

**PENERAPAN METODE FITOREMEDIASI
DAN KOAGULASI-FLOKULASI
DALAM PENYERAPAN LOGAM BERAT DAN
PENJERNIHAN AIR DI PERAIRAN BENDUNGAN SUTAMI
DENGAN MEDIA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
(*Mart*) *Solms*) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*)**

(Studi di Bendungan Sutami (Karang Kates) Kec. Sumber Pucung, Kabupaten Malang)

SKRIPSI

Oleh:
LINTANG AYU RENGGANINGRUM
0310930034-93



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA
2009**

**PENERAPAN METODE FITOREMEDIASI
DAN KOAGULASI-FLOKULASI
DALAM PENYERAPAN LOGAM BERAT DAN
PENJERNIHAN AIR DI PERAIRAN BENDUNGAN SUTAMI
DENGAN MEDIA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
(*Mart*) *Solms*) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*)**

(Studi di Bendungan Sutami (Karang Kates) Kec. Sumber Pucung, Kabupaten Malang)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh:

LINTANG AYU RENGGANINGRUM

0310930034-93



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA**

2009

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE FITOREMEDIASI
DAN KOAGULASI-FLOKULASI
DALAM PENYERAPAN LOGAM BERAT DAN
PENJERNIHAN AIR DI PERAIRAN BENDUNGAN SUTAMI
DENGAN MEDIA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
(Mart) Solms) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*)**

Oleh :

LINTANG AYU RENGGANINGRUM

0310930034-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc

NIP. 131 879 050

Johan A. E. Noor, PhD

NIP. 131 879 402

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya,**

Drs. Adi Susilo, PhD

NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lintang Ayu Renggaingrum
NIM : 0310930034 – 93
Jurusan : Fisika

Penulis Tugas Akhir berjudul :

Penerapan Metode Fitoremediasi Dan Koagulasi-Flokulasi
Dalam Penyerapan Logam Berat Dan Penjernihan Air Di
Perairan Bendungan Sutami Dengan Media Eceng Gondok
(*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) Dan Biji Kelor (*Moringa
Oleifera*)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2009
Yang menyatakan,

(Lintang Ayu Rengganingrum)
NIM. 0310930034-93

**PENERAPAN METODE FITOREMEDIASI
DAN KOAGULASI-FLOKULASI
DALAM PENYERAPAN LOGAM BERAT DAN
PENJERNIHAN AIR DI PERAIRAN BENDUNGAN SUTAMI
DENGAN MEDIA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
(*Mart*) Solms) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*)**

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan perairan bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang yang disebabkan oleh logam-logam berat yang berasal dari limbah industri sudah lama diketahui. Penggunaan tanaman eceng gondok sebagai fitoremediator merupakan salah satu teknologi yang dapat dipertimbangkan untuk mengurangi kadar konsentrasi bahan pencemar di perairan yang mampu membahayakan lingkungan hidup di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan mempelajari pengaruh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam menyerap logam berat Fe, Cr, Mn, NO₂⁻, SO₄²⁻ serta menjernihkan air dalam sampel air bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menyerap logam berat atau polutan yang ada di dalam perairan serta biji kelor yang mampu menjernihkan air melalui proses koagulasi flokulasi. Penyerapan ion logam Fe, Cr, Mn, NO₂⁻, SO₄²⁻ oleh eceng gondok dan biji kelor dipengaruhi oleh waktu, dan banyaknya eceng gondok dan biji kelor yang digunakan. Dua metode ini memiliki keefektifitasan waktu bekerja dalam rentang 1 minggu. Konsentrasi penyerapan ion-ion logam Fe, Cr, Mn, NO₂⁻, SO₄²⁻ terbesar terjadi pada minggu pertama dimana sekitar 80% hingga 90% lalu mencapai konstan pada minggu ke 2 hingga minggu ke 5.

APPLICATION OF FITOREMEDIATION AND COAGULATION-FLOKULATION METHODS IN HEAVY METALS ABSORPTION AND WATER PURIFICATION IN SUTAMI DAM USING EICHORNIA CRASSIPES (MART) SOLMS AND MORINGA OLEIFERA AS THE MEDIUM

ABSTRACT

It's been long known that pollution in Bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang area caused by heavy metals accumulation from industry waste. The use of Eichornia Crassipes (Mart) Solms as fitoremediator is a considered technology to reduce contaminant agent's concentration which could endangered the environment around it. The aim of this research is to monitoring and studying Eichornia Crassipes (Mart) Solms and Moringa Oleifera ability to absorb heavy metals : Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} and purified water based on the sample taken from Bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang.

The research result showed that Eichornia Crassipes (Mart) Solms had the ability to absorb heavy metals and the other contaminant agents in the water. Also Moringa Oleifera through the coagulation – flocculation process could purified the water in the dam. Absorption of heavy metals Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} by Eichornia Crassipes (Mart) Solms and Moringa Oleifera influenced by time period and the plants availability. These two methods usually works effectively in 1 week period. The highest absorption level of Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} occurred in the first week about 80% until 90% and then it steadied in the second week until fifth week.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkah dan rahmatNya maka Tugas Akhir ini dapat saya selesaikan. Tugas Akhir ini berjudul **PENERAPAN METODE FITOREMEDIASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI DALAM PENYERAPAN LOGAM BERAT DAN PENJERNIHAN AIR DI PERAIRAN BENDUNGAN SUTAMI DENGAN MEDIA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*).**

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Pada kesempatan ini, penulis menyatakan terimakasih yang tak terhingga kepada bapak, ibu dan rekan-rekan yang langsung maupun tidak langsung telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan serta petunjuk sehingga tugas akhir ini dapat dirampungkan yaitu :

1. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD, selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang;
2. Bapak Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc, selaku dosen pembimbing I yang telah sabar memberikan dukungan, semangat, masukan, dan ide bagi penulis;
3. Bapak Johan A. E. Noor, PhD, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberi perbaikan dalam penulisan tugas akhir ini dengan sabar ;
4. Seluruh dosen dan staf Fakultas MIPA Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang, Bpk Robby Asmara Indrajid selaku laboran Biofisika, Bpk Sahri, dan Bpk Susilo yang telah banyak memberikan bantuan dan membantu kelancaran penulisan tugas akhir ini;
5. Kedua orang tuaku: Widodo Eko Poernomo, SH dan Liliek Christiana Ernawati, SPd, dan kakak-kakaku: Shinta Ayu Purnamawati, SH, MH, Wahyu Setyawan, SE, Rhama Satria Putra, SP, yang tiada henti memberikan dorongan dan do'a yang tulus serta Aulia&Almira yang nakal ^_^;
6. My lovely "Dee" yang selalu memberikan semangat dan kekuatan baru dalam menjalani hari demi hari...;

7. Norma&Mas Ma'il, yang telah banyak membantu, Chayoo!;
8. Special Thanks to "Icha" bwt cematang-na...;
9. Diah, Indrie, Maya, Nila, Fajar, dan segenap teman-teman Fisika'03 hingga '04 yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu karena keterbatasan tempat yang telah banyak membantu dan memberikan dukungannya;
10. Saras'07 bwt abstract-na...;

Akhirnya penulis berharap agar karya kecil ini dapat turut serta memberikan sumbangsih terhadap khasanah keilmuan dan bagi nusa, bangsa, serta agama. Demikian kiranya apabila ada kesalahan dan kekurangan maka penulis mohon maaf dan Terimakasih.

Malang, Juli 2009

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.2.1. Rumusan Masalah	3
1.2.2. Batasan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pencemaran Air	5
2.2. Logam Berat	6
2.2.1. Fe (Besi)	8
2.2.2. Cr (Kromium)	10
2.2.3. Mn (Mangan)	11
2.2.4. NO ₂ ⁻ (Nitrit)	12
2.2.5. SO ₄ ²⁻ (Sulfat)	13
2.3. Organisme Selektif Sebagai Media	14
2.3.1. Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm)	14
2.3.2. Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>)	15
2.4. Metode Fitoremediasi	18
2.5. Metode Koagulasi Flokultasi	19
2.5.1. Sistem Koloid	19
2.5.2. Absorpsi	23
2.5.3. Gaya Van Der Waals	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.2.1. Alat Penelitian	27
3.2.2. Bahan Penelitian	27
3.3. Rancangan Penelitian	27
3.3.1. Tahap Persiapan Bahan	27
3.3.2. Tahap Perlakuan Dan Pengambilan Data	28
3.4. Analisis Data	29
3.5. Diagram Alir Penelitian	
3.5.1. Diagram alir Metode Fitoremediasi Dengan eceng Gondok	29
3.5.2. Diagram Alir Metode Koagulasi Flokulasi dengan Biji Kelor	31
3.5.3. Diagram Alir Penelitian	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	35
4.2. Pengaruh Waktu dan Kadar Konsentrasi Parameter Dalam Penyerapannya Menggunakan Metode Fitoremediasi Dan Koagulasi Flokulasi.....	37
4.3. Interaksi Adsorbat dengan Adsorben Pada Proses Adsorpsi Dengan Metode Fitoremediasi	47
4.4. Interaksi Air dengan Bahan Koagulan Pada Proses Penjernihan Air Dengan Metode Koagulasi Flokulasi	52

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	58

DAFTAR PUSTAKA	59
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	63
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Skema perjalanan logam berat dari sumber pencemar sampai ke tubuh manusia	7
Gambar 2.2 Logam besi	10
Gambar 2.3 Logam kromium	11
Gambar 2.4 Biji mangan	12
Gambar 2.5 Struktur dan ikatan ion sulfat	14
Gambar 2.6 Ion sulfat, SO_4^{2-} sebagai model pengisian ruang	14
Gambar 2.7 Tanaman eceng gondok	15
Gambar 2.8 Daun kelor	16
Gambar 2.9 Pohon kelor	16
Gambar 2.10 Biji kelor sebagai koagulan	17
Gambar 2.11 Efek tyndall pada suatu larutan	20
Gambar 2.12 Gerak Brown	21
Gambar 2.13 Koloid bersifat positif karena permukaannya menyerap ion H^+	22
Gambar 2.14 Koloid bersifat negatif karena permukaannya menyerap ion S^{2-}	22
Gambar 2.15 Proses adsorpsi koloid	22
Gambar 2.16 Proses terjadinya koagulasi	23
Gambar 2.17 Proses adsorpsi	24
Gambar 2.18 Interaksi Van Der Waals	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Fitoremediasi Dengan Eceng Gondok	30
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode Koagulasi Flokulasi Dengan Biji Kelor	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian (Gabungan 2 Metode) ...	32
Gambar 4.1 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Fe Dengan Eceng Gondok	38
Gambar 4.2 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Fe Dengan Biji Kelor	39
Gambar 4.3 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Cr Dengan Eceng Gondok	40
Gambar 4.4 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Cr Dengan Biji Kelor	41

Gambar 4.5 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Mn Dengan Eceng Gondok	41
Gambar 4.6 Grafik Kurva Pengukuran Kadar Mn Dengan Biji Kelor	42
Gambar 4.7 Grafik Kurva Pengukuran Kadar NO ₂ Dengan Eceng Gondok	43
Gambar 4.8 Grafik Kurva Pengukuran Kadar NO ₂ Dengan Biji Kelor	44
Gambar 4.9 Grafik Kurva Pengukuran Kadar SO ₄ ²⁻ Dengan Eceng Gondok	45
Gambar 4.10 Grafik Kurva Pengukuran Kadar SO ₄ ²⁻ Dengan Biji Kelor	45
Gambar 4.11 Grafik Kurva Pengukuran Kadar pH Dengan Eceng Gondok	46
Gambar 4.12 Grafik Kurva Pengukuran Kadar pH Dengan Biji Kelor	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Laporan hasil analisa air danau	63
Laporan hasil analisa air bendungan sutami	64
Laporan hasil analisa air kelor	65
Laporan hasil analisa air eceng gondok	66
Laporan Hasil Analisa Air Kelor 2	67
Foto bahan penelitian	68
Foto alat penelitian	70
Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air	73



B A B I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup. Bila manusia, hewan, dan tumbuhan kekurangan air, maka akan mati. Sumber air dapat digolongkan menjadi dua, yaitu air permukaan, misalnya air danau, sungai, bendungan, dan air hujan; dan air tanah seperti sumur dan artesis. Dipandang dari kandungan bakteri organik, jumlah mikroba dan kandungan mineralnya, air yang berasal dari daerah permukaan dan dalam tanah dapat berbeda.

Berkembangnya IPTEK memacu terjadinya pencemaran lingkungan baik pencemaran air, tanah maupun udara. Pencemaran air yang diakibatkan oleh dampak perkembangan industri harus dapat dikendalikan, karena bila tidak dilakukan sejak dini akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya. Salah satu hal yang perlu dilakukan dalam pengendalian dan pemantauan dampak lingkungan adalah melakukan analisis unsur-unsur dalam perairan bendungan terutama Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dan pH. Pencemaran logam-logam tersebut dapat memengaruhi dan menyebabkan penyakit pada konsumen, karena di dalam tubuh unsur yang berlebihan akan mengalami detoksifikasi sehingga membahayakan manusia.

Permasalahan saat ini adalah kualitas air terutama untuk kebutuhan mandi, mencuci, minum, dan sebagainya di kota-kota besar di Indonesia masih memprihatinkan. Kepadatan penduduk, limbah industri, tata ruang yang salah dan tingginya eksploitasi sumber daya air sangat berpengaruh pada kualitas air. Selain itu, banyak orang yang membuang sampah, kotoran maupun limbah ke sungai. Hal inilah yang menyebabkan semakin memburuknya kualitas air. Adapun indikator yang digunakan untuk mendeteksi pencemaran air adalah cemaran logam berat di dalamnya.

Kabar bahwasanya Bendungan Sutami tercemar sudah tidak asing lagi. Kejadian ini berulang dalam waktu dekat lalu. Pada tahun 2004 diberitakan bahwa dugaan sementara, pencemaran terjadi karena sejumlah perusahaan membuang limbah cairnya langsung ke anak-anak sungai Kali Brantas. Mulai dari hulu di Sumber Air

Brantas Junggo, Kecamatan Bumiaji, Batu hingga hilir di daerah Surabaya banyak industri yang berdiri di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas (Suara Merdeka, 2004). Kandungan oksigen dan peningkatan logam berat yang meningkat di perairan menyebabkan ikan-ikan mati dan bau yang menyengat. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air yang semakin menurun sehingga dapat membahayakan lingkungan di sekitarnya.

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat dihancurkan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau udara. Logam berat seperti tembaga, selenium, atau seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Akan tetapi, dapat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia di dalam tubuh makhluk hidup.

Konsep mengolah air limbah dengan menggunakan media tanaman yang disebut “fitoremediasi” telah lama dikenal, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah berbahaya atau untuk limbah radioaktif. Fitoremediasi (phytoremediation) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Eceng gondok adalah salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Karl Von Mortius pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brazilia. Karena kecepatan pertumbuhan eceng gondok yang tinggi, tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok yang pada mulanya hanya dikenal sebagai tanaman gulma air karena pertumbuhannya yang begitu cepat sehingga menutupi permukaan air, dan menimbulkan dampak pada menurunnya produksi di sektor perikanan juga menimbulkan permasalahan lingkungan lainnya seperti cepatnya penguapan perairan. Namun di lain pihak eceng gondok juga memberikan benefit dan profit yang begitu besar. Eceng gondok yang memiliki nama ilmiah *Eichornia crassipes* memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Eceng

gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun-racun dalam air.

Menjernihkan air dengan biji kelor merupakan penjernihan secara kimia, karena tumbukan halus biji kelor yang dimasukkan dalam air keruh akan membentuk gumpalan, pada kotoran yang terdapat di air yang dijernihkan, di mana di dalamnya akan terjadi suatu proses yang disebut koagulasi dan flokulasi.

Penjernihan air yang dimaksud adalah menghilangkan partikel kotoran melayang dalam air serta merubah air yang tadinya berwarna keruh kecoklatan menjadi air yang jernih dengan kadar Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} tidak melebihi batas ambang yang diperbolehkan dalam pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001.

