

TA/TL/2006/0071

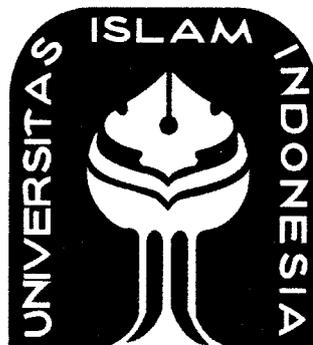
PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELEI	
TGL TERIMA :	6 Juli 2006
NO. JUDUL :	00 20 26
NO. INV. :	0200000206001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn) PADA AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Lingkungan

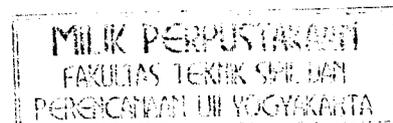
DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG



Oleh :

Nama : Warih Sudrajat
No. MHS : 01 513 091

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006



LEMBAR PENGESAHAN

**PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn)
PADA AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR AEROKARBONFILTER**

Nama : Warih Sudrajat

No. MHS : 01 513 091

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal : 10-5-06

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST


Tanggal : 10-5-2006

HALAMAN PERSEMBAHAN

karya kecil ini penyusun ingin persembahkan untuk:

Bapak dan ibu tercinta (Paikun Suprawoto dan Suprihati)

Mas Wowox dan Mbak Ari

Adek-adekku (Agustina Rjdhowati dan Muhammad Haryadi)

Keponakanku (Adham Rifki Wibowo)

Dan semua keluarga besar, terima kasih do'a, dan dukungan

MOTTO

Apabila Allah SWT menghendaki Kebaikan Untuk hamba-Nya, maka Allah menimpakan untuknya musibah sebagai ujian untuk memperkuat dirinya.

Hadits adalah pelajaran yang sangat dihormati dan dijunjung tinggi leluhur, kalau anda tidak menghormatinya, maka orang lain pun juga demikian. Manusalah yang mencari ilmu, bukan ilmu yang mencari manusia

(Imam Maliki)

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa juga sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter.**

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. **Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. **Bapak H. Kasam, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing I Tugas Akhir.

4. **Bapak Eko Siswoyo, ST** selaku pembimbing II Tugas Akhir.
5. **Bapak Luqman Hakim, ST., M.Si.** selaku dosen dan sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
6. **Bapak Hudori, ST** selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
7. **Bapak Andik Yulianto, ST** selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
8. **Mas Agus Adi Prananto,** selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
9. **Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd** selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
10. **Bapak Tambiyo,** Selaku pemilik sumur air tanah. (*"Pak, Terima kasih banyak untuk air sumurnya"*).
11. Teman-teman satu penelitian, Grup Aerokarbonfilter; **Kinoy** (*"Noy, akhirnya perjuangan kita selesai juga, terima kasih atas do'a, bantuan, dukungan dan untuk semuanya"*), **Hakim dan Wiwit** (*"cepat selesaikan TA kalian dan segera nyusul kamiii"*).
12. Teman-teman TL angkatan '01 : **Aan ST, Andre, Idep ST, Luki, Een, Pravita ST, Yeyen ST, Nunik, Indri, Mail, Pay, Ony, Mas Jatu, Anton** (*kapan main bola lagi?*), **Boncel, Retno, Ferin, Nial, Nana, Alin, Pipit, Yuyun lombok, Ariyanti, Ida, Puput, Iko, Media, Novi, Harum ST, Bayu, Agung, Adi** ; Anak-anak Basecamp '01 : **Indras, Dede, Fikor, Imam, Joxo, Pandu, Azri** ; Grup *Roughing Filter* : **Wisnu** (*"Nu, makasih dah ngantar ambil air sumur"*), **Mais, Yuli, Nilam,** dan semua teman-teman yang tidak dapat

saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a bantuan, dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

13. Teman-teman kost Wisma Biru ; **Affan, Ajiz, Airil, Mas Bambang, Jembenk**, selalu semangat dan jaga persahabatan kita.
14. Teman-teman kost lama ; **Soejoet, Tollet, Fajar, Kucluk** (*"Hoi, kapan kita kumpul lagi"*).
15. Semua teman-teman teknik lingkungan angkatan '99-'05 terima kasih do'a dan dukungannya.
16. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Mei 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siklus Hidrologi	6

2.2	Air tanah	7
2.2.1	Air tanah dangkal	8
2.2.2	Air tanah dalam	8
2.3.	Besi (Fe) dan Mangan(Mn)	13
2.3.1.	Besi (Fe)	14
2.3.2.	Mangan (Mn)	17
2.4.	Aerasi	19
2.4.1	Jenis-jenis aerasi	20
2.4.2	Pengurangan Besi dan Mangan	22
2.5.	Karbon aktif	24
2.5.1.	Struktur karbon aktif	26
2.5.2.	Kegunaan Karbon Aktif	30
2.5.3.	Proses Pembuatan Karbon Aktif	30
2.6.	Pasir Zeolit	33
2.6.1.	Sifat-sifat zeolit	33
2.6.2.	Komposisi zeolit	35
2.6.3.	Penggolongan Zeolit	36
2.6.4.	Pengaktifan Zeolit	38
2.7.	Pasir	38
2.8.	Adsorpsi	41
2.9.	Filtrasi	42
2.9.1.	Tipe Filter	43
2.9.2.	Jenis-jenis filter berdasarkan sistem operasi dan media	45

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian	48
3.2.	Ruang Lingkup Penelitian	48
3.3.	Objek Penelitian	49
3.4.	Variabel Yang Diteliti	49
3.5.	Reaktor Aerokarbonfilter	49
	3.5.1. Desain Reaktor	49
	3.5.2. Dimensi Reaktor	50
	3.5.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter	50
3.6.	Pelaksanaan Penelitian	51
3.7.	Analisa Kualitas Air Tanah	52
3.8.	Reaktor Aerokarbonfilter	53
3.9.	Diagram alir penelitian	54

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Penurunan besi total dan mangan dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi.	56
	4.1.1. Penurunan Besi Total	56
	4.1.2. Penurunan Mangan	67
4.2.	Konsentrasi dan efisiensi total alat antara penggunaan arang aktif dan pasir zeolit pada reactor aerokarbonfilter.	75
	4.2.1. Penurunan Besi Total	75
	4.2.2. Penurunan Mangan	81

4.3	Analisa Statistik	85
4.3.1	Analisa Statistik Konsentrasi Besi Total	85
4.3.2	Analisa Statistik Konsentrasi Mangan	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	88
5.2.	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Syarat mutu arang aktif	26
Tabel 2.2. Perbandingan antara karbon aktif granular dan karbon aktif powder	28
Tabel 2.3. Penggunaan karbon aktif	30
Tabel 2.4. Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.	44
Tabel 2.5. Arang aktif jenis granular.	47
Tabel 2.6. Arang aktif jenis serbuk/bubuk.	47
Tabel 3.1. Dimensi reaktor aerokarbonfilter	50
Tabel 4.1. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi besi total dengan menggunakan aerasi, arang aktif, dan filter.	57
Tabel 4.2. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi besi total dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter.	58
Tabel 4.3. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi mangan dengan menggunakan aerasi, arang aktif, dan filter.	67
Tabel 4.4. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi mangan dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter.	68
Tabel 4.5. Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter besi total antara penggunaan karbon aktif dan pasir zeolit	75
Tabel 4.6. Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter mangan antara penggunaan karbon aktif dan pasir zeolit	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penampang melintang tanah dan posisi air tanah (<i>groundwater</i>) didalam tanah	7
Gambar 2.2. Bagan Bentuk Besi (Fe) di dalam air	15
Gambar 3.1 Reaktor Aerokarbonfilter	53
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	54
Gambar 4.1. Konsentrasi besi total pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/arang aktif dan filtrasi)	57
Gambar 4.2. Konsentrasi besi total pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/zeolit dan filtrasi)	58
Gambar 4.3. Konsentrasi mangan pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/arang aktif dan filtrasi).	67
Gambar 4.4. Konsentrasi mangan pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/zeolit dan filtrasi).	68
Gambar 4.5. Konsentrasi besi total pada outlet akhir pada berbagai waktu	75
Gambar 4.6. Efisiensi total alat pada berbagai waktu antara pemakaian arang aktif dan pasir zeolit	76
Gambar 4.7. Konsentrasi mangan pada outlet akhir pada berbagai waktu	81
Gambar 4.8. Efisiensi total alat pada berbagai waktu antara pemakaian arang aktif dan pasir zeolit	82

PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn) PADA AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

**Warih Sudrajat
Intisari**

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Salah satu kebutuhan manusia akan air yaitu dipergunakan sebagai air minum. Sumber air minum yang biasa dimanfaatkan oleh manusia berasal dari air sumur. Namun demikian, air sumur tidak sepenuhnya memiliki kualitas yang baik. Karena air sumur dapat tercemar oleh zat-zat pencemar yang terdapat dalam tanah. Zat pencemar yang biasanya mencemari air sumur antara lain besi (Fe) dan mangan (Mn). Tingginya konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur, maka dibuat suatu alternatif pengolahan air sumur untuk dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) yaitu reaktor aerokarbonfilter. Reaktor aerokarbonfilter merupakan reaktor kombinasi dari proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah reaktor aerokarbonfilter dapat menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur, serta mengetahui besar penurunan dan efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn).

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan mengalirkan air sumur melalui proses aerasi dengan menggunakan tipe *multiple tray aeration*, proses adsorpsi dengan menggunakan arang aktif dan pasir zeolit dan proses filtrasi dengan menggunakan pasir kuarsa. Variasi penelitian terdapat pada jenis media adsorpsi yaitu arang aktif dan pasir zeolit. Pada penelitian ini akan dilakukan dua kali percobaan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Percobaan I dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media arang aktif, dan filtrasi, sedangkan percobaan II dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media pasir zeolit, dan filtrasi. Dari data hasil percobaan I dan II akan dilihat besarnya penurunan konsentrasi dan efisiensi penurunan untuk parameter besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter.

Dari hasil kedua percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh data untuk parameter besi (Fe) dan mangan (Mn). Dari data hasil penelitian untuk parameter besi (Fe) pada percobaan II memiliki kualitas *effluent* yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi *effluent* pada menit ke 30 dan 60 memiliki konsentrasi 0 mg/L, selain itu untuk menit-menit yang lain juga diperoleh konsentrasi besi yang lebih kecil daripada percobaan I. Untuk parameter mangan pada percobaan I memiliki kualitas *effluent* yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat pada data hasil percobaan I untuk tiap menitnya memiliki konsentrasi yang lebih kecil daripada percobaan II. Penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada menit ke 90 yaitu sebesar 0,071 mg/L atau efisiensi 94,23%. Kualitas *effluent* untuk parameter besi (Fe) dan mangan (Mn) pada kedua percobaan telah memenuhi standar baku mutu air bersih sebagaimana tertuang dalam PP no. 82 tahun 2001.

Kata kunci: air sumur, reaktor aerokarbonfilter, besi (Fe) dan mangan (Mn).

The Decrease of Iron (Fe), and Manganese (Mn) Grade In Ground Water Using Aerokarbonfilter Reactor

Warih Sudrajat

Abstract

Water is the essential factor for human life. One of function of water is using for drinking water. And the ground water is one of source for drinking water. But not every groundwater has good quality for using as drinking water because the ground water can be added by material from the soil. The materials that usually added to the ground water is iron and manganese. High concentration of iron and manganese in ground water, water is needed to make an alternative treatment and the alternative treatment is Aerokarbonfilter reactor. Aerokarbonfilter reactor is a reactor with combination from aeration process, adsorption process, and filter process. The purpose of this research is to know that the aerokarbonfilter reactor can decrease the concentration of iron and manganese. And also to know the efficiency of the aerokarbonfilter reactor to decrease the concentration of iron and manganese.

The methods of this research is aeration process using multiple tray aeration, and the adsorption process using activated carbon and zeolit. And the filtration process using the kwarsa sand. The variation of this research is to be found in adsorption process that using activated carbon and zeolit. In this research will be doing in two times, first experiment using activated carbon and the second experiment using zeolit. And from those experiment will be know how much the decreasing of the concentration and the efficiency the aerokarbonfilter reactor to decreasing the parameters.

From the result of the experiment, the concentration of iron from experiment II had good quality effluent than experiment I. This result can be found in 30 and 60 minute with concentration 0 mg/L. Beside that the other of time from experiment II had good effluent better than experiment I. For manganese, experiment I have good effluent than experiment II. The result of experiment I had good concentration better than experiment II. Decrease of the concentration to become in 90 minute of process is 0.071 mg/L or 94.23% for the efficiency. Effluent quality from both experiment has complete the standard quality for drinking water in PP No.82 / 2001

Key word: Ground water, Aerokarbonfilter reactor, Iron (Fe) and Manganese (Mn)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Karena itu jika kebutuhan akan air tersebut belum tercukupi maka akan memberikan dampak yang sangat besar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, masyarakat di Dusun Salakan, Desa Bangunharjo, Bantul, memanfaatkan air sumur sebagai sumber air bersih. Air yang layak diminum, mempunyai standart persyaratan tertentu, yakni persyaratan fisik, kimiawi, dan bakteriologis, persyaratan-persyaratan tersebut merupakan satu kesatuan. Pemakaian air minum yang tidak memenuhi standart kualitas tersebut dapat menimbulkan gangguan kesehatan baik secara langsung dan cepat dan tidak langsung dan secara perlahan.

Masalah yang sering mengganggu kualitas air sumur adalah tingginya kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn). Hal ini dapat dilihat pada warna air yaitu kekuning-kuningan dan juga dinding kamar mandi yang berwarna kuning. Sehingga dapat dikatakan bahwa air sumur tersebut memiliki kualitas yang kurang baik.

Oleh karena itu, sebelum air tersebut dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia, air tanah tersebut harus memenuhi standar mutu kualitas air bersih. Dengan keadaan konsentrasi Fe, dan Mn yang tinggi, maka perlu

dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Dari penelitian terdahulu dengan kombinasi antara aerasi dan saringan pasir cepat dapat menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan efisiensi 89,52% dan 75% (Erwan, 2004). Sedangkan penelitian dengan menggunakan filter mangan zeolit dan filter karbon aktif dapat menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan efisiensi 87,49% dan 97,67% (Rina, 2003).

