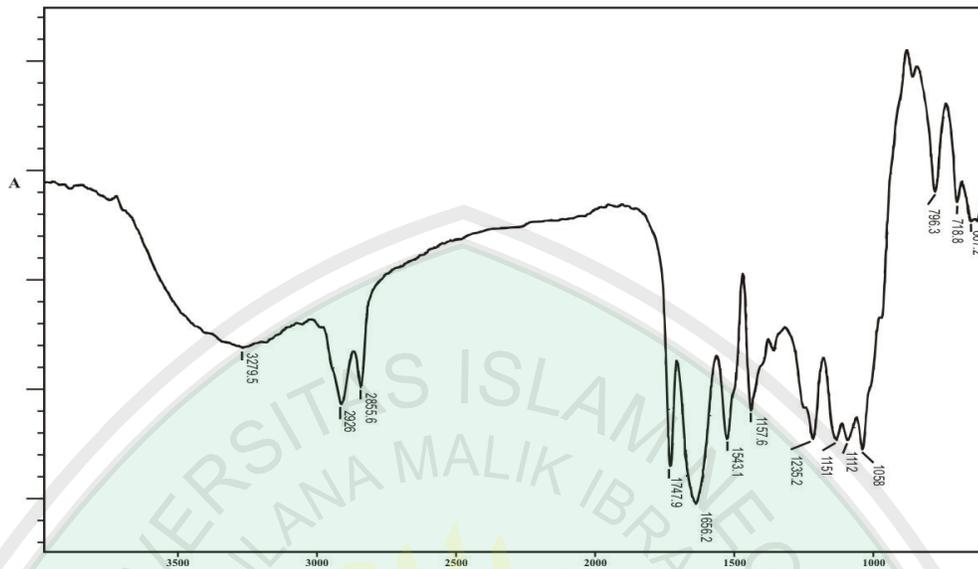
4.4 Interaksi Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) dengan Paraquat

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.10 dapat dinyatakan bahwa biji kelor mempunyai zat aktif yang dapat menurunkan konsentrasi paraquat. Zat aktif itu dapat berinteraksi dengan senyawa paraquat melalui proses koagulasi tipe adsorpsi dan jembatan antar partikel. Muatan kation paraquat dimungkinkan dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada gugus karboksil asam amino glutamat melalui adsorpsi dan berinteraksi dengan gugus yang berada pada zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy benzyl isothiosianat melalui jembatan antar partikel. Hal ini dapat diketahui dari spektra hasil penelitian Yulianti (2007) yang diinterpretasikan penulis pada Tabel 4.1, diantaranya hilangnya uluran OH dari asam karboksilat, uluran OH dari alkohol sekunder, uluran CO dari eter dan tekukan N-C-S.

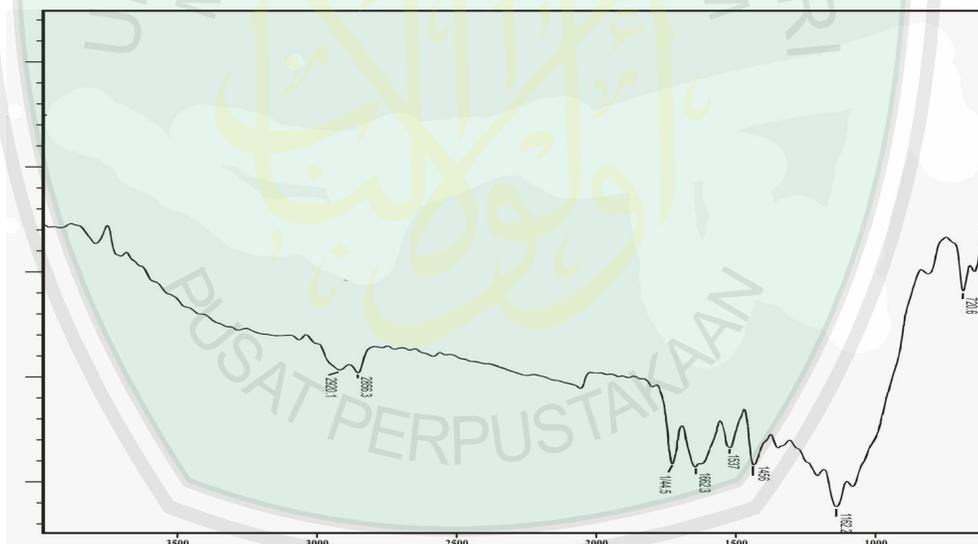


Gambar 4.13 Struktur 4-alfa- 4-rhamnosyloxy benzyl isothiosianat

Spektra serapan biji kelor sebelum dan sesudah interaksi dengan paraquat dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15 berikut:



Gambar 4.14 Spektra serbuk biji kelor sebelum diinteraksikan dengan paraquat



Gambar 4.15 Spektra serbuk biji kelor setelah diinteraksikan dengan paraquat

Berdasarkan spektra di atas, penulis menginterpretasikan bahwa terdapat perbedaan serapan antara serbuk biji kelor sebelum dan sesudah berinteraksi. Data bilangan gelombang (cm^{-1}) dan jenis vibrasi dari biji kelor sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan senyawa paraquat disajikan dalam Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Nilai bilangan panjang gelombang biji kelor berdasarkan pengujian dengan spektrofotometri inframerah.

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Range (cm ⁻¹)	Intensitas	Jenis vibrasi
	Kelor	Kelor + paraquat			
1	3279,5	-	4000-3200	Lemah, lebar	O-H (H yang terikat pada OH secara intermolekul
2	2926	-	2960-2840	Kuat	Uluran O-CH ₃ asimetri
3	-	2920,1	3000-2900	Lemah	Uluran CH ₃ CH ₃ -CO-(keton)
4	-	2856,3	2880-2835	Sedang-lemah	Uluran CH ₂ simetri
5	2855,6	-	2962-2885	Kuat	Uluran CH alkena
6	1747,9	1744,3	1800-1740	Kuat, tajam	Uluran C=O dari asam karboksilat
7	-	1662,3	1680-1630	Sedang-kuat	Uluran C=C dari C=C-N
8	1656,2	-	1665-1610	Kuat	Uluran C=O dari keton
9	1543,1	1537	1570-1515	Kuat	Uluran NH ikatan hidrogen dari amida
10	1457,6	1456	1470-1435	Kuat	Uluran CH ₂ simetri deformasi
11	1235,2	-	1380-1280	Kuat	Uluran OH dari asam karboksilat
12	-	1162,2	~1160	Kuat	Uluran C-H piridin N-oksida pada paraquat
13	1151	-	1140-820	Sedang-kuat	Uluran C-O asimetri dari eter
14	1112	-	1140-820	Sedang-kuat	Uluran C-O asimetri dari eter
15	1058	-	1085-1030	Kuat	Uluran OH dari alkohol sekunder
16	796,3	-	860-780	Kuat	Uluran =C-H keluar bidang pada cincin benzen
17	718,8	720,6	830-700	Sedang-kuat	Uluran C-H deformasi keluar bidang
18	667,2	-	~655		Tekuk alkil isothiosianat N-C-S