Koagulasi adalah proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan bahan cemaran yang tersuspensi atau dalam bentuk koloid. Partikel-partikel koloid ini 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.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk analisis kadar logam berat pada perairan bendungan dengan menggunakan metode fitoremediasi dan koagulasi flokulasi. Pemilihan metode fitoremediasi dan koagulasi flokulasi, disebabkan oleh karena tidak memerlukan biaya yang tinggi dan alat yang canggih tetapi hanya memanfaatkan organisme selektif yang mampu menyerap atau mengurangi kadar logam berat menjadi kadar yang aman bagi lingkungan. Air yang diteliti adalah air bendungan Sutami (Karang Kates) Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang. Unsur logam berat yang dianalisis adalah Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dan pH.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dikaji adalah bagaimana cara menurunkan kadar logam berat

Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dalam perairan bendungan Sutami (Karang Kates) Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang dengan skala eksperimen dan bagaimana pengaruh penyerapan logam berat Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh eceng gondok dan penjernihan air dengan biji kelor terhadap sampel air bendungan Sutami.

1.2.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah kondisi eceng gondok dianggap sama (jenis dan usia), dan kondisi biji kelor dianggap sama (jenis), serta penelitian difokuskan pada penurunan kadar logam berat Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} untuk perairan bendungan Sutami dalam skala eksperimen.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dalam perairan bendungan Sutami dengan memanfaatkan teknologi yang efisien dan ekonomis sehingga menjadikannya perairan yang bermanfaat bagi masyarakat dan ramah lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan pengendalian limbah perairan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok dan biji kelor secara efektif dan efisien.

B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air

Pencemaran, menurut SK Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup No 02/MENKLH/1988, adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air/udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap lingkungan oleh berbagai aktivitas industri dan aktivitas manusia, maka diperlukan pengendalian terhadap pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan. Baku mutu lingkungan adalah batas kadar yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di lingkungan dengan tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuhan atau benda lainnya (Anonymous, 2008ⁱ).

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, dan banyak macam molekul organik. Dari sudut pandang biologi, air memiliki sifat-sifat yang penting untuk adanya kehidupan. Air dapat memunculkan reaksi yang dapat membuat senyawa organik untuk melakukan replikasi. Semua makhluk hidup diketahui memiliki ketergantungan terhadap air. Air merupakan zat pelarut yang penting untuk makhluk hidup dan adalah bagian penting dalam proses metabolisme (Anonymous, 2008^d).

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Meningkatnya

kandungan nutrisi dapat mengarah pada eutrofikasi. Sampah organik seperti air limbah (sewage) menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem (Anonymous, 2008^a).

2.2 Logam Berat

Logam berat biasanya didefinisikan berdasarkan sifat-sifat fisiknya dalam keadaan padat dengan menggunakan metode teknologi yang telah maju. Sifat-sifat fisik tersebut antara lain memiliki:

- 1) Daya pantul cahaya yang tinggi
- 2) Daya hantar listrik yang tinggi
- 3) Daya hantar panas
- 4) kekuatan dan ketahanan.

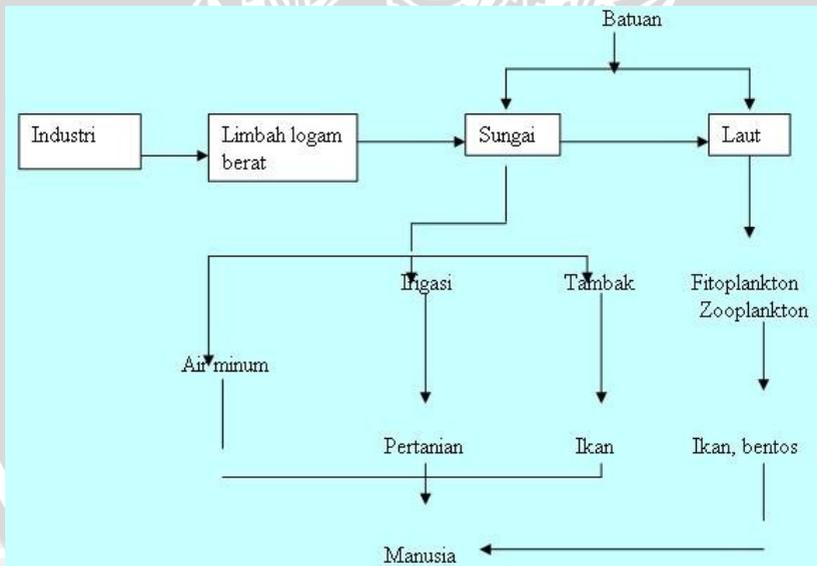
Logam berat dalam keadaan padat juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya, sifat pengikat kimianya, serta sifat-sifat magnetiknya. Kelarutan logam berat dalam air merupakan suatu proses toksikologi yang amat penting, karena proses ini adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi adanya proses biologi dan penyerapan logam berat itu sendiri. Berdasarkan sudut pandang toksikologinya, logam berat terbagi ke dalam dua jenis yaitu: pertama logam berat esensial dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh setiap organisme hidup, seperti antara lain, seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn) dan lain-lain. Dan yang kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaan dalam tubuh organisme hidup hingga saat ini masih belum diketahui manfaatnya bahkan justru dapat bersifat racun, seperti misalnya; merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) dan lain-lain. Logam berat esensial biasanya terbentuk sebagai bagian integral dari sekurang-kurangnya dengan satu jenis enzim. Walaupun logam berat esensial dibutuhkan oleh setiap organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun (Anonymous, 2008^b).

Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah setiap bahan yang karena sifat atau konsentrasi, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta

mahluk hidup lain (Pasal 1 (17) UU No. 23 1997) . Zat kimia B3 dapat berupa senyawa logam (anorganik) atau senyawa organik, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai B3 biologis, B3 logam dan B3 organik (Sudarmaji , J. Mukono dan Corie I.P. 2006).

Berbagai metode seperti penukar ion dan penyerapan dengan karbon aktif telah dilakukan untuk menyerap bahan pencemar beracun dari limbah, tetapi cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dalam pengoperasiannya. Penggunaan bahan biomaterial sebagai penyerap ion logam berat merupakan alternatif yang memberikan harapan. Sejumlah biomaterial seperti lumut, daun teh, sekam padi, dan sabut kelapa sawit, begitu juga dari bahan non biomaterial seperti perlit, tanah gambut, lumpur aktif dan lain-lain telah digunakan sebagai bahan penyerap logam-logam berat dalam air limbah (Marganof, 2008).

Adapun proses perjalanan logam berat dari sumber pencemar hingga sampai ke tubuh manusia digambarkan dalam gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema perjalanan logam berat dari sumber pencemar sampai ke tubuh manusia.

2.2.1 Fe (Besi)

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari dari yang bermanfaat sampai dengan yang merusak. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Tampilan Besi ini adalah metalik, mengkilap, dan keabu-abuan. Memiliki massa atom 55,845 (2) g/mol. Ciri-ciri fisiknya adalah berfase padat dengan massa jenis pada suhu kamar sebesar $7,86 \text{ g/cm}^3$ dan massa jenis pada titik lebur adalah $6,98 \text{ g/cm}^3$ dengan struktur kristal kubus pusat badan dan bersifat feromagnetik (Anonymous, 2008^c).

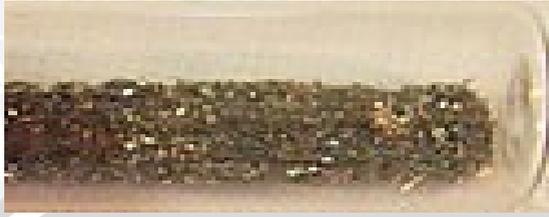
Besi (Fe) merupakan mineral makro dalam kerak bumi, tetapi dalam sistem biologi tubuh merupakan mineral mikro. Pada hewan, manusia, dan tanaman, besi (Fe) termasuk logam esensial, bersifat kurang stabil, dan secara perlahan berubah menjadi ferro (Fe II) atau ferri (Fe III). Kandungan Fe dalam tubuh hewan bervariasi, bergantung pada status kesehatan, nutrisi, umur, jenis kelamin, dan spesies (Arifin, 2008).

Besi dalam tubuh berasal dari tiga sumber, yaitu hasil perusakan sel-sel darah merah (hemolisis), dari penyimpanan di dalam tubuh, dan hasil penyerapan pada saluran pencernaan. Dari ketiga sumber tersebut, besi (Fe) hasil hemolisis merupakan sumber utama. Bentuk-bentuk senyawa yang ada ialah senyawa heme (hemoglobin, mioglobin, enzim heme) dan poliporfirin (tranfirin, ferritin, dan hemosiderin). Sebagian besar besi (Fe) disimpan dalam hati, limpa, dan sumsum tulang. Zat besi dalam tubuh berperan penting dalam berbagai reaksi biokimia, antara lain dalam memproduksi sel darah merah. Sel ini sangat diperlukan untuk mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Zat besi berperan sebagai pembawa oksigen, bukan saja oksigen pernapasan menuju jaringan, tetapi juga dalam jaringan atau dalam sel. Zat besi bukan hanya diperlukan dalam pembentukan darah, tetapi juga sebagai bagian dari beberapa enzim hemoprotein. Enzim ini memegang peran penting dalam proses oksidasi-reduksi dalam sel. Sitokrom merupakan senyawa heme protein yang bertindak sebagai agen dalam perpindahan elektron pada reaksi oksidasi-reduksi di dalam sel. Zat besi mungkin diperlukan tidak hanya untuk pigmentasi bulu

merah yang diketahui mengandung ferrum, tetapi juga berfungsi dalam susunan enzim dalam proses pigmentasi (Arifin,2008).

Unsur besi (Fe) merupakan komponen utama dari hemoglobin (Hb), sehingga kekurangan zat besi dapat memengaruhi pembentukan Hb. Sel darah merah muda (korpuskula) mengandung Hb yang diproduksi dalam sumsum tulang untuk mengganti sel darah merah yang rusak. Dari sel darah merah yang rusak ini besi dibebaskan dan digunakan lagi dalam pembentukan sel darah merah muda. Kekurangan zat besi dapat disebabkan oleh gangguan penyerapan besi dalam saluran pencernaan. Bila cadangan besi tidak mencukupi dan berlangsung terus menerus maka pembentukan sel darah merah berkurang dan selanjutnya menurunkan aktivitas tubuh (Arifin,2008).

Namun zat besi yang berlebihan dalam tubuh juga dapat berakibat fatal yaitu diantaranya menyebabkan penyakit thalasemia yang berujung pada gagal jantung. Banyak penderita thalasemia meninggal dunia karena komplikasi akibat penimbunan zat besi pada organ jantung. Sekalipun penimbunan zat besi akibat transfusi darah terjadi di berbagai organ, dan terbesar di hati, namun karena jantung mempunyai daya kompensasi yang kurang dibanding organ lain, maka banyak penderita thalasemia meninggal karena komplikasi jantung. Thalasemia merupakan penyakit yang diturunkan secara genetik. Thalasemia terjadi karena darah kekurangan salah satu zat pembentuk hemoglobin sehingga tubuh tidak mampu memproduksi sel darah merah yang normal. Penderita thalasemia pada umumnya mengalami penumpukan zat besi pada organ tubuhnya. Penumpukan zat besi itu karena sel darah merah yang rusak itu meninggalkan zat besi dalam tubuh. Dalam kondisi normal, ujanya, zat besi ini dapat dimanfaatkan untuk membentuk sel darah merah baru yang diproduksi oleh tubuh. Akan tetapi, karena tubuh memperoleh suplai darah merah dari transfusi darah, maka terjadi penumpukan zat besi di hampir seluruh organ tubuh. Zat besi dalam tubuh sangat berbahaya bila tidak dikeluarkan karena dapat merusak jantung, hati, dan organ tubuh lainnya sehingga berdampak pada kematian (Anonymous, 2007).



Gambar. 2.2. Logam besi.

2.2.2 Cr (Kromium)

Pencemaran yang diakibatkan logam-logam berat akan memberikan pengaruh yang berbahaya. Beberapa macam logam berat sangat beracun terhadap tanaman, hewan dan manusia. Logam-logam tersebut bersifat sangat tahan lama dan keracunannya bisa bertahan dalam waktu yang sangat lama pula.

Kromium merupakan unsur kimia yang dilambangkan Cr dengan nomor atom 24. Merupakan baja abu-abu, mengkilat. Tampilannya berupa perak atau logam (Anonymous, 2008^e).

Kandungan kromium dalam tubuh manusia sekitar 5-10 mg. Kromium hampir selalu ada di hati, ginjal, paru. Penurunan kadar kromium sesuai penambahan usia terjadi di ginjal, hepar, aorta, jantung, dimana diikuti toleransi glukosa ikut menurun. Hal ini berkaitan dengan defisiensi kromium pada diabetes dewasa yang bervariasi. Kromium diduga berperan dalam proses degeneratif dan proses metabolisme karbohidrat, lipid dan lainnya. Kromium ditemukan dalam kadar tinggi di nukleoprotein dan asam nukleat. Kromium berperan dalam metabolisme karbohidrat dan berperan mengaktifkan kerja insulin hingga 100 kali. Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan, bahwa kekurangan kromium pada usia setelah 20 tahun, memungkinkan terjadinya diabetes pada masa pertengahan umur sebesar $\pm 25\%$ (Atmosukarto, 2004).

Namun, kromium yang berlebihan dalam tubuh dapat berakibat buruk terhadap sistem saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah, dan ginjal. Dampak kandungan logam berat memang sangat berbahaya bagi kesehatan. Namun, kita dapat mencegahnya dengan meningkatkan kesadaran untuk ikut serta melestarikan sumber daya hayati serta menjaga kesehatan baik untuk diri sendiri maupun

keluarga. Salah satu cara sederhana untuk menjaga kesehatan adalah dengan mendeteksi kondisi air yang kita gunakan sehari-hari, terutama kebutuhan untuk minum.



Gambar .2.3. Logam kromium.

2.2.3 Mn (Mangan)

Logam mangan bersifat paramagnetik. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam Mangan termasuk dalam logam berat essential, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Logam berat ini bila terlalu banyak dikonsumsi dalam tubuh manusia dapat menimbulkan efek buruk bagi kesehatan tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Mangan bersifat kronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf insomnia, kemudian lemah kaki dan otot muka. Bila pemaparannya berlanjut maka berdampak pada bicara melambat dan monoton, terjadi hyper-refleksi, clonus, patella, tumit dan lain-lain. Mangan yang cukup dalam tubuh memungkinkan kadar antibody meningkat sebagai respon antigen (Anonymous, 2008^f).



Gambar .2.4. Biji mangan.

2.2.4 NO_2^- (Nitrit)

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-pertama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. Pencemaran oleh pupuk nitrogen, termasuk ammonia anhidrat seperti juga sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi dengan air bawah tanah. Nitrat dibentuk dari asam nitrit yang berasal dari ammonia melalui proses oksidasi katalitik. Nitrit juga merupakan hasil metabolisme dari siklus nitrogen. Nitrat dan nitrit adalah komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, nitrat mengikat tiga atom oksigen sedangkan nitrit mengikat dua atom oksigen. Di alam, nitrat sudah diubah menjadi bentuk nitrit atau bentuk lainnya. Pada kondisi yang normal, baik nitrit maupun nitrat adalah komponen yang stabil, tetapi dalam suhu yang tinggi akan tidak stabil dan dapat meledak pada suhu yang sangat tinggi dan tekanan yang sangat besar.

Nitrat merupakan unsur yang mudah sekali terbawa air dan masuk ke saluran air, sungai, air tanah dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Nitrat yang masuk ke dalam tubuh akan diubah menjadi nitrit. Selanjutnya nitrit akan masuk ke dalam darah dan bereaksi dengan hemoglobin sehingga menghasilkan methemoglobin yang

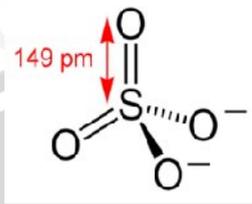
dapat merusak sistem transportasi oksigen di dalam darah. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran NO_x adalah paru-paru. Apabila terkontaminasi gas NO_x, paru-paru membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian. Kadar gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut dapat menyebabkan kelumpuhan. Nitrat yang telah berubah menjadi nitrit dapat juga bereaksi dengan amina sekunder sehingga menghasilkan nitrosamina. Senyawa ini dapat menimbulkan kanker, mutasi dan abnormalitas. Dalam dosis tertentu, nitrosamina bahkan mampu menembus plasenta sehingga menyebabkan tumor pada janin (Akhadi, 2000).

Senyawa nitrat dalam air minum dalam jumlah besar menyebabkan methaemoglobinemia. Penyakit ini adalah kondisi hemoglobin di dalam darah berubah menjadi methaemoglobin, sehingga darah kekurangan oksigen.