Berdasarkan pada penelitian terdahulu, maka pada penelitian kali dibuat sistem pengolahan atau reaktor yang susunannya terdiri atas proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Media adsorpsi yang akan digunakan yaitu arang aktif dan pasir zeolit. Dengan adanya aerasi diharapkan dapat menurunkan kadar Fe dan Mn yang tinggi. Karena dengan adanya kontak dengan udara maka akan terjadi reaksi oksidasi dengan O_2 sehingga konsentrasi Fe dan Mn akan turun. Filter arang aktif dan zeolit akan menyerap Fe dan Mn yang merupakan zat pencemar. Sedangkan filter pasir akan menangkap partikel-partikel endapan yang terkandung dalam air. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan air tanah yang memiliki kadar Fe, dan Mn yang tinggi dapat menghasilkan air yang memiliki kualitas yang baik dan memenuhi standar mutu kualitas air bersih.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang diatas maka diperoleh beberapa rumusan masalah antara lain :

- a. Apakah reaktor aerokarbonfilter (aerasi, karbon aktif, dan filter) dapat menurunkan konsentrasi Fe, dan Mn pada air tanah.
- b. Bagaimana perbandingan efektifitas arang aktif dan pasir zeolit sebagai media adsorben untuk dapat menurunkan konsentrasi Fe, dan Mn pada air tanah.
- c. Seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi Fe, dan Mn dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter untuk mengolah air tanah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan antara lain :

- a. Untuk mengetahui penurunan konsentrasi Fe, dan Mn yang terdapat dalam air tanah dalam dan besarnya efisiensi removal yang terjadi dengan menggunakan reaktor aerasi, karbon aktif, dan filter.
- b. Untuk mengetahui perbandingan efektifitas antara karbon aktif dan pasir zeolit yang optimal dalam reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi Fe, dan Mn pada air tanah dalam.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan air tanah dalam yang memiliki konsentrasi Fe, dan Mn yang tinggi.
- b. Digunakan sebagai bahan kajian lebih lanjut, apakah hasil pengolahan dapat digunakan secara langsung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Reaktor yang digunakan adalah reaktor aerokarbonfilter yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, dan filter pasir.
- b. Aerasi menggunakan tipe multiple tray aerasi dengan jumlah 4 tray, ketebalan karbon aktif 30 cm, dan filter menggunakan saringan pasir cepat dengan ketebalan 30 cm.
- c. Variasi pengolahan terdapat pada jenis karbon aktif, yaitu arang aktif dan pasir zeolit.
- d. Bahan baku berasal dari air tanah.
- e. Parameter yang diukur Fe, dan Mn.
- f. Pengambilan sampel air pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120.
- g. Sistem pengaliran kontinyu.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Pada tugas akhir ini dibagi dalam empat bab yang dimaksudkan untuk memberikan suatu kerangka tentang isi dari tugas akhir ini, sehingga dapat dihubungkan antara bab yang satu dengan yang lainnya.

Sistematika penulisan Tugas Akhir secara garis besar adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar permasalahan yang dibahas, seperti latar belakang masalah, identifikasi masalah, perumusan masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan penjelasan mengenai teori – teori yang dipergunakan sebagai landasan untuk pemecahan permasalahan.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai metode – metode yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan penelitian, mulai dari pengumpulan data sekunder dan primer, sampai pada tahapan pengerjaan.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data – data hasil sampling, hasil pengolahan data dengan berbagai metode perhitungan yang diperoleh dari analisa laboratorium.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian terakhir yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dianjurkan untuk pengembangan penelitian yang selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

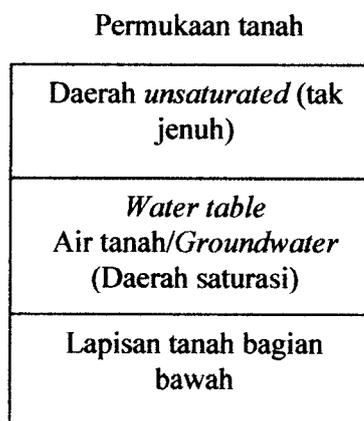
Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Dengan adanya penyinaran matahari, semua air yang ada di permukaan bumi akan menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada di tempat yang tinggi yang disebut awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi di mana temperatur di atas makin rendah, dalam kondisi tertentu awan ini akan berubah menjadi tetesan-tetesan air dan jatuh kembali ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka peresapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan bumi, maka air ini akan disebut mata air. Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui tempat yang rendah (cekungan) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantaranya mengalir ke laut kembali dan kemudian mengikuti siklus hidrologi ini. Sumber-sumber air yang dapat di manfaatkan oleh manusia antara lain :

1. Air permukaan
2. Air tanah
3. Air atmosfer/angkasa
4. Air laut

2.2. Air tanah

Air tanah (*Groundwater*) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Pergerakan air tanah sangat lambat; kecepatan arus berkisar antara 10^{-10} – 10^{-3} m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah, dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama yang membedakan air tanah dengan air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.

Daerah di bawah tanah yang terisi air tersebut adalah daerah saturasi (*zone of saturation*). Pada daerah saturasi, setiap pori tanah dan batuan terisi oleh air, yang merupakan air tanah (*groundwater*). Batas atas daerah saturasi disebut *water table*, yang merupakan peralihan antara daerah saturasi yang banyak mengandung air dan daerah belum saturasi/jenuh (*unsaturated/vadose zone*) yang masih mampu menyerap air (Hefni, 2003) .



Gambar 2.1. Penampang melintang tanah dan posisi air tanah (*groundwater*) didalam tanah (modifikasi Miller, 1992 dalam Hefni, 2003)

Air tanah dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

2.2.1. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah.

Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat muka tanah. Setelah menemui lapisan rapat air, maka air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal ini terdapat pada kedalaman 15 m. Sebagai sumur air minum, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik. Kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

2.2.2. Air tanah dalam

Air tanah dalam biasanya memiliki karbondioksida dengan jumlah yang relatif banyak, dicirikan dengan rendahnya pH, dan biasanya disertai dengan kadar oksigen terlarut yang rendah atau bahkan terbentuk suasana anaerob. Pada kondisi ini, jumlah ferri karbonat akan larut sehingga terjadi peningkatan kadar besi ferro (Fe^{2+}) di perairan. Dengan kata lain, besi (Fe^{2+}) hanya ditemukan pada perairan yang bersifat anaerob, akibat proses dekomposisi bahan organik yang berlebihan. Jadi, di perairan, kadar besi (Fe^{2+}) yang tinggi berkorelasi dengan kadar bahan organik yang tinggi, atau kadar besi yang tinggi terdapat pada air

yang berasal dari air tanah dalam yang bersuasana anaerob atau dari lapisan yang sudah tidak mengandung oksigen (Hefni, 2003).

Terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tidak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga pada suatu kedalaman tertentu (biasanya antara 100-300 m) akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur keluar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu mengeluarkan air tanah dalam ini.

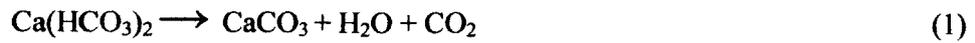
Air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapisan tanah yang dilalui. Jika melalui tanah kapur, maka air itu akan menjadi sadah, karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Jika melalui batuan granit, maka air itu lunak dan agresif karena mengandung gas CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)$.

Untuk mengurangi kadar Fe yang menyebabkan korosi itu harus diadakan pengolahan dengan jalan aerasi yaitu memberikan kontak dengan udara sebanyak-banyaknya agar $\text{Fe}(\text{OH}_3)$ dan (OH_4) mengendap dan kemudian disaring. Air sadah tidak ekonomis dalam penggunaannya, karena:

1. Terlalu boros dalam pemakaian sabun.

Hal ini disebabkan karena air sudah mengandung Ca^{++} yang jika bereaksi dengan $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ yang menyebabkan tidak terbentuknya busa sabun. Setelah Ca habis, barulah busa akan terbentuk.

2. Mengganggu pada ketel-ketel air karena terjadi reaksi:



Dengan terjadinya endapan CaCO_3 sebagai batu ketel, maka hal ini sangat mengganggu dalam pemindahan panas (ada beda suhu) sehingga sering terjadi ledakan pada ketel-ketel air atau sumbatan pada pipa-pipa. Kualitas pada air tanah pada umumnya mencukupi (tergantung pada lapisan keadaan tanah) dan sedikit pengaruh oleh perubahan musim.

Karakteristik Air

Air minum yang ideal seharusnya memenuhi persyaratan baku mutu air minum, yang meliputi :

1. Parameter Fisis

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| - Bau | - Rasa |
| - Jumlah zat padat terlarut (TDS) | - Suhu |
| - Kekeruhan | - warna |

2. Parameter Kimia

a. Kimia anorganik

- | | |
|-------------|------------|
| - Air raksa | - Nitrat |
| - Arsen | - Nitrit |
| - Besi | - pH |
| - Fluorida | - Selenium |
| - Cadmium | - Seng |
| - Kesadahan | - Sianida |
| - Khlorida | - Sulfat |

- Kromium

- Timbal

- Mangan

b. Kimia organik

- Aldrin dan dieldrin

- Heptachlor dan heptachlor epoxide

- Benzene

- Hexachlorobenzene

- Benzo (a)pyrene

- Gamma-HCH (lindane)

- Chlordane (total isomer)

- Methoxychloropentachlorophenol

- Chloroform

- Pesticida total

- DDT

- 2,4,6 trichlorophenol

- Detergen

- Zat organik (KMnO₄)

- 1,2 dichloroetane

3. Parameter mikrobiologi

- Coliform tinja

- Total coliform (MPN)

4. Parameter radioaktivitas

- Aktivitas alpha (gross alpha activity)

- Aktivitas beta (gross beta activity)

Menurut peraturan pemerintah RI no. 82 tahun 2001

“Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya”.

Walaupun penetapan standar air yang bersih tidak mudah, namun ada kesepakatan bahwa air yang bersih tidak ditetapkan pada kemurnian air, akan tetapi didasarkan pada keadaan normalnya. Bila terjadi keadaan menyimpang dari keadaan normal, maka hal itu berarti air tersebut telah mengalami pencemaran (*Mukono, H.J., 2000*).

Air yang ada di bumi ini tidak pernah dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa/ mineral (unsur) lain yang terlarut didalamnya. Hal ini tidak berarti semua air yang ada di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh air yang di ambil dari mata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air bersih, namun senyawa atau mineral (unsur) yang terdapat didalamnya berlainan.

seperti tampak dalam keterangan berikut ini :

- Air hujan mengandung : SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , H, C, O_2 , dan debu.
- Mata air mengandung : Na, Mg, Ca, Fe, O_2

Selain itu air juga seringkali mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum, tetapi harus direbus dulu. Pada batas-batas tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Kualitas air dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu zat yang terlarut, zat yang tersuspensi dan makhluk hidup khusus jasad di dalam air. Air murni yang tidak mengandung zat yang tidak terlarut, tidak baik untuk kehidupan. Sebaliknya zat yang terlarut ada yang bersifat racun. Apabila zat yang terlarut, zat yang

tersuspensi dan makhluk hidup dalam air membuat kualitas air menjadi tidak sesuai untuk kehidupan air itu disebut tercemar.

Sumber air harus memenuhi syarat baku mutu air untuk air minum. Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Kualitas air sangat penting karena merupakan dasar pedoman untuk mencapai pengolahan air sesuai dengan peruntukannya.

Berdasarkan uraian tersebut dapat dipahami bahwa air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air.

2.3. Besi (Fe) dan Mangan(Mn)

Air tanah sering mengandung zat besi (Fe) dan mangan (Mn) yang cukup besar. Kandungan Fe dan Mn itu seringkali mengubah warna air yang sebetulnya bening menjadi coklat kekuning-kuningan. Apabila kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) melampaui standart baku mutu maka dapat membahayakan kesehatan manusia. Ada tiga metode yang biasa digunakan untuk menurunkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) (Al Layla,1978):

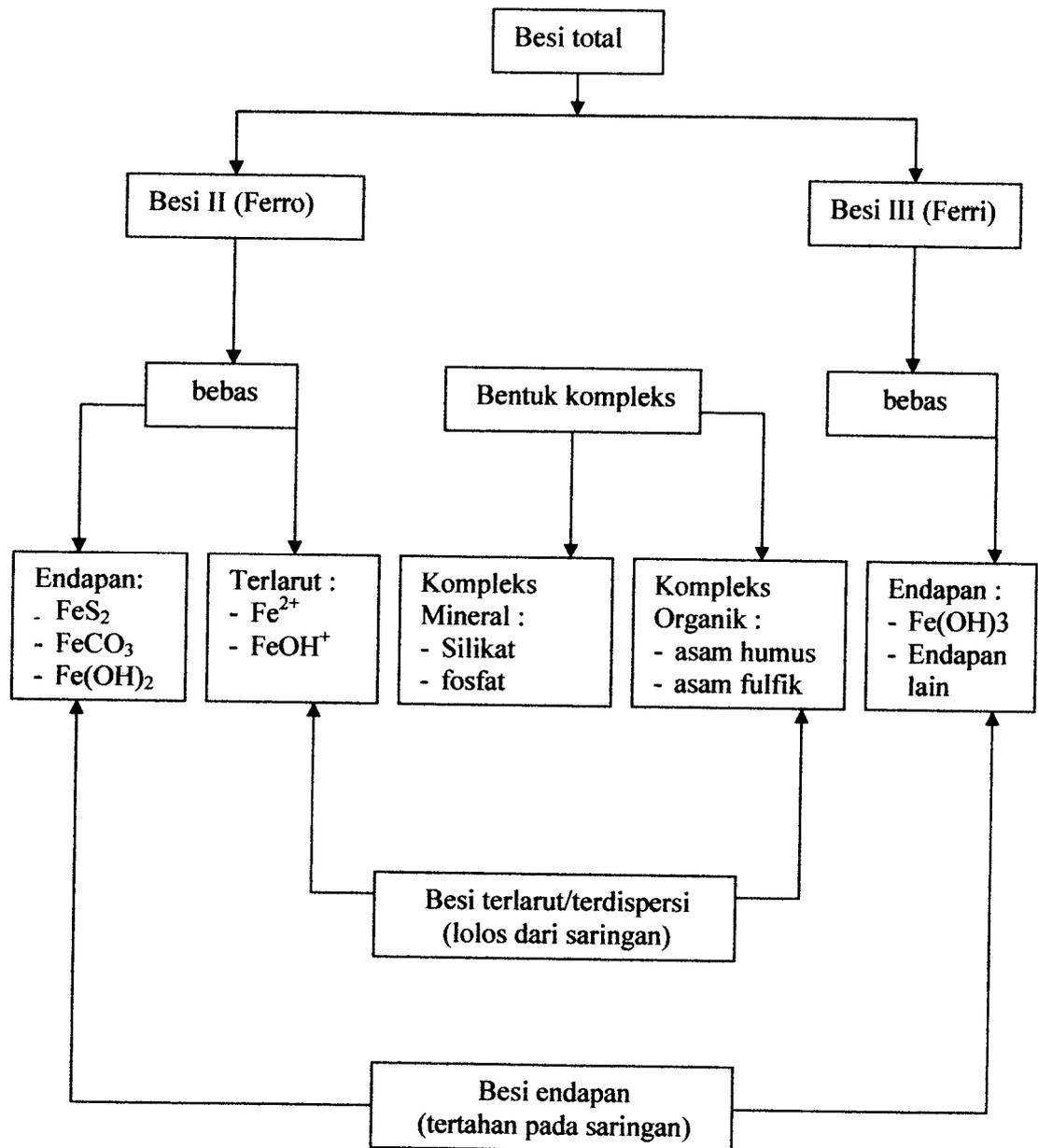
- a. Presipitasi dan filtrasi
- b. Ion exchange
- c. Stabilisasi