Sumber: Socrates (1994)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kebanyakan vibrasi uluran yang ada dalam biji kelor sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan paraquat adalah

sama, namun serapan bilangan gelombangnya sedikit mengalami pergeseran akibat interaksi dengan senyawa paraquat, antara lain uluran C=O pada serapan bilangan gelombang $1747,9\text{ cm}^{-1}$, uluran NH ikatan hidrogen dari amida pada serapan bilangan gelombang $1543,1\text{ cm}^{-1}$, uluran CH_2 simetri deformasi pada serapan bilangan gelombang $1457,6\text{ cm}^{-1}$, dan uluran CH deformasi keluar bidang pada serapan bilangan gelombang $718,8\text{ cm}^{-1}$. Adanya pergeseran bilangan gelombang tersebut menjadi salah satu parameter bahwa terjadi interaksi antara biji kelor dengan paraquat walau hanya bersifat sementara dan lemah.

Parameter lain yang menunjukkan adanya interaksi antara biji kelor dengan paraquat adalah munculnya vibrasi uluran baru, antara lain uluran CH_3 pada bilangan gelombang 2926 cm^{-1} , uluran CH_2 pada bilangan gelombang $2856,3\text{ cm}^{-1}$, C=C pada serapan bilangan gelombang $1662,3\text{ cm}^{-1}$, dan uluran C-H piridin N-oksida pada paraquat pada serapan bilangan gelombang sekitar $1162,2\text{ cm}^{-1}$. Vibrasi uluran baru tersebut adalah vibrasi yang diakibatkan gugus aktif dalam biji kelor telah berinteraksi dengan senyawa yang ada dalam paraquat.

Berdasarkan Tabel 4.1, terlihat hilangnya vibrasi uluran dalam biji kelor setelah diinteraksikan dengan paraquat antara lain uluran O-H pada serapan bilangan gelombang $327,9\text{ cm}^{-1}$, $1235,2\text{ cm}^{-1}$, dan 1058 cm^{-1} . Uluran O- CH_3 pada serapan bilangan gelombang 2926 cm^{-1} , CH alkena pada bilangan gelombang $2855,6\text{ cm}^{-1}$, uluran C=O pada serapan bilangan gelombang $1656,2\text{ cm}^{-1}$, uluran C-O asimetri pada serapan bilangan gelombang 1151 dan 1112 cm^{-1} , uluran =C-H keluar bidang pada cincin benzen pada serapan bilangan gelombang $796,3\text{ cm}^{-1}$, dan uluran tekuk alkil isothiosianat pada serapan bilangan gelombang $667,2\text{ cm}^{-1}$.

Hilangnya vibrasi uluran tersebut dimungkinkan karena gugus-gugus tersebut telah berinteraksi dengan paraquat sehingga terbentuk vibrasi uluran baru sebagaimana penjelasan sebelumnya.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dijelaskan pada bagian pembahasan, dapat disimpulkan bahwa efektifitas koagulasi ion paraquat (1,1-dimetil,4,4-bipiridilium) menggunakan biji kelor (*Moringa Oleifera* Lamk) adalah menggunakan dosis koagulan sebanyak 15000 ppm, waktu pengendapan optimum selama 30 menit, dan pH optimum adalah sekitar 5 dengan penurunan konsentrasi paraquat sekitar 86%.

5.2 Saran

Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan optimum serta suhu yang tepat dalam proses koagulasi paraquat menggunakan biji kelor. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan alat jar test agar mengurangi tingkat kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. Moringa Oleifera. <http://www.echonet.org/moringa3.htm>. Diakses tanggal 8 Januari 2008.
- Anonymous. Paraquat. <http://en.wikipedia.org/wiki/Paraquat>. Diakses tanggal 22 Januari 2007.
- Atkins, P.W. 1990. *Kimia Fisik Jilid I.*, terj. Kartohadiprodo. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bagir dkk. 2006. *Ilmu, Etika & Agama*. Jogjakarta: Center for Religious and Cross-Cultural Studies. Universitas Gajah Mada.
- Chandra, A. 2001. Pemanfaatan Biji Kelor Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tekstil. <http://www.terranet.or.id/search/stus.php?cat=A06>. Diakses tanggal 21 Oktober 2006.
- Connell, D.W. dan Miller, G.J. 1995. *Kimia Dan Ekotoksikologi Pencemaran*. terj. Yanti Koestoer. Jakarta: UI-Press.
- Cremilin, R. J.W. 1991. *Agrochemical: Preparation And Mode of Action*. Canada: John Willey & Sons, Inc.
- Cunnif, P. 1990. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Virginia.
- Day, Jr and Underwood, Al. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dwidjoseputro, D. 1994. *Ekologi Manusia Dengan Lingkungannya*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dwiryanti, D. 2005. *Pengolahan Lindi Dengan Biji Moringa oleifera Lamk dan Membran Mikrofiltrasi*. Makalah Seminar Kimia Lingkungan VII, Surabaya.
- Eckenfelder, W.W. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. New York: Mc Graw Hill.
- European Commission. 2003. *Paraquat*. Health & Consumer Protection Directorate-General.
- Fatah, R.A. dan Sudarsono. 1992. *Ilmu dan Teknologi dalam Islam*. Jakarta. Departemen Agama RI.

- Fahey. 2005. [Moringa Oleifera: A Review Of The Medical Evidence For Its Nutritional, Therapeutic, And Prophylactic Properties. Part 1. http://www.ffljournal.org/article.php/20051201124931586](http://www.ffljournal.org/article.php/20051201124931586). Diakses Tanggal 14 Januari 2008.
- Fessenden, R.J and Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik I*. terj Pudjaatmika. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fruton, J.A. 1953. *Biochemistry*. USA: John Willey & Sons.
- Gani, B.A dan Umam, C. 1994. *Beberapa Aspek Ilmiah Tentang Qur'an*. Jakarta: PT. Pustaka Lintera Antar Nusa.
- Hammer, M.J. 1977. *Water and Wastewater Technology*. Second Edition, USA: John Willey & Sons Inc.
- Hawab. 2003. *Pengantar Biokimia*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Hayati, E. K, 2007, *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*, Malang: Kantor Jaminan Mutu UIN Malang 2007.
- Hidayat, S. 2003. Biji Kelor Penjernih Air. http://www.Rri-Online.Com/Modules.Php?name=Pendidikan&Op=Info_Pendidikan_Detail&Id=37. Diakses tanggal 13 September 2006.
- Hidayat, S. 2006. Pemberdayaan masyarakat bantaran Sungai Lematang Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera* lamk) sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air. *Disertasi*. Malang: Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Malang.
- IPCS INCHEM. 1984. *Paraquat and Diquat*. Geneva: World Health Organization.
- Khopkar, S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Laporan Status Lingkungan Hidup. 2002. KLH (Kementrian Lingkungan Hidup).
- Lestari, S.W. 2000. Optimasi Metode Analisis Kuantitatif dan Penerapannya pada Studi Desorpsi 1,1- Dimetil 4,4-Bipiridilium Dalam Tanah Gambut. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gajahmada Yogyakarta.
- Linggawati dkk. 2002. Efektifitas Pati-Fosfat dan Alumunium Sulfat Sebagai Flokulan dan Koagulan. *Jurnal Natur Indonesia*. Riau: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau.
- Metcalf and Edy. 1994. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Fourth Edition. McGraw- Hill Companies, Inc.