2.2.5 SO₄²⁻ (Sulfat)

Ion sulfat merupakan sejenis anion poliatom dengan formula empirik SO₄²⁻. Terdapat sulfat organik seperti dimetil sulfat yang kovalen dengan formula (CH₃O)₂SO₂, dan merupakan ester asam sulfuric (Anonymous, 2008⁸).

Udara yang telah tercemar oleh SO_x dapat menyebabkan manusia mengalami gangguan pada sistem pernafasan. Gas SO_x menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan dan saluran nafas yang lain sampai ke paru-paru. Gas SO_x dapat menimbulkan iritasi pada bagian tubuh yang terkena. Kadar SO_x sebesar 6 ppm cukup untuk menimbulkan iritasi pada manusia. Otot saluran pernafasan dapat mengalami kejang (spasme) akibat teriritasi oleh SO_x. Jika waktu paparannya cukup lama akan timbul peradangan yang hebat pada selaput lendir yang diikuti oleh kelumpuhan sistem pernafasan (paralisis cilia), serta kerusakan pada epithelium yang menyebabkan kematian (Akhadi, 2000).



Gambar. 2.5. Struktur dan ikatan ion sulfat.



Gambar. 2.6. Ion sulfat, SO_4^{2-} , sebagai model pengisian ruang.

2.3 Organisme Selektif Sebagai Media

2.3.1 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)

Eceng gondok yang memiliki nama ilmiah *Eichhornia crassipes* merupakan tumbuhan air. Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4-0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Dan akarnya merupakan akar serabut. Eceng gondok memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Dalam tempo 3–4 bulan saja, eceng gondok mampu menutupi lebih dari 70% permukaan danau. Cepatnya pertumbuhan eceng gondok dan tingginya daya tahan hidup menjadikan tumbuhan ini sangat sulit diberantas. Pertumbuhan populasi eceng gondok yang tidak terkendali menyebabkan pendangkalan ekosistem perairan dan tertutupnya sungai serta danau. Beberapa penelitian menunjukkan, eceng gondok dapat menetralkan logam berat yang terkandung dalam air. Dari berbagai hasil penelitian, eceng gondok terbukti mampu menyerap zat kimia baik yang berasal dari limbah industri maupun

rumah tangga (domestik). Karena kemampuannya itu, eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah kedua sumber tersebut (industri dan rumah tangga) secara biologi. Kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat tergantung pada beberapa hal, seperti jenis logam berat dan umur gulma. Penyerapan logam berat per satuan berat kering tersebut lebih tinggi pada umur muda daripada umur tua. Berdasarkan bagian tanamannya, logam berat yang terserap lebih banyak berkumpul di akar daripada di bagian lainnya.

Adapun klasifikasi ilmiah dari tanaman ini adalah :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Commelinales
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia Kunth
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i>
Nama Binomial (Anonymous, 2008 ^h).	: <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms



Gambar. 2.7. Tanaman eceng gondok.

2.3.2 Kelor (*Moringa Oleifera*)

Kelor (*moringa oliefera*) 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. Batang pokoknya berwarna kelabu. 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 kekuningan dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau. Bunga kelor keluar sepanjang tahun dengan aroma bau semerbak. Buah kelor berbentuk segi tiga memanjang yang disebut klentang (Jawa). Buahnya pula berbentuk kacang panjang berwarna hijau dan keras serta berukuran 120 cm panjang. Budidaya tanaman kelor memerlukan pemeliharaan yang sangat minimal dan dapat tahan pada musim kering yang panjang. Cepat tumbuh sampai ketinggian 4-10 meter, berbunga, dan menghasilkan buah hanya dalam waktu 1 tahun sejak ditanam. Sehingga baik bila dikembangkan di lahan-lahan kritis yang mengalami musim kekeringan yang panjang (Anonymous, 2005).



Gambar. 2.8. Daun kelor.



Gambar. 2.9. Pohon kelor.



Gambar. 2.10. Biji kelor sebagai koagulan.

Adapun klasifikasi tumbuhan kelor adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Ordo	: Brassicales
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>

(Anonymous, 2008¹)

Menjernihkan air dengan biji kelor juga termasuk penjernihan secara kimia, karena tumbuhan halus biji kelor yang dimasukkan dalam air keruh akan membentuk gumpalan, pada kotoran yang terdapat di air yang dijernihkan.

Pertama-tama kita ambil biji kelor sesuai dengan kebutuhan, lalu kita kupas dan di keluarkan bijinya lalu kita bersihkan. Kemudian biji kelor ditumbuk hingga halus dan diberi air hingga biji kelor menjadi pasta. Selanjutnya kita campurkan olahan biji kelor tersebut kedalam air yang akan dijernihkan. Perbandingannya adalah 1 biji kelor : 1 liter air. Kemudian diaduk dengan cepat 55-60 putaran/menit selama 30 detik. Lalu diaduk secara perlahan dengan kecepatan 16-30 putaran/menit selama 5 menit. Kemudian, air didiamkan selama 1-2 jam. Semakin lama pengendapan, maka air akan semakin jernih. Kemudian air jernih dari endapan dipisahkan secara perlahan dengan menuangkan air jernih kedalam wadah yang lain. Proses ini dilakukan pelan-pelan agar endapan tidak naik ke

permukaan lagi. Untuk menghasilkan hasil terbaik, biji kelor ditumbuk sampai sangat halus, karena jika tidak maka proses penggumpalan kotoran tidak berjalan dengan baik.

2.4 Metode Fitoremediasi

Para peneliti sedang menggalakkan pencarian metode alternatif untuk penyerapan logam berat dalam perairan sehingga menjadikannya perairan yang ramah lingkungan. Salah satunya adalah penggunaan organisme tumbuhan untuk mengabsorpsi logam berat atau biasa disebut dengan fitoremediasi. Keuntungan penggunaan organisme tumbuhan sebagai fitoremediator adalah biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, dapat diregenerasi, tidak perlu nutrisi tambahan, dan kemampuannya dalam menyerap logam. Dilihat dari keuntungannya itu, maka metode fitoremediasi lebih efektif dibanding dengan metode lainnya seperti pertukaran ion dan reverse osmosis.

Istilah bioabsorpsi tidak dapat dilepaskan dari istilah fitoremediasi karena bioabsorpsi merupakan bagian didalamnya. Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani phyto (phyton) yang berarti tumbuhan/tanaman (plant), remediare (bahasa Latin) yang artinya memperbaiki/ menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (phytoremediation) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi dan ramah lingkungan. Sedangkan berdasarkan kemampuannya untuk membentuk ikatan antara logam berat dengan organisme maka bioabsorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasikan logam berat melalui media metabolisme atau jalur psiko-kimia. Proses bioabsorpsi ini dapat terjadi karena adanya material biologi yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat (dengan afinitas yang tinggi) sehingga mudah terikat pada biosorben. Sistem pengolahan limbah dengan tanaman ini berlangsung secara alami (Mujiyanto, 2008).

2.5 Metode Koagulasi Flokulasi

Koagulasi adalah proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan bahan cemaran yang tersuspensi atau dalam bentuk koloid. Partikel-partikel koloid ini 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 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. Koagulasi yang efektif terjadi pada selang Ph tertentu. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi dan koloid. Flokulasi adalah penggumpalan dari partikel yang terdestabilisasi dan koloid menjadi partikel terendapkan (Novita, 2001).

Koagulan alami yang digunakan untuk menurunkan tingkat pencemaran perairan bendungan Sutami (dalam skala experiment) dan sebagai bahan alternatif untuk proses penjernih air adalah pasta biji kelor. Flokulasi adalah penyisihan kekeruhan air dengan cara penggumpalan partikel untuk dijadikan partikel yang lebih besar. Gaya antar molekul yang diperoleh dari proses ini merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju terbentuknya partikel flok (Sanoesi, 1994).

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan, dimana dikenal tiga macam cara pengadukan yaitu mekanis, pneumatis dan hidrolis. Pengadukan dengan cara mekanis adalah yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air minum, namun memerlukan peralatan yang rumit dan pasok energi yang cukup besar.

2.5.1 Sistem koloid

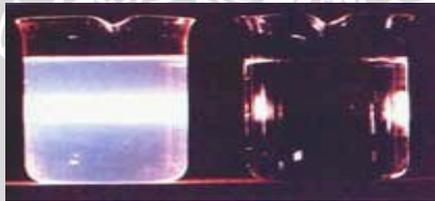
Koloid merupakan suatu bentuk campuran (sistem dispersi) dua atau lebih zat yang bersifat homogen namun memiliki ukuran partikel terdispersi yang cukup besar (1 – 100 nm), sehingga terkena efek Tyndall. Bersifat homogen berarti partikel terdispersi tidak

terpengaruh oleh gaya gravitasi atau gaya lain yang dikenakan kepadanya; sehingga tidak dijumpai pengendapan, misalnya. Sifat homogen ini juga dimiliki oleh larutan, namun tidak dimiliki oleh campuran biasa (suspensi) (Anonymous, 2008^k).

Adapun sifat-sifat koloid adalah :

- **Efek Tyndall**

Efek Tyndall ialah gejala penghamburan berkas sinar (cahaya) oleh partikel-partikel koloid. Hal ini disebabkan karena ukuran molekul koloid yang cukup besar. Efek tyndall ini ditemukan oleh John Tyndall (1820-1893), seorang ahli fisika Inggris. Oleh karena itu sifat itu disebut efek tyndall. Efek tyndall adalah efek yang terjadi jika suatu larutan terkena sinar. Pada saat larutan disinari dengan cahaya, maka larutan tersebut tidak akan menghamburkan cahaya, sedangkan pada sistem koloid, cahaya akan dihamburkan. Hal itu terjadi karena partikel-partikel koloid mempunyai partikel-partikel yang relatif besar untuk dapat menghamburkan sinar tersebut (Anonymous, 2008^k).

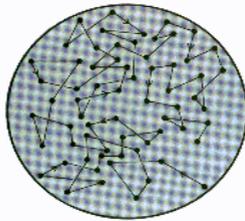


Gambar. 2.11. Efek tyndall pada suatu larutan.

- **Gerak Brown**

Gerak Brown ialah gerakan partikel-partikel koloid yang senantiasa bergerak lurus tapi tidak menentu (gerak acak/tidak beraturan). Jika kita amati koloid dibawah mikroskop ultra, maka kita akan melihat bahwa partikel-partikel tersebut akan bergerak membentuk zigzag. Pergerakan zigzag ini dinamakan gerak Brown. Partikel-partikel suatu zat senantiasa bergerak. Gerakan tersebut dapat bersifat acak seperti pada zat cair dan gas (dinamakan gerak Brown. Untuk koloid dengan medium pendispersi zat cair atau gas, pergerakan partikel-partikel akan menghasilkan tumbukan dengan partikel-partikel koloid itu sendiri. Tumbukan tersebut berlangsung

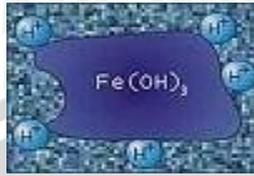
dari segala arah. Oleh karena ukuran partikel cukup kecil, maka tumbukan yang terjadi cenderung tidak seimbang. Sehingga terdapat suatu resultan tumbukan yang menyebabkan perubahan arah gerak partikel sehingga terjadi gerak zigzag atau gerak Brown. Semakin kecil ukuran partikel koloid, semakin cepat gerak Brown yang terjadi. Demikian pula, semakin besar ukuran partikel koloid, semakin lambat gerak Brown yang terjadi. Gerak Brown juga dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu sistem koloid, maka semakin besar energi kinetik yang dimiliki partikel-partikel medium pendispersinya. Demikian pula sebaliknya, semakin rendah suhu sistem koloid, maka gerak Brown semakin lambat (Anonymous, 2008^k).



Gambar. 2.12. Gerak Brown yaitu gerakan koloid bersifat acak pada zat cair dan gas.

- **Adsorbsi dan absorpsi**

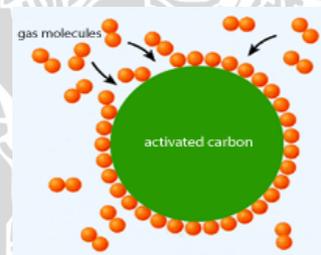
Adsorbsi ialah peristiwa penyerapan partikel atau ion atau senyawa lain pada permukaan partikel koloid yang disebabkan oleh luasnya permukaan partikel. Sedangkan absorpsi itu adalah dimana zat terdispersi dapat masuk kedalam badan fasa dari pengabsorpsi (Anonymous, 2008^l).



Gambar. 2.13. Koloid bersifat positif karena permukaannya menyerap ion H^+ .



Gambar. 2.14. Koloid bersifat negatif karena permukaannya menyerap ion S^{2-} .



Gambar. 2.15. Contoh proses adsorpsi koloid.

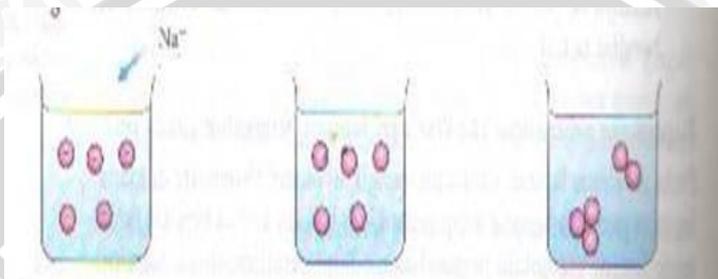
- **Muatan koloid**

Dikenal dua macam koloid, yaitu koloid bermuatan positif dan koloid bermuatan negatif (Anonymous, 2008¹).

- **Koagulasi koloid**

Koagulasi adalah penggumpalan partikel koloid dan membentuk endapan. Dengan terjadinya koagulasi, berarti zat terdispersi tidak

lagi membentuk koloid. Koagulasi dapat terjadi secara fisik seperti pemanasan, pendinginan dan pengadukan atau secara kimia seperti penambahan elektrolit dengan pencampuran koloid yang berbeda muatan (Anonymous, 2008¹).



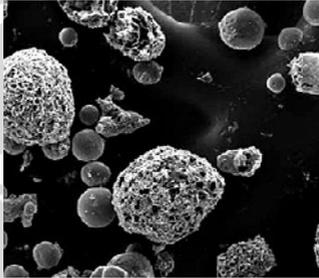
Gambar. 2.16. Proses Terjadinya Koagulasi. Pada gambar sebelah kiri memperlihatkan ion-ion Na^+ ditambahkan ke system koloid dengan partikel yang bermuatan negative. Pada gambar bagian tengah, memperlihatkan muatan partikel menjadi netral. Pada gambar sebelah kanan menggambarkan bahwa partikel-partikel menggumpal dan selanjutnya mengendap (terkoagulasi).

2.5.2 Absorpsi

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diabsorpsi. Kemudian terjadi pembentukan yang cepat dan sebuah kesetimbangan konsentrasi antar-muka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel. Laju absorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori dari partikel. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperatur dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut (Subiarto,2000).

Morris dan Weber menemukan bahwa laju absorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan absorben. Kebanyakan limbah cair adalah kompleks dan bervariasi dalam hal kemampuan absorpsi dari campuran-campuran yang ada.

Struktur molekuler, kelarutan, dan sebagainya, semuanya berpengaruh terhadap kemampuan absorpsi (Subiarto,2000).



Gambar. 2.17. Proses adsorpsi.

Faktor-faktor yang memengaruhi adsorpsi antara lain (Weber, 1977):

a. Pengocokan

Kecepatan adsorpsi dipengaruhi oleh difusi pori, yang tergantung pada kecepatan pengocokan dalam sistem. Difusi pori umumnya mencapai maksimum bila kontak sistem terjadi dengan pengocokan yang kuat.

b. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap tersedianya tempat adsorpsi. Semakin besar luas permukaan adsorben maka semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

c. Jenis adsorben

Menyangkut sifat khas dari suatu adsorben untuk menyerap adsorbat. Adsorben yang bersifat polar cenderung menyerap adsorbat yang polar.

d. Kemurnian adsorben

Kemurnian adsorben dapat ditingkatkan melalui aktivitasnya. Pada umumnya, adsorben buatan lebih sering digunakan daripada adsorben alam, karena kemurnian adsorben buatan lebih tinggi.

e. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi. Semakin besar ukuran molekul maka adsorpsi akan semakin baik.

f. Temperatur

Kecepatan adsorpsi akan naik pada temperatur yang lebih rendah dan akan turun pada temperatur yang lebih tinggi.

g. pH larutan

Adsorpsi senyawa organik dari air akan naik dengan penurunan pH larutan. Hal ini karena terjadi netralisasi muatan negatif pada adsorbat dengan kenaikan konsentrasi ion hidrogen, sehingga permukaan karbon akan lebih aktif.

h. Konsentrasi adsorbat

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan tetap jika terjadi keseimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan (Anthony, 2008).

