

**PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN
METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG
BATOK SEBAGAI ADSORBAN**

SKRIPSI

Oleh :

NORMA EKA PRAWESTI

0410930036-93



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2009

**PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN
METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG
BATOK SEBAGAI ADSORBAN**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Oleh :
NORMA EKA PRAWESTI
0410930036-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN
METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG
BATOK SEBAGAI ADSORBAN**

Oleh :
NORMA EKA PRAWESTI
0410930036-93

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

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc
NIP. 131 879 050

Chomsin S. Widodo, S.Si., M.Si
NIP. 132 135 218

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D.
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Norma Eka Prawesti
NIM : 0410930036-93
Program Studi : Fisika
Penulis skripsi berjudul :

PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG BATOK SEBAGAI ADSORBAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi 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, Juni 2009
Yang menyatakan,

(Norma Eka Prawesti)
NIM. 0410930036-93

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan penulis persembahkan kepada ALLAH SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul:

“PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG BATOK SEBAGAI ADSORBAN”

Keberhasilan pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus hati penulis ucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Drs. Adi Susilo, M.Sc., PhD. selaku Ketua Jurusan Fisika
2. Drs. Unggul P Juswono, M.Sc, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Chomsin S Widodo, S.Si., M.SI selaku pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Kedua orangtua, adik beserta keluarga, yang telah membantu dengan segala kasih dan memberikan dukungan doa untuk kelancaran pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.
5. Mas Mail yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya.
6. Teman seperjuangan, Lintang Ayu R terima kasih atas kerjasamanya selama penelitian.
7. Pak Robby selaku laboran Lab. Biofisika, terima kasih atas bantuannya.
8. Para staf TU Fisika, terima kasih selama ini telah banyak membantu.
9. Ochim, Fendi, Icha, A-hu, Anis, Hanim dan teman-teman fisika 2004, yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas semua dukungan dan semangatnya.

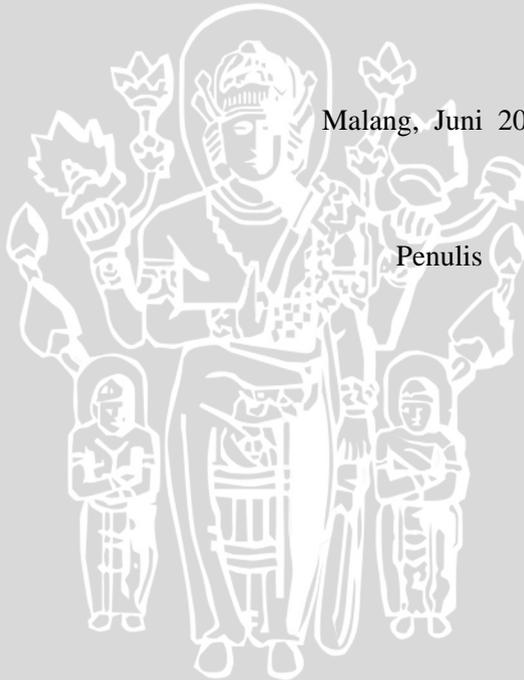
10. Teman-teman kosan cantik KerSent 200W, terima kasih atas dukungan dan kebersamaannya selama ini.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, penulis ucapkan terimakasih atas bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon kiranya dapat dimaklumi dan penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang sangat membangun.

Semoga penyusunan dan penulisan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juni 2009

Penulis



ABSTRAK

PENGUKURAN PENYERAPAN LOGAM BERAT DENGAN METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) DAN ARANG BATOK SEBAGAI ADSORBAN

Pencemaran air dapat menyebabkan meningkatnya kadar logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- dan SO_4^{2-} di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar logam berat tersebut. Metode yang digunakan adalah metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok. Metode fitoremediasi dilakukan dengan menanam tanaman eceng gondok pada kolam penampungan air kemudian untuk metode adsorpsi arang batok dilakukan dengan menambahkan arang batok ketika proses pendidihan air. Pada minggu pertama perlakuan baik dengan metode fitoremediasi maupun dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, konsentrasi dari hampir keseluruhan logam-logam berat yang melebihi standar telah memenuhi standar kecuali pada Mn yang membutuhkan waktu 2 minggu. Penggabungan antara metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok dapat menyerap lebih banyak logam berat dari pada hanya dengan metode fitoremediasi. Pada metode adsorpsi arang batok, penurunan logam berat terjadi karena proses adsorpsi fisik yang disebabkan oleh gaya tarik van der waals.

Kata kunci : *Fitoremediasi, Eceng Gondok, Arang Batok, Logam Berat, Adsorpsi*

ABSTRACT

ADSORPTION MESUREMENT OF WEIGH IRON BY FITOREMEDIATION METHOD USING ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) AND COCONUT HARD SKIN CHARCOAL AS ADSORBAN

Water pollution can cause increasing Fe, Cr, Mn, NO_2^- and SO_4^{2-} level in water. This research purpose is to reduce weigh iron level. The metode that is used in this research is fitoremediation method and combination fitoremediation and coconut hard skin charcoal adsorption method. Fitoremediation method is done by planting Eceng Gondok in pool of water receiving station and than for adsorptions method is done by put the coconut hard skin charcoal into boiling water process. In first week both treatment fitoremediation method and combination fitoremediation and coconut hard skin charcoal adsorption method were applied, the concentration of most of weigh iron that exceed the standart level had met the standart, except Mn which needs two weeks to decrease this concentration. The combination fitoremediation and coconut hard skin charcoal adsorption method can absorb more weigh iron compared to the one with Fitormediation method only. While coconut hard skin charcoal adsorption method, reducing weigh iron was happended because of physical adsorption process that was caused of van der waals force

Key words : *Fitoremediation, , Eceng Gondok, coconut hard skin charcoal, weigh iron, adsorption*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK / ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	xi
LEMBAR PERSEMBAHAN	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GRAFIK	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pencemaran Air	5
2.2. Baku Mutu Air	5
2.3. Logam Berat	6
2.3.1. Besi (Fe)	6
2.3.2. Mangan (Mn)	6
2.3.3. Kromium (Cr)	7
2.3.4. Nitrit (NO ₂)	7
2.3.5. Sulfat (SO ₄ ²⁻)	8
2.4. pH	8
2.5. Fitoremediasi	9
2.6. Eceng Gondok	10
2.7. Adsorpsi	11
2.8. Gaya van der Waals	13
2.9. Arang sebagai Penjernih Air	14

BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.2.1. Alat	17
3.2.2. Bahan	17
3.3. Prosedur Penelitian	17
3.3.1. Persiapan Bahan Penelitian	17
3.3.2. Studi Awal Air Sampel.....	17
3.3.3. Perlakuan terhadap Sampel	18
3.4. Analisa Data	19
3.5. Diagram Alir	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Hasil Penelitian	23
4.2. Pengaruh Fitoremediasi dan Gabungan Metode Fitoremediasi dan Adsorpsi Arang Batok terhadap Penyerapan Kadar Logam Berat	28
4.2.1. Fe (Besi).....	28
4.2.2. Cr (Kromium)	30
4.2.3. Mn (Mangan)	31
4.2.4. NO ₂ ⁻ (Nitrit).....	33
4.2.5. SO ₄ ²⁻ (Sulfat).....	34
4.2.6. pH.....	35
4.3. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Eceng Gondok dan Adsorpsi oleh Arang Batok	36
BAB V PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN DATA	49
LAMPIRAN GAMBAR	55

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Model Pengisian Ruang Ion Sulfat	8
Gambar 2.2	Tanaman Eceng Gondok	11
Gambar 2.3	Proses Adsorpsi	12
Gambar 2.4	Interaksi van der Waals	14
Gambar 4.7	Interaksi Antar Molekul.....	39
Gambar 2.6	Proses Terisnya pori-pori Arang.....	41



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam Fe	23
Tabel 4.2.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam Mn.....	24
Tabel 4.3.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam Cr	25
Tabel 4.4.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam NO_2^- ..	25
Tabel 4.5.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam SO_4^{2-} ..	26
Tabel 4.6.	Tabel Data Penyerapan Konsentrasi Logam pH.....	27



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Grafik Fe (Besi)	29
Grafik 4.2. Grafik Cr (Kromium).....	30
Grafik 4.3. Grafik Mn (Mangan).....	32
Grafik 4.4. Grafik NO_2^- (Nitrit).....	33
Grafik 4.5. Grafik SO_4^{2-} (Sulfat).....	34
Grafik 4.6. Grafik pH.....	36



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Data air dengan perlakuan fitoremediasi	49
Lampiran 2	Data air dengan perlakuan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok.....	52
Lampiran 3	Foto Alat dan Bahan	55

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



B A B I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrien dan padatan (Anonymous, 2008^a).

Limbah industri merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran air. Pada umumnya limbah industri mengandung limbah B3 yaitu bahan berbahaya dan beracun. Karakteristik limbah B3 adalah korosif/mudah menyebabkan karat, mudah terbakar dan meledak, beracun dan dapat menyebabkan infeksi/penyakit. Limbah industri yang berbahaya adalah limbah industri yang mengandung logam berat dan cairan asam. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air seperti ikan, kerang, rumput laut, dan biota laut lainnya sehingga pemanfaatan organisme ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia.

Bendungan sutami merupakan salah satu contoh perairan yang tercemar oleh limbah industri, hal tersebut bukan suatu hal yang asing lagi. Kasus pencemaran di Bendungan Sutami ini sudah berlangsung dari beberapa tahun yang lalu dan yang terakhir adalah pada tanggal 20 April 2008, hal tersebut sangatlah merugikan karena mengakibatkan ribuan ikan air tawar yang dibudidayakan para petani mati mendadak (Anonymous, 2008^b).

Ada dua cara yang bisa dilakukan untuk mencegah dan mengatasi pencemaran perairan oleh logam berat, yaitu cara kimia dan biologi. Cara kimia, antara lain dengan reaksi chelating, yaitu memberikan senyawa asam yang bisa mengikat logam berat sehingga terbentuk garam dan mengendap. Namun, cara ini mahal dan logam berat masih tetap berada di waduk meski dalam keadaan terikat. Namun ada penanggulangan secara biologi yang bisa menjadi alternatif terhadap mahalnya penanggulangan dengan cara kimia. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Metode yang menggunakan kemampuan

tanaman dalam menyerap logam berat biasa disebut dengan metode fitoremediasi dimana metode fitoremediasi (*phytoremediation*) ini merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan micro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dari hewan atau tumbuhan dengan cara menghilangkan kandungan air dan komponen volatilnya. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan meyerupai batu bara ini terdiri dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya (Anonymous, 2008^c). Arang banyak digunakan karena arang sangat mudah didapat dan dibuat, selain itu harga arang juga relatif murah.

Adsorpsi merupakan proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut.