2.3.1. Besi (Fe)

Besi atau ferrum (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Besi dilambangkan dengan Fe, sebagai salah satu unsur logam berat dan termasuk dalam golongan VIII. Besi mempunyai nomor atom (NA) 26 dan berat atom (BA) 55.847, keelektronegatifan 1.8, kerapatan g ml^{-3} 7,86. Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hamper atau hematite pada semua lapisan geologis dan semua badan air.

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi di dalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Pada air yang mengandung oksigen (O_2), seperti seringkali air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} . Fe^{3+} ini sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya dibawah beberapa $\mu\text{g/l}$), bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Demikian dalam air sungai, besi berada dalam Fe^{2+} , Fe^{3+} terlarut dan Fe^{3+} dalam bentuk senyawa organik berupa koloidal (*Alaerts dan Santika, 1984*).

Bentuk besi dalam air dapat dilihat dalam bagan berikut ini :



Gambar 2.2. Bagan Bentuk Besi (Fe) di dalam air (Degremond, 1979)

Pada umumnya, besi yang ada didalam air dapat bersifat :

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri).
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1 \mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- Tergabung dengan zat organis atau zat padat yang inorganis (seperti tanah liat)

Adanya unsur-unsur besi dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan suatu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme tubuh. Untuk keperluan ini tubuh membutuhkan 7-35 mg unsur tersebut perhari, yang tidak hanya diperolehnya dari air. Dalam jumlah kecil, unsur ini diperlukan tubuh untuk pembentukan sel-sel darah merah. Banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi, sedangkan tubuh manusia tidak dapat mengekskresi Fe.

Akibat yang dapat ditimbulkan oleh besi (Fe), antara lain :

- Air menjadi keruh dan berwarna kuning kecoklatan sampai kehitam-hitaman.
- Menimbulkan noda-noda pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih.
- Pengendapan pada dinding pipa .
- Menyebabkan bau dan rasa yang tidak enak pada minuman.
- Bagi yang sering mendapat transfuse darah, warna kulit menjadi hitam karena terjadi akumulasi Fe.

- Dalam dosis tinggi dapat merusak dinding usus, bahkan dapat menyebabkan kematian karena rusaknya dinding usus ini.
- Debu Fe juga dapat diakumulasi di dalam alveoli, dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas, maka ditetapkanlah standar konsentrasi maksimum besi dalam air minum, dalam PP no. 82 tahun 2001 sebesar 0,3 mg/L. Dengan dipenuhinya standar tersebut oleh air minum, diharapkan berbagai hal yang tidak diinginkan tersebut diatas tidak dapat terjadi.

2.3.2. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Mangan dilambangkan dengan Mn sebagai salah satu logam berat termasuk dalam golongan VIIB. Mangan mempunyai nomor atom (NA) 25 dan berat atom (BA) 54.938, keelektronegatifan 1.5, kerapatan g ml^{-3} 7.43. Disamping itu, konsentrasi 0,05 mg/L unsur ini merupakan akhir batas dari usaha penghilangan dari kebanyakan air yang dapat dicapai. Kemungkinan unsur ini merupakan nutrient yang penting dengan kebutuhan perhari 10 mg/L yang dapat diperoleh dari makanan. Unsur ini bersifat toksis pada alat pernafasan.

Toksisitas mangan relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Untuk keperluan domestik, batas yang diijinkan adalah sangat rendah, di bawah 0.05 mg/L (Saeni, 1989).

Mangan termasuk unsur mikro yang keberadaannya oleh tanaman dibutuhkan untuk pembentukan hijau daun (Rinsena, 1983).

Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng. Bila pemaparan berlanjut maka, bicaranya melambat dan monoton, terjadi hiperrefleksi, clonus pada patella dan tumit, dan berjalan seperti penderita Parkinsonism. Selanjutnya akan terjadi *paralysis bulbar*, *post encephalitic Parkinsonism*, *multiple sclerosis*, *amyotropic lateral sclerosis*, dan degenerasi lentik yang progresif (peny. Wilson) Tidak ada gejala GI, saluran urogenital (UG), kelainan sensoris atau kelainan pada liquor cerebrospinalis. Keracunan Mn ini adalah salah satu contoh, di mana kasus keracunan tidak menimbulkan gejala muntah berak, sebagaimana orang awam selalu memperkirakannya.

Akibat yang dapat ditimbulkan oleh mangan, antara lain :

- Menimbulkan noda-noda pada bahan/benda yang berwarna putih
- Dapat bersifat toksis pada alat pernafasan
- Menimbulkan warna ungu/hitam pada air minum
- Dapat menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak pada minuman
- Dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

Konsentrasi standar maksimum yang ditetapkan Dep.Kes.RI. untuk Mn adalah sebesar 0,05-0,5 mg/L. 0,05 adalah merupakan batas konsentrasi maksimal yang dianjurkan, sedangkan 0,5 mg/L adalah merupakan batas konsentrasi maksimal yang diperbolehkan.

2.4. Aerasi

Adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas diudara dengan cairan pada gas-liquid interface. Pertukaran tersebut menyebabkan konsentrasi molekul gas di dalam cairan mencapai titik jenuh. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (*interface*), maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut. Atau dengan kata lain aerasi adalah proses pengolahan air dengan mengontakkannya dengan udara. Sasaran yang utama adalah memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara. Dengan maksud perpindahan efisien terbesar dari satu medium ke medium yang lain. Hal ini sangat penting agar dalam proses ini cukup berlangsung percampuran antara air dengan udara (Walker, 1978).

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
- c. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan pengolahan air. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

2.4.1 Jenis-jenis aerasi

Beberapa jenis aerasi untuk pengolahan air minum adalah sebagai berikut :

a. *Cascade Aerator*

Merupakan suatu proses perputaran dimana selapis tipis aliran air kebawah yang diusahakan sedemikian sehingga saling bertemu. Sistem *cascade* sendiri ada beberapa macam antara lain air diterjunkan lewat step atau terjunan, biasanya terdiri atas 4-8 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m³/detik. untuk menghilangkan putaran (turbulen) guna menaikkan efisiensi aerasi hambatan sering terjadi di tepi peralatan pada setiap step. Atau air dapat juga dilewatkan melalui menara yang berisi batu sehingga terjadi pertukaran aliran udara. Metode ini dapat menurunkan CO₂ bebas sebesar 90%, sedangkan metode dengan terjunan anak tangga dapat menurunkan CO₂ bebas sebesar 20-45% (Holden, 1970). Keuntungan dari *cascade* adalah pemeliharaannya mudah.

b. *Spray aerator*

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga air yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini sangat menguntungkan bila air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil maka permukaan air yang kontak dengan udara akan semakin luas. Disamping itu juga membantu proses difusi gas ke dalam air.

c. *Diffused aerator*

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa perlokasi, tabing-tabing porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan dilewatkan ke

air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung-gelembung itu banyak dipengaruhi oleh *spray aerator*, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan sedemikian di atas tekanan kedalaman air dimana *diffused* itu ditetapkan. *Diffuser* ini biasanya ditempatkan didasar basin atau pada ketinggian tertentu dari dasar basin.

d. *Multiple Tray Aerator*

Merupakan aerasi dengan sistem gravitasi yang dilewatkan pada bak yang berpori-pori dengan beberapa kali menjatuhkan air. *Multiple Tray Aerator* susunannya mudah dan sederhana serta memerlukan ruang kecil. Jenis aerator ini terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{m}^2$ permukaan tray. Tetesan-tetesan kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Untuk penyebaran air yang lebih halus, tray-tray aerator biasanya diisi dengan kerikil-kerikil kasar kira-kira ketebalan 10 cm. Kadang-kadang digunakan lapisan batu arang yang bertindak sebagai katalisator (mempercepat reaksi) dan menaikkan penggumpalan besi dalam air (Agustjik, 1991).

Kriteria desain yang pada umumnya digunakan pada *multipletray aerator* :

- Jarak antar jatuhan/tray bervariasi antara 0,3-0,6 m
- Jumlah tray 4 sampai 9 tray

Persamaan yang digunakan dalam tray aerator :

$$C_t - C_o = (C_s - C_o)(1 - \exp(-kg \times t)) \quad (2)$$

Sedangkan persamaan untuk waktu jatuh air :

$$T = \sqrt{(2 \times h)/g} \quad (3)$$

Dimana :

C_s = konsentrasi jenuh oksigen pada suhu operasi, mg/L

C_o = konsentrasi oksigen pada saat $t=0$, mg/L

C_t = konsentrasi oksigen pada saat t , mg/L

K_g = koefisien mass transfer

t = waktu jatuh air

h = tinggi tray

g = percepatan gravitasi

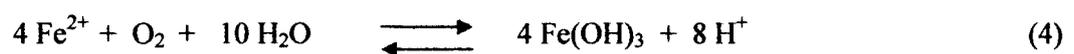
2.4.2 Pengurangan Besi dan Mangan

Ion Fe dan Mn sering kali dijumpai pada air alami dengan kadar oksigen yang rendah, seperti pada air tanah dan pada daerah danau yang tanpa udara. Keberadaan ferric dan manganic larutan dapat terbentuk dengan adanya pabrik tenun, kertas, dan proses industri. Fe dan Mn dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi $Fe(OH)_3$ dan MnO_2 yang tidak terlarut di dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan. Oksidator utama adalah molekul oksigen dari udara, klorin atau $KMnO_4$, sedangkan kecepatan pengendapan dipengaruhi oleh jenis dan kadar oksidator, pH, kesadahan, dan kemungkinan ditambahkannya katalisator. Oksigen terlarut mengubah Fe dan Mn ion menjadi komponen yang tidak terlarut.

Untuk setiap tahap percikan air antara tray yang satu dengan tray berikutnya terjadi reaksi antara besi (Fe) dalam air, dengan udara yang ada disekitarnya, mengikuti reaksi sebagai berikut :

Menurut *Syed R. Qasim* reaksi oksidasi yang terjadi pada Fe^{2+} dan Mn^{2+} adalah sebagai berikut :

Persamaan reaksi untuk Fe adalah sebagai berikut :



Dari persamaan di atas maka besarnya kebutuhan oksigen untuk mengikat setiap 1 mg/L Fe dapat dihitung sebagai berikut :

$$1 \text{ mg/L Fe}^{2+} = (\frac{1}{2} \times 2 \times 16) / (2 \times 55.8) = 0.14 \text{ mg/L O}_2$$

Sedangkan untuk Mn persamaan reaksi adalah sebagai berikut :



Dari persamaan di atas maka besarnya kebutuhan oksigen untuk mengikat setiap 1 mg/L Mn dapat dihitung sebagai berikut :

$$1 \text{ mg/L Mn}^{2+} = (\frac{1}{2} \times 2 \times 16) / (54.94) = 0.29 \text{ mg/L O}_2$$

Rata-rata oksidasi Fe akan meningkat mencapai 90% dalam waktu 10 - 20 menit pada pH 7, sedangkan rata-rata perubahan oksidasi Mn lebih rendah dari pH 7 tersebut. Apabila pH mendekati 10 baru kecepatan reaksinya akan normal. Untuk mempercepatnya biasanya digunakan katalisator peralatan pembubuh oksigen (aerasi) yang berupa menara (tray) talam dimana air menetes di atas talam tersebut atau berupa penyemburan ke udara.

Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tergantung pada :

- a. Sifat gas yang bersangkutan
- b. Konsentrasi gas pada fase gas, dimana tergantung pada tekanan relative 'p' pada fase gas
- c. Temperatur
- d. Impurities

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan unit aerasi adalah :

- a. kecepatan gas transfer berbanding langsung dengan luas kontak per unit volume
- b. Peralatan aerasi yang ideal akan memaksimalkan luas kontak. Misal untuk aerator cascade, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk spray aerator, nozzle yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
- c. Kecepatan transfer gas juga berbanding langsung dengan waktu kontak, sehingga unit aerator harus memperbesar waktu kontak.
- d. Kecepatan transfer gas terhadap perbedaan antara konsentrasi jenuh dan konsentrasi awal dari gas ($C_t - C_o$). konsentrasi jenuh tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

2.5. Karbon aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian

besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang lebih baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m/gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan.