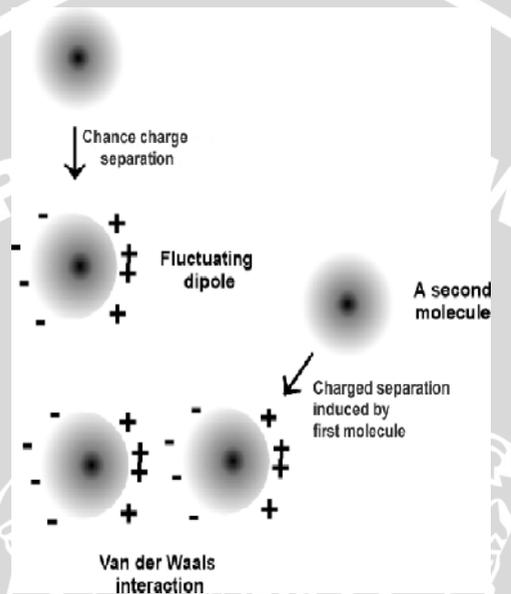
Dalam hal ini, proses adsorpsi yang terjadi juga dipengaruhi oleh proses adsorpsi. Sehingga hal-hal yang memengaruhi pada proses adsorpsi juga berpengaruh pada proses adsorpsi.

2.5.3 Gaya Van Der Waals

Gas mempunyai sifat bentuk dan volumenya dapat berubah sesuai tempatnya. Jarak antara molekul-molekul gas relatif jauh dan gaya tarik menariknya sangat lemah. Pada fasa cair atau padat, jarak antara molekul-molekulnya menjadi lebih dekat dan gaya tarik menariknya relatif lebih kuat. Gaya tarik menarik antara molekul-molekul yang berdekatan ini disebut gaya van der Waals. Ikatan van der Waals adalah ikatan yang berlaku akibat kedudukan kumpulan kimia yang berdekatan (Sukardjo, 1985).

Gaya van der Waals merupakan suatu gabungan gaya non-kovalen (gaya intermolekular) dalam ikatan kimia. Gaya van der Waals dapat digambarkan oleh molekul air yang tertarik satu sama lain karena adanya gaya elektrostatis, dan gaya inilah yang menggambarkan suatu ikatan atau gaya van der Waals. Dalam fasa cair, gaya van der Waals menyebabkan molekul-molekul dapat mengelompok dan dalam fasa padat gaya van der Waals dapat mengelompokkan atom atau molekul dalam susunan yang teratur di

dalam kristal molekulnya. Gaya van der Waals terdiri dari beberapa jenis gaya yaitu gaya orientasi, induksi dan dispersi (Sukardjo, 1985).



Gambar. 2.18. Interaksi van der Waals.

B A B III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika dan Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya pada bulan Juli 2008 sampai Oktober 2008.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, spatula, penggerus, timbangan, kompor, panci, kertas label, kain kassa, stopwatch, dan kain putih.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan adalah tanaman eceng gondok, 1 buah biji kelor yang agak tua per 1 liter air, air sampel bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu :

3.3.1 Tahap Persiapan Bahan

Pada penelitian ini, tahap persiapan utamanya adalah bahan. Pertama-tama yaitu mengambil air sampel bendungan Sutami (Karang Kates), yang terletak di kawasan Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang sebanyak 2500 liter lalu ditempatkan pada kolam sebagai wadah penelitiannya. Kemudian, beberapa rumpun tanaman eceng gondok sebagai fitoremediator dipersiapkan yaitu dengan mengambil dari habitat aslinya yang terletak di wilayah Wendit. Serta menyiapkan biji kelor yang dimanfaatkan sebagai bahan koagulasi (koagulan) sesuai dengan kebutuhan (perbandingan 1 biji kelor = 1 liter air).

3.3.2 Tahap Perlakuan untuk Pengambilan data

Pada penelitian ini, air yang telah diambil secara langsung dari bendungan yang masih fresh kita ambil sebanyak 3 liter untuk dianalisa di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya. Analisa ini meliputi kadar parameter hasil pendugaan kandungan logam berat yang terdapat pada perairan bendungan. Diantaranya adalah Pb, Cd, Zn, Ca, Fe, Cu, Mg, pH, Konduktivitas, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , DO, Cr, Mn, NO_2^- , Keasaman, Turbiditas, Cl^- , Kesadahan, Kebasaan, NH_4 , Phenol, Detergen, dan Hg. Kadar parameter di atas merupakan perbandingan untuk pengambilan data selanjutnya.

Pengambilan data pada penelitian ini adalah dengan melihat adanya penurunan kadar logam berat terutama Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dan pH air tersebut yang terdapat pada hasil uji analisa dari Laboratorium Kimia Lingkungan Unibraw. Diambil data sebanyak 5 kali perulangan dengan 2 macam tipe data yaitu perlakuan bioremoval secara fitoremediasi logam berat dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok, dan menambahkannya dengan teknik penjernihan air dengan metode koagulasi dan flokulasi yaitu dengan memanfaatkan beberapa buah biji kelor.

Pertama-tama air bendungan yang telah diambil (sebagai sampel) kita tanami dengan beberapa rumpun tanaman eceng gondok di sebuah kolam. Seminggu kemudian kita ambil 4 liter sampelnya untuk diuji analis. Dimana 2 liternya telah kita beri perlakuan dengan mereaksikannya dengan tumbukan biji kelor yang telah menjadi pasta untuk teknik penjernihan airnya. Cara memperoleh pasta tersebut cukup sederhana, yaitu dengan menumbuk biji buah kelor yang sudah tua hingga halus, kemudian diberi sedikit air untuk menjadikannya lebih lembek dan kita tumbuk hingga benar-benar halus, lalu kita masukkan ke dalam dua liter air sampel bendungan yang telah kita siapkan tadi, dengan perbandingan satu buah biji kelor untuk satu liter air dan diaduk cepat. Dalam waktu 15-30 menit setelah pengadukan, partikel-partikel kotoran yang terdapat di dalam air akan menyatu dan mengendap, sehingga air menjadi jernih. Biasanya air yang telah dijernihkan dengan cara ini masih menimbulkan bau biji kelor yang menyengat jika untuk dikonsumsi menjadi air minum. Untuk itu dilakukan perebusan dengan menggunakan arang secukupnya yang telah dibungkus dengan menggunakan kain putih bersih hingga air tersebut mendidih.

Kemudian kedua sampel tersebut diuji analisa untuk mengetahui kadar logam beratnya.

Perlakuan ini dilakukan selama 5 minggu dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman eceng gondok dalam menyerap logam berat.

3.4 Analisis Data

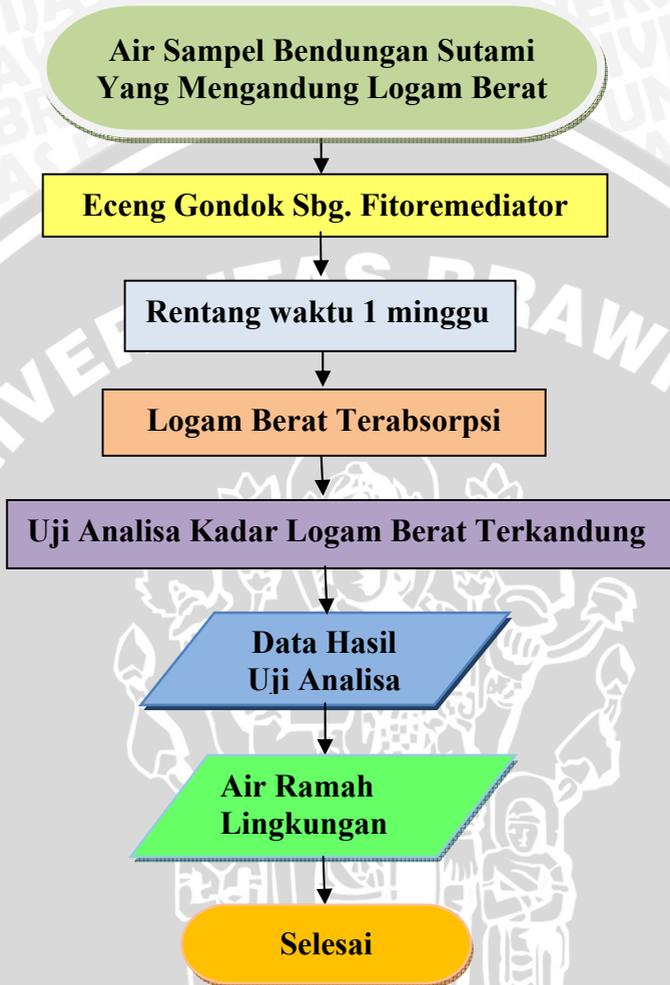
Sebanyak 10 sampel air bendungan yang telah diberi perlakuan diuji analisa di Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya untuk mengetahui kadar logam beratnya.

Data yang diperoleh merupakan data hasil uji analisa kadar konsentrasi logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} . Dibuat hubungan Pengukuran pengaruh konsentrasi logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dan pH air tersebut terhadap waktu per minggu dalam bentuk grafik. Dimana kadar konsentrasi logamnya dalam ppm digambarkan dalam sumbu Y dan waktu dalam minggu digambarkan dalam sumbu X. Diharapkan melalui grafik yang akan diperlihatkan pada bab hasil dan pembahasan dapat memperlihatkan penurunan nilai kadar logam berat dalam skala sampel yaitu adsorpsi ion-ion logam berat khususnya Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh tanaman eceng gondok dan biji kelor dalam perairan bendungan.

3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Metode Fitoremediasi Dengan Eceng Gondok

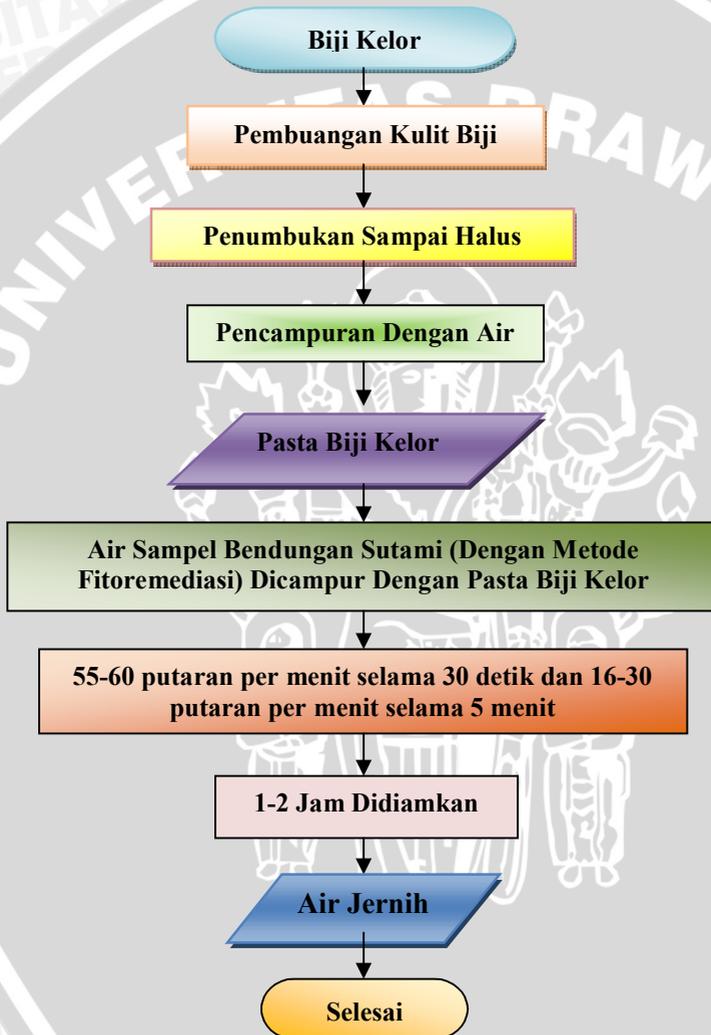
Dibawah ini merupakan diagram alir untuk penyerapan logam berat dengan metode fitoremediasi yaitu dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok sebagai medianya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram alir metode fitoremediasi dengan eceng gondok.

3.5.2 Diagram Alir Metode Koagulasi Flokulasi Dengan Biji Kelor

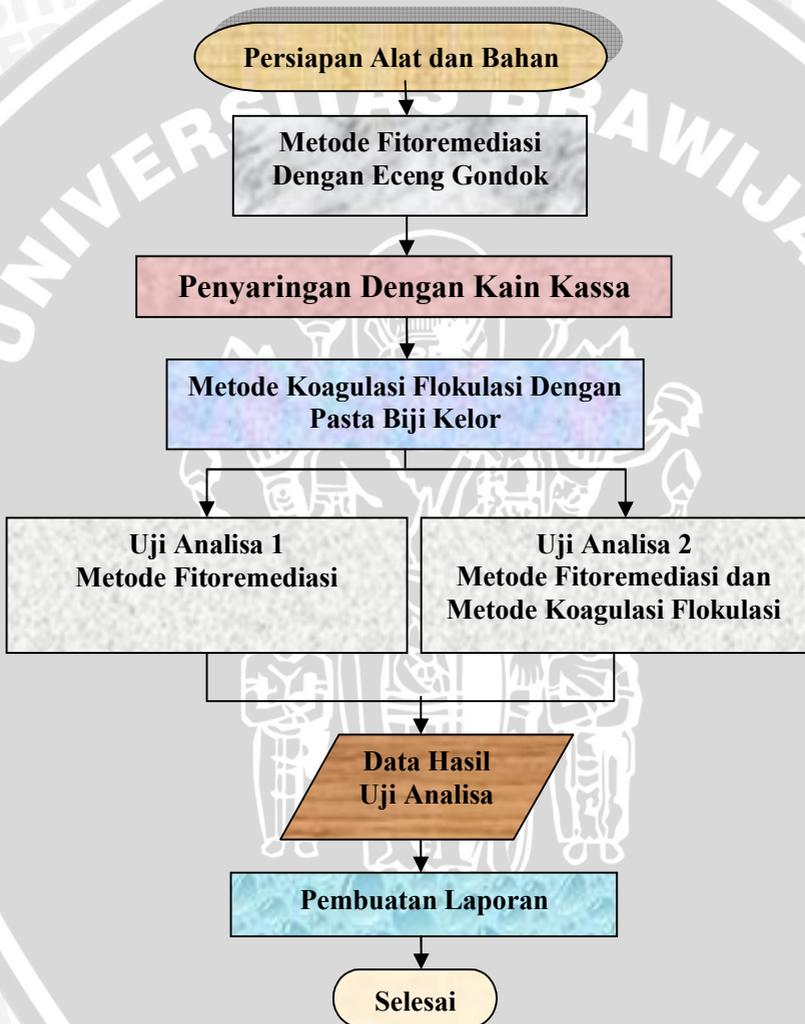
Adapun diagram alir untuk proses penjernihan air dengan metode koagulasi flokulasi adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2. Diagram alir metode koagulasi flokulasi dengan biji kelor.

3.5.3 Diagram Alir Penelitian

Dibawah ini merupakan gambar diagram alir gabungan 2 metode yaitu metode fitoremediasi dan koagulasi flokulasi untuk air sampel Bendungan Sutami dalam penyerapan logam berat dan menjernihkan air dengan media eceng gondok dan pasta biji kelor.



Gambar 3.3. Diagram alir penelitian (gabungan 2 metode).

B A B IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Air merupakan sumber daya alam yang memenuhi hajat hidup orang banyak sehingga perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Untuk menjaga atau mencapai kualitas air sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan tingkat mutu air yang diinginkan, maka perlu upaya pelestarian dan atau pengendalian, yaitu upaya memelihara fungsi air sehingga kualitas air memenuhi baku mutu air.

Air sebagai komponen lingkungan hidup akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya. Penurunan kualitas air akan menurunkan dayaguna, hasil guna, produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari sumber daya air yang pada akhirnya akan menurunkan kekayaan sumber daya alam.