- Muktamar dkk. 2004. Adsorpsi dan Desorpsi Herbisida Paraquat oleh Bahan Organik Tanah. *Jurnal Akta Agrosia*. Bengkulu: Fakultas Pertanian.
- Mulja dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumenal*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Ningsih, S. 2006. Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Proses Pengolahan Limbah tahu (Kajian Penambahan Dosis Koagulan dan Waktu Tinggal). *Skripsi*. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Notodarmodjo dkk. TT. Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir Dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH. <http://www.72.14.235.104/search?q=p,BO>.
- Poedjiadi, A. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*, Jakarta: UI Press.
- Siemonsma, J.S and Piluek, K. 1993. *Plant resources of South-East Asia*, Wageningen: the Netherland. Pudoc-DLO.
- Socrates, G. 1994. *Infra Red Characteristic Group Frequencies Tables and Charts*. Second Edition. University Of West London.
- Stevens. 2001. *Kimia Polimer*. terj. Sopyan. Jakarta: PT PRADNYA PARAMITA.
- Sudarmo, S. 1991. *Pestisida*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sugiharto, K.H. TT. *Kimia Anorganik II*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suliyati. 2003. *Pengaruh Penggunaan Herbisida Sulfosat dan Paraquat Diklorida serta Kombinasi Penyiangan dan Pembumbuan Terhadap Pertumbuhan Gulma, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (Zea Mays L.) Sistem Tanpa Olah Tanah*. Skripsi. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Utami, U. dan Sukarsono. 2005. Model Analisis Sistem Pengolahan Industri tekstil Menggunakan Bioflokulan (*Moringa oleifera* Lamk). *Jurnal Ulul Albab*. UIN Malang. Vol.VI No.1.
- Vogel. 1985. *Buku Teks Analisis Organik Kualitatif*. terj. Setiono dan Pudjaatmiko. Edisi Kelima. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Giz.*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Winarno, F.G. 2003. Biji Kelor untuk Bersihkan Air Sungai. [http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan & kode=1574](http://www.ampl.or.id/detail/detail01.php?tp=artikel&jns=wawasan&kode=1574). Diakses tanggal 5 Maret 2006.

Wirahadikusumah. 1977. *Biokimia*. Jakarta: Erlangga.

Yahya, H. Menyingkap Rahasia Alam Semesta. <http://www.harunyahya.com/indo/>. Diakses tanggal 5 Juni 2007.

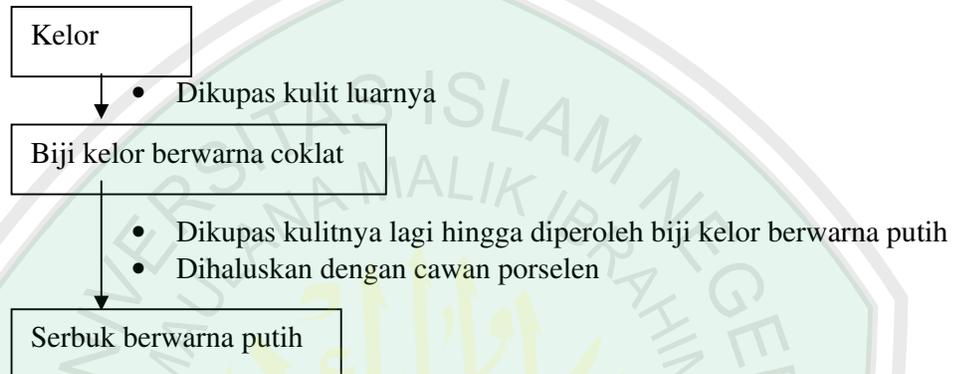
Yulianti, Eny. 2005. Adsorpsi Metil 1-[(Butil Amino) Karbonil]-1H-Densimidazol-Z-Karbamat-2 (Benomil) Pada Humin Sebagai Fraksi Tak Larut Tanah Gambut Pontianak Kalimantan Barat. *Thesis*. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.

Yulianti, Eny. 2007. Studi Interaksi Antara Biji Kelor Terhadap Pestisida Paraquat (1,1 dimetil 4,4-bipiridilium) dan Posphat Dalam Medium Air. *Laporan Penelitian*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