Karbon aktif untuk semua tujuan, dan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (*decolorisasi*), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk adsorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan di dalam media larutan khususnya untuk deklorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen-komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

Syarat mutu arang aktif

Menurut Standard Industri Indonesia (SII No. 0258-79) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 syarat mutu arang aktif

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15
2. Air	%	Maksimum 10
3. Abu	%	Maksimum 2,5
4. Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5. Daya serap terhadap larutan I ₂	%	Maksimum 20

Sumber: <http://apps5.oingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429&url=http%3A%2F%2Fwarintek.com>, www.warintek.net

2.5.1. Struktur karbon aktif

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan gaya van der Waals yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 Angstrom. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 Angstrom. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit. Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikrokristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang seringkali merupakan gugus heterosiklis yang berasal baik dari

bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif. Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorben dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, macro pori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokkan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikro porinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2 – 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikro pori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut Duninin mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm. Radius efektif mikro pori lebih

kecil daripada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikro porinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95% dari luas permukaan seluruhnya.

Karakteristik karbon aktif antara jenis karbon aktif granular dan serbuk (powder) dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan antara karbon aktif granular dan karbon aktif powder

Parameter	Karbon aktif		Satuan
	Granular	Serbuk(powder)	
Total luas permukaan	700-1300	800-1800	m ² /g
Densitas unggun	400-500	360-740	kg/m ³
Densitas partikel	1.0-1.5	1.3-1.4	kg/L
Ukuran butiran	0.1-2.36	(5-50)	mm(μm)
Ukuran Efektif	0.6-0.9	na	mm
Koefisien uniformitas	≤1.9	na	UC
Luas pori rata-rata	16-30	20-40	Å
Nomor iodium	600-1100	800-1200	
Angka abrasi	75-85	70-80	minimum
Abu	≤8	≤6	%
<i>Moisture as packed</i>	2-8	3-10	%

Sumber : *Metcalf and Eddy, 1991*

Karbon aktif dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, tetapi mekanisme penyerapan senyawa tersebut belum semua diketahui dengan jelas. Mekanisme penyerapan yang telah diketahui antarlain penyerapan golongan fenol dan aldehid aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehid maupun derivatnya terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena

ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

- a. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 angstrom efektif untuk menyerap warna.
- b. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan ukuran pori, komposisi kimia
- b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia.
- c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
- d. Sistem waktu adsorpsi.

2.5.2. Kegunaan Karbon Aktif

Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/ minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator (lihat tabel 2.3).

Tabel 2.3 Penggunaan karbon aktif

UNTUK ZAT CAIR	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
3. Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4. Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau, dan warna
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetat dan lain-lain

Sumber: <http://apps5.ingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429&url=http%3A%2F%2Fwarintek.com>, www.warintek.net

2.5.3. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600°C . Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur $900-1000^{\circ}\text{C}$, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh.

Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yaitu :

a. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara, sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi per gram.

Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi pirolitik bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorpsi yang kecil. Oleh karena itu karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya $ZnCl$, $MgCl$, dan $CaCl$. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikkan sifat-sifat tertentu dari karbon.

b. Proses aktivasi

Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara

700-1100⁰C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Smisek, 1970). Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon.

Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (internal area), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori.

Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu :

1. Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO, yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
2. Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan.

Biasanya proses aktivasi fisika merupakan awal dari proses aktivasi kimia. Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut : penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon, dan komposisi tar yang juga memperluas pori-pori. Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

2.6. Pasir Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata *zein* (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan *lithos* berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat yang membuih bila dipanaskan pada suhu 100° celcius.

Zeolit adalah senyawa aluminosilat yang terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki pori-pori yang dapat diisi dengan air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta dapat menukar berbagai jenis kation tanpa merubah struktur utama penyusunnya.

Zeolit merupakan batuan yang secara kimia termasuk bahan silikat yang dinyatakan sebagai aluminosilat terhidrasi, yang merupakan hasil produksi sekunder, baik dari hasil pelapukan ataupun sedimentasi. Batuan zeolit dengan struktur berongga sebagai suatu aluminosilat yang mempunyai struktur rongga dengan rongga-rongga di dalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul-molekul air yang keduanya dapat bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dihidrasi secara reversible tanpa terjadi perubahan struktur (Barrers, 1978).

2.6.1. Sifat-sifat zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

Sifat zeolit meliputi :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan efektif berinteraksi dengan molekul yang diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang terbentuk apabila unit sel kristal tersebut dipanaskan.

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Apabila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300° - 400° celcius maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

c. Penukaran Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini akan bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.

d. Katalis

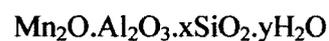
Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori besar dan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring/pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari campuran tertentu, karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar antara 2A-8A tergantung dari jenis zeolit). Volume dan ukuran ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring.

2.6.2. Komposisi zeolit

Struktur kristal zeolit dibentuk oleh ion Al-Si-O, sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah bertukar. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} , sehingga rumus empiris zeolit menjadi :



Keterangan :

M = kation alkali atau alkali tanah

- n = valensi logam alkali
 x = bilangan tertentu (2 s/d 10)
 y = bilangan tertentu (2 s/d 10)

sebagai contoh adalah penurunan unit klinoptilolit yang merupakan jenis umum dijumpai yaitu : $(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$. ion K^{3+} dan Na^{3+} merupakan struktur kation dengan oksigen yang membentuk struktur tetrahedral. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Komponen utama pembangunan struktur zeolit adalah bangunan primer $(\text{SiO}_4)^{4-}$ yang mampu membentuk struktur tiga dimensi. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit, baik yang ada di permukaan maupun di dalam pori-pori menyebabkan zeolit berperan sebagai penukar ion, mengadsorpsi dan katalis.

2.6.3. Penggolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan tuf vulkanik, dan zeolit sintetis direkayasa oleh manusia secara kimia.

1. Zeolit Alam

Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang lava, dan dalam batuan piroklasik berbutir halus. Berdasarkan proses pembentukannya zeolit alam dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

- a. Zeolit yang terdapat di antara celah-celah atau di antara lapisan batuan.

Zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-

sama dengan mineral lain, seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, flourit, mineral sulfide dan lain-lain.

b. Zeolit yang berupa batuan

Zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 (tujuh) kelompok, yaitu :

- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di danau asin yang tertutup.
- Mineral zeolit yang terbentuk di dalam danau air tawar atau di dalam lingkungan air tanah terbuka.
- Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut
- Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorphose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan.
- Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktivitas hidrotermal atau air panas.
- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di dalam tanah yang bersifat alkali
- Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan atau mineralisasi yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis

2. Zeolit Sintetis

Susunan atom maupun komposisi zeolit dapat dimodifikasi, maka dapat dibuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh karena itu zeolit sintetis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan

kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang dan zeolit kadar Si tinggi.

2.6.4. Pengaktifan Zeolit

Beberapa cara pengaktifan zeolit , antara lain :

1. Cara Pemanasan

Pemanasan di sini dimaksudkan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terdapat pada zeolit yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorpsi.

2. Cara Kimia

Pengaktifan cara kimia dilakukan dengan perendaman dan pengadukan dalam suatu larutan asam (H_2SO_4) atau basa (NaOH) dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Selain itu juga dapat menggunakan $KMnO_4$ 1% untuk mengaktifkan zeolit tersebut.

2.7. Pasir kuarsa

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir.

Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

Karakteristik Fisik Pasir

Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain adalah :

- a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan/permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut tanggung, dan bundar menyudut (Lewis, 1980). Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter > 2 mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter 0,15-0,45 mm memberikan kelolosan yang rendah. Faktor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring adalah *effective size (ES)*.

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan semurni mungkin, artinya pasir benar-benar bebas dari kotoran, misalnya lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrat yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2 yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam, tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah, dan kekeruhan air perlu dilakukan untuk menentukan ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

2.8. Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Atau dengan kata lain adsorpsi adalah proses adhesi yang terjadi pada permukaan suatu zat padat atau zat cair yang berkontak dengan media lainnya, sehingga menghasilkan akumulasi atau bertambahnya konsentrasi molekul-molekul dari media tersebut pada permukaannya. Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorbens. Adsorpsi padat yang baik adalah yang memiliki porositas yang tinggi seperti arang dan silika gel. Permukaan zat ini sangat luas, sehingga terjadi pada banyak tempat. Namun demikian, adsorpsi dapat terjadi pada permukaan yang halus, seperti gelas atau platina. Kecuali zat padat, adsorbens dapat pula berupa zat cair, karena itu adsorpsi dapat terjadi antara : zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair atau gas dan cair.

Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul dipermukaan adsorbens. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi, karena pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorbens, misalnya absorpsi air oleh sponge atau uap air oleh CaCl_2 anhidrous.

Adsorpsi sangat penting dalam proses penyaringan, sebab dapat menghilangkan bau, warna dan rasa tidak enak dalam air serta dapat menghimpun atau mengkonsentrasikan bahan-bahan organik sampai sekecil-kecilnya.

Arang merupakan adsorbens yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan. Zat ini banyak dipakai di pabrik untuk menghasilkan zat warna dalam larutan. Penyerapan zat dari larutan, mirip dengan penyerapan gas

oleh zat padat. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Makin kompleks zat yang terlarut, maka makin kuat diserap oleh adsorbens. Makin tinggi temperatur, makin kecil daya serap, namun demikian pengaruh temperatur tidak sebesar seperti pada adsorpsi gas. Jumlah gas yang diserap setiap berat adsorbens, tergantung konsentrasi dari zat terlarut. Namun demikian, bila adsorbens sudah jenuh, konsentrasi tidak lagi berpengaruh.

Jenis adsorpsi

Ada 2 jenis adsorpsi :

1. Adsorpsi fisika

Adsorpsi fisika disebabkan oleh gaya van der Waals, yang ada pada permukaan adsorbens. Proses adsorpsi fisika biasanya rendah dan lapisan yang terjadi pada permukaan adsorbens biasanya dari satu molekul.

2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi reaksi antara zat yang diserap dan adsorbens. Lapisan molekul pada permukaan adsorbens hanya satu lapisan. Pada saat adsorpsi terjadi temperatur tinggi.

2.9. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Tujuannya guna mendapatkan air bersih dalam pengolahan air minum atau

dalam pengolahan air buangan. Pada pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air minum dengan kualitas tinggi. Di samping mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Ali Masduqi, 2002).

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

1. Transportasi : meliputi proses gerak brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
2. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, adsorpsi (fisik - kimia), biologis.
3. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

2.9.1. Tipe Filter

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang diolah, saringan pasir dapat dibedakan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat. Pada pengolahan air dari air baku yang perlu diolah, setelah air mengalami proses koagulasi, flokulasi dan klarifikasi, air kemudian disaring dengan saringan pasir cepat atau lambat. Apabila proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk saringan pasir kasar

Saringan pasir kasar adalah saringan yang dipasang sebelum saringan pasir cepat atau lambat. Di dalam saringan ini, partikel halus mengendap dalam rongga-

rongga media saringan, melekat secara fisis, sifat operasinya adalah penetrasi partikel yang terbawa air ke bawah.

Pada saringan pasir lambat, yang tertangkap adalah bio-kimia. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Pada saringan pasir kasar media saringan berdiameter lebih besar dibanding media saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

Perbandingan ukuran diameternya sebagai berikut :

Saringa pasir lambat : 0.15 – 0.45 mm

Saringan pasir cepat : 0.40 – 0.70 mm

Saringan pasir kasar : > 2 mm

kriteria desain untuk filter pasir lambat dan filter pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.

Keterangan	Filter lambat	Filter cepat
Kecepatan filtrasi	0.1-0.2-0.24 m/jam	4-5-21 m/jam
Luas media filter	Luas : 2000 m ²	Sempit : 40-400 m ²
Kedalaman media	Kerikil : 30 cm Pasir : 90-110 cm Biasa berkurang 50-80 cm, karena pengerukan pasir aktif	Kerikil : 30-45 cm Pasir : 60-70 cm Tidak berkurang karena pengerukan pasir aktif
Ukuran pasir	0.25-0.3 mm	0.55 mm atau lebih
Distribusi butiran pasir dalam filter	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan terberat di bawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlubang, bercabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlubang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal – 120 cm	30 cm awal - 240 cm atau

	akhir	275 akhir
Kurun waktu	20-30-60 hari	12-24-72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metoda pencucian	Pengerukan lapisan kotor dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencucian	0.2-0.6 % air yang disaring	1-4-6 % air yang disaring
Persiapan pengolahan	Tidak perlu jika NTU < 50	Koagulasi, flokulasi sedimentasi
Penambahan pengolahan klorinasi : <ul style="list-style-type: none"> • Biaya konstruksi • Biaya operasi • Depresiasi 	Relatif murah Relatif murah Relatif rendah	Relatif mahal Relatif mahal tinggi

Sumber : KRT Tjokrokusumo 1995

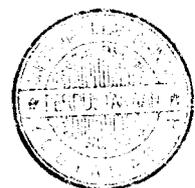
Saringan pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

1. menurut jenis media yang dipakai.
2. menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi.
3. menurut arah aliran.
4. menurut kaidah gravitasi/dengan tekanan.
5. menurut pretreatment yang diperlukan.

2.9.2. Jenis-jenis filter berdasarkan sistem operasi dan media

1. jenis media filter

- a. Filter single media, filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kuarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Kerikil digunakan sebagai media penyangga.



- b. Filter dual media, sering digunakan filter dengan media pasir kuarsa di lapisan bawah dan antrasit pada lapisan atas.

Keuntungan dual media :

- Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10-15 m/jam)
- Periode pencucian lebih lama
- Merupakan peningkatan filter single media

- c. Multi media filter, terdiri dari antrasit, pasir dan garnet atau dolomite, fungsi multi media adalah untuk mengfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

2. Sistem kecepatan control

- a. *Constant rate* : debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
- b. *Declining rate* : debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.

3. Sistem aliran

- a. Aliran *down flow* (kebawah)
- b. Aliran *upflow* (keatas)
- c. Aliran horizontal

4. Kaidah pengaliran

- a. Aliran secara gravitasi
- b. Aliran dibawah tekanan (pressure filter)

5. Pretreatment

- a. Koagulasi – flokulasi – sedimentasi
- b. *Direct filtration*

Dalam pengolahan air minum proses filtrasi sering dikombinasikan dengan media lain, seperti arang aktif ataupun pasir zeolit. Untuk karakteristik media filter dengan kombinasi dengan arang aktif dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Arang Aktif jenis granular.