Berdasarkan definisinya, Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Yang dimaksud dengan tingkat tertentu tersebut di atas adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolok ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air.

Berdasarkan PP no 82 tahun 2001 pasal 8 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu:

Kelas 1 : yaitu air yang dapat digunakan untuk bahan baku air minum atau peruntukan lainnya mempersyaratkan mutu air yang sama

Kelas 2 : air yang dapat digunakan untuk prasarana/ sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian

Kelas 3 : air yang dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan dan pertanian

Kelas 4 : air yang dapat digunakan untuk mengairi pertanaman/ pertanian

Bendungan Sutami (Karang Kates) merupakan salah satu bendungan air tawar yang ada di Jawa Timur. Seperti umumnya bendungan-bendungan yang lain fungsi utama dari bendungan Sutami ini adalah untuk pengairan atau irigasi sawah sawah disekitarnya juga untuk kebutuhan air bersih warga sekitarnya. Pada fungsi yang lain bendungan Sutami merupakan salah satu sumber pembangkit tenaga listrik untuk wilayah Malang dan sekitarnya. Sebagian besar listrik Malang raya dan sekitarnya merupakan suplay dari pembangkit listrik yang dihasilkan oleh bendungan Sutami.

Sebagai salah satu sumber irigasi area persawahan sekitarnya yang juga menopang kebutuhan air bersih bagi warga, kelayakan air di bendungan Sutami harus diperhatikan. Hal ini tidak luput dari beberapa masalah pencemaran lingkungan yang akhir – akhir ini terjadi diwilayah perairan bendungan. Banyak faktor yang mempengaruhi kadar kelayakan air bendungan untuk dikonsumsi ataupun sekedar dijadikan sarana irigasi. Dalam berbagai temuan juga diketahui bahwasanya bendungan Sutami telah tercemar oleh logam-logam berat yang kadar konsentrasinya melebihi batas ambang kualitas air yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini mempengaruhi kondisi kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya dan lingkungan sekitarnya. Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi selanjutnya (setidaknya untuk masyarakat sekitar) agar dapat memanfaatkan bahan-bahan alami maupun organisme makhluk hidup lainnya untuk dapat membantu menjaga kesehatan lingkungan sekitar dengan tidak mengurangi manfaatnya. Di antaranya dengan menggunakan tanaman eceng gondok sebagai penyerap logam berat dan biji kelor sebagai koagulan dalam proses penjernih air.

Pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan perkembangan berbagai aplikasi teknologi dan industri. Kecemasan yang berlebihan terhadap hadirnya logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Beberapa ion logam berat, seperti timbal dan merkuri pada kenyataannya berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelangsungan kehidupan di lingkungan. Walaupun pada konsentrasi yang sedemikian rendah efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Seperti halnya sumber-sumber polusi lingkungan lainnya, logam

berat tersebut dapat ditransfer dalam jangkauan yang sangat jauh di lingkungan, selanjutnya berpotensi mengganggu kehidupan lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia walaupun dalam jangka waktu yang lama dan jauh dari sumber polusi utamanya. Sebagian besar masuknya logam berat ke lingkungan berasal dari sumber-sumber yang meliputi; pertambangan minyak, pertambangan emas dan batubara, pembangkit tenaga listrik, peleburan logam, pabrik-pabrik pupuk dan kegiatan-kegiatan industri lainnya.

4.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan tanaman eceng gondok sebagai media yang menyerap logam berat dan olahan biji kelor dalam bentuk pasta sebagai penjernih air dalam air sampel Bendungan Sutami.

Penyerapan logam berat dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok merupakan salah satu cara alternatif yang ekonomis. Eceng gondok yang selama ini lebih dikenal sebagai tanaman gulma sebenarnya memiliki kemampuan menyerap logam berat. Tanaman ini banyak ditemui dan memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat sehingga memberikan kemudahan untuk kita jika ingin memanfaatkan tanaman ini untuk mengurangi kadar logam berat di perairan. Selain mampu menyerap logam berat dan polutan lainnya, tanaman eceng gondok memiliki dampak negatif dalam mengurangi kadar oksigen dalam air. Hal ini dapat dilihat langsung ketika tanaman eceng gondok meningkatkan proses pendangkalan pada bendungan maupun jumlah air sampel ketika penelitian ini dilakukan. Namun, hal ini tidak menjadi masalah besar dalam membantu meningkatkan kualitas lingkungan, karena apa arti sebuah danau yang bersih dari eceng gondok jika ternyata air dan ikan yang ada di dalamnya tercemari polutan. Bahkan, bila suatu danau polutan sangat tinggi dan tidak ada tanaman yang menyerapnya, pencemaran dapat merembes ke air sumur dan air tanah di sekitar danau. Agar danau bebas polusi namun pertumbuhan eceng gondoknya terkendali, tentu saja diperlukan pengelolaan danau secara benar. Untuk meminimalisasi gangguan eceng gondok misalnya, caranya bisa dengan membatasi populasinya.

Pemanfaatan eceng gondok untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar telah biasa dilakukan, khususnya terhadap limbah domestik dan industri, sebab eceng gondok memiliki kemampuan menyerap zat pencemar yang tinggi daripada jenis tumbuhan lainnya. Eceng gondok dapat menetralsisir logam berat yang terkandung dalam air. Kecepatan penyerapan zat pencemar dari dalam air limbah oleh eceng gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya komposisi dan kadar zat yang terkandung dalam air limbah, kerapatan eceng gondok, dan waktu tinggal eceng gondok dalam air limbah.

Biji buah kelor mengandung zat aktif yang mampu mengadsorpsi dan menetralsisir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah suspensi, dengan partikel kotoran melayang di dalam air.

Penambahan ion positif yang berasal dari pasta biji kelor, akan menyebabkan terjadinya pengurangan gaya repulsi sesama koloid, sehingga terjadi destabilisasi sistem koloid, yang memungkinkan koloid saling mendekat dan membentuk mikroflok. Mikroflok-mikroflok tersebut cenderung untuk bersatu dan membentuk makroflok karena sudah mengalami destabilisasi dan akhirnya mengendap. Terbentuknya flok-flok tersebut maka menyebabkan proses pengendapan berjalan lebih mudah. Penambahan koagulan sampai dosis tertentu meningkatkan jumlah kation ke dalam limbah yang berperan untuk menetralkan muatan negatif koloid sehingga mudah mengalami penggumpalan dan selanjutnya membentuk flok-flok.

Pada dasarnya proses penjernihan air dengan menggunakan bahan koagulan biji kelor adalah serupa namun tak sama jika dibandingkan dengan bahan koagulan tawas. Koagulan tawas didalam media cair membentuk koloid $Al(OH)_3$ yang bermuatan positif sedangkan serbuk biji kelor mengandung logam Na, K dan Al yang juga bermuatan positif. Penambahan koagulan dalam dosis tertentu meningkatkan jumlah kation ke dalam limbah yang berfungsi untuk menetralkan muatan negatif dari partikel partikel koloid di dalam limbah sehingga mudah mengalami penggumpalan dan selanjutnya membentuk flok-flok. Ion Al^{3+} dalam larutan koagulan terhidrasi dan akan membentuk senyawa bermuatan positif dan dapat berinteraksi dengan zat kotoran seperti koloid.

Setelah melakukan penelitian ini, pada metode fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok terlihat hanya terkonsentrasi pada penyerapan logam beratnya saja. Namun pada metode koagulasi flokulasi dengan memanfaatkan biji kelor terlihat lebih kompleks bekerja karena sekaligus dapat mengurangi tingkat kekeruhan air dan menjadikan air sampel yang tadinya berwarna kekuningan lalu menjadikannya lebih jernih dan ramah lingkungan.

Masing masing metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Metode fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok dan metode koagulasi flokulasi dengan biji kelor merupakan teknologi alternatif yang dapat membantu mengurangi kadar logam berat dalam perairan serta menjernihkan air dan menjadikannya perairan yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat setempat serta mengurangi resiko penyakit yang disebabkan oleh konsumsi logam berat yang berlebihan oleh tubuh. Kedua metode ini tergolong sederhana dan murah. Karena bahan materialnya dapat diperoleh dengan mudah, bahkan jika kita mampu melestarikannya dan memanfaatkannya, maka mampu meminimalisir biaya yang akan dibutuhkan. Serta memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, dapat diregenerasi, tidak perlu nutrisi tambahan, dan kemampuannya dalam menyerap logam.

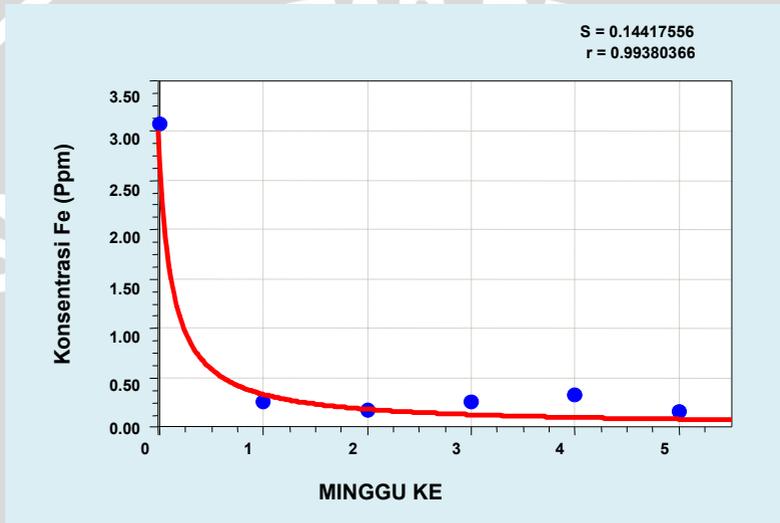
4.2 Pengaruh Waktu Dan Kadar Konsentrasi Parameter Dalam Penyerapannya Menggunakan Metode Fitoremediasi Dan Koagulasi Flokulasi

Pengukuran penyerapan logam berat Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-} dilakukan dengan perbandingan hasil uji analisa secara kimia selama 5 minggu berturut-turut dengan 2 jenis perlakuan yaitu metode fitoremediasi dengan eceng gondok dan metode koagulasi flokulasi dengan pasta biji kelor.

Hasil pengukuran pengaruh waktu dan kadar konsentrasi parameter Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-} dalam penyerapannya menggunakan metode fitoremediasi dan koagulasi-flokulasi digambarkan dengan grafik pada **Gambar 4.1** hingga **Gambar 4.12** dibawah ini. Dimana dari gambar tersebut menunjukkan penyerapan ion logam berat Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-} oleh tanaman eceng gondok

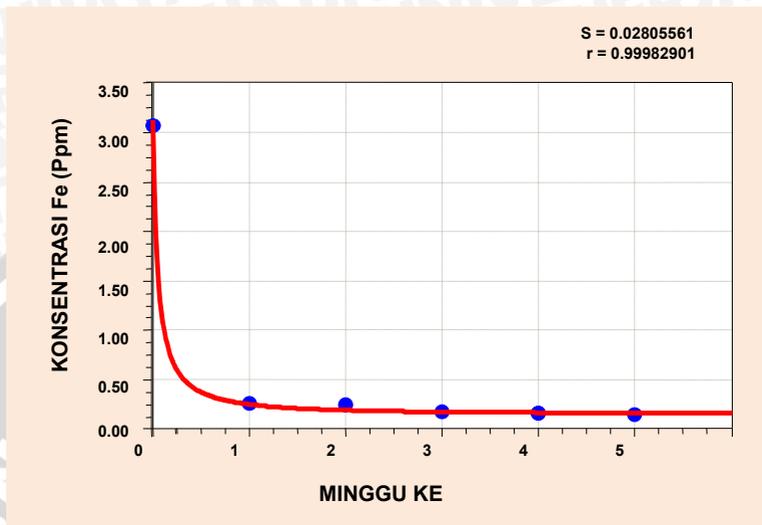
dan pasta biji kelor didalam sampel air bendungan Sutami. Penyerapan ion-ion logam berat Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} diukur berdasarkan perubahan konsentrasi dalam larutan (sampel air bendungan Sutami).

Adapun hasil penyerapan ion-ion logam berat Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh tanaman eceng gondok dan biji kelor yang nampak adalah sebagai berikut :



Gambar. 4.1 Grafik kurva pengukuran kadar Fe dengan eceng gondok.

Dimana dari **Gambar. 4.1** tersebut diatas dapat dilihat kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap ion logam Fe. Kemudian diperoleh suatu persamaan reciprocal $y=1/(ax+b)$ dengan nilai koefisien masing-masing adalah $a = 2,31$ dan $b = 0,33$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Fe oleh eceng gondok hingga mencapai nilai konstan. Sedangkan untuk penurunan kadar konsentrasi ion Fe dengan metode gabungan antara fitoremediasi dengan eceng gondok dan koagulasi flokulasi dengan biji kelor dapat dilihat pada **Gambar. 4.2** berikut ini :



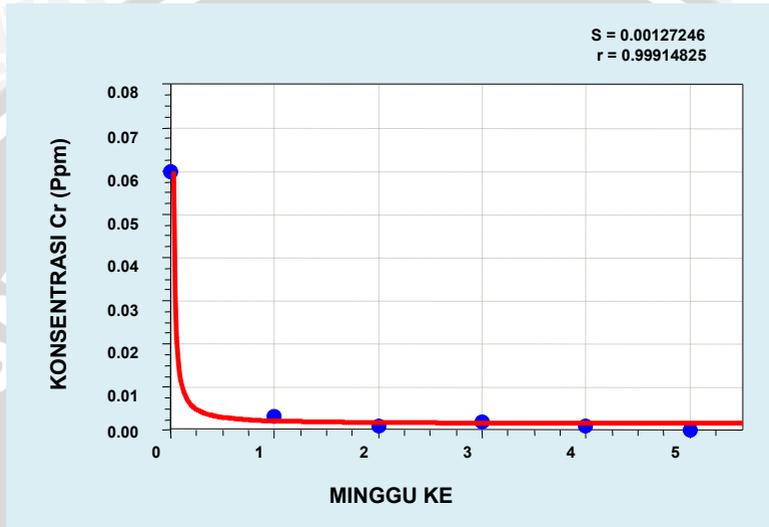
Gambar. 4.2 Grafik kurva pengukuran kadar Fe dengan biji kelor.

Dari **Gambar 4.2** tersebut diatas dapat diketahui persamaan logistik $y = a / (1 + b * \exp(-cx))$, lalu diketahui nilai koefisiennya adalah $a = 0,16$, $b = -0,95$, dan $c = 0,84$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Fe oleh eceng gondok dan biji kelor hingga mencapai nilai konstan.

Dari grafik diatas diperoleh suatu informasi bahwa penyerapan logam berat efektif terjadi pada minggu pertama. Selain itu, pada grafik diatas dapat dilihat penurunan nilai kadar logam Fe selama 5 minggu berturut-turut yang terserap oleh eceng gondok dan biji kelor. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan data pertama pada minggu ke-0 yaitu menggambarkan kadar parameter awal ketika air sampel baru diambil. Untuk parameter Fe untuk 2 metode ini pada minggu ke-0 adalah sama yaitu bernilai 3,074 Ppm dan berakhir pada minggu ke-5 untuk fitoremediasi dengan eceng gondok bernilai 0,158Ppm dan untuk koagulasi flokulasi dengan menggunakan biji kelor bernilai 0,151 Ppm. Nilai tersebut telah memenuhi standartisasi kualitas air dan pengendalian pencemaran air sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 dimana nilainya adalah 0,3 Ppm.

Untuk parameter logam kromium juga mengalami penurunan kadarnya secara signifikan. Yaitu berawal dari 0,06 Ppm lalu

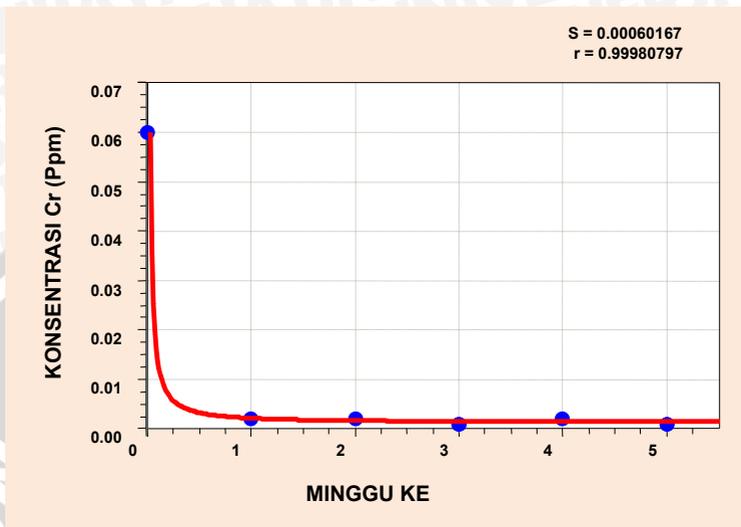
berakhir pada data minggu ke-5 dengan nilai untuk fitoremediasi dengan eceng gondok sebesar 0 Ppm dan untuk koagulasi flokulasi bernilai 0,0011 Ppm. Nilai ini telah memenuhi standartisasi kualitas air minum yaitu sebesar 0,05 Ppm.