Untuk menjadikan air Bendungan sutami yang telah tercemar tersebut menjadi lebih ramah lingkungan dan bermanfaat maka penggabungan konsep adsorpsi arang dan fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok perlu diperhatikan sebagai suatu langkah yang mampu untuk mengurangi kandungan logam berat akibat pencemaran dari limbah industri di lingkungan perairan bendungan. Unsur logam berat yang dianalisis didasarkan pada pedoman pengelompokan baku mutu air yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Th 2001.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penyerapan logam berat dari sampel air Bendungan Sutami oleh eceng gondok dan gabungan antara metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan metode adsorpsi menggunakan arang batok sebagai absorban.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini masalah yang akan dikaji dibatasi pada jenis dan usia tanaman eceng gondok yang dianggap dewasa dan dengan kondisi awal yang dianggap sama. Ukuran partikel dan pori-

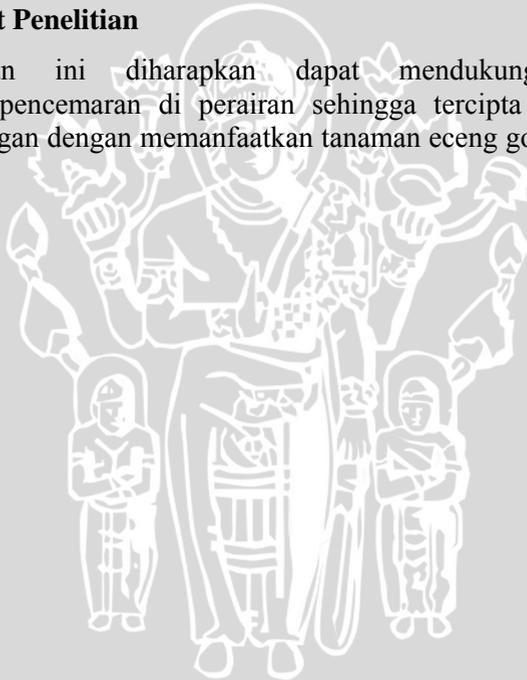
pori arang batok dianggap sama, pada setiap uji analisa digunakan 2 gram arang batok. Sampel air yang digunakan adalah air dari Bendungan Sutami sebanyak ± 2500 liter. Penelitian difokuskan pada penyerapan oleh eceng gondok dan gabungan eceng gondok dengan arang batok terhadap unsur logam berat yang kadar konsentrasinya melebihi kadar yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur penyerapan logam berat oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan gabungan antara eceng gondok dengan arang batok.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mendukung untuk pengendalian pencemaran di perairan sehingga tercipta air yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok dan arang batok.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran air

Pencemaran, menurut SK Menteri Kependudukan Lingkungan Hidup No 02/MENKLH/1988, adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air, atau berubahnya tatanan (komposisi) air oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air 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, 2008^d).

2.2. Baku Mutu Air

Menurut PP No. 82 Th 2001, pengelompokan baku mutu air dibagi menjadi 4 kelas, antara lain (http://D:/%23DATA%20BPLHD%202008/Perundangan/Peraturan%20Pemerintah/PP_%20No_82%202001):

Kelas I : Air yang dapat digunakan untuk baku mutu air minum dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas II : Air yang dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi petamanan, dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas III : Air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertamanan dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas IV : Air yang dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

2.3. Logam Berat

Jenis logam berat di alam ada 80 jenis. Berdasarkan toksikologi logam berat dibagi dalam dua kategori yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam berat yang keberadaannya dalam kadar tertentu dibutuhkan makhluk hidup tetapi jika dalam kadar yang berlebih menimbulkan efek racun, misalnya Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lainnya. Logam berat non esensial adalah logam berat yang belum diketahui manfaatnya secara pasti dan bersifat toksik seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Jalur masuk logam berat non esensial melalui kulit, pernapasan dan pencernaan. Logam berat non esensial terikat dalam tubuh sehingga daya racunnya dapat merusak metabolisme tubuh. Selain itu logam berat ini menyebabkan alergi, mutagen, dan karsinogen bagi manusia (Vouk, V, 1986).

2.3.1. Besi (Fe)

Besi adalah unsur yang mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26 yang berada dalam golongan 8 dan periode 4. Besi dapat dihasilkan dari bijih besi, dan jarang dijumpai dalam keadaan unsur bebas. Besi dalam bentuk zat besi sangat penting bagi semua organisme namun dapat juga bersifat toksik (racun) bagi tubuh jika jumlahnya melebihi batas yang dibutuhkan oleh tubuh (Anonymous, 2008^e).

Untuk kebutuhan metabolisme, tubuh membutuhkan 7-35 mg zat besi perhari, yang diperoleh tidak hanya dari air. Konsentrasi Fe dalam air yang melebihi ± 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda hitam pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih. Adanya unsur ini dapat pula menimbulkan bau dan warna pada air minum. Selain itu konsentrasi Fe yang lebih besar dari 1 mg/l dapat menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan, memberi rasa yang tidak enak pada minuman dan dapat membentuk endapan pada pipa-pipa logam. Standar konsentrasi maksimum besi dalam air minum yang ditetapkan oleh Dep.Kes.R.I adalah sebesar 0,1-1,0 mg/l (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

2.3.2. Mangan (Mn)

Mangan merupakan salah satu logam yang banyak dijumpai di kulit bumi dan sering terdapat bersama besi. Mangan terlarut

dalam air tanah dan air permukaan. Dalam jumlah tertentu, mangan bisa membentuk oksida yang tidak larut dan menghasilkan endapan, sehingga menimbulkan masalah pada tampilan fisik air. Dalam tabel periodik mangan memiliki lambang Mn dan nomor atom 25 (Anonymous, 2007).

Adanya unsur Mn ini dapat menimbulkan bau dan rasa pada minuman. Konsentrasi Mn yang lebih besar dari 0,5 mg/l dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman dan meninggalkan warna kecoklat-coklatan pada pakaian cucian dan dapat juga menyebabkan kerusakan pada hati. Konsentrasi standar maksimum yang ditetapkan oleh Dep.Kes.R.I untuk Mn adalah sebesar 0,05-0,5mg/l. 0,05 mg/l adalah merupakan batas konsentrasi maksimal yang dianjurkan, sedangkan 0,5 mg/l adalah merupakan batas konsentrasi maksimal yang diperbolehkan (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

2.3.3. Kromium (Cr)

Dalam tabel periodik kromium memiliki lambang Cr dan nomor atom 24. Kromium merupakan logam tahan korosi (tahan karat) dan dapat dipoles menjadi mengkilat. Dengan sifat ini, kromium (krom) banyak digunakan sebagai pelapis pada ornamen-ornamen bangunan maupun pada komponen kendaraan, seperti knalpot pada sepeda motor. Perpaduan Kromium dengan besi dan nikel menghasilkan baja tahan karat (Anonymous, 2008^f).

Konsentrasi unsur Cr dalam air minum yang melebihi standar maksimum dapat menyebabkan kanker kulit dan kanker pada alat pernapasan. Konsentrasi maksimal kromium dalam air minum yang ditetapkan sebagai standar oleh Dep.Kes.R.I adalah sebesar 0,05 mg/l (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

2.3.4. Nitrit (NO₂⁻)

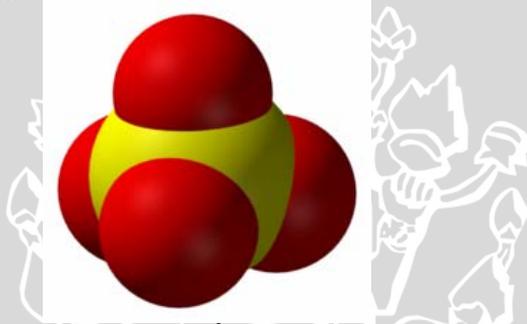
Nitrit (NO₂⁻) merupakan hasil perombakan protein yang merupakan turunan dari amonia. Pada air kotor yang terlalu banyak ikan biasanya mempunyai kadar nitrit yang tinggi karena nitrit ini merupakan gas yang beracun bagi ikan (Anonymous, 2008^g).

Nitrit dalam alam yang pada akhirnya sampai ke air dapat terbentuk baik dari oksidasi amonia (NH₃) oleh bakteri dari nitrosomonas group dalam kondisi aerobik maupun dari reduksi

nitrat (NO_3^-) oleh proses nitrit yang lain. Efek terhadap kesehatan manusia yang dapat ditimbulkan oleh kandungan nitrit dalam air adalah serupa dengan apa yang diakibatkan oleh nitrat yaitu dapat terbentuknya methaemoglobine yang dapat menghambat perjalanan oksigen dalam tubuh. Selain itu nitrit juga bersifat racun sehingga standar persyaratan kualitas air minum yang ditetapkan oleh Dep.Kes.R.I adalah tidak memperbolehkan kehadiran unsur ini dalam air minum (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

2.3.5. Sulfat (SO_4^{2-})

Ion sulfat merupakan sejenis anion poliatom dengan rumus empirik SO_4^{2-} yang terdiri dari atas atom pusat sulfur dan dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam susunan tetrahedron.



Gambar 2.1. Ion sulfat, SO_4^{2-} , sebagai model pengisian ruang (Anonymous, 2008^h).

Dalam penyediaan air untuk umum maupun untuk industri, keberadaan sulfat ini sangat penting karena kecenderungan air yang mengandung unsur ini dalam jumlah yang cukup besar dapat membentuk kerak air yang keras pada ketel dan alat pengubah panas. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Dep.Kes.R.I untuk SO_4^{2-} dalam air minum adalah sebesar 200-400 mg/l (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

2.4. pH

pH adalah derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Yang dimaksudkan keasaman di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu

larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH=7. Nilai pH>7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH<7 menunjukkan keasaman. Nama pH berasal dari *potential of hydrogen*. Secara matematis, pH didefinisikan dengan

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

Nilai pH 7 dikatakan netral karena pada air murni ion H^+ terlarut dan ion OH^- terlarut (sebagai tanda kebasaaan) berada pada jumlah yang sama, yaitu 10^{-7} pada kesetimbangan



Penambahan senyawa ion H^+ terlarut dari suatu asam akan mendesak kesetimbangan ke kiri (ion OH^- akan diikat oleh H^+ membentuk air). Akibatnya terjadi kelebihan ion hidrogen dan meningkatkan konsentrasinya (Anonymous, 2008¹).

Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan (Anonymous, 2008¹).

2.5. Fitoremediasi

Phyto berasal dari Yunani/greek *phyton* yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*), remediation berasal dari Latin *remediare* (*to remedy*) yaitu memperbaiki/menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistim dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Proses dalam sistim ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/ pencemar yang berada disekitarnya, yaitu (Ditjen Tata Perkotaan Dan Tata Perdesaan, 2003) :

1. Phytoaccumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga Hyperaccumulation
2. Rhizofiltration (rhizo = akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada

akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.

3. Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam 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, or planted-assisted bioremediation degradation*, 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 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. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang.

Fitoremediasi cukup efektif dan murah untuk menangani pencemaran terhadap lingkungan oleh logam berat dan B3. Ada dua faktor yang menentukan aplikasi fitoremediasi di lapangan, yaitu (Kurniawan Hari, 2008):

1. Adanya ketersediaan tanaman hiperakumulator yang cocok.
2. Adanya kerja sama yang baik antarbidang ilmu lain, misal ilmu tanah (kimia dan biologi tanah/*soil scientist and microbiologist*)

2.6. Eceng Gondok

Klasifikasi ilmiah dari tanaman eceng gondok adalah (Anonymous, 2008^k):

Kerajaan : Plantae

Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Commelinales
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia Kunth
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i>
Nama Binomial	: <i>Eichhornia crassipes (Mart) Solms</i>



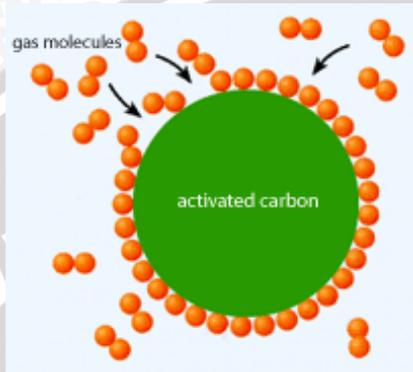
Gambar 2.2. Tanaman Eceng Gondok

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 termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. 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 (Anonymous, 2008¹).