Keterangan	arang (granular)	Pasir
Ukuran	0.86 – 0.21 mm	0.5 - 0.81 mm
Ukuran efektif	1.00 mm	0.5 mm
Koefisien uniformitas	1.3 – 1.5	1.3 – 1.5
Berat jenis	1.4	1.5

Sumber : Renade dan Gadhl (1981)

Tabel 2.6 Arang Aktif jenis serbuk/bubuk.

Keterangan	bubuk	Pasir
Ukuran	0.85 – 0.21 mm	0.5 - 0.81 mm
Ukuran efektif	0.6 mm	0.52 mm
Koefisien uniformitas	1.2	1.3
Berat jenis	1.4	2.65
kedalaman	37.5 cm	37.5 cm

Sumber : Naslikkar, Bhok dan Paranasivan (1976)

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, antrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang akan digunakan, dilakukan dengan analisa ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk pengukuran parameter besi total dan mangan adalah:

- a. Dusun Salakan, Desa Bangunharjo, Bantul.

Merupakan tempat untuk survei dan tempat pengambilan sampel air sumur.

- b. Laboratorium Rancang Bangun

Merupakan tempat pembuatan alat pengolahan aerokarbonfilter.

- c. Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, UII.

Merupakan tempat penelitian dan pemeriksaan air sampel untuk mengetahui konsentrasi besi total dan mangan.

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian mengenai pengukuran parameter besi total dan mangan pada air sumur, adalah untuk mengetahui konsentrasi besi total dan mangan pada air sampel dari air sumur dan air hasil pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Dan untuk mengetahui nilai efisiensi dari reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi besi total dan mangan. Serta untuk mengetahui perbandingan efisiensi antara karbon aktif dan pasir zeolit. Pemeriksaan air sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.

3.3. Objek Penelitian

Objek penelitian berupa air tanah dangkal yang diambil dari sumur masyarakat di Dusun Salakan, Bangunharjo, Bantul, Jogjakarta.

3.4. Variabel Yang Diteliti

Variabel-variabel penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Parameter yang diteliti adalah besi total dan mangan.
- b. Variabel penelitian adalah perbandingan efektifitas antara karbon aktif dan pasir zeolit yang akan digunakan pada reaktor aerokarbonfilter.
- c. Nilai efisiensi reaktor aerokarbonfilter.

3.5. Reaktor Aerokarbonfilter

3.5.1. Desain Reaktor

Perencanaan pembuatan reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Aerasi

Aerasi yang digunakan adalah tipe multipletray aerasi. Jumlah tray 4 buah dengan jarak tiap tray 0,1 m.

- b. Karbon aktif dan pasir zeolit

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa, sedangkan pasir zeolit yang digunakan adalah pasir zeolit alam. Karbon aktif dan pasir zeolit memiliki ketebalan 0,3 m.

c. Pasir

Media penyaring yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa. Tipe saringan pasir cepat dengan diameter pasir 0,4-0,8 mm dan ketebalan 0,3 m.

3.5.2. Dimensi Reaktor

Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, dan filter pasir. Perhitungan dimensi reaktor dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Dimensi reaktor aerokarbonfilter

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers.yang digunakan
panjang	L	0.5	m	
lebar	W	0.5	m	
tinggi pasir	Tp	0.3	m	
tinggi karbon	Tk	0.3	m	
tinggi tray aerasi	Tt	4×0.1	m	
luas area	A	0.25	m ²	L×W
Volume karbon	Vk	0.075	m ³	A×Tk
volum pasir	Vr	0.075	m ³	A×Tp
debit	Q	0.05	Lt/dt	

3.5.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

- a) Gergaji besi
- b) Cutter
- c) Penggaris
- d) Spidol
- e) Bor

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

- | | |
|--------------------|------------------|
| a) Kaca | h) Selan plastik |
| b) Akrilik | i) Gate Valve |
| c) Besi siku | |
| d) Pipa PVC | j) Pompa |
| e) Sekrup | k) Lem |
| f) Selang plastic | l) Ember |
| g) Media penyaring | |
| • Pasir Kuarsa | |
| • Pasir Zeolit | |
| • Karbon Aktif | |

3.6. Pelaksanaan Penelitian

Reaktor yang dirancang adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri dari aerasi, karbon aktif dan pasir. Tipe aerasi dengan menggunakan tipe multipletray aeration, yang terdiri atas 4 tray dengan ketinggian tiap tray 10 cm. Sedangkan karbon aktif yang digunakan adalah arang aktif dan pasir zeolit. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan efektifitas antara arang aktif dan pasir zeolit dengan ketebalan yang sama 30 cm. Selanjutnya tipe saringan pasir cepat dengan menggunakan media pasir kuarsa dengan ketebalan 30 cm.

Cara Kerja reaktor aerokarbonfilter

1. Pengukuran parameter Fe, Mn, dan Pada air baku
2. Air baku ditampung di bak penampungan (ember) yang terletak diatas.
3. Air mengalir menuju pipa yang bercabang-cabang dan berlubang-lubang, sehingga
air akan keluar dengan memancar dan melalui lubang-lubang tray aerasi sehingga terjadi kontak dengan udara(aerasi)
4. pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
5. Air jatuh di permukaan karbon aktif dan terjadi adsorbsi zat-zat pencemar
6. pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
7. Air akan menuju filter pasir dan terjadi penyaringan oleh pasir
8. pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
9. Pemeriksaan parameter Fe, Mn dan pada effluent

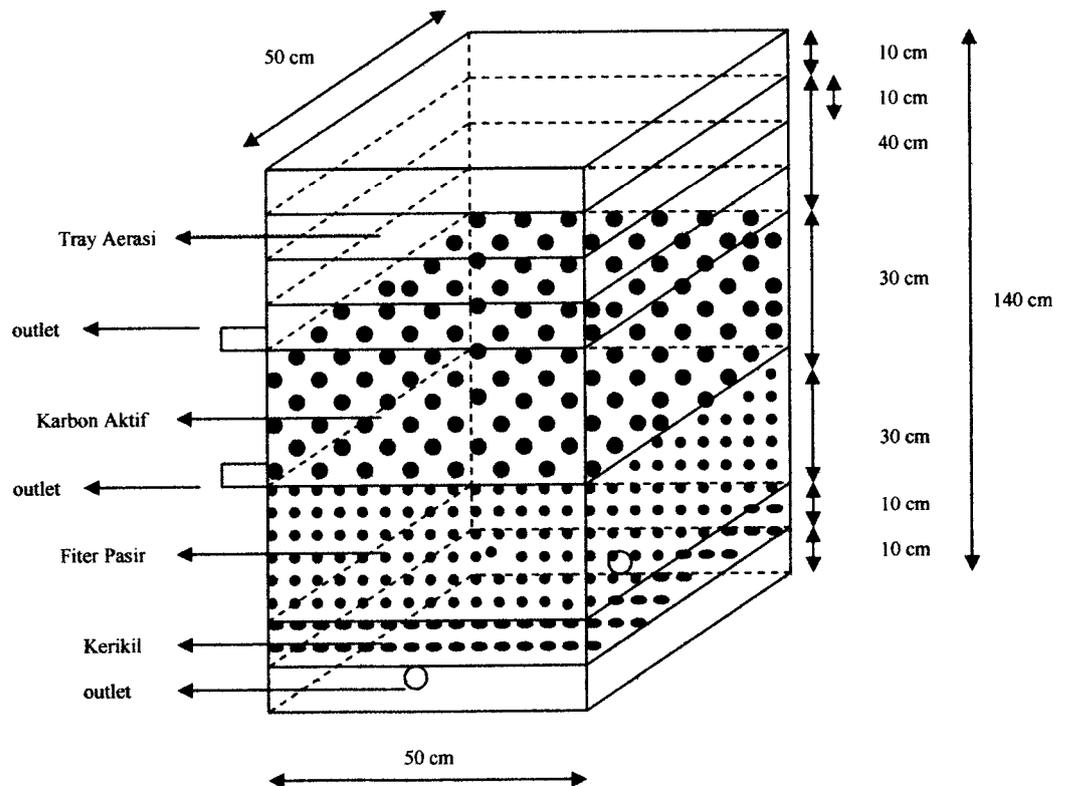
3.7. Analisa Kualitas Air Tanah

Analisa kualitas air tanah yang dilakukan sesuai dengan SNI, yaitu

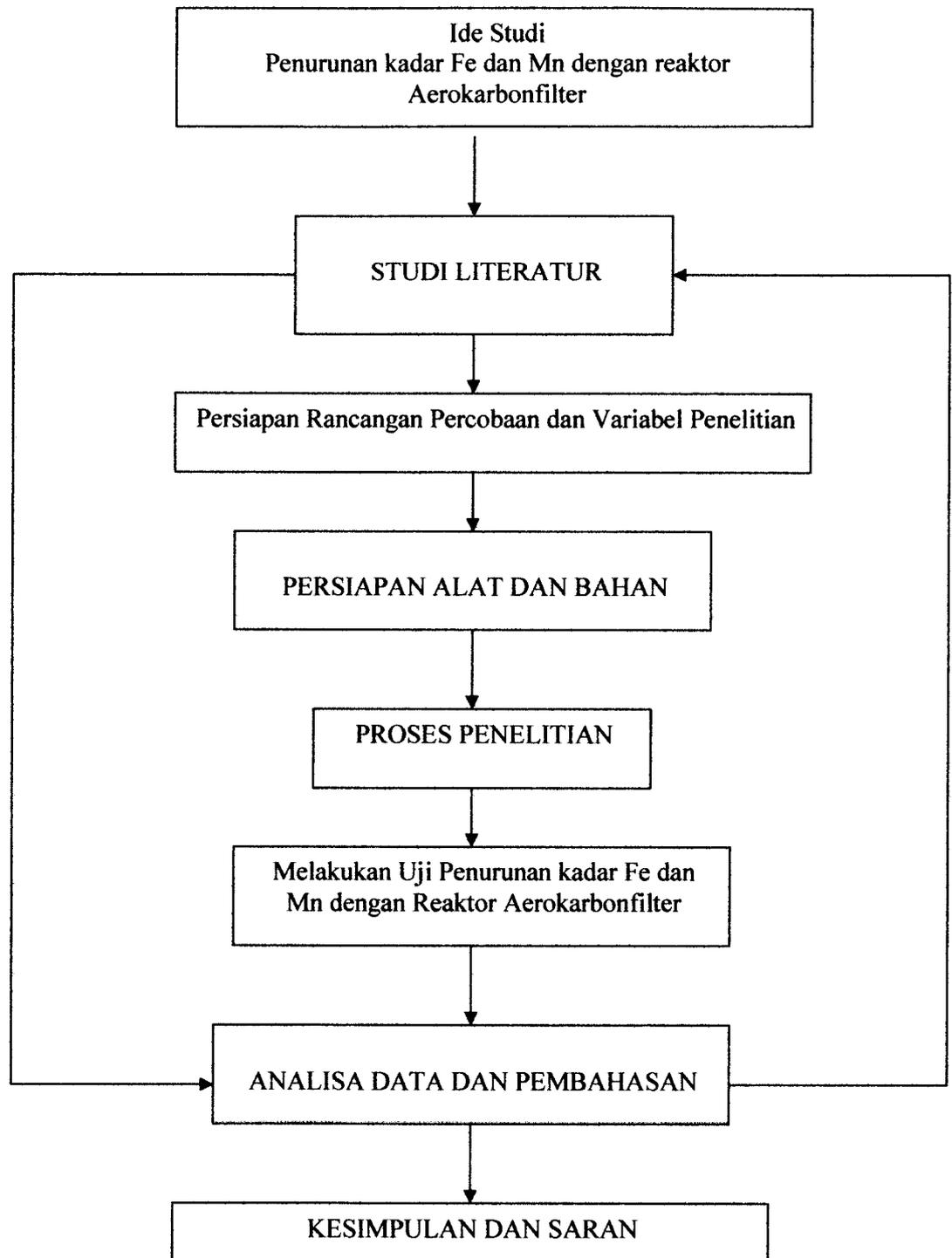
1. Cara uji kadar besi dalam air (SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D),
(lihat lampiran).
2. Cara uji kadar mangan dalam air (SNI 19-1133-1989 : AWWA 3500-Mn D), (Lihat lampiran).

3.8. Reaktor Aerokarbonfilter

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor aerokarbonfilter yang merupakan kombinasi dari aerasi, karbon aktif dan filter. Reaktor ini memiliki panjang 50 cm dan lebar 50 cm, dengan ketinggian total 140 cm. Aerasi dengan tipe *multiple tray aeration* dengan jumlah tray 4 buah dan jarak tiap tray 10 cm. Ketebalan karbon aktif dan filter pasir 30 cm dan ketebalan kerikil 10 cm. Gambar selengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.1 Reaktor Aerokarbonfilter

3.9. Diagram alir penelitian**Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian**

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan dan pengolahan air sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah air yang akan dikonsumsi oleh masyarakat telah memenuhi standar kualitas air minum atau belum. Oleh karena itu dalam penelitian ini mencoba untuk mengolah dan memeriksa air baku yang berasal dari air sumur yang tercemar. Pengolahan air ini menggunakan reaktor aerokarbonfilter, yaitu kombinasi antara proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan air hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air minum. Pada penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak dua kali.

- Percobaan I menggunakan reaktor aerokarbonfilter, dengan media adsorpsi jenis arang aktif.
- Percobaan II menggunakan reaktor aerokarbonfilter, dengan media adsorpsi jenis pasir zeolit.

Akan dilakukan perbandingan kualitas air hasil pengolahan I dan II. Adapun pemeriksaan dilakukan pada inlet, outlet aerasi, outlet media adsorpsi dan outlet filtrasi. Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak lima kali yaitu pada menit 0, 30, 60, 90, dan 120. pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan besi total dan mangan yang terkandung dalam air minum yang berasal dari air sumur. Hasil analisa laboratorium untuk konsentrasi besi total dan mangan diharapkan memenuhi standar baku mutu air bersih yang ditetapkan. Sebagaimana tertuang dalam peraturan pemerintah no.82 tahun 2001, batas maksimum untuk

parameter besi adalah 0,3 mg/L dan mangan 1 mg/L. Pemeriksaan parameter besi (Fe) dan mangan (Mn) dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Hasil analisis mencakup konsentrasi besi total dan mangan yang terkandung dalam air sumur masyarakat, yaitu pada inlet, outlet aerasi, outlet adsorpsi, dan outlet filtrasi.