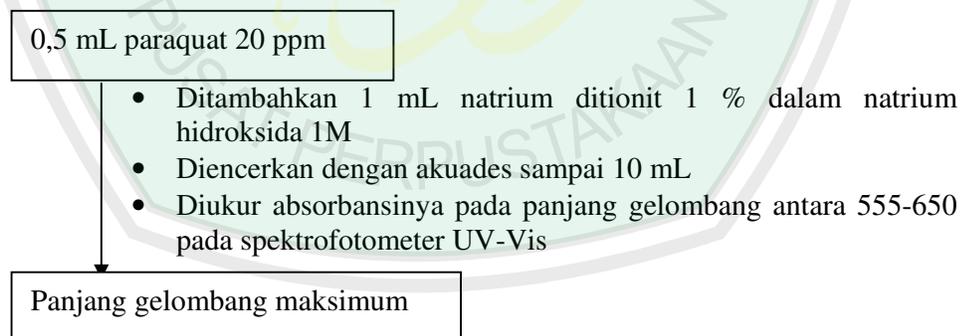
Lampiran 1. Cara Kerja Penelitian

1.1 Preparasi Kelor

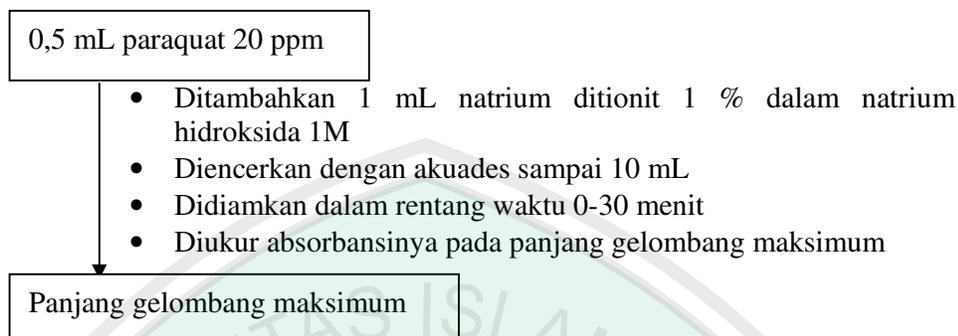


1.2 Optimasi Prosedur Analisis Kuantitatif Paraquat

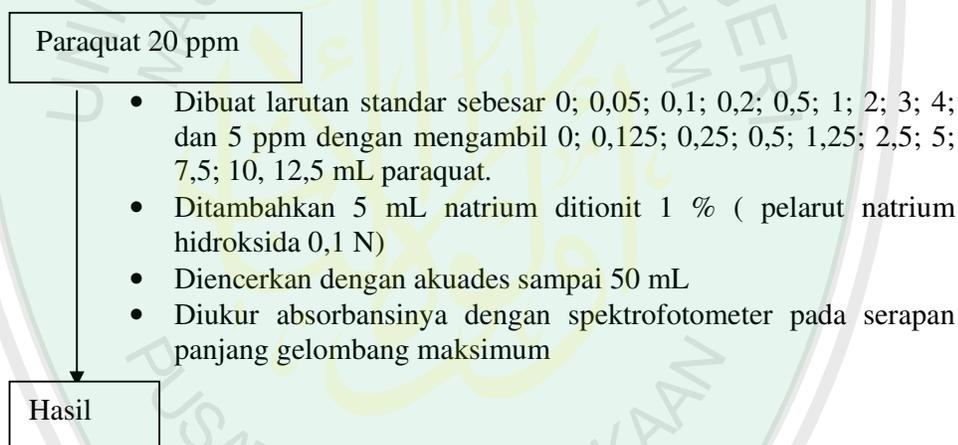
1.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Paraquat Tereduksi



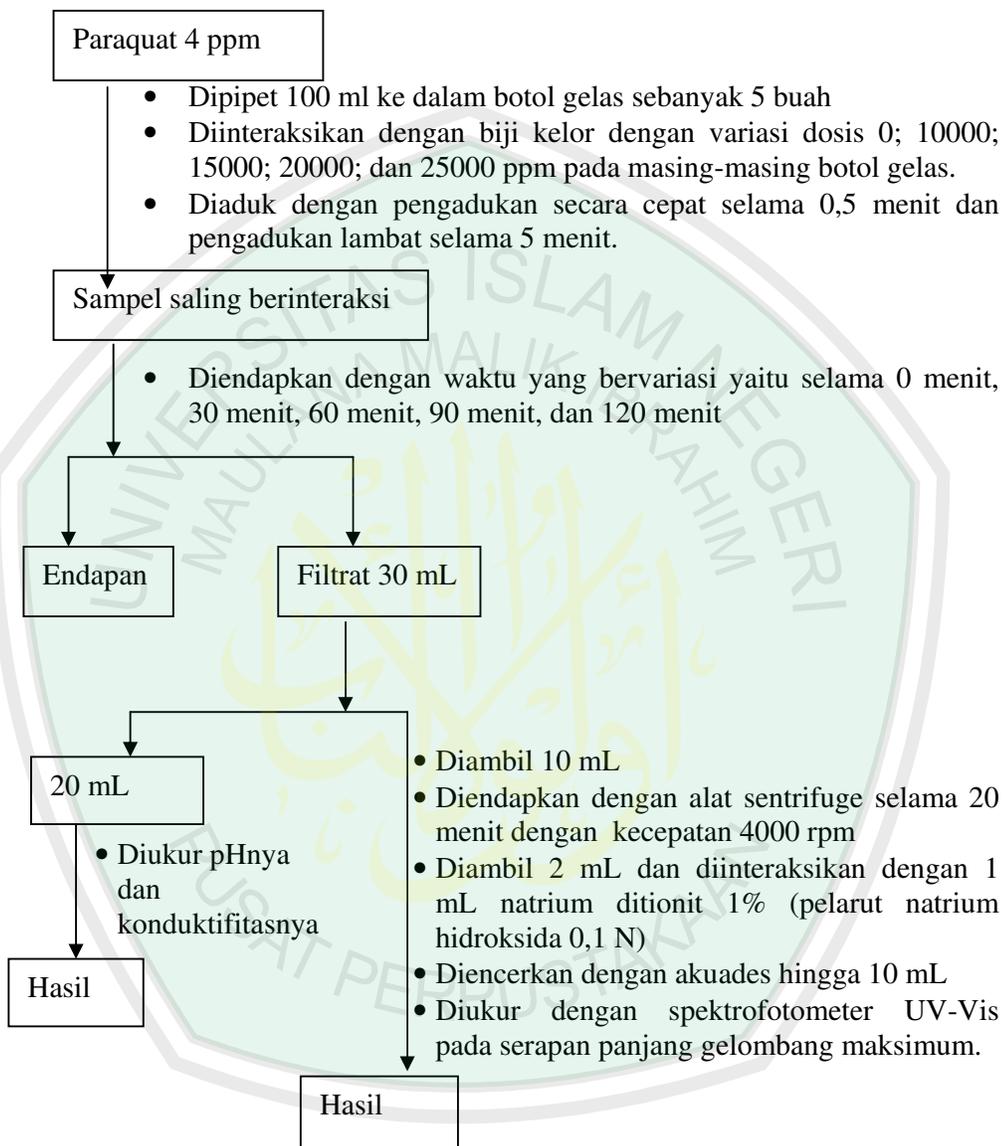
1.2.2 Penentuan Stabilitas Senyawa Paraquat Tereduksi