2.7. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya

membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fuida lainnya dengan membentuk suatu larutan (Anonymous, 2008^k).



Gambar 2.3. Proses Adsorpsi Kolloid (Diambil dari Anonymous, 2008^l)

Suatu zat padat mempunyai kecenderungan untuk menyerap atau menarik molekul-molekul gas atau cairan pada permukaannya disebut adsorpsi, zat padat itu disebut adsorben dan bahan yang terserap disebut adsorbat (Schweitzer, 1983).

Adsorpsi yang terjadi pada padatan disebabkan oleh gaya interaksi atom-atom atau molekul-molekul pada permukaan padatan. Secara umum adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Prayoga, 1981).

Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat pada permukaan karena adanya gaya tarik van der Waals atau ikatan hidrogen (Oscik, 1982). Pada adsorpsi ini adsorbat tidak diikat dengan kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak ke bagian permukaan adsorben yang lain. Adsorpsi fisika biasanya reversibel (dapat balik) karena adsorbat dapat dilepas kembali dengan adanya penurunan tekanan gas dan penurunan konsentrasi larutan. Panas adsorpsi fisika diketahui 63-84 kJ/mol (Parker, 1984).

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang lebih kuat antara adsorbat dengan adsorben sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian yang lain. Adsorben harus dipanaskan pada suhu tinggi untuk memisahkan

adsorbat. Panas adsorpsi kimia lebih besar daripada adsorpsi fisika yaitu 86-126 kJ/mol (Parker, 1984).

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. pH larutan

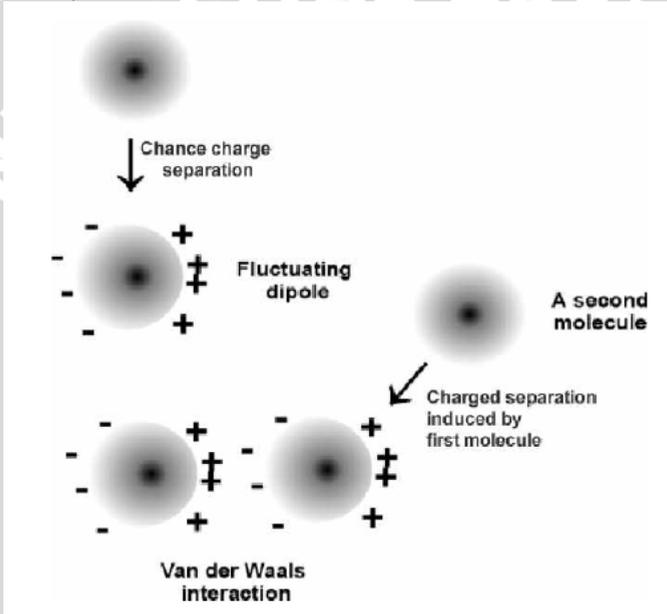
Adsorpsi senyawa organik dari air akan naik dengan penurunan pH larutan. Hal ini karena terjadi netralisasi muatan negatif pada adsorbat dengan kenaikan konsentrasi ion hidrogen, sehingga permukaan karbon akan lebih aktif.

2.8. Gaya van der Waals

Gaya van der Waals merupakan suatu gabungan gaya nonkovalen (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 (Anonymous,

2008^m). Gaya van der Waals ditemukan di dalam molekul non-polar seperti gas hidrogen (H₂), karbondioksida (CO₂), nitrogen (N₂) dan gas mulia (He, Ne, Ar, Kr, dsb) (Lee, 1999).

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 disperse (Sukardjo, 1985).



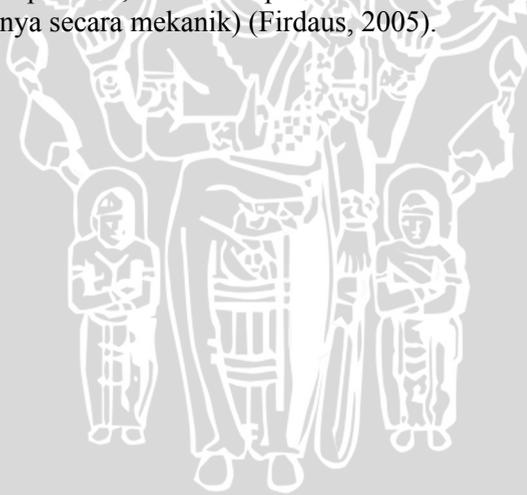
Gambar 2.9. Interaksi van der Waals (diambil dari Anonymous, 2008ⁿ).

2.9. Arang sebagai Penjernih Air

Dalam tubuh air berfungsi sebagai pelarut, sebagai pembawa zat-zat lain yang harus diedarkan ke seluruh tubuh dan banyak lagi fungsi dan manfaat lainnya, oleh sebab itu air yang dikonsumsi hendaknya memiliki proporsi kandungan mineral yang baik. Semakin kotor air minum, baik dari sumur timba, sumur pompa ataupun air-supply-nya PDAM, menyebabkan semakin banyak keluarga yang mengurangi konsumsi air tersebut sebagai air minum dan digantikan dengan membeli air jernih hasil proses industri dalam

gelas atau botol plastik. Sebenarnya, air dari sumur untuk diminum masih bisa didapatkan dengan proses penjernihan saat memasaknya, yaitu dengan meletakkan arang batok (tempurung kelapa) di dalamnya (segenggam arang batok sudah lebih dari cukup untuk memasak satu panci air), sebaiknya arang batok dibungkus dahulu dengan kain putih bersih. Selama air dipanaskan hingga mendidih arang batok akan bekerja menyerap zat-zat yang mencemari air sehingga menghasilkan air jernih yang siap diminum. Tempurung kelapa banyak kegunaannya. Kandungan bahan kimia alami dari tempurung tidak akan merusak kesehatan (Firdaus, 2005).

Arang merupakan zat pengadsorpsi yang baik karena memiliki pori yang cukup besar sehingga zat pencemar dapat terserap dalam pori arang tersebut. Tidak ada zat tertentu yang terdapat dalam arang yang membantu proses penyerapan tersebut. Dengan adanya pemanasan menyebabkan pori yang terdapat dalam arang menjadi terbuka lebar, sehingga pencemar dapat terserap maksimum dalam arang. Sistem penyerapan zat pencemar dengan menggunakan arang merupakan adsorpsi fisik, karena zat pencemar tidak bereaksi dengan karbon (prosesnya secara mekanik) (Firdaus, 2005).



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



B A B III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

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

3.2.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, timbangan, botol, kain putih, kompor, panci, kertas saring, kertas label, gunting, corong.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air bendungan Sutami, eceng gondok dan arang batok.

3.3. Prosedur

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

3.3.1. Persiapan Bahan Penelitian

Sampel yang akan diteliti adalah air dari Bendungan Sutami yang terletak di kawasan Sumber Pucung, Kabupaten Malang. Air yang digunakan untuk proses penelitian ini adalah sebanyak 2500 liter. Air yang telah diambil dari Bendungan Sutami tersebut kemudian ditampung dalam kolam penampungan. Selanjutnya pengambilan beberapa rumpun tanaman eceng gondok yang diambil dari daerah Wendit. Kemudian menyiapkan arang batok secukupnya.

3.3.2. Studi Awal Air Sampel

Air dari Bendungan Sutami yang telah ditampung dalam kolam penampungan tersebut selanjutnya diambil sebanyak 3 liter sebagai sampel untuk diujikan kandungan logam beratnya di Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya. Analisa kandungan logam berat dari sampel air ini

didasarkan pada pedoman baku mutu air yang meliputi 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.

3.3.3. Perlakuan terhadap Sampel.

Dari hasil analisa beberapa parameter logam berat yang terkandung dalam sampel air Bendungan Sutami yang telah diujikan di Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya dijadikan acuan untuk pengambilan data selanjutnya. Pengambilan data untuk penelitian ini adalah dengan memfokuskan pada penurunan beberapa kadar logam berat antara lain Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-} dan pH dari sampel air tersebut dengan berpedoman pada hasil analisis awal dan pedoman baku mutu air yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Penelitian difokuskan hanya pada beberapa unsur logam berat tersebut karena unsur-unsur tersebut memiliki kadar yang melebihi batas kadar maksimum yang telah ditetapkan oleh pemerintah dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua perlakuan, yang pertama yaitu dengan menggunakan metode fitoremediasi dengan eceng gondok dan yang kedua adalah dengan menggabungkan antara metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan metode adsorpsi oleh arang batok.

Air yang telah ditampung dalam sebuah kolam penampungan tersebut ditanami dengan beberapa rumpun eceng gondok. Satu minggu kemudian kita ambil sampel air dari kolam penampungan tersebut sebanyak 3,5 liter untuk diujikan kadar logam beratnya, dimana 2 liter sampel air hanya dengan satu perlakuan yaitu fitoremediasi menggunakan eceng gondok dan 1,5 liter sampel air merupakan gabungan metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan adsorpsi arang batok.

Proses penggabungan dua metode ini adalah dengan menambahkan 2 gram arang batok yang telah dibungkus dengan kain putih bersih ke dalam 1,5 liter sampel air tersebut dan kemudian dididihkan. Setelah itu kedua sampel tersebut diujikan untuk mengetahui kadar logam beratnya di Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya. Perlakuan ini dilakukan selama 5 minggu, hal ini bertujuan untuk mengetahui

berapa besar logam berat yang terserap oleh tanaman eceng gondok tersebut.

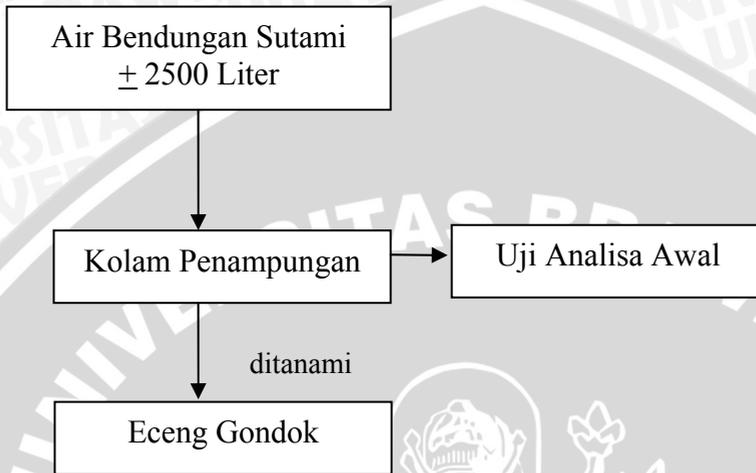
3.4. Analisis Data

Data yang didapat dari penelitian ini adalah berupa nilai konsentrasi dari logam Fe, Cr, Mn, NO_2^- dan SO_4^{2-} , selain itu juga didapat nilai pH. Dari nilai-nilai tersebut selanjutnya diplotkan kedalam grafik hubungan waktu perlakuan (minggu) dan konsentrasi dari masing-masing logam berat (Ppm). Dimana waktu perlakuan dalam minggu (sumbu X) dan kadar konsentrasi logam dalam ppm (sumbu Y). Dari grafik tersebut akan dapat dilihat besarnya penyerapan konsentrasi logam-logam berat tersebut serta dapat dilihat pula perbedaan besarnya penyerapan dari kedua metode yang telah dilakukan yaitu metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok.