Untuk perhitungan prosentase dapat dihitung dengan formula :

$$\frac{X_{in} - X_{eff}}{X_{in}} \times 100\%$$

Dimana: X_{in} = konsentrasi besi total atau mangan sebelum masuk reaktor.

X_{eff} = konsentrasi besi total atau mangan setelah masuk reaktor.

4.1. Penurunan besi total dan mangan dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi.

4.1.1. Penurunan Besi Total

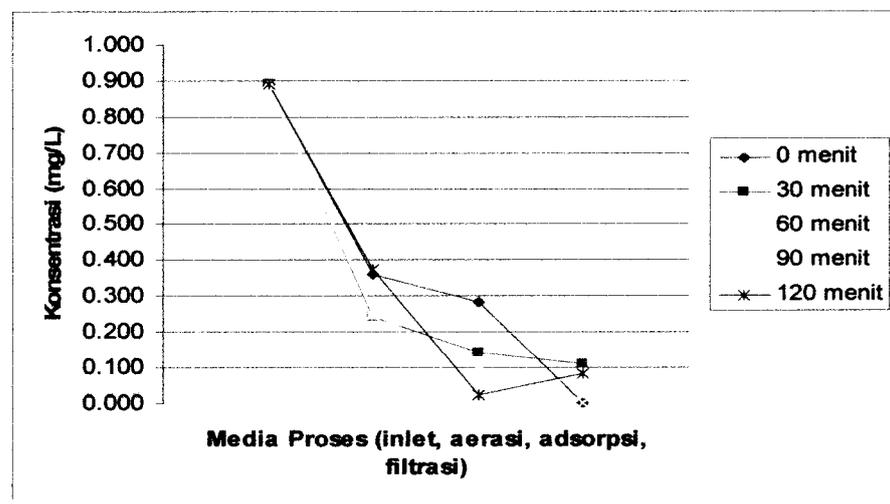
Percobaan I dengan menggunakan arang aktif

Untuk data hasil pengukuran dan prosentase penurunan kadar besi total pada percobaan I dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi besi total dengan menggunakan aerasi, arang aktif, dan filter.

Menit	Aerasi		Arang		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
inlet	0.888	-	0.361	-	0.282	-
0	0.361	59.40	0.282	21.88	ttd	100
30	0.240	73.03	0.140	41.75	0.108	22.58
60	0.250	71.90	0.100	60.12	0.055	44.72
90	0.265	70.21	0.008	96.98	ttd	100
120	0.372	58.16	0.022	94.21	0.083	-

Dari Tabel 4.1 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi besi total dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.1. Konsentrasi besi total pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/arang aktif dan filtrasi)

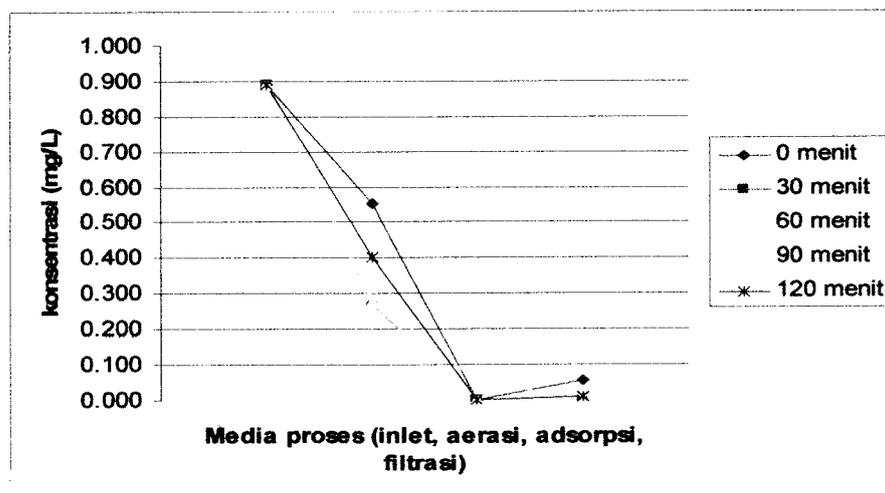
Percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit.

Untuk data hasil pengukuran dan prosentase penurunan kadar besi total pada percobaan II dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi besi total dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter.

Menit	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
inlet	0.888	-	0.554	-	0	-
0	0.554	37.67	0.000	100	0.055	-
30	0.268	69.88	0.000	100	0.000	0
60	0.272	69.37	0.000	100	0.000	0
90	0.293	67.00	0.049	83.28	0.005	89.80
120	0.403	54.62	0.000	100	0.011	-

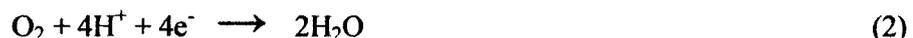
Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi besi total dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.2. Konsentrasi besi total pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/zeolit dan filtrasi)

a. Penurunan konsentrasi besi total dengan proses aerasi

Pada proses aerasi menggunakan aerasi jenis multiple tray aerasi dengan jumlah tray 4 buah, jarak tiap tray 10 cm. Menurut Eckenfelder, 1989; Mackereth et al, 1989 dalam Hefni, 2003 besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}), dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Reaksi oksidasi ion ferro dengan oksigen menjadi ion ferri ditunjukkan dalam persamaan:



Dengan menggunakan proses aerasi terjadi penurunan konsentrasi besi. Proses aerasi berfungsi untuk menaikkan nilai oksigen terlarut dalam air. Pada pH sekitar 7,5-7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang bersifat tidak terlarut dan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam (Cole, 1988 dalam Hefni 2003)

Reaksi oksidasi yang terjadi dari ion ferro menjadi endapan yaitu :



Kebutuhan oksigen untuk oksidasi besi tergantung berapa konsentrasi yang akan diturunkan. Untuk menurunkan 1 mg/L Fe^{2+} membutuhkan 0,14 mg/L O_2 . Aerasi dengan mudah akan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut (DO) terutama didalam air yang masuk ke sistem pengolahan dengan oksigen terlarut rendah. Kenaikan oksigen terlarut tersebut karena dipengaruhi oleh adanya kontak air dengan udara bebas (O_2) sehingga oksigen terlarut akan meningkat dengan bertambahnya udara bebas tersebut. Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (*altitude*) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Hefni, 2003).

Konsentrasi besi pada inlet sebesar 0,888 mg/L, pada percobaan I penurunan konsentrasi besi paling besar terjadi pada pengambilan sampel air ke-2 yaitu pada menit ke-30 yaitu konsentrasi menjadi 0,240 mg/L atau sebesar 73,03%. Sedangkan pada percobaan II penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada menit ke-30 yaitu konsentrasi menjadi 0,268 mg/L atau sebesar 69,88%. Pada kedua percobaan tersebut, setelah konsentrasi turun pada menit ke-30 terjadi kenaikan konsentrasi pada menit-menit berikutnya. Seperti pada percobaan I konsentrasi pada menit terakhir yaitu menit ke-120 konsentrasi menjadi 0,372 mg/L atau efisiensinya hanya 58,16% dan pada percobaan II konsentrasi menjadi 0,403 mg/L atau efisiensinya hanya 54,62 mg/L.

Peningkatan suhu sebesar 1° C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat

mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Semakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang (Hefni, 2003). Dengan temperatur yang cukup tinggi maka akan mempercepat proses oksidasi Fe^{2+} menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$. pH berpengaruh dalam reaksi oksidasi Fe^{2+} yaitu kecepatan oksidasi Fe dengan oksigen akan berjalan lambat pada kondisi pH rendah, reaksi akan berjalan lambat pada kondisi pH kurang dari 7 dan pada pH antara 7,5 sampai 8 reaksi akan berjalan sempurna (*Robert B William Gordon, 1991*). Selain itu faktor-faktor cuaca seperti tiupan angin dan penyinaran oleh matahari juga sangat berpengaruh dalam penurunan konsentrasi besi selama penelitian berlangsung.

Faktor lain yang berpengaruh pada reaksi oksidasi Fe dengan oksigen yaitu besarnya jumlah oksigen yang terpakai oleh Fe untuk reaksi oksidasi tersebut. Oksigen terlarut yang terdapat didalam air selain digunakan untuk oksidasi Fe^{2+} , juga digunakan untuk reaksi oksidasi logam lain seperti Mn dan CO_2 .

b. Penurunan konsentrasi besi total dengan proses adsorpsi

Proses yang terjadi dalam tahap karbon aktif yaitu proses adsorpsi. Percobaan I menggunakan karbon aktif jenis arang aktif granular, sedangkan pada percobaan II menggunakan pasir zeolit. Akan dilihat perbandingan antara adsorpsi menggunakan arang aktif dan pasir zeolit.

1. Arang aktif

Penurunan konsentrasi besi yang terjadi pada tahap ini adalah dengan adanya proses adsorpsi oleh arang aktif. Besi terlarut yang sebelumnya dalam bentuk Fe^{2+} setelah melalui proses aerasi akan berubah menjadi bentuk Fe^{3+} . Pada percobaan I dengan menggunakan arang aktif granular, dengan konsentrasi besi inlet yang berasal dari aerasi untuk tiap menitnya, terjadi penurunan konsentrasi besi yang paling besar pada menit ke-90 yaitu konsentrasi besi menjadi 0,008 mg/L atau sebesar 96,98%. Pada gambar 4.1 dapat dilihat penurunan konsentrasi besi mulai dari menit ke-0 sampai pada menit ke 120.

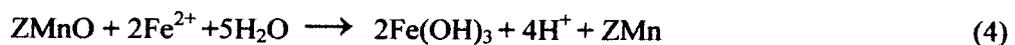
Mulai dari menit ke-0 sampai menit ke-90 konsentrasi besi terus mengalami penurunan, namun pada menit ke-120 terjadi kenaikan konsentrasi besi yaitu menjadi 0,022 mg/L atau sebesar 94,21%. Seperti telah dijelaskan dalam teori proses adsorpsi yang terjadi pada arang aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, sedangkan karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia, Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.

Dari hasil pengukuran yang telah diperoleh terjadinya penurunan konsentrasi besi mulai dari menit ke-0 sampai pada menit ke-90 menunjukkan bahwa arang aktif efektif sebagai adsorben untuk menyerap Fe^{3+} . Arang aktif memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu. Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap Fe^{3+} dan menahannya. Semakin banyak pori-pori yang ada di dalam arang aktif maka luas permukaan arang aktif tersebut menjadi sangat

besar. Dengan semakin besar luas permukaan akan semakin efektif arang aktif tersebut untuk menyerap Fe^{3+} . Pada akhirnya pori-pori yang terdapat dalam arang aktif akan terisi penuh oleh partikel-partikel yang diserap, sehingga terciptalah kondisi jenuh. Pada penelitian ini kondisi jenuh terjadi pada menit ke-120. Hal ini terbukti dengan naiknya konsentrasi besi dari menit sebelumnya yaitu menit ke-90 dengan konsentrasi 0,008 mg/L dan pada menit ke-120 konsentrasi besi menjadi 0,022 mg/L. Dengan demikian efektifitas penurunan konsentrasi besi terjadi sampai pada menit ke-90.

2. Pasir zeolit

Pada percobaan ke II dengan menggunakan adsorben jenis pasir zeolit. Senyawa Fe^{2+} dapat dihilangkan dengan proses adsorpsi menggunakan zeolit (pasir hijau). Manganese Zeolith merupakan pasir hijau alami yang berlapis MnO yang dapat mengoksidasi Fe^{2+} dari larutan. Bila rumus molekul penukar ion dinyatakan sebagai ZMnO , maka reaksi fiksasi Fe^{2+} dapat dijelaskan sbb.:



Pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada suatu permukaan media filter ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam air. Proses ini dimungkinkan melalui suatu fenomena tarik-menarik antara permukaan media bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar. Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat.

Zeolit diregenerasi dengan pencucian menggunakan air untuk menghilangkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Setelah dicuci untuk menghilangkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang menempel pada unggun, dapat digunakan kembali untuk fiksasi Fe (II) dan Mn (II). Supaya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan tidak larut lagi, pH umpan harus lebih besar atau sama dengan 7.

Pada percobaan II ini terjadi penurunan Fe^{3+} yang besar. Dengan konsentrasi besi yang berasal dari aerasi untuk tiap menitnya, pada menit ke-0, 30, dan 60 konsentrasi besi mendekati 0 mg/L atau penurunan sebesar 100%. Namun pada menit ke-90 konsentrasi besi naik menjadi 0,089 mg/L, dan pada menit ke-120 konsentarsi besi turun lagi menjadi 0 mg/L. Penurunan konsentarsi besi dengan menggunakan pasir zeolit dapat terjadi karena adanya rongga-rongga pada zeolit yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan terjadi interaksi dengan molekul yang diadsorpsi.

Meskipun pada menit ke-90 terjadi kenaikan konsentrasi besi menjadi 0,049 mg/L, namun naiknya konsentrasi ini tidak terlalu besar dan masih mendekati dengan konsentrasi pada menit-menit yang lain. Dengan konsentarsi besi sampai pada menit ke-120 mendekati 0 mg/L maka dapat dikatakan bahwa sampai pada menit ke-120 penyaringan dengan menggunakan pasir zeolit masih efektif.

c. Penurunan konsentrasi besi total dengan proses filtrasi.

Proses filtrasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tipe saringan pasir cepat. Jenis pasir yang digunakan yaitu pasir kuarsa. Pada proses filtrasi ini akan menyaring besi yang telah dalam bentuk endapan yaitu $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Pada percobaan I dengan menggunakan arang aktif, konsentrasi besi yang berasal dari proses adsorpsi oleh arang aktif akan disaring dengan menggunakan saringan pasir cepat. Penurunan konsentrasi pada menit ke-0 menjadi 0 mg/L atau sebesar 100%. Namun pada menit ke 30 dan menit ke 60 konsentrasi besi naik menjadi 0,108 mg/L dan 0,055 mg/L hasil selengkapnya dilihat pada Tabel 4.1.