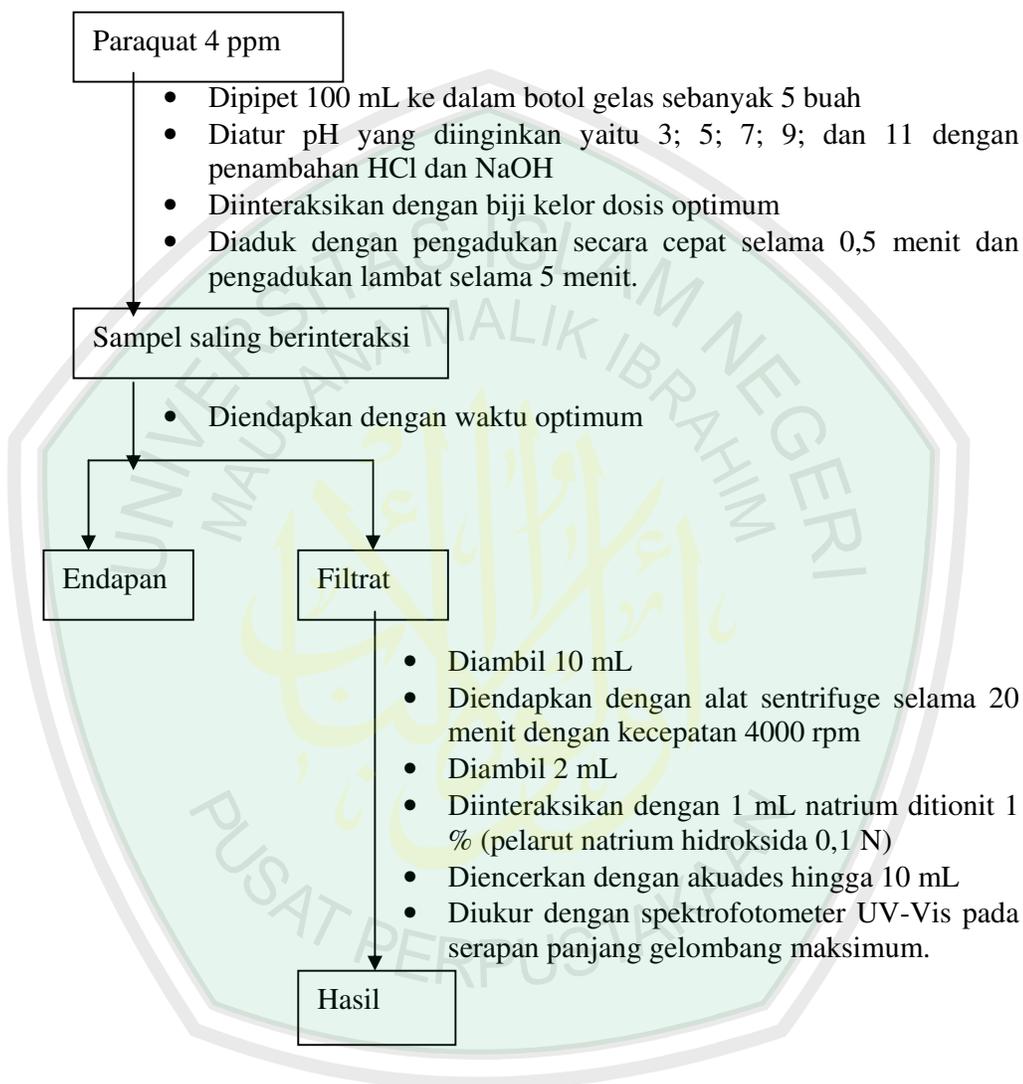
1.2.3 Sensitivitas Dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri



1.3 Penentuan Dosis Optimum dan Waktu Optimum Koagulasi Paraquat Menggunakan *Moringa Oleifera* Lamk.



1.4 Penentuan pH Optimum Koagulasi Senyawa Paraquat Menggunakan *Moringa oleifera* Lamk.



Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi Larutan

2.1 Larutan Paraquat 20 ppm

Dengan menggunakan rumus $V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$

Diketahui $M_1 = 200 \text{ ppm}$

$$M_2 = 20 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 1000 \text{ mL}$$

$200 \text{ ppm} \cdot V_1 = 20 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ mL}$

$$V_1 = 100 \text{ mL}$$

2.2 Larutan NaOH 0,1 N

Diketahui $M_r \text{ NaOH} = 40 \text{ gr/mol}$

$$V. \text{ akuades} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ mL}$$

$$N = g/BE \times V$$

$$BE = BM/n$$

$$BE = 40/1 = 40$$

$$N = g/40 \times 0,1$$

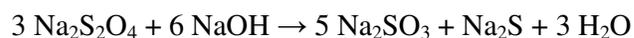
$$0,1 = g/40 \times 0,1$$

$$\text{Gram} = 0,4 \text{ gram}$$

2.3 Larutan Natrium Ditionit 1 % ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) dalam NaOH 0,1 N

Diketahui V yang dibuat = 10 ml

$$1 \% = \frac{x \text{ gram}}{10 \text{ ml}} \times 100 = 0,1 \text{ gram}$$



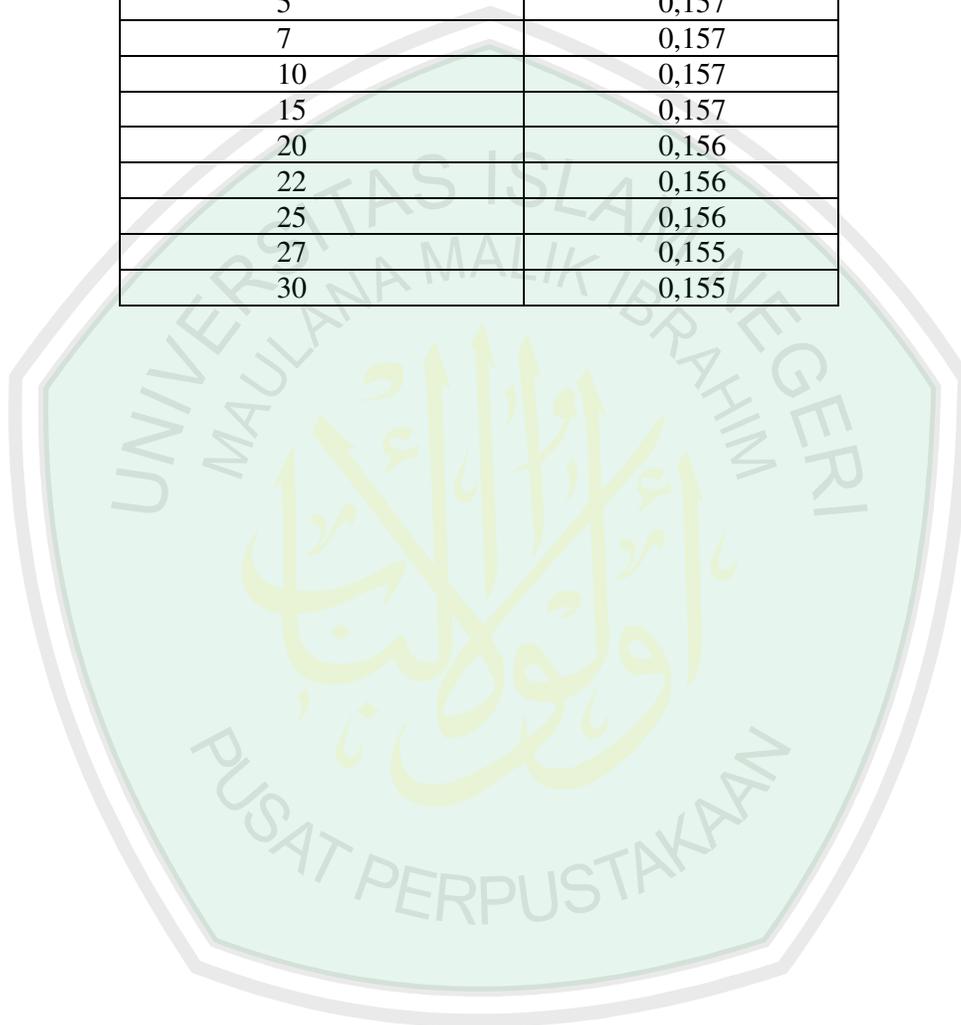
Lampiran 3. Nilai Panjang Gelombang, Stabilitas Senyawa Paraquat Tereduksi, dan Sensitifitas dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri