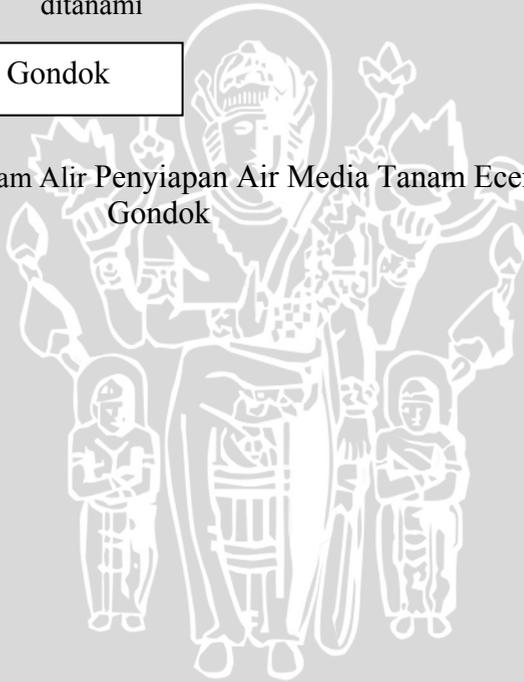
3.5. Diagram Alir

Untuk lebih mudah memahami urutan dalam penelitian ini maka dapat dilihat pada Gambar 3.2 yang merupakan skema penelitian atau diagram alir dari penelitian ini.

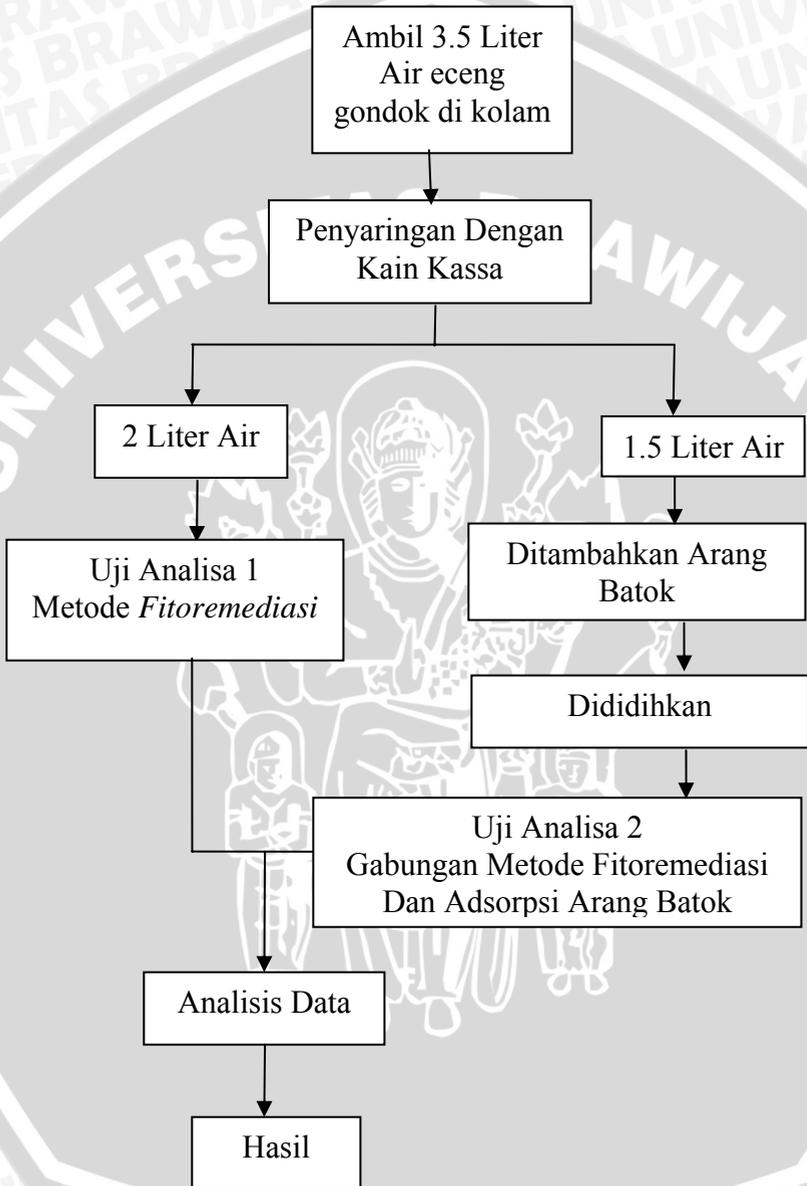
1. Penyiapan Air Media Tanam Eceng Gondok



Gambar 3.1. Diagram Alir Penyiapan Air Media Tanam Eceng Gondok



2. Perlakuan Air Sample pada Tiap Minggu



Gambar 3.2. Diagram Alir Perlakuan Sample Air

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada baku mutu air kelas I, yang merupakan golongan dari air yang dapat digunakan untuk baku mutu air minum dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut. Hal ini dikarenakan pada golongan air kelas I ini merupakan baku mutu air yang paling baik yang telah mencakup golongan air kelas II, III dan IV.

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh data yang ada pada lampiran I, yang menyatakan bahwa air Bendungan Sutami memiliki beberapa kandungan logam berat yang melebihi standar yang telah ditentukan oleh pemerintah. Logam-logam berat yang melebihi standar tersebut diantaranya adalah Fe, Mn, Cr, NO_2^- , SO_4^{2-} .

Tabel 4.1. Tabel data penyerapan konsentrasi logam Fe

Fe/Minggu	Konsentrasi (Ppm)		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	3.074 ± 0.072	3.074 ± 0.072	0.300
1	0.260 ± 0.020	0.085 ± 0.040	0.300
2	0.181 ± 0.004	0.075 ± 0.003	0.300
3	0.254 ± 0.003	0.085 ± 0.004	0.300
4	0.327 ± 0.004	0.041 ± 0.001	0.300
5	0.158 ± 0.003	0.026 ± 0.002	0.300

Dari data dapat dilihat bahwa konsentrasi Fe mula-mula sangat tinggi dan melebihi standar baku mutu air yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Namun setelah diberi perlakuan pada minggu pertama, konsentrasi Fe mengalami penurunan dan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Hasil yang diperoleh dari gabungan metode fitoremediasi dan arang batok jauh lebih kecil dari pada perlakuan hanya dengan metode fitoremediasi saja. Namun dari keduanya menghasilkan nilai akhir yang masih tergolong aman karena pada pedoman

pengelompokan baku mutu air kelas I PP No. 82 Th 2001 disebutkan bahwa kadar Fe yang harus ada dalam air adalah sebesar 0.300 Ppm.

Tabel 4.2. Tabel data penyerapan konsentrasi logam Mn

Mn/ Minggu	Konsentrasi (Ppm)		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	3.570 ± 0.000	3.570 ± 0.000	0.100
1	0.240 ± 0.000	0.140 ± 0.000	0.100
2	0.100 ± 0.000	0.050 ± 0.000	0.100
3	0.000 ± 0.000	0.050 ± 0.000	0.100
4	0.050 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.100
5	0.050 ± 0.000	0.050 ± 0.000	0.100

Nilai Mn yang didapat dalam sampel air penelitian mula-mula juga sangat tinggi yaitu sebesar 3.570 Ppm, sedangkan nilai yang ditetapkan oleh pemerintah adalah sebesar 0.100 Ppm. Hal ini sangat berbahaya sekali karena kadar Mn yang sangat tinggi dalam air dapat mengakibatkan kerusakan pada hati. Oleh karena itu tingginya kadar Mn dalam air ini harus benar-benar diperhatikan. Dalam proses penyerapan kadar Mn ini terjadi lebih lambat dibanding penyerapan logam-logam yang diamati dalam penelitian ini. Pada minggu pertama penyerapan konsentrasi logam Fe, Cr, NO₂⁻, dan SO₄²⁻ telah mencapai nilai yang memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah, namun pada penyerapan konsentrasi logam Mn ini membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai standar nilai tersebut. Konsentrasi Mn memasuki nilai aman pada minggu ke-2 perlakuan.

Tabel 4.3. Tabel data penyerapan konsentrasi logam Cr

Cr/ Minggu	Konsentrasi (Ppm)		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	0.0600 ± 0.0000	0.0600 ± 0.0000	0.0500
1	0.0034 ± 0.0000	0.0011 ± 0.0000	0.0500
2	0.0011 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0500
3	0.0022 ± 0.0000	0.0011 ± 0.0000	0.0500
4	0.0011 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0500
5	0.0000 ± 0.0000	0.0000 ± 0.0000	0.0500

Logam Cr ini harus selalu diwaspadai karena Cr ini merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena bersifat karsinogenik bila masuk ke dalam tubuh yang dapat menyebabkan kanker kulit dan kanker pada alat-alat pernapasan sehingga dalam penelitian ini dirasa perlu untuk selalu memantau kadar Cr ini meskipun pada minggu pertama perlakuan kadarnya telah memenuhi standar yang telah ditetapkan. Untuk itu parameter Cr ini masih diamati konsentrasinya pada minggu-minggu selanjutnya.

Tabel 4.4. Tabel penyerapan konsentrasi logam NO₂

NO ₂ -/ Minggu	Konsentrasi (Ppm)		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	0.7400 ± 0.0000	0.7400 ± 0.0000	0.0600
1	0.0300 ± 0.0000	0.0080 ± 0.0000	0.0600
2	0.0078 ± 0.0000	0.0059 ± 0.0000	0.0600
3	0.0059 ± 0.0000	0.0078 ± 0.0000	0.0600
4	0.0078 ± 0.0000	0.0039 ± 0.0000	0.0600
5	0.0098 ± 0.0000	0.0039 ± 0.0000	0.0600

Kadar nitrit yang ditetapkan oleh pemerintah adalah sebesar 0.0600 Ppm, tetapi nilai kadar nitrit yang ditemukan dalam air sampel pada minggu ke-0 adalah sebesar 0.7400 Ppm. Nilai ini merupakan nilai yang cukup tinggi dari nilai yang telah ditetapkan

oleh pemerintah. Pengaruh nitrit terhadap kesehatan manusia adalah dapat menyebabkan terbentuknya methaemoglobine yang dapat menghambat perjalanan oksigen, selain itu nitrit ini juga bersifat racun sehingga pemerintah menetapkan angka yang sangat kecil untuk kandungan nitrit ini atau bahkan sebaiknya tidak ada sama sekali dalam air minum karena unsur NO_2^- ini dapat bersifat racun bagi tubuh (Sutrisno Totok, dkk, 2004).