Naiknya konsentrasi ini dapat disebabkan karena adanya kandungan besi pada pasir kuarsa itu sendiri. Dari analisa laboratorium untuk mengetahui ada atau tidak adanya kandungan besi (Fe) pada pasir kuarsa, maka dilakukan suatu percobaan yaitu, 100 gr pasir kuarsa dicampur dengan 100 ml air. Diaduk selama 60 menit dengan kecepatan 100 rpm, selanjutnya air disaring dengan kertas saring, selanjutnya air sampel ini dilakukan analisa. Dalam proses pencampuran aliran turbulen akan membantu dalam pencampuran. Semakin luas permukaan kontak bahan yang dicampur yang berarti makin mudah gerakannya didalam campuran, maka proses pencampuran akan semakin baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencampuran antara lain : viskositas/kelarutan; jenis bahan; urutan pengumpanan dan bahan penolong. Dengan pencampuran tersebut maka akan terbentuk larutan koloid. Koloid terdiri dari partikel halus yang tersuspensi didalam bahan kedua yang homogen. Tiap partikel merupakan paket molekul kecil mengandung 10^3 - 10^9 molekul berdiameter 10^{-7} - 10^{-5} . Koloid dikenal sebagai dispersi halus. Dari hasil

analisa diperoleh data bahwa konsentrasi besi (Fe) pada air sampel sebesar 0,285 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada pasir kuarsa terdapat kandungan besi yang akan terbawa oleh aliran air yang diolah dan mempengaruhi konsentrasi air sampel pada menit ke 30 dan 60.

Namun pada menit ke-90 konsentrasi besi kembali turun menjadi 0 mg/L dan pada menit ke 120 konsentrasi besi naik menjadi 0,083 mg/L. Dengan naiknya konsentrasi pada menit 120 maka filter telah mulai jenuh, sehingga didapatkan bahwa filter ini paling efektif bekerja sampai pada menit ke-90. Sedangkan pada menit ke 120 konsentrasi besi naik, namun masih dalam konsentrasi rendah dan air hasil olahan masih jauh di bawah baku mutu air minum.

Pada percobaan II air yang masuk ke filtrasi merupakan outlet dari pasir zeolit terjadi penurunan konsentrasi besi pada menit ke 30 dan menit ke 60 terjadi penurunan sampai konsentrasi 0 mg/L. Sedangkan pada menit ke 90 dan 120 mulai terjadi kenaikan konsentrasi besi yaitu 0,005 mg/L dan 0,011 mg/L. Naiknya konsentrasi besi pada menit ke 90 dan 120 dapat disebabkan adanya kandungan besi hasil dari proses sebelumnya. Selain itu juga karena filter sudah mulai jenuh. Meskipun konsentrasi besi sudah mulai terjadi kenaikan tetapi masih berada di bawah baku mutu.

4.1.2. Penurunan Mangan

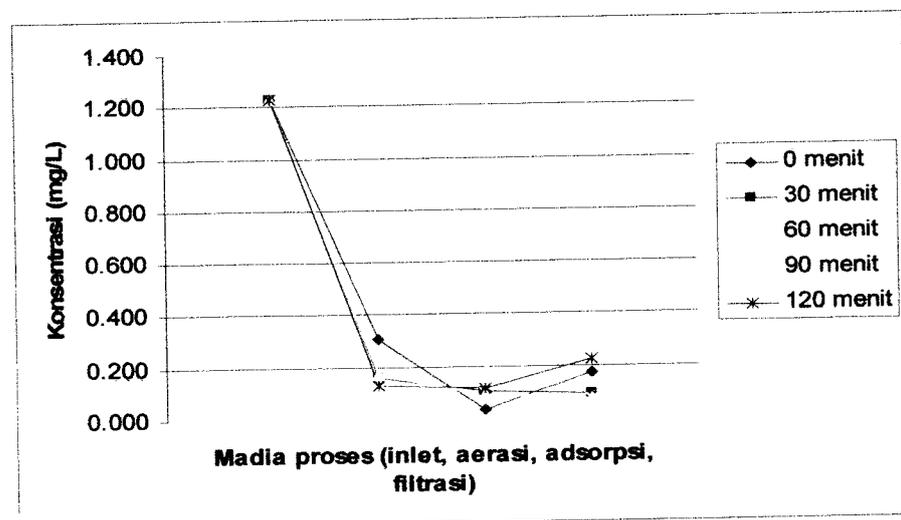
Percobaan I dengan menggunakan arang aktif

Untuk data hasil pengukuran dan prosentase penurunan kadar mangan pada percobaan I dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi mangan dengan menggunakan aerasi, arang aktif, dan filter.

Menit	Aerasi		arang		Filter	
	Konsentrasi (mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/l)	Efisiensi (%)
inlet	1.230		0.309		0.034	
0	0.309	74.88	0.034	89.16	0.174	-
30	0.163	86.79	0.101	37.85	0.090	10.89
60	0.172	86.02	0.087	49.42	0.073	16.67
90	0.142	88.46	0.095	33.10	0.071	25.26
120	0.130	89.43	0.115	11.54	0.226	-

Dari Tabel 4.3. dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi mangan dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.3. Konsentrasi mangan pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/arang aktif dan filtrasi).

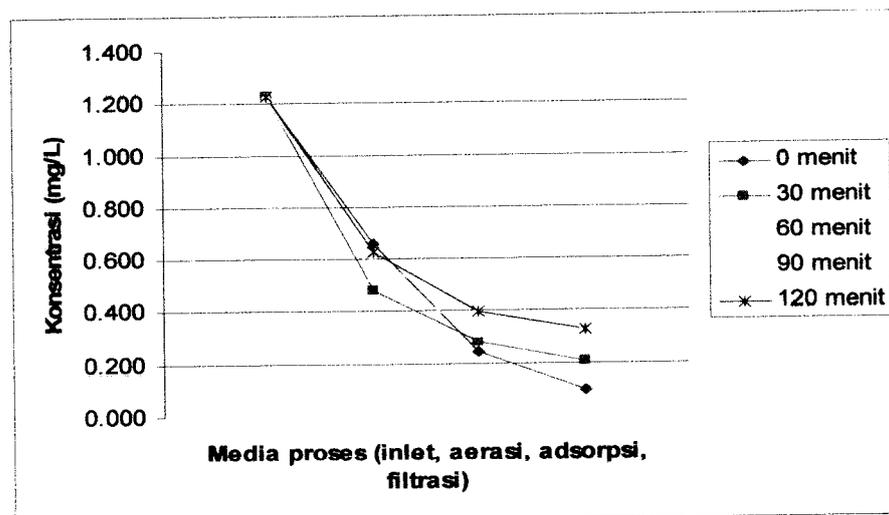
Percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit

Untuk data hasil pengukuran dan prosentase penurunan kadar mangan pada percobaan II dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi mangan dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter.

Menit	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
inlet	1.230		0.661		0.243	
0	0.661	46.26	0.243	63.24	0.095	60.91
30	0.482	60.85	0.280	41.95	0.204	27.19
60	0.540	56.10	0.318	41.20	0.258	18.90
90	0.593	51.79	0.395	33.39	0.311	21.27
120	0.628	48.94	0.398	36.62	0.328	17.59

Dari Tabel 4.4. dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi mangan dengan proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



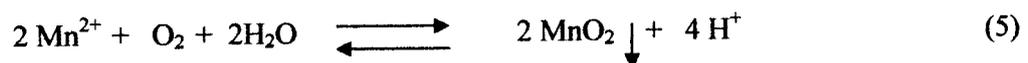
Gambar 4.4. Konsentrasi mangan pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi/zeolit dan filtrasi).

a. Penurunan konsentrasi mangan dengan proses aerasi.

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk manganous (Mn^{2+}) dan manganik (Mn^{4+}). Di dalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan oksida. Pada perairan dengan kondisi anaerob akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi, Mn^{4+} pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi Mn^{2+} berikatan dengan nitrat, sulfat dan klorida, dan larut dalam air. Mangan bervalensi dua hanya terdapat pada perairan yang memiliki kondisi anaerob (Cole, 1988 dalam Hefni, 2003). Jika mendapat cukup aerasi, Mn^{2+} mengalami reoksidasi membentuk Mn^{4+} yang selanjutnya mengalami presipitasi dan mengendap di dasar perairan (Moore, 1991 dalam Hefni, 2003)

Pada pemeriksaan konsentrasi mangan terjadi penurunan konsentrasi dengan menggunakan aerasi. Di dalam air mangan terlarut dalam bentuk Mn^{2+} yang dengan adanya oksigen terlarut yang dihasilkan dari proses aerasi akan berubah menjadi endapan MnO_2 .

Reaksi oksidasi yang terjadi yaitu :



Oksigen terlarut juga sangat dibutuhkan dalam proses oksidasi Mn^{2+} . Untuk mengoksidasi 1 mg/L Mn^{2+} membutuhkan 0,29 mg/L O_2 . seperti halnya pada Fe^{2+} , penurunan konsentrasi Mn^{2+} juga sangat dipengaruhi besarnya oksigen terlarut dan faktor-faktor yang lain seperti temperatur, pH, dan faktor-faktor cuaca.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak 2 kali. Dengan konsentrasi mangan pada inlet 1,230 mg/L. Pada percobaan I penurunan terbesar

terjadi pada menit ke-120 yaitu konsentrasi mangan menjadi 0,130 mg/L atau sebesar 89,43 %. Namun pada menit ke-30 penurunan konsentrasi Mn menjadi 0,163 mg/L dan pada menit ke-60 terjadi kenaikan konsentrasi Mn menjadi 0,172 mg/L. Terjadinya perubahan turun naiknya konsentrasi sangat dipengaruhi oleh oksigen terlarut yang ada didalam air.

Pada percobaan II dengan konsentrasi Mn pada inlet sebesar 1,230 mg/L terjadi penurunan terbesar pada menit ke-30 yaitu konsentrasi menjadi 0,482 mg/L atau sebesar 60,85%. Namun untuk menit-menit selanjutnya terjadi kenaikan konsentrasi Mn sehingga pada menit ke-120 konsentrasi Mn menjadi 0,628 mg/L.

Dengan waktu kontak yang sama untuk setiap pengambilan, terjadinya perubahan turun naiknya konsentrasi mangan baik pada percobaan I maupun II dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan konsentrasi Mn antara lain temperatur, pH, dan juga faktor cuaca seperti angin dan sinar matahari. pH berpengaruh dalam reaksi oksidasi mangan yaitu kecepatan oksidasi mangan dengan oksigen akan berjalan lambat pada kondisi pH rendah, reaksi akan berjalan lambat jika pH kurang dari 7 dan pada pH antara 7,5 sampai 8 reaksi akan berjalan sempurna. Dengan temperatur yang cukup tinggi maka proses oksidasi akan berlangsung dengan cepat, sedangkan untuk temperatur sangat dipengaruhi adanya penyinaran matahari selama berlangsungnya penelitian ini. Untuk faktor lain yang berpengaruh dimungkinkan karena adanya tiupan angin yang akan berpengaruh pada jumlah oksigen terlarut yang akan masuk kedalam air. Dimungkinkan pada percobaan I pada menit ke 120 dan percobaan II menit ke 30 tiupan angin lebih besar daripada menit-menit yang

lain sehingga penurunan konsentrasi mangan yang paling besar terjadi pada menit tersebut.

b. Penurunan konsentrasi mangan dengan proses adsorpsi.

Penurunan konsentrasi mangan yang terjadi pada tahap ini adalah dengan adanya proses adsorpsi oleh arang aktif dan pasir zeolit. Mangan terlarut yang sebelumnya dalam bentuk Mn^{2+} setelah melalui proses aerasi akan berubah menjadi bentuk Mn^{4+} .

1. Arang aktif

Pada percobaan I dengan menggunakan arang aktif konsentrasi mangan yang masuk ke arang aktif adalah konsentrasi mangan yang keluar dari proses aerasi untuk tiap menitnya. Karena dengan adanya proses aerasi mangan telah dalam bentuk Mn^{4+} . Penurunan konsentrasi Mn^{4+} dengan menggunakan arang aktif karena adanya proses adsorpsi. Banyaknya pori-pori yang terdapat dalam arang aktif, menyebabkan makin luasnya permukaan arang aktif sehingga mempengaruhi proses adsorpsi menjadi semakin besar.

Penurunan konsentrasi Mn^{4+} yang paling besar terjadi pada menit ke-0 yaitu konsentrasi Mn^{4+} menjadi 0,034 mg/L dengan efisiensi sebesar 89,16%. Namun pada menit ke-30 konsentrasi Mn^{4+} naik menjadi 0.101 mg/L dan pada menit-menit selanjutnya terjadi perubahan konsentrasi Mn^{4+} , namun perubahan tersebut tidak terlalu besar. Sampai pada menit ke-120 konsentrasi Mn^{4+} 0,115 mg/L. Dengan demikian penyaringan air untuk menurunkan kandungan mangan dengan menggunakan arang aktif cukup efektif.

2. Pasir zeolit

Senyawa Mn^{2+} dapat dihilangkan dengan proses adsorpsi menggunakan zeolit (pasir hijau). Dari segi proses dan biaya merupakan proses yang paling layak untuk menghilangkan Mn^{2+} . Manganese Zeolith merupakan pasir hijau alami yang berlapis MnO yang dapat mengoksidasi Mn^{2+} dari larutan. Bila rumus molekul penukar ion dinyatakan sebagai $ZMnO$, maka reaksi fiksasi dan Mn dapat dijelaskan sbb.:



Dimana $MnO(OH)$ akan mengendap. Pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada suatu permukaan media filter ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam air. Proses ini dimungkinkan melalui suatu fenomena tarik-menarik antara permukaan media bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar. Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat.

Zeolit diregenerasi dengan pencucian menggunakan air untuk menghilangkan $MnO(OH)$. Setelah dicuci untuk menghilangkan MnO_2 yang menempel pada unggun, dapat digunakan kembali untuk fiksasi Mn^{2+} . Supaya $MnO(OH)$ tidak larut lagi, pH umpan harus lebih besar atau sama dengan 7.