3.1 Nilai Panjang Gelombang Paraquat Tereduksi

Panjang Gelombang (λ) nm	Absorbansi (A)
650	0,099
645	0,130
640	0,159
635	0,182
630	0,193
629,2	0,194
628,2	0,193
627,2	0,193
626,2	0,192
625,2	0,190
624,2	0,187
623,2	0,184
622,2	0,181
621,2	0,178
620	0,175
615	0,154
610	0,133
605	0,116
600	0,104
595	0,095
590	0,090
585	0,085
580	0,081
575	0,077
570	0,073
565	0,068
560	0,064
555	0,060

3.2 Nilai Stabilitas Paraquat Tereduksi

Waktu (menit)	Absorbansi (A)
3	0,157
4	0,157
5	0,157
7	0,157
10	0,157
15	0,157
20	0,156
22	0,156
25	0,156
27	0,155
30	0,155



3.3 Nilai Sensitivitas Dan Batas Deteksi Metode Analisis Paraquat Secara Spektrofotometri

Konsentrasi	Absorbansi
0,05	0,015
0,1	0,016
0,2	0,034
0,5	0,096
1	0,194
2	0,399
3	0,653
4	0,916
5	1,137

X	y	x ²	Y ²	xy	y [^]	(y-y [^]) ²
0,05	0,015	0,0025	0,00024	0,00075	-0,00687	0,000478297
0,1	0,016	0,01	0,000256	0,0016	0,00457	0,000130645
0,2	0,034	0,04	0,001156	0,0068	0,02744	4,30336E-05
0,5	0,096	0,25	0,003264	0,048	0,09605	2,5E-09
1	0,194	1	0,037636	0,194	0,2104	0,00026896
2	0,399	4	0,159201	0,798	0,4391	0,00160801
3	0,653	9	0,426409	1,959	0,6678	0,00021904
4	0,916	16	0,839056	3,664	0,8965	0,00038025
5	1,137	25	1,292769	5,685	1,1252	0,00013924
						∑ 0,003267478

Dengan $y = 0,2287x - 0,0183$

$$R^2 = 0,9977$$

$$S_B = \text{axy} = \sqrt{\frac{\sum (y - y^{\wedge})^2}{n - 2}}$$

$$S_B = \text{axy} = \sqrt{\frac{0,003267478}{7}} = \sqrt{0,000466783} = 0,021603$$

Dengan Y_B sama dengan a

$$\begin{aligned} Y &= Y_B + 3 (S_B) \\ &= -0,00183 + 3 (0,021603) \\ &= 0,046509 \end{aligned}$$

Maka batas deteksi pada metode spektrofotometri ini adalah

$$\begin{aligned} Y &= a + bx \\ X &= \frac{y - a}{b} = \frac{0,046509 - (-0,0183)}{0,2287} = 0,28338 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Nilai Konsentrasi Paraquat dengan Variasi Dosis dan Waktu Pengendapan

4.1 Nilai Konsentrasi Paraquat Setelah Diinteraksikan dengan Dosis Koagulan Biji Kelor dan Waktu Pengendapan (Sisa Konsentrasi)

Dosis biji kelor (ppm)	Waktu (menit)	Abs I	Abs II	ppm I	ppm II	Rata-rata (ppm)
0	0	0,2557	0,2582	5,671	5,725	5,698
	30	0,1546	0,1440	3,462	3,230	3,346
	60	0,1499	0,1361	3,359	3,057	3,208
	90	0,1445	0,1328	3,240	2,984	3,112
	120	0,1379	0,1299	3,095	2,931	3,013
10000	0	0,2626	0,2635	5,822	5,842	5,832
	30	0,0534	0,0696	1,249	1,603	1,426
	60	0,0434	0,0425	1,029	1,011	1,020
	90	0,0421	0,0359	1,001	0,867	0,934
	120	0,0389	0,0354	0,931	0,855	0,893
15000	0	0,2626	0,2635	5,822	5,842	5,832
	30	0,0466	0,0314	1,100	0,768	0,934
	60	0,0324	0,0344	0,790	0,834	0,812
	90	0,0315	0,0322	0,770	0,784	0,777
	120	0,0361	0,0343	0,870	0,832	0,851
20000	0	0,2381	0,2471	5,286	5,483	5,383
	30	0,0709	0,0311	1,632	1,482	1,557
	60	0,0659	0,0828	1,521	1,507	1,514
	90	0,0633	0,0524	1,464	1,226	1,345
	120	0,0546	0,0406	1,275	0,969	1,122
25000	0	0,2381	0,0311	5,286	5,483	5,383
	30	0,0842	0,0852	1,923	1,943	1,933
	60	0,0819	0,0748	1,871	1,717	1,794
	90	0,0809	0,0519	1,850	1,216	1,533
	120	0,0430	0,0524	1,021	1,227	1,124

Perhitungan konsentrasi

Diketahui persamaan $y = 0,2287x + (-0,0183)$

$$X = \frac{y - (-0,0183)}{0,2287}$$

Pada dosis 15000 ppm pada waktu pengendapan 90 menit

$$\text{Diketahui Absorbansi} = 0,0319 \times \text{fp} \left(\frac{10}{2} \right) = 0,1595$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= \frac{0,1595 + 0,0183}{0,2287} \\ &= 0,777 \end{aligned}$$

Catatan : untuk penentuan konsentrasi selanjutnya juga dilakukan perhitungan sebagaimana di atas.