Tabel 4.5. Tabel penyerapan konsentrasi logam SO_4^{2-}

SO ₄ ²⁻ / Minggu	Konsentrasi (Ppm)		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	5.36 ± 0.00	5.36 ± 0.00	400.00
1	0.94 ± 0.00	0.00 ± 0.00	400.00
2	0.47 ± 0.00	0.00 ± 0.00	400.00
3	0.47 ± 0.00	0.00 ± 0.00	400.00
4	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	400.00
5	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	400.00

Dari data nilai konsentrasi yang didapat membuktikan bahwa eceng gondok memang mempunyai kemampuan yang cukup baik untuk menyerap logam SO_4^{2-} di perairan, terlebih lagi jika ditambahkan dengan metode adsorpsi arang batok, maka penyerapan yang terjadi akan semakin cepat. Dari awal konsentrasi SO_4^{2-} ini jauh dibawah standar yang telah ditetapkan yaitu sebesar 400.00 Ppm. Dalam penelitian ini sulfat dirasa perlu diamati karena sulfat memiliki peranan penting dalam dunia industri.

Tabel 4.6. Tabel pH

Minggu	PH		Standar Baku Mutu (Ppm)
	Eceng Gondok	Eceng Gondok+Arang Batok	
0	8.06 ± 0.01	8.06 ± 0.01	6.00—9.00
1	6.72 ± 0.02	8.06 ± 0.01	6.00—9.00
2	7.23 ± 0.00	8.07 ± 0.00	6.00—9.00
3	7.21 ± 0.00	7.62 ± 0.00	6.00—9.00
4	7.48 ± 0.00	7.63 ± 0.00	6.00—9.00
5	7.88 ± 0.00	7.40 ± 0.00	6.00—9.00

Selain kelima logam berat tersebut, dalam penelitian ini pH air juga diamati. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 Th 2001 tentang pengelompokan baku mutu air, nilai pH yang harus ada dalam golongan air kelas I adalah sebesar 6.00 sampai 9.00, nilai ini tidak boleh kurang maupun lebih dari batas range yang telah ditentukan tersebut. Dari hasil penelitian didapat bahwa nilai pH dalam air sampel masih dalam batas aman karena masih ada didalam range nilai yang ditetapkan oleh pemerintah.

Pada penelitian ini tidak digunakan kontrol karena peneliti berasumsi bahwa jika tidak ada media yang dapat menyerap atau menguraikan logam berat tersebut maka logam berat tersebut akan tetap berada di tempat penampungan air tersebut dan kadarnya tidak akan berkurang bahkan hilang, namun akan memungkinkan jika kadar logam berat tersebut meningkat karena tempat penampungan yang dipakai adalah suatu kolam terbuka yang memungkinkan terjadinya gangguan dari sekitar kolam tersebut, selain itu penguapan yang terjadi dapat menyebabkan berkurangnya volume air pada kolam tersebut namun tidak pada logam beratnya. Logam berat akan tetap terakumulasi pada kolam tersebut.

4.2. Pengaruh Fitoremediasi dan Gabungan Fitoremediasi dengan Adsorpsi Arang Batok Terhadap Penyerapan Kadar Logam Berat

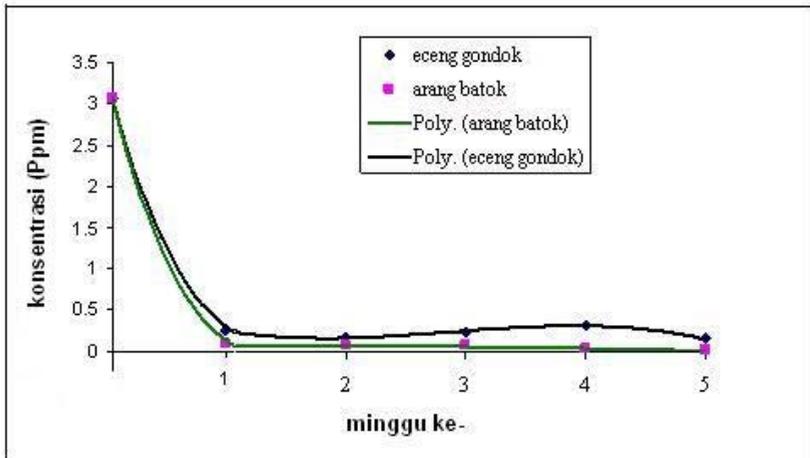
Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, dan 4.6 merupakan grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penurunan kadar pada masing-masing unsur logam berat (Fe, Cr, Mn, NO_2^- , SO_4^{2-}) dan pH. Dimana dalam masing-masing gambar menunjukkan perbandingan antara grafik penyerapan logam berat dengan metode fitoremediasi (kotak warna jingga) dengan grafik penyerapan logam berat dengan penggabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok (segitiga warna biru). Pada masing-masing gambar juga ditampilkan grafik polynomial dari metode fitoremediasi (garis warna hitam) dan grafik polynomial dari gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok (garis warna hijau).

Grafik yang digunakan adalah grafik polynomial karena pada grafik polynomial ini nilai korelasi antara konsentrasi logam berat (Ppm) dengan waktu perlakuan (minggu) yang didapat cukup baik yaitu mendekati 1.

4.2.1. Fe (Besi)

Untuk grafik penyerapan kadar logam Fe dengan menggunakan metode fitoremediasi diperoleh suatu persamaan yaitu $y = 0.0488x^4 - 0.6298x^3 + 2.8103x^2 - 4.9833x + 3.0640$, dengan nilai $R^2 = 0.9963$. Sedangkan untuk grafik yang menggunakan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok diperoleh persamaan $y = 0.0634x^4 - 0.7724x^3 + 3.2493x^2 - 5.4644x + 3.0632$, dengan nilai $R^2 = 0.9961$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari konsentrasi logam Fe (Ppm) dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Standar nilai konsentrasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah untuk logam Fe ini adalah sebesar 0.3000 Ppm, dengan persamaan yang dihasilkan nilai tersebut dapat tercapai pada minggu pertama perlakuan. Nilai konsentrasi yang dicapai pada minggu pertama adalah sebesar 0.2600 Ppm untuk air dengan perlakuan metode fitoremediasi, sedangkan untuk air dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok nilai konsentrasi yang dicapai jauh lebih kecil yaitu sebesar 0.0850 Ppm. Dari nilai konsentrasi mula-mula yang sangat tinggi dari nilai yang distandarkan yaitu 3.0740 Ppm, dapat turun menjadi nilai yang

memenuhi standar pemerintah dengan diberi perlakuan selama 1 minggu.

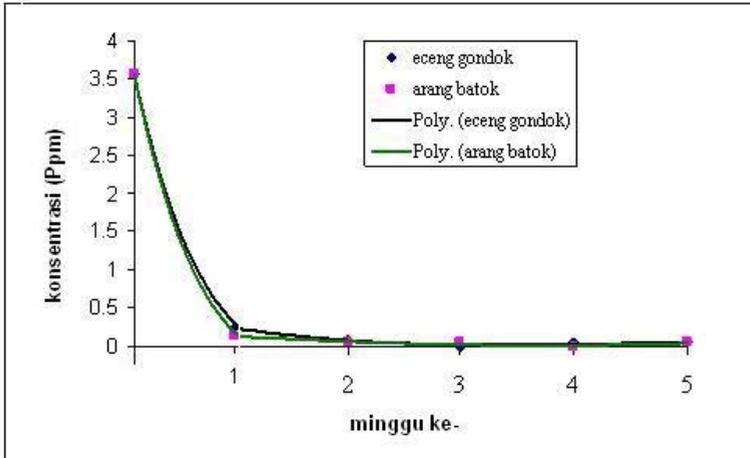


Gambar 4.1. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penyerapan kadar Fe oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

Pada grafik dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan penyerapan konsentrasi logam Fe antara metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, penyerapan lebih besar terjadi pada gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok. Antara grafik polynomial fitoremediasi dan grafik polynomial gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok terlihat adanya selisih, hal ini berkaitan dengan data hasil penelitian yang telah didapat. Dari data hasil penelitian terdapat perbedaan nilai penyerapan konsentrasi logam Fe yang cukup besar mulai dari minggu pertama sampai minggu ke-5 dari kedua perlakuan. Selisih antara perlakuan dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok dari minggu pertama sampai minggu ke-5 antara lain sebesar 0.1750 Ppm, 0.1060 Ppm, 0.1690 Ppm, 0.2860 Ppm dan 0.1320 Ppm. Nilai-nilai yang cukup besar ini menyebabkan adanya selisih jarak yang cukup besar pula antara grafik polynomial dari metode eceng gondok dan grafik

polynomial dari gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok yang dihasilkan.

4.2.2. Cr (Kromium)



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penyerapan kadar Cr oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

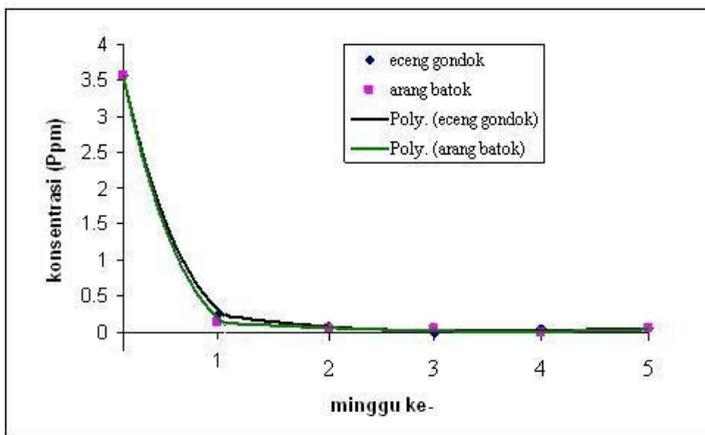
Pada grafik polynomial penyerapan kadar logam Cr dengan metode fitoremediasi eceng gondok diperoleh suatu persamaan yaitu $y = 0.0011x^4 - 0.0137x^3 + 0.0590x^2 - 0.1021x + 0.0599$, dengan nilai $R^2 = 0.9980$ dan untuk grafik penyerapan kadar logam Cr dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok diperoleh persamaan $y = 0.0012x^4 - 0.0150x^3 + 0.0636x^2 - 0.1076x + 0.0598$, dengan nilai $R^2 = 0.9975$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari konsentrasi logam Cr (Ppm) dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Dari persamaan yang telah diperoleh maka dapat ditentukan waktu yang diperlukan untuk mencapai nilai konsentrasi logam Cr yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Konsentrasi Cr yang telah distandarkan oleh pemerintah adalah sebesar 0.0500 Ppm, maka dari persamaan tersebut nilai standar konsentrasi Cr dapat terpenuhi dalam minggu ke-1. Untuk air dengan metode fitoremediasi nilai y yang diperoleh jika x nya sama dengan

1 adalah 0.0042 Ppm dengan nilai $R^2 = 0.9980$ dan untuk air dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok menghasilkan nilai y sebesar 0.0020 Ppm dengan $R^2 = 0.9975$.