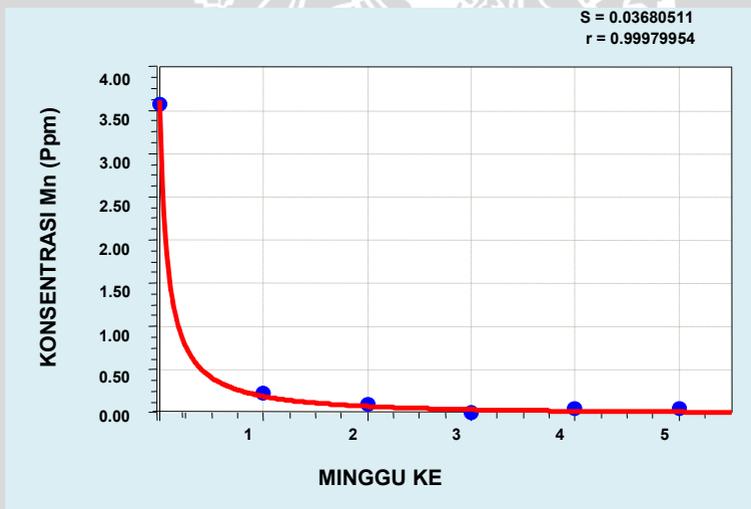
Gambar. 4.3 Grafik kurva pengukuran kadar Cr dengan eceng gondok.

Dapat dilihat distribusi penyerapan ion Cr untuk metode fitoremediasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.3** dibawah ini, dapat diperoleh suatu persamaan logistic $y=a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien masing-masing adalah $a= 0,002$, $b= -0,97$, dan $c = 0,89$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Cr oleh eceng gondok hingga mencapai nilai konstan.

Begitu pula untuk grafik distribusi penyerapan ion Cr untuk metode koagulasi flokulasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.4** dibawah ini, diperoleh suatu persamaan logistic $y=a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan koefisien $a = 0,002$, $b = -0,97$, dan $c = 1,06$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Cr oleh eceng gondok dan biji kelor hingga mencapai nilai konstan.



Gambar. 4.4 Grafik kurva pengukuran kadar Cr dengan biji kelor.



Gambar. 4.5 Grafik kurva pengukuran kadar Mn dengan eceng gondok.

Pada Gambar. 4.5 di atas menunjukkan bahwa pada parameter Mn yang juga mengalami hal yang serupa. Terbukti bahwa dengan metode fitoremediasi dan koagulasi flokulasi mampu

menurunkan kadar logam berat dalam perairan. Pada minggu ke-0 kadar ion logam Mn pada sampel perairan bendungan mencapai 3,57 Ppm dan setelah diberikan perlakuan penyerapan logam berat secara fitoremediasi nilainya menurun menjadi 0,05 Ppm dan untuk koagulasi flokulasi dengan biji kelor mencapai angka 0,14Ppm.

Pada grafik distribusi penyerapan ion Mn untuk metode Fitoremediasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.5** diatas, diperoleh suatu persamaan logistic $y=a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = -0,15$, $b = -1,04$, dan adalah sebesar $c=-0,46$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Mn oleh eceng gondok hingga mencapai nilai konstan.



Gambar. 4.6 Grafik kurva pengukuran kadar Mn dengan biji kelor.

Sedangkan untuk grafik distribusi penyerapan ion Mn untuk metode koagulasi flokulasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.6** diatas, diperoleh suatu persamaan reciprocal $y=1/(ax+b)$ dengan nilai koefisiennya adalah $a = 4,74$, dan $b = 0,28$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Mn oleh eceng gondok dan biji kelor hingga mencapai nilai konstan.

Kadar parameter NO_2^- dalam sampel pada minggu ke 0 menunjuk nilai 0,74 Ppm dan pada akhir minggu ke-5 adalah sebesar

0,0098 Ppm untuk eceng gondok dan 0,0078 untuk biji kelor. Sedangkan sebagai perbandingan adalah ketentuan pemerintah dalam menetapkan kadar maksimum NO_2^- dalam air minum adalah sebesar 0,06 Ppm.

Pada grafik distribusi penyerapan ion NO_2^- untuk metode Fitoremediasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.7** dibawah ini, diperoleh suatu persamaan logistic $y=a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = 0,002$, $b = -0,99$, dan untuk nilai $c = 0,07$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion NO_2^- oleh eceng gondok hingga mencapai nilai konstan.



Gambar. 4.7. Grafik kurva pengukuran kadar NO_2^- dengan eceng gondok.

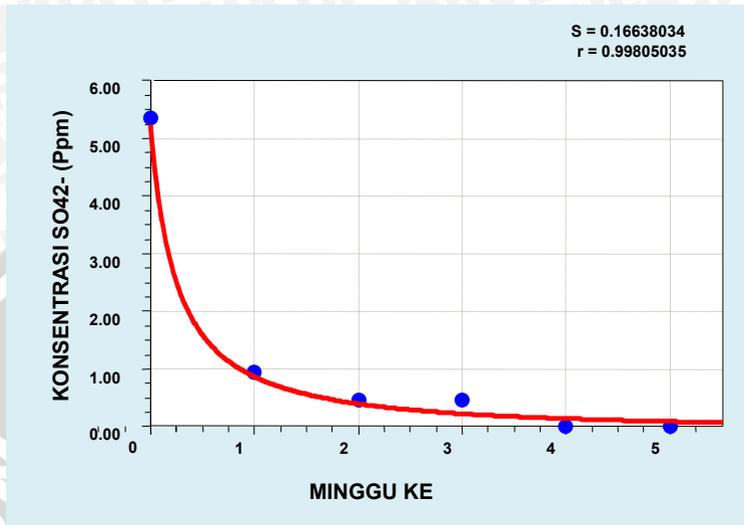
Sedangkan untuk grafik distribusi penyerapan ion NO_2^- untuk metode koagulasi flokulasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.8** dibawah ini, diperoleh suatu persamaan reciprocal $y=1/(ax+b)$ Dengan nilai koefisien masing-masing adalah $a = 53,7$, dan $b = 1,35$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion NO_2^- oleh eceng gondok dan biji kelor hingga mencapai nilai konstan.



Gambar. 4.8 Grafik kurva pengukuran kadar NO₂⁻ dengan biji kelor.

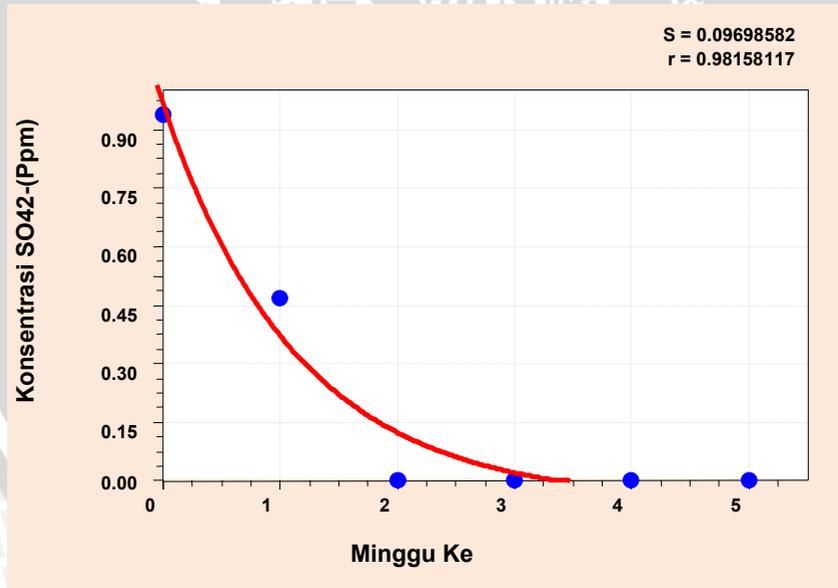
Begitu pula untuk SO₄²⁻, kadarnya didalam air menunjuk nilai 5,36 Ppm lalu terserap secara keseluruhan hingga menunjuk angka 0 untuk metode fitoremediasi dengan eceng gondok. Sedangkan untuk metode koagulasi flokulasi dengan biji kelor juga bernilai 0. hal ini menunjukkan bahwa eceng gondok dan biji kelor mampu menyerap secara efektif dalam waktu 5 minggu secara bertahap. Dan untuk angka maksimal menurut peraturan pemerintah adalah senilai 400Ppm.

Pada grafik distribusi penyerapan ion SO₄²⁻ untuk metode Fitoremediasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.9** dibawah ini, diperoleh suatu persamaan logistic $y=a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan koefisien a,b, dan c berturut-turut adalah a = -0,58, b =-1,11 dan c= -0,37. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion SO₄²⁻ oleh eceng gondok hingga mencapai nilai konstan.



Gambar. 4.9 Grafik kurva pengukuran kadar SO_4^{2-} dengan eceng gondok

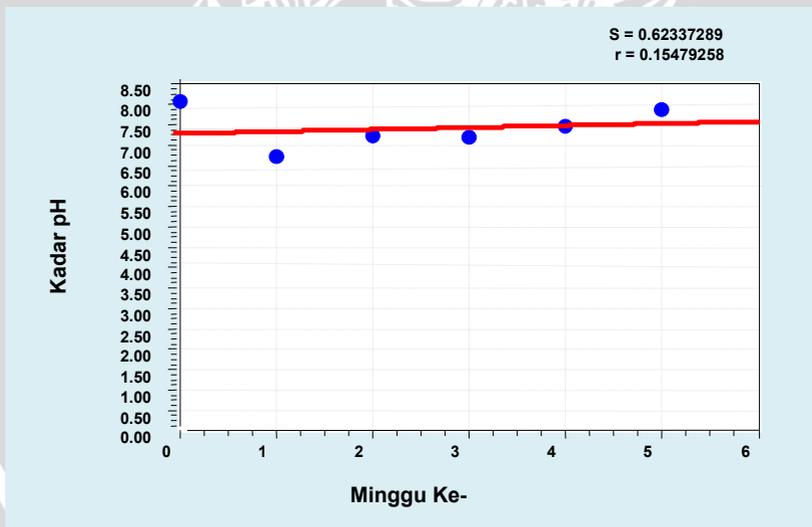
Sedangkan untuk grafik distribusi penyerapan ion SO_4^{2-} untuk metode koagulasi flokulasi seperti yang terlihat pada **Gambar. 4.10** dibawah ini :



Gambar. 4.10 Grafik kurva pengukuran kadar SO_4^{2-} dengan biji kelor.

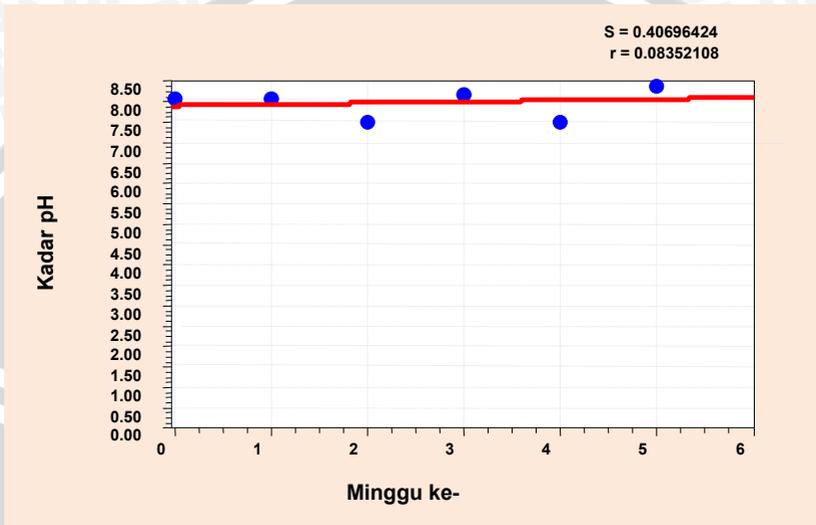
Lalu diperoleh suatu persamaan eksponensial $y=a(b-\exp(-cx))$, dengan koefisien $a = -1,01$, $b = 0,052$, dan $c = 0,87$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion SO_4^{2-} oleh eceng gondok dan biji kelor hingga mencapai nilai konstan.

Nilai pH dari minggu ke-0 yang bernilai 8,06 dan pada minggu ke-5 untuk metode fitoremediasi dengan eceng gondok adalah senilai 7,88 dan untuk metode koagulasi flokulasi adalah senilai 8,38. Nilai ini menunjukkan bahwa perlakuan masing-masing metode tidak memberikan dampak atau pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH. Nilai pH yang dimiliki oleh sampel ini tetap stabil berkisar antara 7-8 dan masih dalam batas aman dan wajar dan tidak bersifat mengganggu proses penyerapan logam berat yang dilakukan dengan metode fitoremediasi dan koagulasi flokulasi, mengingat bahwa pada proses koagulasi flokulasi untuk menjernihkan air dengan biji kelor pH sangat berpengaruh terhadap kecepatan terjadinya pembentukan flok-flok. Kadar penurunan pH dapat dilihat pada **Gambar. 4.11** dan **Gambar. 4.12** dibawah ini :



Gambar. 4.11. Grafik kurva pengukuran kadar pH dengan eceng gondok.

Dan didapatkan suatu persamaan dengan logistic model : $y = a / (1 + b * \exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = -0,26$, $b = -1.03$, dan $c = 0.00019$.



Gambar. 4.12. Grafik kurva pengukuran kadar pH dengan biji kelor.

Lalu diperoleh suatu persamaan reciprocal $y = 1 / (ax + b)$ Dengan koefisien data $a = -0.00025$ dan $b = 0.13$.

Pada masing-masing parameter yang diamati, jika dibandingkan antara 2 metodenya, keduanya saling berkesinambungan bekerja dalam menurunkan kadar logam berat nya. Terlihat bahwa apabila 2 metode ini digabungkan hampir tidak ada perubahan yang ditunjukkan, malah kedua metode ini saling menormalisasikan antara satu metode dengan metode yang lainnya.

4.3 Interaksi Absorbat dengan Absorben Pada Proses Absorpsi Dengan Metode Fitoremediasi

Terdapat enam tahap proses secara serial yang dilakukan tanaman eceng gondok sebagai absorben dalam mengabsorpsi zat kontaminan/ pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu:

1. Phytoaccumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga hyperaccumulation
2. Rhizofiltration (rhizo= akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
3. Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
4. Rhizodegradation disebut juga enhanced rhizosphere biodegradation, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.
5. Phytodegradation (phyto transformation) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.
6. Phytovolatilization yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer.

Tumbuhan eceng gondok mempunyai daya regenerasi yang cepat akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya didalam air kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar. Proses regenerasi yang cepat dan toleransinya terhadap lingkungan yang cukup besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan. Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negative. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan

keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif kedalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia. Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa kedalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul di membran akar. Sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, kebagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalyna menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar. Adapun cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman adalah dengan berdifusi, dimana difusi melibatkan proses perpindahan antar gradient konsentrasi yang dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar (Mukti,2008).

Pada penelitian ini, proses absorpsi terjadi karena adanya ikatan antara molekul-molekul absorben (tanaman eceng gondok) dengan ion Fe, Cr, Mn, NO₂⁻, SO₄²⁻. Ikatan ini merupakan gaya intramolekul (*intramolecular force*) yang mengikat atom-atom menjadi satu kesatuan membentuk suatu molekul. Satu molekul dengan molekul yang lain sejenis atau berbeda dapat mengadakan interaksi atau tarik menarik. Gaya tarik-menarik antara molekul-molekul itu disebut dengan gaya antarmolekul atau gaya intermolekul (*intermolecular force*) dan disebut juga gaya van der Waals (Effendi, 2006).