4.2 Perhitungan dengan uji BNT untuk mengetahui waktu optimum pada dosis 15000 ppm

Waktu	Ulangan		Total
	I	II	
0	5,822	5,842	11,664
30	1,100	0,768	1,868
60	0,790	0,834	1,624
90	0,770	0,784	1,554
120	0,870	0,832	1,702
Total			18,412

$$\begin{aligned} \text{FK} &= (18,412)^2 / 2 \times 5 \\ &= 33,90017 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK}_{\text{total}} &= 73,80081 - 33,90017 \\ &= 39,90063 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK}_{\text{perl}} &= 73,7437 - 33,90017 \\ &= 39,8435 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK}_{\text{G perl}} &= \text{JK}_{\text{total}} - \text{JK}_{\text{perl}} \\ &= 39,9006 - 39,8435 \\ &= 0,0571 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KT}_{\text{perl}} &= \text{JK}_{\text{perl}} / \text{db}_{\text{perl}} \\ &= 39,8435 / 4 \\ &= 9,9608 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KT}_{\text{Gperl}} &= 0,0571 / 5 \\ &= 0,01142 \end{aligned}$$

SK	Db	JK	KT
Perlk	4	39,8435	9,9608
G perlk	5	0,0571	0,01141
Total	9	39,9006	

$$\begin{aligned} \text{BNT (0,05)} &= t_{\text{tabel}}^{(0,05/2)} (5) \times \sqrt{(2 \times 0,01142 / 2)} \\ &= 2,571 \times 5 \times 0,1068 \\ &= 1,373 \end{aligned}$$

Jadi BNT (0,05) = 1,373

Perlakuan dan nilai tengahnya	Perlakuan dan nilai tengahnya				
	1 (90 menit) (0,603)	2 (60 menit) (0,659)	3 (120 menit) (0,724)	4 (30 menit) (0,872)	5 (0 menit) (5,832)
(1) 0,603	-	0,056	0,121	0,269	5,229*
(2) 0,659	-	-	0,065	0,213	5,173*
(3) 0,724	-	-	-	0,148	5,108*
(4) 0,872	-	-	-	-	4,96*
(5) 5,832	-	-	-	-	-

Untuk nilai yang bertanda * berarti berbeda nyata sedangkan jika tidak bertanda berarti tidak berbeda nyata

Berdasarkan hal tersebut, maka waktu optimum koagulasi menggunakan biji kelor adalah 30 menit karena tidak berbeda nyata dengan waktu lainnya.

4.3 Prosentase Penurunan Konsentrasi Paraquat

Waktu (menit)	Dosis Biji Kelor (ppm)				
	Tanpa Kelor	10000	15000	20000	25000
30	42,10%	76,00%	84,00%	71,00%	64,20%
60	43,80%	82,40%	86,00%	71,00%	66,00%
90	45,60%	84,40%	86,60%	74,50%	71,60%
120	47,20%	84,40%	85,00%	79,20%	79,20%

Prosentase penurunan diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\text{Prosentase penurunan kadar (\%)} = \frac{A \times B}{A} \times 100\%$$

Dimana A = Konsentrasi paraquat sebelum interaksi

B = Konsentrasi paraquat setelah interaksi

Catatan: untuk perhitungan prosentase selanjutnya dilakukan sebagaimana di atas.

4.4 Nilai pH Setelah Diinteraksikan dengan Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan

Waktu (menit)	Dosis Biji Kelor (ppm)				
	Tanpa Kelor	10000	15000	20000	25000
0	6,85	6,68	6,68	6,92	6,92
30	6,82	6,05	5,71	5,86	5,90
60	6,81	5,71	5,84	5,53	5,67
90	6,85	5,66	5,69	5,46	5,51
120	6,81	5,58	5,54	5,51	5,39

4.5 Nilai Konduktifitas Paraquat Setelah Diinteraksikan dengan Dosis Biji Kelor dan Waktu Pengendapan

Waktu (menit)	Dosis Biji Kelor (ppm)			
	10000	15000	20000	25000
0	12,96	12,96	12,96	12,96
30	7,70	7,70	7,70	7,70
60	7,20	7,30	7,40	7,30
90	6,90	6,90	7,00	7,20
120	6,80	6,80	6,80	7,20

Lampiran 5. Nilai Konsentrasi Paraquat dengan Variasi pH

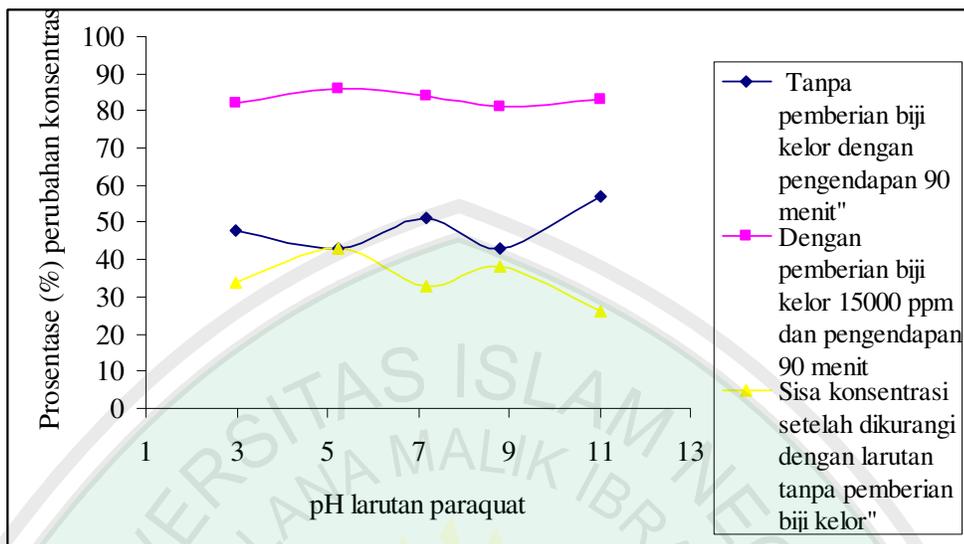
5.1 Nilai Konsentrasi Paraquat Setelah Diinteraksikan dengan Dosis Biji Kelor Optimum 15000 ppm dan Waktu Optimum Selama 90 Menit Pada Variasi pH (Sisa Konsentrasi)

pH	Waktu (menit)	Dosis biji kelor (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi
2,98	0	0	0,2343	5,204
	90	0	0,1195	2,692
		15000	0,0403	0,961
5,25	0	0	0,2644	5,860
	90	0	0,1467	3,287
		15000	0,0345	0,835
7,16	0	0	0,2483	5,508
	90	0	0,1188	2,677
		15000	0,0367	0,882
8,82	0	0	0,2292	5,090
	90	0	0,1299	2,919
		15000	0,0399	0,952
11,02	0	0	0,2522	5,593
	90	0	0,1041	2,355
		15000	0,0413	0,982