Pada minggu pertama perlakuan terlihat adanya selisih antara grafik polinomial metode fitoremediasi dengan grafik polinomial gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, hal ini dikarenakan pada data penelitian juga terdapat selisih nilai konsentrasi Cr sebesar 0.0023 Ppm dari perlakuan dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok. Namun pada minggu ke-2 sampai ke-5, letak kedua grafik polinomial sangat berhimpitan atau bisa dikatakan bahwa antara kedua perlakuan terdapat selisih yang sangat tipis sehingga membuat kedua grafik polinomial tersebut letaknya hampir berhimpitan.

4.2.2. Mn (Mangan)

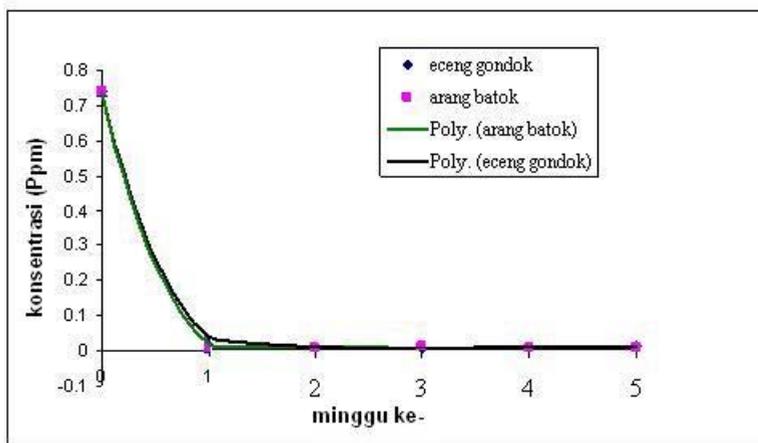
Pada grafik polinomial penyerapan logam Mn dengan metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok menghasilkan suatu persamaan $y = 0.0615x^4 - 0.7615x^3 + 3.3006x^2 - 5.8456x + 3.5558$, dengan nilai $R^2 = 0.9950$. Sedangkan dari grafik polinomial dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok diperoleh persamaan $y = 0.0698x^4 - 0.8569x^3 + 3.6451x^2 - 6.2268x + 3.5598$, dengan nilai $R^2 = 0.9974$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari konsentrasi logam Mn (Ppm) dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Dari persamaan yang tersebut, nilai y yang dihasilkan pada minggu pertama adalah sebesar 0.3558 Ppm untuk air dengan metode fitoremediasi, sedangkan untuk air dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok menghasilkan nilai y sebesar 0.1910 Ppm dengan nilai masing-masing $R^2 = 0.9950$ dan $R^2 = 0.9974$. Namun nilai konsentrasi yang distandarkan oleh pemerintah untuk logam Mn ini adalah sebesar 0.1000 Ppm, sehingga nilai y yang didapat pada minggu (x) ke 1 belum memenuhi standar nilai konsentrasi logam Mn. Standar nilai konsentrasi Mn dapat tercapai pada $x = 2$, pada minggu ke-2 ini menghasilkan nilai $y = -0.0140$ Ppm untuk air dengan metode fitoremediasi dan $y = -0.0517$ Ppm untuk air dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok. Nilai negatif (-) yang dihasilkan dari persamaan menyebabkan grafik polinomial juga memiliki nilai negatif (-).



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penyerapan kadar Mn oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

Pada minggu ke-2 terjadi perpotongan antara kedua grafik polynomial tersebut yang disebabkan oleh nilai konsentrasi logam Mn dari kedua perlakuan pada minggu tersebut memiliki selisih yang sangat kecil dan hampir mendekati nol sehingga menyebabkan kedua grafik polynomial tersebut terletak pada posisi yang sama dan berhimpit. Selisih nilai yang kecil dari kedua perlakuan tersebut stabil sampai pada minggu ke-5 perlakuan. Pada minggu ke-5 ini grafik polynomial menempati posisi yang sama karena pada hasil penelitian yang diperoleh, nilai konsentrasi Mn pada minggu ke-5 ini adalah sama baik dari perlakuan fitoremediasi maupun gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok yaitu sebesar 0.0500 Ppm.

4.3.4. NO_2^- (Nitrit)

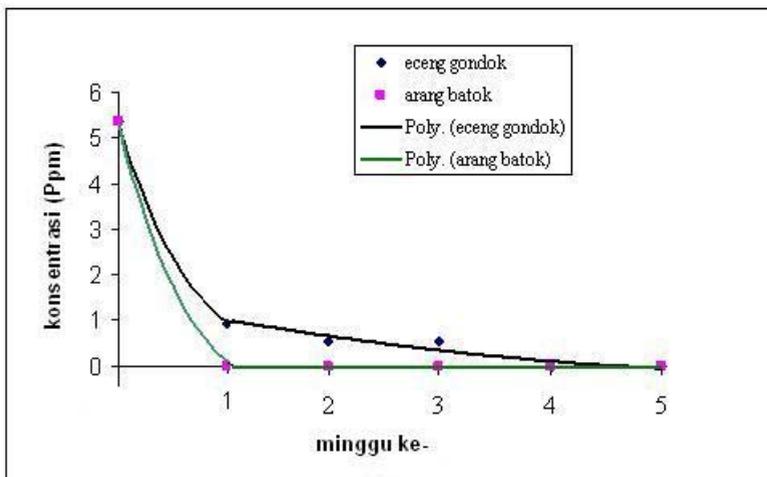


Gambar 4.4. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penyerapan kadar NO_2^- oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

Hampir tidak ada jarak antara kedua grafik polinomial tersebut, hal ini dikarenakan oleh dari data penelitian yang telah diperoleh dihasilkan selisih nilai konsentrasi yang sangat kecil antara data penyerapan logam NO_2^- dengan perlakuan fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok. Selisih nilai konsentrasi yang dihasilkan dari kedua perlakuan semuanya hampir mendekati nol, bahkan pada minggu ke-2 dan ke-3 perlakuan didapatkan nilai selisih konsentrasi yang sama dari perlakuan fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok yaitu sebesar 0.0019 Ppm. Hal ini mengakibatkan pada minggu ke-2 dan ke-3 tersebut grafik polinomial dari metode fitoremediasi menempati satu posisi yang sama dengan grafik polinomial dari gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok. Dari grafik polinomial penyerapan konsentrasi logam NO_2^- dengan metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok diperoleh persamaan $y = 0.0138x^4 - 0.1706x^3 + 0.7323x^2 - 1.2703x + 0.7375$, dengan nilai $R^2 = 0.9963$. Sedangkan dari grafik polinomial penyerapan konsentrasi logam NO_2^- dengan gabungan metode

fitoremediasi eceng gondok dan adsorpsi arang batok menghasilkan persamaan $y = 0.0153x^4 - 0.1870x^3 + 0.7898x^2 - 1.3335x + 0.7372$, dengan nilai $R^2 = 0.9957$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari konsentrasi logam NO_2^- (Ppm) dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Selanjutnya dari persamaan yang diperoleh dapat ditentukan bahwa pada minggu pertama ($x = 1$), nilai y yang diperoleh adalah sebesar 0.0427 Ppm dengan $R^2 = 0.9963$ untuk metode fitoremediasi dan $y = 0.0218$ Ppm dengan nilai $R^2 = 0.9957$. Nilai-nilai y tersebut telah memenuhi standar konsentrasi yang ditetapkan yaitu sebesar 0.0600 Ppm.

4.2.5. SO_4^{2-} (Sulfat)



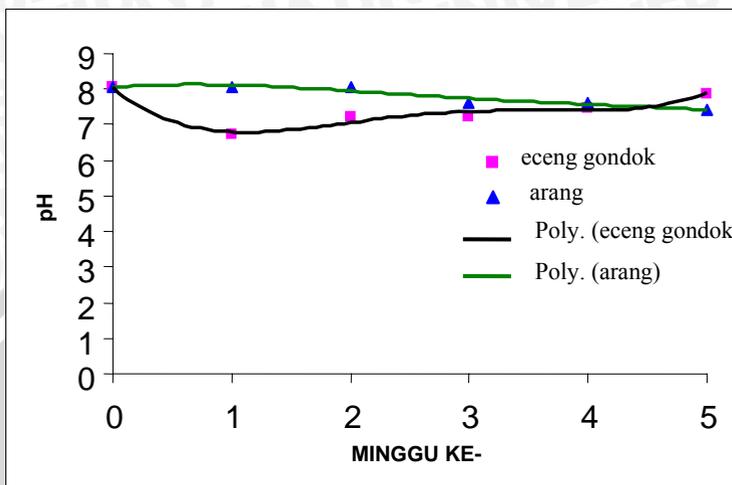
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan penyerapan kadar SO_4^{2-} oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

Pada minggu pertama sampai pada minggu ke-3 terlihat perbedaan posisi yang sangat jelas sekali dari kedua grafik polynomial tersebut, ini disebabkan oleh selisih konsentrasi yang dihasilkan dari kedua perlakuan cukup besar yaitu sebesar 0.94 Ppm, 0.47 Ppm dan 0.47 Ppm. Selisih yang cukup besar ini mengakibatkan adanya jarak yang cukup besar pula pada grafik polynomial dengan

kedua perlakuan tersebut. Sedangkan untuk minggu ke-4 dan ke-5 kedua grafik polynomial berada pada satu posisi yang sama karena dari data hasil penelitian tidak ada selisih nilai konsentrasi yang dihasilkan dari kedua perlakuan. Grafik polynomial penyerapan konsentrasi logam SO_4^{2-} dengan metode fitoremediasi diperoleh persamaan $y = 0.0921x^4 - 1.1081x^3 + 4.6271x^2 - 8.0154x + 5.3574$, dengan nilai $R^2 = 0.9999$. Sedangkan untuk grafik polynomial penyerapan konsentrasi logam SO_4^{2-} dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok diperoleh suatu persamaan yaitu $y = 0.1117x^4 - 1.3648x^3 + 5.7694x^2 - 9.7487x + 5.3387$, dengan nilai $R^2 = 0.9952$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari konsentrasi logam SO_4^{2-} (Ppm) dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Kemudian dari persamaan-persamaan tersebut dapat ditentukan nilai x (lamanya waktu perlakuan) untuk mendapatkan nilai y yang memenuhi standar pemerintah dari masing-masing perlakuan. Dari persamaan dapat diketahui bahwa pada $x = 1$ diperoleh nilai $y = 0.9531$ Ppm untuk metode fitoremediasi dan $y = 0.1063$ Ppm untuk gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok dengan masing-masing nilai R^2 adalah sebesar 0.9999 dan 0.9952.

4.2.6. pH

Dari grafik polynomial pH yang terukur pada metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok menghasilkan persamaan yaitu $y = 0.0462x^4 - 0.5194x^3 + 1.9851x^2 - 2.7525x + 8.0434$, dengan nilai $R^2 = 0.942$ dan untuk grafik polynomial pH yang terukur pada gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok diperoleh persamaan $y = -0.0048x^4 + 0.0619x^3 - 0.2726x^2 + 0.2871x + 8.0481$, dengan nilai $R^2 = 0.9162$. Dalam persamaan tersebut, y merupakan variabel dari pH dan x merupakan variabel waktu perlakuan (minggu). Selanjutnya dari persamaan yang diperoleh akan dapat diperkirakan waktu yang diperlukan untuk logam pH dapat memenuhi standar nilai yang telah ditetapkan oleh pemerintah.