Dalam kimia fisik, istilah van der Waals didefinisikan sebagai gaya tarik-menarik atau tolak-menolak diantara molekul yang berkaitan dengan ikatan kovalen dan interaksi elektrostatis antar ion satu dengan lainnya atau dengan molekul netral. Istilah ini meliputi :

- Gaya dipol-dipol (gaya orientasi) .
- Gaya dipol-dipol induksian (gaya induksi).

- Gaya London.

Ketiga gaya tersebut mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa gaya van der Waals merupakan gaya total (termasuk gaya tolak-menolak), definisi lain menyebutkan bahwa gaya van der Waals merupakan gabungan semua gaya tarik-menarik.

Gaya tarik menarik (*attractive force*) mempunyai 3 kontribusi utama, yaitu:

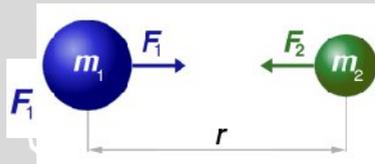
1. Interaksi elektrostatik, terjadi diantara muatan (ion-ion molekul), dipol, dan dipol permanen. Interaksi elektrostatik disebut juga gaya Keesom yang dikemukakan oleh Willem Hendrik Keesom.
2. Gaya induksi (disebut juga polarisasi), dimana interaksi terjadi diantara molekul dipol permanen dengan molekul induksian. Interaksi ini disebut juga gaya Debye. Pada tahun 1920, Peter J. W. Debye mengemukakan gaya induksi yang timbul karena adanya dipol yang disebabkan oleh ion positif dan ion negatif terhadap molekul netral.
3. Gaya dispersi yang dikemukakan oleh Firtz London, merupakan gaya antar atom-atom, antar molekul-molekul yang polar ataupun yang nonpolar.

Ketiga kontribusi tersebut mempunyai peranan yang penting dalam kaitannya dengan interaksi absorpsi ion-ion Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh eceng gondok.

Proses penyerapan ion Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh tanaman eceng gondok merupakan suatu peristiwa menempelnya partikel Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} pada absorben (khususnya pada akar tanaman eceng gondok) karena adanya gaya tarik-menarik (*attractive forces*) semua molekul. Pada luas permukaan (*surface area*) yang besar maka gaya tarik yang dimiliki absorben akan semakin besar untuk mengikat molekul lain (absorbat). Absorbat dapat diikat oleh absorben karena adanya gaya tarik permukaan yang besar, dimana gaya

yang terjadi ini sama seperti gaya gravitasi (*gravitational force*).

Gravitasi merupakan fenomena alam di mana semua obyek massa saling tarik-menarik antara satu dengan yang lainnya. Adanya tarik-menarik antara pusat massa satu dengan pusat massa yang lainnya inilah yang disebabkan oleh suatu gaya yaitu gaya gravitasi, di mana gaya ini sebanding dengan massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya yang dapat dijelaskan dengan hukum Newton dengan persamaan:



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

dimana,

F = gaya gravitasi diantara dua pusat massa (N)

G = konstanta gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

m_1 = massa dari pusat massa pertama (kg)

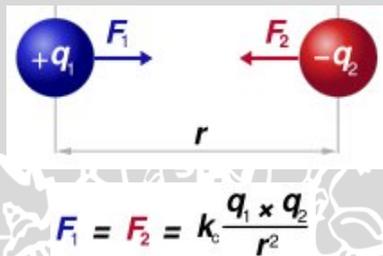
m_2 = massa dari pusat massa kedua (kg)

r = jarak antara kedua pusat massa (m)

Suatu jenis gaya van der Waals yang menyebabkan terjadinya proses absorpsi yaitu gaya dispersi London. Gaya dispersi London atau disebut juga gaya London terjadi diantara molekul pada jarak yang sangat pendek dan sensitive terhadap jarak antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat. Gaya ini dapat digambarkan seperti gaya gravitasi yang terjadi diantara planet-planet. Semakin pendek jarak antara permukaan molekul adsorben dengan molekul adsorbat maka semakin besar gaya tarik yang muncul diantara permukaan sehingga semakin besar peluang molekul adsorbat akan terikat pada

permukaan absorben. Molekul absorbat dapat terikat pada permukaan absorben karena gaya tarik yang lebih besar pada permukaan absorben dibandingkan gaya tarik molekul absorbat.

Gaya tarik yang terjadi diantara permukaan absorben dan molekul absorbat ini mempunyai perilaku sama seperti gaya gravitasi diantara planet-planet yang dipengaruhi juga oleh gaya tarik elektrostatis karena adanya beda muatan diantara kedua molekul tersebut. Gaya elektrostatis ini dapat dijelaskan dengan hukum Coulomb dengan persamaan berikut:


$$F_1 = F_2 = k_c \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

dimana,

F = gaya elektrostatis (N)

k_c = konstanta Coulomb ($8,987 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$)

r = jarak antara q_1 dan q_2

Bila beberapa molekul berkumpul bersama-sama (seperti dalam fase cair) maka geseran-geseran elektron terjadi secara bersamaan, sehingga terdapat suatu tarikan total antara banyak molekul yang bersebelahan.

4.4 Interaksi Air dengan Bahan Koagulan Pada Proses Penjernihan Air Dengan Metode Koagulasi Flokulasi

Dari hasil penelitian yang dilakukan, penambahan koagulan pasta biji kelor mampu menjernihkan air sampel bendungan Sutami (Karang Kates), Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang mampu membantu proses penjernihan air dengan metode koagulasi flokulasi. 1 buah biji kelor yang berusia sedikit tua diolah

sedemikian rupa sehingga berbentuk pasta untuk kemudian dilanjutkan kedalam proses koagulasi flokulasi dengan pengadukan cepat kedalam 1 liter air yang akan dijernihkan (sampel air yang telah diambil). Keoptimalan metode koagulasi flokulasi ini terletak pada saat pengadukan dilakukan. Setelah didiamkan kurang lebih selama 1-2 jam akan terbentuk flok-flok yang mengendap yang kemudian menghasilkan air yang jernih di bagian atasnya.

Keadaan awal yang didapatkan adalah air bendungan Sutami dengan warna keruh, kekuningan, dan berbau anyir. Pasta biji kelor mampu membuat air sampel tersebut menjadi berwarna jernih, dan bau khas kelor yang kuat mampu menghilangkan bau anyirnya. Bau khas kelor ini akan hilang dengan melakukan proses perebusan dengan arang yang telah dibungkus dengan kain berwarna putih bersih hingga air mendidih. Cara ini dapat digunakan ketika air yang dijernihkan dengan biji kelor dikehendaki untuk dikonsumsi.

Secara garis besar, mekanisme koagulasi dan flokulasi adalah :

1. Destabilisasi muatan negatif partikel oleh muatan positif dari koagulan
2. Tumbukan antar partikel
3. Adsorpsi

Pada prinsipnya, Penambahan koagulan pasta biji kelor memungkinkan destabilisasi sistem koloid dan menyebabkan koagulasi. Partikel koloid dalam limbah cair yang bermuatan listrik sama akan saling tolak-menolak dan tidak dapat saling mendekat. Kekuatan flokulasi larutan elektrolit meningkat dengan naiknya ion dari partikel yang muatannya berlawanan. Koagulasi merupakan proses untuk menghilangkan gaya tolak-menolak antara partikel-partikel yang tersuspensi dalam limbah dengan penambahan suatu koagulan yang mempunyai muatan berlawanan. Di dalam media cair, koagulan membentuk koloid yang bermuatan positif. Kemudian partikel koloid akan mengadsorpsi pengotor dalam air sehingga menggumpal dan mengendap.

Komposisi biji buah kelor (*Moringa oleifera*) mengandung logam-logam alkali kuat seperti K, Na, dan Al serta logam-logam lain yang mampu mereduksi limbah cair dengan cara mengikat bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah. Logam-logam inilah (terutama K, Na, dan Al) yang merupakan bagian kutub

positif, sedang bagian lainnya merupakan kutub negatif. K, Na dan Al mulai berinteraksi dengan zat Alkalinitas kimia pembentuk alkalinitas dalam air, yang kemudian membentuk senyawa, lalu memulai proses koagulasi.

Stabilitas koloid merupakan aspek penting dalam proses koagulasi untuk menghilangkan koloid-koloid. Stabilitas koloid tergantung ukuran koloid dan muatan elektrik, juga dipengaruhi oleh media pendispersi (dalam hal ini media pendispersi adalah air) seperti kekuatan ion, dan pH. Muatan permukaan partikel-partikel koloid penyebab kekeruhan di dalam air adalah sejenis, oleh karena itu jika kekuatan ionik di dalam air rendah, maka koloid akan tetap stabil. Stabilitas merupakan daya tolak koloid karena partikel-partikel mempunyai muatan permukaan sejenis (negatif).

Diantara koloid-koloid ada gaya tolak menolak dan gaya tarik massa (van der Waals). Dengan adanya energi interaksi kedua gaya tersebut yang disebabkan oleh gerakan Brownian, dihasilkan suatu energi kinetik. Jika kekuatan ionik di dalam air cukup tinggi, maka gaya tolak menolak memberi keuntungan kepada situasi dimana tumbukan yang terjadi menghasilkan aglomerasi partikel-partikel. Dalam suspensi yang keruh seringkali hanya ada partikel bermuatan negatif yang disebabkan oleh penggantian kation maupun adsorpsi zat anionik.

Pada sistem pengolahan air, koagulasi terjadi pada unit pengadukan cepat (flash mixing), karena koagulan harus tersebar secara cepat dan reaksi hidrolisa hanya terjadi dalam beberapa detik, jadi destabilisasi muatan negatif oleh muatan positif harus dilakukan dalam perioda waktu hanya beberapa detik.

Semakin rendah tingkat kekeruhan air, makin sukar pembentuk flok yang baik. Maka mengakibatkan makin sedikit pula partikel yang mengalami tumbukan antar partikel atau flok-flok, oleh sebab itu makin sedikit kesempatan flok untuk berakumulasi. Untuk memperoleh koagulasi yang baik, dosis optimum koagulan harus ditentukan. Dosis optimum mungkin bervariasi sesuai dengan karakteristik dan seluruh komposisi kimiawi di dalam air baku. Dalam hal ini digunakan 1 biji kelor per 1 liter airnya.

Setelah proses koagulasi partikel-partikel terdestabilisasi dapat saling bertumbukan membentuk agregat sehingga terbentuk flok, tahap ini disebut "Flokulasi". Flokulasi adalah suatu proses

penggumpalan partikel-partikel terdestabilisasi menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan dapat dipisahkan oleh sedimentasi dan filtrasi. Dengan kata lain proses flokulasi adalah proses pertumbuhan flok (partikel terdestabilisasi atau mikroflok) menjadi flok dengan ukuran yang lebih besar (makroflok). Setelah membentuk flok-flok lalu air tersebut disaring (filtrasi) secara sederhana, dan kemudian akan menghasilkan suatu air yang ramah lingkungan dan lebih jernih tentunya.

Proses penjernihan tersebut mampu memproduksi bakteri yang melekat pada partikel- partikel padat, sekaligus menjernihkan air, yang relatif aman (untuk kondisi serba keterbatasan) serta dapat digunakan sebagai air minum masyarakat setempat. Namun demikian, beberapa mikroba patogen masih ada peluang tetap berada di dalam air yang tidak sempat terendapkan, khususnya bila air awalnya telah tercemar secara berat. Namun bakteri ataupun mikroba tersebut mampu dihilangkan dengan cara memasak airnya terlebih dahulu.



B A B V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menyerap logam berat atau polutan yang ada di dalam perairan serta biji kelor yang mampu menjernihkan air melalui proses koagulasi flokulasi. Penyerapan ion logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} oleh eceng gondok dan biji kelor dipengaruhi oleh waktu, dan banyaknya eceng gondok dan biji kelor yang digunakan. Dua metode ini memiliki keefektifitasan waktu bekerja dalam rentang 1 minggu. Konsentrasi penyerapan ion-ion logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} terbesar terjadi pada minggu pertama dimana sekitar 80% hingga 90% lalu mencapai konstan pada minggu ke 2 hingga minggu ke 5.

Banyaknya jumlah tanaman eceng gondok dan biji kelor berpengaruh terhadap banyaknya konsentrasi ion-ion logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} yang terserap. Semakin banyak jumlah tanaman eceng gondok yang digunakan maka semakin banyak pula ion logam berat atau polutan yang akan terserap. Namun hal ini mampu menurunkan kadar oksigen yang terkandung dalam air dalam proses pendangkalan, karena itu hendaknya jumlah tanaman eceng gondok perlu diperhatikan dan dikontrol.

Biji kelor yang digunakan adalah 1 buah biji per 1 liter air yang akan dijernihkan. Adapun yang perlu diperhatikan secara seksama dalam proses penjernihan ini adalah proses pengadukan cepatnya. Mengingat bahwa keefektifan proses koagulasi dan flokulasi yang terjadi adalah terdapat pada saat pengadukan cepat, yaitu 55-60 putaran per menit selama 30 detik dan 16-30 putaran per menit selama 5 menit.

Setelah melakukan penelitian ini yaitu menyerap logam berat yang terkandung dalam sampel air bendungan Sutami menggunakan metode fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok dan proses penjernihan air secara koagulasi-flokulasi dengan menggunakan biji kelor, kadar konsentrasi ion logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} yang semula berturut turut adalah: 3.074 Ppm, 0.06 Ppm, 3.57 Ppm, 0.74 Ppm, dan 5.36 Ppm, kini telah menurun menjadi

berturut turut untuk ion logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} adalah sebesar : 0.151 Ppm, 0.0011 Ppm, 0.14 Ppm, 0.0078 Ppm, dan 0 Ppm. Dan nilai tersebut telah memenuhi standar kualitas air minum yang telah ditetapkan oleh pemerintah yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

5.2 Saran

Dari seluruh rangkaian penelitian ini, dapat diberikan saran yaitu dilakukan pengukuran dengan variasi jumlah tanaman eceng gondok dan biji kelor agar terlihat pola penyerapan yang lebih mendetail. Serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat waktu keefektifan eceng gondok dan biji kelor dalam menyerap logam berat dan menjernihkan air dalam waktu kurang dari 1 minggu (per hari atau per jam).



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2005. TANAMAN OBAT INDONESIA.
<http://www.ipitek.net.id>.Diakses 26 November 2008
- Anonymous, 2007. BANYAK PENDERITA THALASEMIA MENINGGAL KARENA GAGAL JANTUNG.
<http://www.suarakarya-online.com/news.html?id=171306>.
Desember 2008.
- Anonymous. 2008^a. PENCEMARAN AIR.
http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_air. Diakses 08 Agustus 2008.
- Anonymous, 2008^b. PENDEKATAN TERPADU PENGELOLAAN PENCEMARAN LINGKUNGAN. Diakses 22 Desember 2008.
- Anonymous. 2008^c. BESI. <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi>. Diakses 23 Oktober 2008.
- Anonymous. 2008^d. AIR. <http://id.wikipedia.org/wiki/Air>. Diakses 08 Agustus 2008 .
- Anonymous. 2008^e. KROMIUM.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Kromium>. Diakses 23 Oktober 2008.
- Anonymous. 2008^f. <http://id.wikipedia.org/wiki/Manganes>.
Diakses 23 Oktober 2008
- Anonymous. 2008^g. SULFAT. <http://id.wikipedia.org/wiki/Sulfat> .
Diakses 23 Oktober 2008.
- Anonymous. 2008^h. ECENG GONDOK.
http://id.wikipedia.org/wiki/Eceng_gondok. Diakses 26 November 2008

Anonymous. 2008ⁱ. PENCEMARAN.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran>. Diakses 08 Agustus
2008.

Anonymous. 2008^j. MORINGA OLEIFERA.
http://en.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera. Diakses 26
November 2008

Anonymous. 2008^k. SISTEM KOLOID.
http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_koloid. Diakses 26
November 2008.

Anonymous. 2008^l. SIFAT-SIFAT KOLOID.
[http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Tega%
20rQ/link/empat.html](http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Tega%20rQ/link/empat.html). Diakses 26 November 2008.

Akhadi, Mukhlis. 2000. LISTRIK MURAH ATAU UDARA
BERSIH. Ahli Peneliti Badan Tenaga Nuklir Nasional. No. 34
th VI. Jakarta.