5.2 Prosentase Penurunan Konsentrasi Paraquat Setelah Diinteraksikan dengan Dosis Biji Kelor Optimum 15000 ppm dan Waktu Optimum Selama 90 Menit Pada Variasi pH

pH	0 ppm	15000 ppm	Sisa
2.98	48%	82%	34%
5.25	43%	86%	43%
7.16	51%	84%	33%
8.82	43%	81%	38%
11.02	57%	83%	26%

Catatan: Sisa = prosentase penurunan konsentrasi setelah dikurangi dengan konsentrasi paraquat tanpa pemberian biji kelor

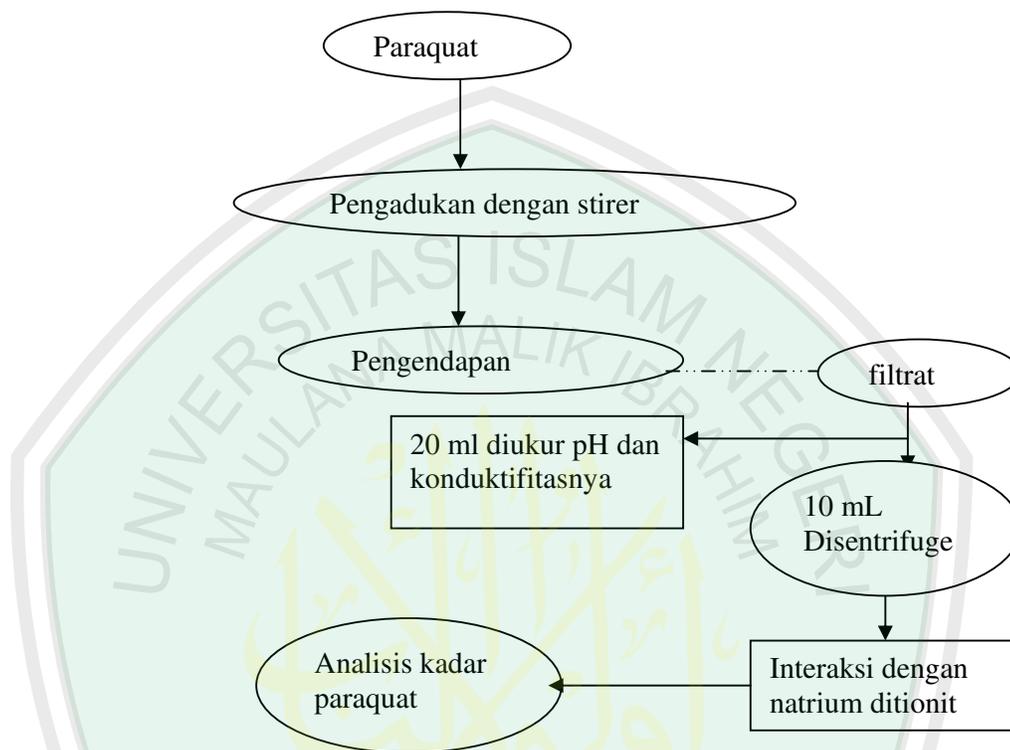


5.3 pH paraquat setelah diinteraksikan dengan dosis biji kelor dan waktu pengendapan optimum selama 90 menit

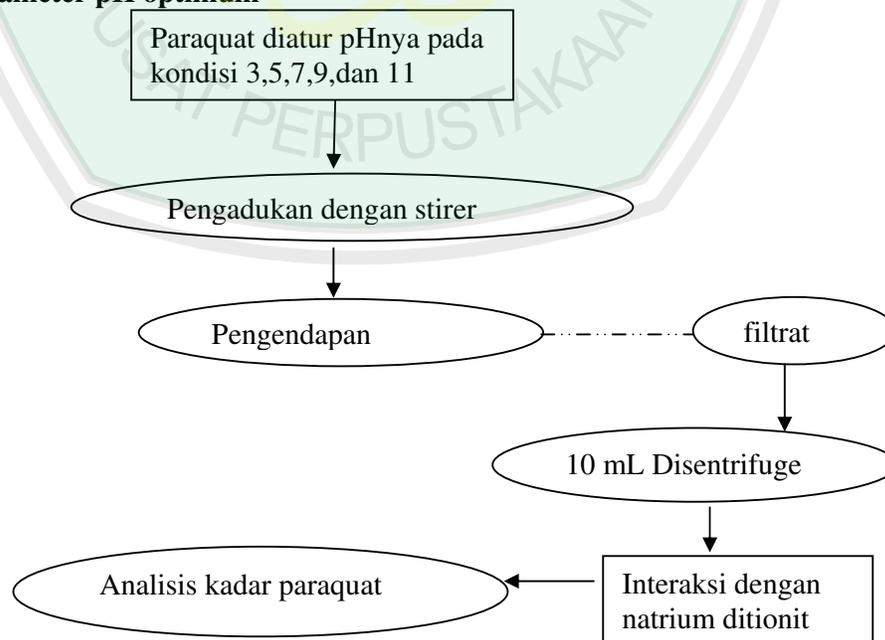
Dosis kelor (ppm)	pH 2,98	pH 5,25	pH 7,16	pH 8,82	pH 11,02
0	3,02	5,59	7,39	8,23	10,73
15000	4,14	5,31	5,72	5,8	7,9

Lampiran 6. Diagram Alir Proses Koagulasi

6.1 Parameter Dosis dan Waktu Pengendapan Optimum



6.2 Parameter pH optimum



Lampiran 7. Gambar Biji Kelor dan Alat

7.1 Gambar Biji Kelor



Gambar 1. Buah kelor



Gambar 2. Biji Kelor
Telah Kering



Gambar 3. Serbuk Biji Kelor

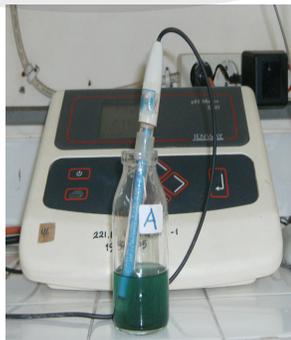
7.2 Gambar Alat



Gambar 5. Spektrofotometer UV-Vis



Gambar 6. Sentrifuge

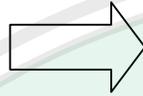


Gambar 7. pHmeter

Lampiran 8. Proses Koagulasi Paraquat



Gambar 1. Paraquat



Gambar 2. Proses Pengadukan dengan Stirer



Gambar 4. Proses Pengambilan



Gambar 3. Proses Pengendapan
a) paraquat sebelum interaksi
b) paraquat setelah interaksi dengan biji kelor



Gambar 5. Hasil a) Paraquat sebelum interaksi
b) Paraquat setelah interaksi dengan biji kelor



Gambar 6. Paraquat setelah direduksi dengan narium ditionit