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara waktu perlakuan dengan pH oleh eceng gondok dengan metode fitoremediasi dan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi arang batok

Dari minggu pertama perlakuan sampai pada minggu ke-5 perlakuan, pH yang terukur dari kedua perlakuan memiliki nilai selisih yang sangat besar sehingga mengakibatkan grafik polynomial yang dihasilkan dari masing-masing data juga memiliki perbedaan jarak yang besar. Pada minggu pertama sampai minggu ke-4 perlakuan, posisi teratas nilai pH yang terukur dari data hasil penelitian adalah ketika perlakuan dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, namun ketika pada minggu ke-5 posisi teratas pH yang terukur dari data hasil penelitian adalah pada perlakuan dengan metode fitoremediasi. Hal ini mengakibatkan adanya perpotongan dan persilangan dari kedua grafik polynomial yang dihasilkan dari masing-masing data hasil penelitian.

4.3. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Eceng Gondok dan Adsorpsi oleh Arang Batok

Metode fitoremediasi dan adsorpsi dengan menggunakan eceng gondok dan arang batok merupakan metode untuk penyerapan logam berat (Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-}) dan pH. Metode fitoremediasi

ini merupakan metode yang memanfaatkan jenis tanaman tertentu yang bersifat hiperakumulator serta dapat bekerjasama dengan micro-organisme yang terdapat dalam berbagai media (tanah, koral atau air) sehingga dapat mengubah zat kontaminan menjadi zat atau bahan yang tidak berbahaya bagi lingkungan bahkan dapat dimanfaatkan. Proses dalam metode ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/ pencemar yang berada disekitarnya, yaitu (Ditjen Tata Perkotaan Dan Tata Perdesaan, 2003) :

1. Phytoaccumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga Hyperaccumulation
2. Rhizofiltration (rhizo = akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.
3. Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat contaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam 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, or plant-assisted bioremediation degradation*, 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 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. Beberapa tumbuhan dapat

menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang.

Dari grafik 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, dan 4.6 dapat dilihat bahwa pada minggu pertama perlakuan dengan eceng gondok, penyerapan logam berat terjadi dengan sangat cepat. Hal ini disebabkan oleh kondisi eceng gondok yang masih segar sehingga mampu untuk menyerap logam berat dengan sangat cepat. Namun pada minggu kedua sampai kelima penyerapan logam berat menjadi lambat, hal ini terjadi karena kondisi eceng gondok yang semakin lama akan jenuh hingga pada suatu waktu eceng gondok ini tidak akan mampu untuk menyerap logam-logam berat yang ada pada sampel air tersebut.

Menurut (Firdaus, 2005), Arang merupakan zat pengadsorpsi yang baik karena memiliki pori yang cukup besar sehingga zat pencemar dapat terserap dalam pori arang tersebut. Tidak ada zat tertentu yang terdapat dalam arang yang membantu proses penjernihan air. Dengan adanya pemanasan menyebabkan pori yang terdapat dalam arang menjadi terbuka lebar, sehingga pengotor dapat terserap maksimum dalam arang. Sistem penjernihan dengan menggunakan arang merupakan adsorpsi fisik, karena pengotor tidak bereaksi dengan karbon jadi prosesnya adalah secara mekanik. Adsorpsi fisik merupakan adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dengan adsorbat pada permukaan karena adanya gaya tarik van der Waals atau ikatan hidrogen.

Pada penelitian ini, proses adsorpsi terjadi karena adanya ikatan antara molekul-molekul arang dengan molekul-molekul adsorbat. Molekul-molekul tersebut tersusun atas atom-atom yang terikat dengan ikatan kovalen ataupun ikatan ionik. 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.

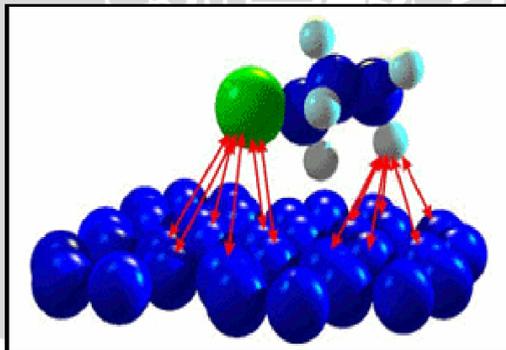
Istilah van der Waals didefinisikan sebagai gaya tarik-menarik atau tolak-menolak diantara molekul yang berkaitan dengan ikatan kovalen dan interaksi elektrostatis antar ion satu dengan lainnya atau dengan molekul netral. Istilah ini meliputi :

- 1) Gaya dipol-dipol (gaya orientasi) .
- 2) Gaya dipol-dipol induksian (gaya induksi).
- 3) Gaya London (gaya dispersi).

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 (disebut juga dengan istilah van der Waals-Keesom, van der Waals-Debye, dan van der Waals-London), dan akhirnya istilah van der Waals lebih sering disebut dengan gaya London.

Gaya tarik menarik (*attractive force*) mempunyai 3 kontribusi utama, yaitu (Anonymous, 2008^m):

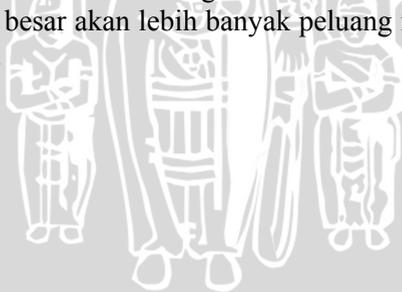
1. Interaksi elektrostatik, terjadi diantara muatan (ion-ion molekul), dipol, dan dipol permanen. Interaksi elektrostatik disebut juga gaya Keesom yang dikemukakan oleh Willem Hendrik Keesom.
2. Gaya induksi (disebut juga polarisasi), dimana interaksi terjadi diantara molekul dipol permanen dengan molekul 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.

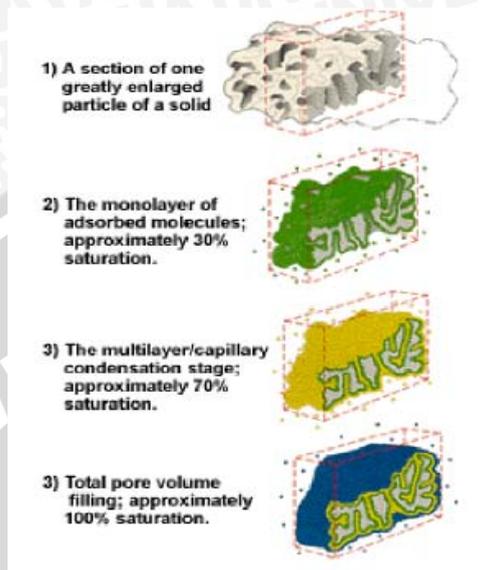


Gambar 4.7. Interaksi antarmolekul (gaya van der Waals).

Suatu jenis gaya van der Waals yang menyebabkan terjadinya proses adsorpsi yaitu gaya dispersi London. Gaya dispersi London atau disebut juga gaya London terjadi diantara molekul pada jarak yang sangat pendek antara permukaan arang 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 arang. Molekul adsorbat dapat terikat pada permukaan arang karena gaya tarik yang lebih besar pada permukaan arang dibandingkan gaya tarik molekul adsorbat. Arang mempunyai struktur pori-pori dan luas permukaan yang besar sehingga gaya tarik yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan molekul lain.

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. Gaya London ini yang menyebabkan adanya tarikan antara molekul-molekul senyawa nonpolar ataupun dengan molekul polar. Gaya London merupakan gaya yang lemah. Energi gaya tersebut 1 sampai 10 kJ/mol (Effendy, 2006). Meskipun energinya lemah dibandingkan dengan gaya yang lain (seperti gaya dipol-dipol dengan energi 3-4 kJ/mol), gaya London menghasilkan gaya adsorpsi fisik yang kuat untuk mengikat molekul lain. Pada permukaan pori-pori yang besar akan lebih banyak peluang ion – ion pencemar yang terkumpul.





Gambar 4.8. Proses terisinya pori-pori arang (Nilawati, 2008).

Gambar 4.8 menunjukkan tahap terisinya pori-pori arang oleh ion-ion pencemar. Tahap pertama, partikel arang dalam keadaan belum terisi oleh molekul-molekul adsorbat. Selanjutnya tahap kedua, setelah beberapa lama maka pori-pori partikel arang akan terisi molekul-molekul adsorbat dan membentuk suatu lapisan hingga mencapai 30%. Proses adsorpsi terus berlangsung hingga terbentuk lapisan-lapisan (*multilayer*) molekul adsorbat pada permukaan partikel arang hingga mencapai 70%. Pada saat tertentu pori-pori partikel arang akan jenuh terisi oleh ion-ion adsorbat dan tidak terjadi lagi interaksi antara molekul-molekul arang dengan molekul-molekul adsorbat.

Besarnya gaya dispersi London bergantung pada jumlah elektron yang terdapat pada atom atau molekul, semakin besar ukuran atom atau molekul maka makin besar jumlah elektron sehingga makin jauh pula elektron terluar dari inti dan menyebabkan awan elektron semakin mudah untuk terpolarisasi sehingga gaya dispersinya semakin besar. Selain itu, bentuk molekul juga berpengaruh pada besarnya gaya dispersi ini, molekul yang bentuknya memanjang lebih mudah menjadi dipol sesaat sedangkan molekul yang bentuknya mendekati bulat, lebih sukar menjadi dipol sesaat,