Anthony. Nilawati. K, 2008. STUDI PENYERAPAN PB(I)
DALAM LIMBAH CAIR BUATAN OLEH AEC
(ACTIVATED EICHORNIA CARBON) DENGAN
METODE POTENSIOMETRI. Tugas akhir. Universitas
Brawijaya. Malang.

Arifin, Zaenal.2008. BEBERAPA UNSUR MINERAL ESENSIAL
MIKRO DALAM SISTEM BIOLOGI DAN METODE
ANALISISNYA. Balai besar penelitian veteriner. Jurnal
Litbang Pertanian. Bogor. Hal. 99-105.

Atmosukarto, Kusnindar, dan Mitri Rahmawati. 2004. TERAPI
NUTRISI KROMIUM UNTUK PENDERITA DIABETES.
Cermin dunia kedokteran no.143. Pusat Penelitian dan
Pengembangan Ekologi Kesehatan. Departeen Kesehatan RI.
Jakarta. Hal.51-53. Diakses 22 Desember 2008.

Darmono. 1995. LOGAM DALAM SISTEM BIOLOGI MAKHLUK HIDUP. UI. Jakarta.

Darmono. 2001. LINGKUNGAN HIDUP DAN PENCEMARAN. HUBUNGANNYA DENGAN TOKSIKOLOGI SENYAWA LOGAM. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).

Esti, Haryanto Sahar . 2000. PENJERNIHAN AIR DENGAN BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*). Buku Panduan Air dan Sanitasi, Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI bekerjasama dengan Swiss Development. Cooperation, Jakarta.

Effendi. 2006. TEORI VSEPR KEPOLARAN ADAN GAYA ANTAR MOLEKUL. Edisi 2. Bayumedia. Malang.

Marganof. 2008. POTENSI LIMBAH UDANG SEBAGAI PENYERAP LOGAM BERAT (TIMBAL, KADMIUM, DAN TEMBAGA) DI PERAIRAN. Makalah Pribadi Pengantar Falsafah Sains (PPS702). Program Pasca Sarjana S3. Institut Pertanian Bogor.

Mujiyanto. 2008. FITOREMEDIASI MENGOLAH AIR LIMBAH DENGAN TANAMAN. Indonesia Sanitation Sector Development Program. <http://issdp.ampl.or.id/>. Diakses 26 November 2008.

Mukti, Ahmad Mukhtar. 2008. PENGGUNAAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) SEBAGAI PRE-TREATMENT PENGOLAHAN AIR MINUM PADA AIR SELOKAN MATARAM. Tugas akhir. Universitas Islam Indonesia.

Novita, Elida. 2001. OPTIMASI PROSES KOAGULASI-FLOKULASI PADA LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG MELANOIDIN. Jurnal ilmu dasar. Vol 2 no. 1. Hal 61-67.

Rahardjanto, Abdulkadir. 2004. EFEKTIVITAS BIOFLOKULAN MORINGA OLEIFERA DALAM MEMPERBAIKI SIFAT FISIKO-KIMIA AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL. Master Theses . <http://izul.i8.com/download/LimbahB3.pdf> . Diakses 2 Agustus 2008.

Sanoesi, S. 1994. STUDI SISTEM FLOKULASI FILTRASI DALAM PENGOLAHAN AIR. Master Theses Environmental Engineering. Program Pasca Sarjana. Program studi teknik lingkungan. ITB. Bandung. Diakses 6 Desember 2008.

Sofiany, Rina. 1999. EFEKTIVITAS BIJI MORINGA OLEIFERA DALAM MEMPERBAIKI SIFAT KIMIA-FISIKA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DI SUKAREGANG GARUT. Tesis Magister Biologi. Bidang Khusus Pengelolaan Sumberdaya Hayati dan Lingkungan Hidup Tropika.

Subiarto, 2000. PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF (sr-90) DENGAN ARANG LOKAL DENGAN METODE KOLOM. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif. Batan. Serpong.

Sudarmaji , J. Mukono dan Corie I.P. 2006. LIMBAH OGAM BERAT B3 DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN. JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN, VOL. 2, NO. 2. Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga. Hal. 129-141.

Sukardjo. 1985. IKATAN KIMIA. Rineka Cipta. Yogyakarta.

Weber, Jr. W. J. 1977. PHYSICOCHEMICAL PROCESS FOR WATER QUALITY CONTROL. John Willey and Sons. New York. pp. 199, hal. 229-296.

Winarno, F.G, 2003. BIJI KELOR UNTUK BERSIHKAN AIR SUNGAI. Media cetak harian kompas . Diakses 2 Agustus 2008.

LAMPIRAN

Lampiran 1



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.023/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2008

1. Data konsumen :
 Nama konsumen : Lintang Ayu Rengganingrum
 Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw
 Alamat : Jalan Melati No.18 Sengkaling - Malang.
 Telepon : HP. 081334221083 / (0341) 460421
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
 2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
 3. Identifikasi sampel
 Nama sampel : *Air Damau*
 Wujud : Cair
 Warna : Bening
 4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia Unibraw Malang.
 5. Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
 6. Tanggal terima sampel : 20 Juni 2008
 7. Data Hasil Analisa

No	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	Pb	Tidak terdeteksi		HNO ₃	AAS
2.	Cd	Tidak terdeteksi		HNO ₃	AAS
3.	Zn	0.17 ± 0.005	ppm	HNO ₃	AAS
4.	Ca	50.28 ± 0.18	ppm	HNO ₃	AAS
5.	Fe	1.074 ± 0.072	ppm	HNO ₃	AAS
6.	Cu	Tidak terdeteksi		HNO ₃	AAS
7.	Mg	52.40 ± 0.097	ppm	HNO ₃	AAS
8.	pH	8.06 ± 0.01	-	-	Gravimetri
9.	Konduktivitas	292.50 ± 0.71	mS/cm	-	Kindukometri
10.	NO ₂	0.13 ± 0.00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
11.	PO ₄ ³⁻	0.25 ± 0.02	ppm	Am. Molibdat	Spektrofotometri
12.	SO ₄ ²⁻	5.36 ± 0.00	ppm	Mg(NO ₃) ₂ ·BaCl ₂	Spektrofotometri
13.	DO	6.57 ± 0.02	ppm	Na ₂ S ₂ O ₈	Titasi Iodometri
14.	Cr	0.06 ± 0.00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
15.	Mn	3.57 ± 0.00	ppm	NaO ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
16.	NO ₃ ⁻	0.74 ± 0.00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
17.	Kesamaan	0.55 ± 0.00	ppm	NaOH	Titrasa Asam Basa
18.	Turbiditas	Tidak terdeteksi		-	Nephelometri
19.	Cl ⁻	16.56 ± 1.00	ppm	AgNO ₃	Argenometri
20.	Kesadahan	116.40 ± 1.70	mg. CaCO ₃ / L	EDTA	Kompleksometri
21.	Kebasaan	10.70 ± 0.21	ppm	HCl	Titrasa Asam Basa
22.	NH ₄ ⁺	0.72 ± 0.00	ppm	Nessler	Spektrofotometri
23.	Phenol	0.08 ± 0.00	ppm	Asam Sulfanilat	Spektrofotometri
24.	Detergen	0.77 ± 1.14	ppm	CHCl ₃	Spektrofotometri

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Farid Rahman, S.Si, M.Si
NIP. 19720303200802001

Malang, 14 Juli 2008
Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317

Lampiran 2



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

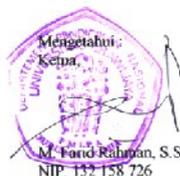
NO : A.029 / R.T.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

1. Data konsumen :
Nama konsumen : Lintang Ayu Rengganingrum & Norma Eka Prawesti.
Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
Alamat : Jalan Melati No.18 Sengkaling - Malang
Telepon : HP 081334221083 / (0341) 460421
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama sampel : *Air Bendungan Sutami*
Wujud : Cair
Warna : Keruh
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia Unibraw Malang.
5. Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
6. Tanggal terima sampel : 01 Agustus 2008
7. Data Hasil Analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	Fe	0,26 ± 0,02	ppm	HNO ₃	AAS
2.	Zn	0,01 ± 0,00	ppm	HNO ₃	AAS
3.	pH	6,72 ± 0,02	-	-	Gravimetri
4.	Konduktivitas	1,00 ± 0,00	mS/cm	-	Konduktometri
5.	NO ₃ ⁻	0,38 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
6.	PO ₄ ³⁻	0,24 ± 0,00	ppm	Am. Molibdat	Spektrofotometri
7.	SO ₄ ²⁻	0,94 ± 0,00	ppm	Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
8.	DO	5,79 ± 0,01	ppm	Na ₂ S ₂ O ₃	Titrasid Iodometri
9.	Cr	0,0034 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
10.	Mn	0,24 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
11.	NO ₂ ⁻	0,03 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
12.	Cl ⁻	17,33 ± 0,00	ppm	AgNO ₃	Argentometri
13.	Phenol	0,05 ± 0,00	ppm	Asam Sulfamat	Spektrofotometri
14.	Detergen	0,67 ± 0,00	ppm	CTICl ₃	Spektrofotometri

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Malang, 19 Agustus 2008
Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317

Lampiran 3



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.027/RT.5/T.1/R.0/TT. 150803/2008

1. Data konsumen :
Nama konsumen : Lintang Ayu Rengganingrum
Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
Alamat : Jalan Melati No.18 Sengkaling - Malang.
Telepon : HP. 081334221083 / (0341) 460421
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama sampel : **Air Kelor**
Wujud : Cair
Warna : Bening
4. Prosedur analisa : Dari Lab Lingkungan Jurusan Kimia Unibraw Malang.
5. Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
6. Tanggal terima sampel : 06 Agustus 2008
7. Data Hasil Analisa :

No.	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	NO ₃ ⁻	0,38 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
2.	PO ₄ ³⁻	73,63 ± 0,00	ppm	Am. Molibdat	Spektrofotometri
3.	SO ₄ ²⁻	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
4.	DO	6,52 ± 0,03	ppm	Na ₂ S ₂ O ₃	Titration Iodometri
5.	Cr	0,0022 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
6.	Mn	0,14 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
7.	NO ₂ ⁻	0,014 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
8.	Cl ⁻	16,29 ± 0,5	ppm	AgNO ₃	Argentometri
9.	Fe	0,26 ± 0,02	ppm	HNO ₃	AAS
10.	pH	8,06 ± 0,01	ppm		pHmetri

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Farid Rahman, S.Si, M.Si
NIP. 132 158 726

Malang, 19 Agustus 2008
Kalab: Lingkungan,

Ir. Bahang Ismuryanto, MS
NIP. 131 616 317

Lampiran 4



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
 JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor : A. 039 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

1. Data konsumen :
 Nama konsumen : Lintang Ayu Rengganingrum & Norma Eka Prawesti.
 Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Umbraw.
 Alamat : Jalan Veteran Malang.
 Telepon : (0341) 575833
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
 2. Sampling dilakukan : Oteh konsumen
 3. Identifikasi sampel
 Nama sampel : *Air Eceng Gondok*
 Wujud : Cair
 Warna : Keruh
 Bau : Berbau
 4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
 5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil sendiri/langsung
 6. Tanggal terima sampel : 14 Oktober 2008
 7. Data hasil analisa :

Parameter	No.	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Fe	1.	I	0,181 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
	2.	II	0,254 ± 0,003	ppm	HNO ₃	AAS
	3.	III	0,327 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
	4.	IV	0,158 ± 0,003	ppm	HNO ₃	AAS
Cr	5.	I	0,0011 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	6.	II	0,0022 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	7.	III	0,0011 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	8.	IV	Tidak terdeteksi		Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
Mn	9.	I	0,10 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	10.	II	Tidak terdeteksi		NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	11.	III	0,05 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	12.	IV	0,05 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
NO ₂	13.	I	0,0078 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	14.	II	0,0059 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	15.	III	0,0078 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	16.	IV	0,0098 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
pH	17.	I	7,23 ± 0,00	-	-	pHmetri
	18.	II	7,21 ± 0,00	-	-	pHmetri
	19.	III	7,48 ± 0,00	-	-	pHmetri
	20.	IV	7,88 ± 0,00	-	-	pHmetri
SO ₄ ²⁻	21.	I	0,47 ± 0,00	ppm	Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	22.	II	0,47 ± 0,00	ppm	Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	23.	III	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	24.	IV	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Falaq Rahuman, S.Si, M.Si
 NIP. 135 158 726

Malang, 30 Oktober 2008

Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismyanto, MS.
 NIP. 131 616 317

Lampiran 5



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
 JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor : A. 038 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

1. Data konsumen :
 Nama konsumen : Lintang Ayu Rengganingrum.
 Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
 Alamat : Jalan Melan No. 18 Sengkaling - Malang.
 Telepon : 081334221083 / (0341) 460421
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
 2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
 3. Identifikasi sampel
 Nama sampel : Air Kelor
 Wujud : Cair
 Warna : Kerah
 Bau : Berbau
 4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
 5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil sendiri/langsung
 6. Tanggal terima sampel : 14 Oktober 2008
 7. Data hasil analisa :

Parameter	No.	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereakan	Metode
Fe	1.	I	0,151 ± 0,008	ppm	HNO ₃	AAS
	2.	II	0,165 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
	3.	III	0,170 ± 0,009	ppm	HNO ₃	AAS
	4.	IV	0,241 ± 0,003	ppm	HNO ₃	AAS
Cr	5.	I	0,0022 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	6.	II	0,0011 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	7.	III	0,0022 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
	8.	IV	0,0011 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
Mn	9.	I	0,10 ± 0,00	ppm	Na ₂ O ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	10.	II	0,14 ± 0,00	ppm	Na ₂ O ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	11.	III	0,10 ± 0,00	ppm	Na ₂ O ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
	12.	IV	0,14 ± 0,00	ppm	Na ₂ O ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
NO ₂	13.	I	0,0118 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	14.	II	0,008 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	15.	III	0,0098 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
	16.	IV	0,0078 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotometri
pH	17.	I	7,51 ± 0,00	-	-	pHmetri
	18.	II	8,18 ± 0,00	-	-	pHmetri
	19.	III	7,49 ± 0,00	-	-	pHmetri
	20.	IV	8,38 ± 0,00	-	-	pHmetri
SO ₄ ²⁻	21.	I	0,47 ± 0,00	ppm	Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	22.	II	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	23.	III	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
	24.	IV	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Farid Rahman, S.Si, M.Si
 NIP. 182.158.26

Malang, 30 Oktober 2008

Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismyanto, MS.
 NIP. 131 616 317

Lampiran 6
Foto Bahan Penelitian



Bendungan Sutami (Karang Kates) Kabupaten Malang sebagai salah satu bahan obyek penelitian.



Kolam buatan berisi air bendungan Sutami yang telah diambil sebagai sampel penelitian yang terletak di rumah penulis.

Lampiran 7



Biji kelor tua yang telah dikeluarkan dari batang bijinya dan belum terkupas.



Tanaman eceng gondok yang ditanamkan pada kolam berisi air sampel bendungan Sutami.

Lampiran 8
Foto Alat Penelitian

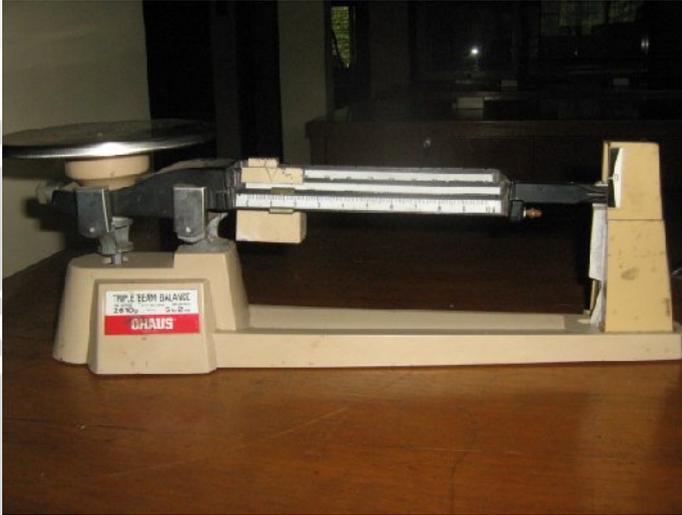


Beberapa buah jurigen yang digunakan untuk mengambil air sampel di bendungan Sutami.



Gelas ukur, corong, penggerus, dan pengaduk.

Lampiran 9



Timbangan (Neraca)



Kompor dan panci untuk merebus air yang telah dijernihkan hingga mendidih untuk mematikan bakteri.