sehingga gaya dispersi London akan mudah terjadi pada molekul yang bentuknya memanjang karena gaya dispesi London ini timbul akibat terbentuknya dipol sesaat pada atom atau molekul (Syarifuddin Nuraini, 1994). Sedangkan untuk gaya Van der Waals, kekuatannya dipengaruhi oleh ukuran molekulnya dan massa relatif dari atom atau molekul adsorbatnya. Dalam penelitian ini gaya adsorpsi fisik yang dihasilkan arang batok cukup terlihat dengan adanya perubahan konsentrasi adsorbat yang terukur. Perubahan ini menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan molekul-molekul adsorben.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penyerapan logam berat (Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-}) dengan gabungan metode fitoremediasi dengan adsorpsi menggunakan arang batok terbukti lebih cepat dari pada hanya dengan menggunakan satu metode saja yaitu fitoremediasi dengan media eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Pada minggu pertama perlakuan baik dengan metode fitoremediasi maupun dengan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, konsentrasi dari hampir keseluruhan logam-logam berat yang melebihi standar baku mutu air telah memenuhi standar baku mutu air yang telah ditetapkan oleh pemerintah kecuali pada Mn yang membutuhkan waktu lebih lama dari pada logam-logam lain yang diamati. Pada Mn standar nilai dicapai pada minggu ke-2 perlakuan. Pada minggu pertama untuk logam Fe , Cr , Mn , NO_2^- , SO_4^{2-} dengan metode fitoremediasi penurunan kadar masing-masing logam berat yang terjadi adalah sebesar 2.8140 Ppm, 0.0566 Ppm, 3.3300 Ppm, 0.7100 Ppm, 4.4200 Ppm, sedangkan gabungan antara metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok, penurunan kadar masing-masing logam berat adalah sebesar 2.9890 Ppm, 0.0589 Ppm, 3.4300 Ppm, 0.7320 Ppm, 5.3600 Ppm.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat diberikan saran yaitu untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan variasi jumlah eceng gondok dan arang batok agar pola penyerapannya lebih terlihat jelas. Untuk mendapatkan data yang lebih baik, pada penelitian selanjutnya lebih baik dilakukan pengamatan per hari.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2008^a. PENCEMARAN AIR. http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_air. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^b. BERITA BENDUNGAN SUTAMI TERCEMAR LIMBAH INDUSTRI. http://id/MalangRaya/berita/Bendungan_Sutami_Tercemar_Limbah_Industri. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^c. ARANG. <http://id.wikipedia.org/wiki/arang>. Diakses 18 Januari 2009.
- Anonymous. 2008^d. PENCEMARAN. <http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran>. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^e. BESI. <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi>. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^f. KROMIUM. <http://id.wikipedia.org/wiki/Kromium>. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^g. AIR KEHIDUPAN AMONIA DAN NITRIT PADA AKUAKULTUR. www.Shoutmix.com/air_kehidupan_amonia_dan_nitrit_pada_akuakultur. Diakses 5 November 2008.
- Anonymous. 2008^h. SULFAT. <http://wapedia.mobi/ms/Sulfat>. Diakses 18 Januari 2009.
- Anonymous. 2008ⁱ. pH. <http://id.wikipedia.org/wiki/pH>. Diakses 26 Oktober 2008.
- Anonymous. 2008^j. ECENG GONDOK. http://id.wikipedia.org/wiki/Eceng_Gondok. Diakses 26 Oktober 2008.
- Anonymous. 2008^k. ADSORBSI. <http://id.wikipedia.org/wiki/adsorbsi>. Diakses 18 Januari 2009.
- Anonymous. 2008^l. SISTEM KOLOID. http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_koloid. Diakses 18 Januari 2009.
- Anonymous. 2008^m. VAN DER WAALS. http://www.columbia.edu/cu/biology/courses/c2005/lectures/lec2_07.html. Diakses 23 Januari 2009.
- Anonymous. 2007. KADAR MANGAN PADA AIR UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA.

- <http://mywaterfilter.wordpress.com/2007/10/30/kadar-mangan-pada-air-untuk-kebutuhan-rumah-tangga/>. Diakses 18 Januari 2009.
- ///D/%23DATA%20BPLHD%202008/Perundangan/Peraturan%20Perintah/PP_%20No_82%202001. Diakses 5 November 2008.
- Ditjen Tata Perkotaan Dan Tata Perdesaan. 2003. FITOREMEDIASI UPAYA MENGOLAH AIR LIMBAH DENGAN TANAMAN.
http://www.sanitasi.or.id/index.php?option=com_content&task=view&id=153&Itemid=1. Diakses 5 November 2008
- Effendi. 2006. TEORI VSEPR, KEPOLARAN, dan GAYA ANTAR MOLEKUL. Edisi 2. Bayumedia. Malang.
- Firdaus, Yulian. 2005. ARANG BATOK PENJERNIH AIR.
<http://jay.adalah.yulian.arang.batok.penjernih.air>. Diakses 26 Oktober 2008.
- Kurniawan, Hari. 2008. FITOREMEDIASI.
<http://harimawan.wordpress.com/2008/07/10/fitoremediasi-mengolah-air-limbah-dengan-tanaman/>. Diakses 18 Januari 2009.
- Lee, M. 1999. VAN DER WAALS FORCES.
http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/ml_eebonding/van_der_waals_forces.htm. Diakses 23 Januari 2009.
- Nilawati. 2008. STUDI PENYERAPAN Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR BUATAN OLEH AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) DENGAN METODE POTENSIOMETRI. Laporan tugas akhir Jurusan Fisika. Universitas Brawijaya. Malang
- Parker, S. P. 1984. ENCYCLOPEDIA OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Prayoga, C. C. 1981. ILMU KIMIA FISIK II. Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Schwietzer, P.A. 1983. SEPARATION TECHNIQUES FOR CHEMICAL ENGINEERING. 2nd edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Sukardjo. 1985. IKATAN KIMIA. Rineka Cipta. Yogyakarta.
- Sutrisno, Totok, dkk. 2004. TEKNOLOGI PENYEDIAAN AIR BERSIH. Rineka Cipta. Jakarta.

- Syarifuddin, Nuraini, 1994. IKATAN KIMIA. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Vouk, V. 1986. GENERAL CHEMISTRY OF METALS. In: Freiberg L., Nordberg G.F, and Vouk, B (Eds). Handbook on the Toxicology of Metals. Elsevier. New York.
- Weber, Jr. W. J. 1977. PHYSICOCHEMICAL PROCESS FOR WATER QUALITY CONTROL. John Willey and Sons. New York.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



I. Lampiran I (air dengan perlakuan fitoremediasi)



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 Danau*
 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 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
4.	Ca	50,28 ± 0,18	ppm	HNO ₃	AAS
5.	Fe	3,074 ± 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	-	Konduktometri
10.	NO ₃ ⁻	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 ₃	Titrisasi Iodometri
14.	Cr	0,06 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
15.	Mn	3,57 ± 0,00	ppm	NaIO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
16.	NO ₂	0,74 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
17.	Keasaman	0,55 ± 0,00	ppm	NaOH	Titrisasi Asam Basa
18.	Turbiditas	Tidak terdeteksi		-	Nephelometri
19.	Cl	16,56 ± 1,00	ppm	AgNO ₃	Argentometri
20.	Kesadahan	116,40 ± 1,70	mg CaCO ₃ / L	EDTA	Kompleksometri
21.	Kebasaan	10,70 ± 0,21	ppm	HCl	Titrisasi 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. Fardid Rahmanto, S.Si, M.Si
 NIP. 131 616 317

Malang, 14 Juli 2008
 Kalab. Lingkungan,



Ir. Bambang Ismuyanto, MS
 NIP. 131 616 317



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

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.029/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 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	Titration 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 Sulfanilat	Spektrofotometri
14.	Detergen	0,67 ± 0,00	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.

Mengetahui:
Ketua,

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

Malang, 19 Agustus 2008
Kalab. Lingkungan,


Ir Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 431 616 317



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 Praewati.
 Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
 Alamat : Jalan Veteran Malang.
 Telepon : (0341) 575833
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
 2. Sampling dilakukan : Oleh 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.



Mr. Fird Rahman, S.Si, M.Si
NIP. 132 150 726

Malang, 30 Oktober 2008

Kalab. Lingkungan,

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

II. Lampiran II (air dengan perlakuan gabungan metode fitoremediasi dan adsorpsi arang batok)



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 Danau*
 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 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
4.	Ca	50,28 ± 0,18	ppm	HNO ₃	AAS
5.	Fe	3,074 ± 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	-	Konduktometri
10.	NO ₃ ⁻	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 ₃	Titrisasi Iodometri
14.	Cr	0,06 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotometri
15.	Mn	3,57 ± 0,00	ppm	NalO ₄ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotometri
16.	NO ₂ ⁻	0,74 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
17.	Keasaman	0,55 ± 0,00	ppm	NaOH	Titrisasi Asam Basa
18.	Turbiditas	Tidak terdeteksi		-	Nephelometri
19.	Cl ⁻	16,56 ± 1,00	ppm	AgNO ₃	Argentometri
20.	Kesadahan	116,40 ± 1,70	mg. CaCO ₃ / L	EDTA	Kompleksometri
21.	Kebasaan	10,70 ± 0,21	ppm	HCl	Titrisasi 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. 131 616 317

Malang, 14 Juli 2008
Kalab-Lingkungan,

Ir. Bambang Ismyanto, MS
NIP. 131 616 317



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.028 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

1. Data konsumen :
Nama konsumen : Norma Eka Prawesti.
Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
Alamat : Jalan Kertosentono No.200 W. Malang.
Telepon : HP. 085648343856
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel :
Nama sampel : *Air Arang*
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 ⁻	3,83 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
2.	PO ₄ ³⁻	6,69 ± 0,00	ppm	Am. Molibdat	Spektrofotometri
3.	SO ₄ ²⁻	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotometri
4.	DO	6,70 ± 0,03	ppm	Na ₂ S ₂ O ₃	Titration Iodometri
5.	Cr	0,0011 ± 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 ⁻	0,008 ± 0,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektrofotometri
8.	Cl ⁻	18,03 ± 0,00	ppm	AgNO ₃	Argentometri
9.	Fe	0,085 ± 0,04	ppm	HNO ₃	AAS
10.	pH	8,06 ± 0,01	-	-	pHmetri

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: 132 158 726

Malang, 19 Agustus 2008
Kalab.Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317



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

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor : A. 037 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

1. Data konsumen :
 Nama konsumen : Norma Eka Prawesti.
 Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
 Alamat : Jalan Kertosentono No.200 W Malang.
 Telepon : 085648343856
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Penelitian
 2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
 3. Identifikasi sampel :
 Nama sampel : *Air Arang*
 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	0,075 ± 0,003	ppm	HNO ₃	AAS
	2.	II	0,085 ± 0,004	ppm	HNO ₃	AAS
	3.	III	0,041 ± 0,001	ppm	HNO ₃	AAS
	4.	IV	0,026 ± 0,002	ppm	HNO ₃	AAS
Cr	5.	I	Tidak terdeteksi		Diphenil Carbazid	Spektrofotmetri
	6.	II	0,0011 ± 0,00	ppm	Diphenil Carbazid	Spektrofotmetri
	7.	III	Tidak terdeteksi		Diphenil Carbazid	Spektrofotmetri
	8.	IV	Tidak terdeteksi		Diphenil Carbazid	Spektrofotmetri
Mn	9.	I	0,05 ± 0,00	ppm	NaO ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotmetri
	10.	II	0,05 ± 0,00	ppm	NaO ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotmetri
	11.	III	Tidak terdeteksi		NaO ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotmetri
	12.	IV	0,05 ± 0,00	ppm	NaO ₂ - (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	Spektrofotmetri
NO ₂ ⁻	13.	I	0,0059 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotmetri
	14.	II	0,0078 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotmetri
	15.	III	0,0039 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotmetri
	16.	IV	0,0039 ± 0,00	ppm	Pereaksi KID	Spektrofotmetri
pH	17.	I	8,07 ± 0,00	-	-	pHmetri
	18.	II	7,62 ± 0,00	-	-	pHmetri
	19.	III	7,63 ± 0,00	-	-	pHmetri
	20.	IV	7,40 ± 0,00	-	-	pHmetri
SO ₄ ²⁻	21.	I	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotmetri
	22.	II	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotmetri
	23.	III	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotmetri
	24.	IV	Tidak terdeteksi		Mg(NO ₃) ₂ -BaCl ₂	Spektrofotmetri

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. Fandi Rahman, S.Si, M.Si
 NIP. 138 058 726

Malang, 29 Oktober 2008

Kalab. Lingkungan,

(Signature)
 Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
 NIP. 131 616 317

III. Lampiran III (Foto Alat dan Bahan)

1. Air Bendungan Sutami



2. Pengambilan Sampel



3. Kolam Penampungan Air Bendungan Sutami



4. Alat-alat Penelitian



5. Eceng Gondok



6. Arang Batok