Pada percobaan II dengan mengganti arang aktif dengan pasir zeolit. Penurunan konsentrasi paling besar terjadi pada menit ke-0 yaitu konsentrasi

Mn^{4+} 0,243 mg/L atau sebesar 63,24%. Namun pada menit-menit berikutnya konsentrasi Mn^{4+} naik sampai pada menit ke-120 konsentrasi Mn^{4+} menjadi 0,398 mg/L atau sebesar 36.62%, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Penurunan konsentrasi mangan dapat terjadi karena permukaan rongga yang terdapat pada zeolit menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan terjadi interaksi dengan molekul yang teradsorpsi. Penurunan konsentrasi Mn^{4+} mulai dari menit 0 sampai menit 120 tidak terjadi perubahan yang signifikan. Namun dengan hasil tersebut penyaringan dengan menggunakan pasir zeolit kurang efektif karena masih mendekati batas baku mutu, sehingga masih memerlukan pengolahan selanjutnya.

c. Penurunan konsentrasi mangan dengan proses filtrasi

Proses yang terjadi dalam filtrasi yaitu proses penyaringan. Tipe saringan yang digunakan saringan pasir cepat sedangkan media filtrasi yang digunakan pasir kuarsa dan kerikil. Pasir kuarsa digunakan untuk menyaring endapan mangan, sedangkan kerikil sebagai media penopang pasir kuarsa.

Pada percobaan I dengan air yang masuk ke proses filtrasi merupakan outlet dari karbon aktif, terjadi penurunan konsentrasi mangan mulai dari menit ke-0. Penurunan konsentrasi yang paling besar terjadi pada menit ke-90 yaitu konsentrasi mangan menjadi 0,071 mg/L atau terjadi penurunan sebesar 25,26%. Penurunan konsentrasi mangan yang telah dalam bentuk endapan pada filtrasi karena adanya penyaringan oleh pasir kuarsa. Namun pada menit ke-120 mulai terjadi kenaikan konsentrasi mangan menjadi 0,226 mg/L hasil selengkapnya

dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hal ini dapat terjadi karena filter sudah mulai jenuh dan tidak mampu lagi untuk menurunkan kandungan mangan pada air. Sehingga proses filtrasi hanya efektif sampai menit ke 90.

Pada percobaan II dengan air yang masuk ke proses filtrasi merupakan outlet dari pasir zeolit. Terjadi penurunan konsentrasi pada menit ke-0 yaitu konsentrasi mangan menjadi 0095 mg/L atau dengan efisiensi sebesar 60,91%. Dengan turunnya konsentrasi mangan ini maka filtrasi dapat menurunkan konsentrasi mangan yang terdapat dalam air. Namun pada menit-menit selanjutnya terjadi kenaikan konsentrasi mangan mulai dari menit ke-30 dengan konsentrasi 0.204 mg/L sampai pada menit ke-120 dengan konsentrasi 0,328 mg/L. Konsentrasi mangan yang sebesar ini maka efisiensi filtrasi hanya berkisar antara 17-27%. Naiknya konsentrasi mangan ini dapat dikarenakan filter sudah mulai jenuh pada menit tersebut, sehingga tidak mampu lagi untuk menurunkan kandungan mangan pada air. Selain itu juga dapat dikarenakan konsentrasi outlet dari pasir zeolit yang masih cukup tinggi sehingga pada proses filtrasi tidak terjadi penurunan konsentarsi mangan yang begitu besar.

4.2. Konsentrasi dan efisiensi total alat antara penggunaan arang aktif dan pasir zeolit pada reaktor aerokarbonfilter.

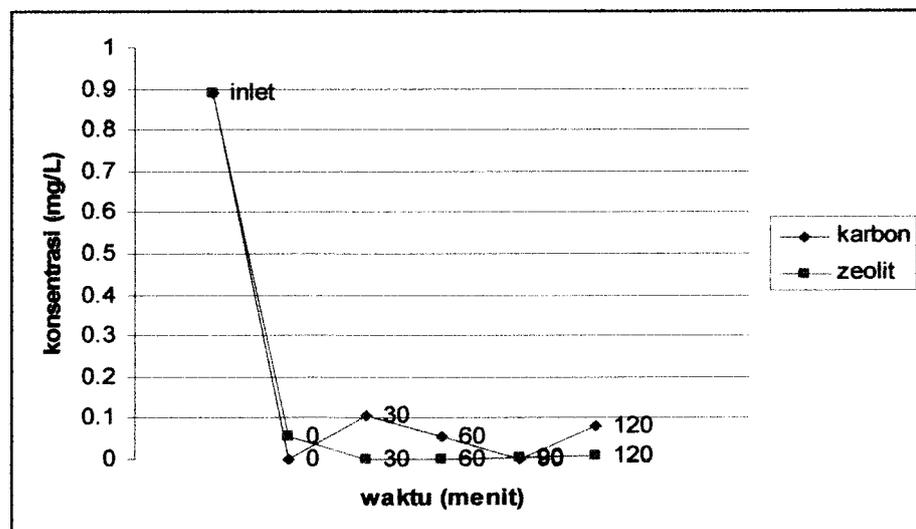
4.2.1. Penurunan Besi Total

Data hasil penelitian parameter besi untuk konsentrasi dan efisiensi total alat dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

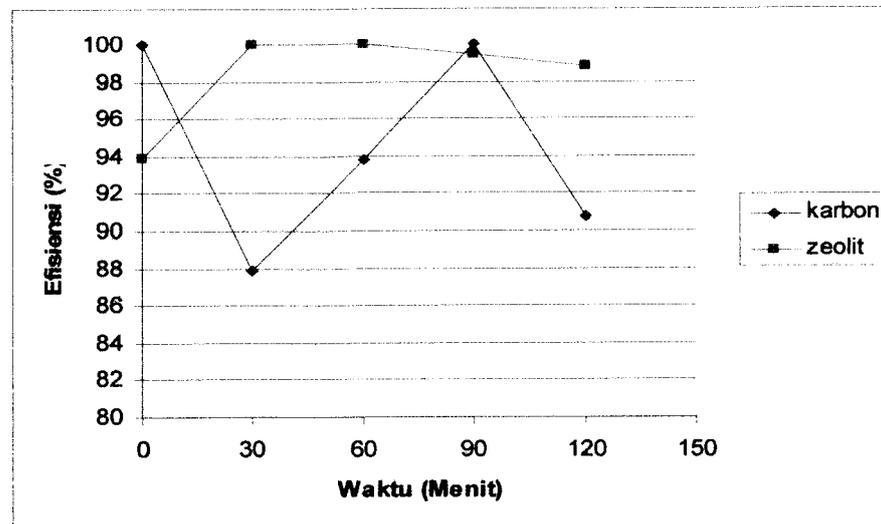
Tabel 4.5. Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter besi total antara penggunaan karbon aktif dan pasir zeolit

Menit	Arang aktif		Zeolit	
	Konsentrasi filter (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi filter (mg/L)	Efisiensi (%)
inlet	0.888		0.888	
0	0.000	100	0.055	93.86
30	0.108	87.84	0.000	100
60	0.055	93.81	0.000	100
90	0.000	100	0.005	99.44
120	0.083	90.71	0.011	98.82

Dari Tabel 4.5 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dan efisiensi total alat terhadap waktu antara arang aktif dan pasir zeolit



Gambar 4.5. Konsentrasi besi total pada outlet akhir pada berbagai waktu



Gambar 4.6. Efisiensi total alat pada berbagai waktu antara pemakaian arang aktif dan pasir zeolit

Penurunan konsentrasi besi total pada air tanah dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Reaktor aerokarbonfilter terdiri dari proses aerasi, adsorpsi, dan filtrasi. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan kualitas air hasil pengolahan antara penggunaan arang aktif dan pasir zeolit yang dipakai sebagai media adsorbens dalam reaktor aerokarbonfilter. Percobaan I dengan menggunakan aerasi, karbon aktif, dan filter pasir, sedangkan percobaan II dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter pasir. Pada percobaan I maupun II terjadi penurunan konsentrasi besi yang signifikan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Besi terlarut yang terdapat dalam air tanah berbentuk Fe^{2+} , setelah melalui proses aerasi akan terjadi reaksi oksidasi dengan oksigen yang akan mengubah Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Dengan adanya proses aerasi akan menurunkan konsentrasi besi yang terkandung dalam air tanah. Besar kecilnya penurunan konsentrasi besi

pada aerasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain oksigen terlarut, temperatur, pH, dan alkalinitas. Besi yang telah dalam bentuk Fe^{3+} dengan adanya proses aerasi, selanjutnya akan melalui proses adsorpsi. Media adsorpsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dan pasir zeolit.

Pada percobaan I Penurunan konsentrasi Fe^{3+} dapat terjadi karena adanya proses penyerapan oleh karbon aktif. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi oleh karbon aktif, antara lain : Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, sedangkan karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia, Konsentrasi adsorbat dalam fase cair. Karbon aktif dengan struktur berpori akan menyerap Fe^{3+} . Semakin banyak pori-pori yang ada pada karbon aktif maka semakin luas permukaan karbon aktif, sehingga semakin efektif karbon aktif untuk menyerap zat pencemar, dalam hal ini besi total.

Pada percobaan II proses adsorpsi terjadi dengan media pasir zeolit. Penurunan konsentarsi besi dengan menggunakan pasir zeolit dapat terjadi karena adanya rongga-rongga pada zeolit yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan terjadi interaksi dengan molekul yang diadsorpsi. Batuan zeolit dengan struktur berongga sebagai suatu aluminosilat yang mempunyai struktur rongga dengan rongga-rongga di dalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul-molekul air yang keduanya dapat bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dihidrasi secara reversible tanpa terjadi perubahan struktur (Barrers, 1978).

Pada percobaan I dengan menggunakan aerasi, karbon aktif dan filter pasir kuarsa, dengan konsentrasi inlet 0,888 mg/L terjadi penurunan konsentrasi terbesar pada menit ke-0 dan 90, yaitu 0 mg/L atau efisiensi sebesar 100%. Pada menit ke-30 konsentrasi besi naik menjadi 0,108 mg/L atau efisiensi sebesar 87,84%. Naiknya konsentrasi besi pada menit ke-30 dapat dikarenakan pasir kuarsa yang digunakan untuk media filter masih mengandung besi dan pencucian yang dilakukan kurang bersih.

Naiknya konsentrasi ini dapat disebabkan karena adanya kandungan besi pada pasir kuarsa itu sendiri. Dari analisa laboratorium untuk mengetahui ada atau tidak adanya kandungan besi (Fe) pada pasir kuarsa, maka dilakukan suatu percobaan yaitu, 100 gr pasir kuarsa dicampur dengan 100 ml air. Diaduk selama 60 menit dengan kecepatan 100 rpm, selanjutnya air disaring dengan kertas saring, selanjutnya air sampel ini dilakukan analisa. Dari hasil analisa diperoleh data bahwa konsentrasi besi (Fe) pada air sampel sebesar 0,285 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada pasir kuarsa terdapat kandungan besi yang akan terbawa oleh aliran air yang diolah dan mempengaruhi konsentrasi air sampel

Pada menit ke-60 dan 90 mulai terjadi penurunan kembali. Penurunan konsentrasi pada menit ke 60 menjadi 0,055 mg/L sedangkan pada menit ke 90 menjadi 0 mg/L. dengan penurunan konsentrasi besi ini maka proses pengolahan air yang terjadi pada reaktor aerokarbonfilter telah berjalan dengan baik. Namun pada menit ke-120 konsentrasi besi naik menjadi 0,083 mg/L. Naiknya konsentrasi besi pada menit ke 120 menunjukkan bahwa pada menit tersebut reaktor telah jenuh atau tidak mampu lagi menurunkan konsentrasi besi. Hal

seperti ini dapat terjadi pada karbon aktif maupun filter. Karbon aktif dapat jenuh karena pori-pori karbon aktif telah terisi penuh oleh zat-zat pencemar, sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap besi yang ada pada air tanah. Peristiwa jenuh ini juga dapat terjadi pada filter. Dengan media pasir kuarsa, proses penyaringan yang berlangsung terus menerus, mengakibatkan semakin banyak endapan-endapan besi yang tersaring pada filter (pasir kuarsa). Semakin banyaknya endapan ini maka akan menutup rongga-rongga antar butiran pasir sehingga endapan besi tidak mampu lagi tertahan dalam proses penyaringan.

Meskipun mengalami kenaikan konsentrasi besi pada menit ke 120, namun kualitas air hasil pengolahan dengan reaktor aerokarbonfilter mulai dari menit ke 0 sampai menit ke 120 untuk parameter besi masih memenuhi standar baku mutu air bersih yang ditetapkan. Sebagaimana tertuang dalam peraturan pemerintah no.82 tahun 2001, batas maksimum untuk parameter besi adalah 0,3 mg/L.

Pada percobaan II dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter pasir kuarsa, dengan konsentrasi inlet 0,888 mg/L terjadi penurunan konsentrasi paling besar pada menit ke 30 dan 60 yaitu 0 mg/L atau efisiensi sebesar 100%. Pada menit ke 0 konsentrasi besi 0,055 mg/L. Hal ini dapat terjadi karena kandungan besi yang ada pada media filter yaitu pasir kuarsa ikut terbawa aliran air. Sehingga air hasil pengolahan pada menit 0 masih mengandung besi. Meskipun demikian air hasil olahan telah memiliki kualitas yang bagus karena masih di bawah baku mutu kualitas air. Namun pada menit ke 30 dan 60 konsentrasi besi turun menjadi 0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan air mulai dari proses

aerasi, adsorpsi oleh pasir zeolit dan filtrasi oleh pasir kuarsa telah berjalan dengan baik.

Pada menit ke 90 mulai terjadi kenaikan konsentrasi besi menjadi 0,005 mg/L dan menit ke 120 menjadi 0,011 mg/L. Naiknya konsentrasi besi pada menit ke 90 dan 120 menunjukkan bahwa reaktor mulai jenuh. Peristiwa jenuhnya reaktor dapat terjadi pada pasir zeolit maupun pasir kuarsa. Pasir zeolit jenuh karena rongga-rongga yang ada pada zeolit telah penuh oleh zat-zat pencemar termasuk besi, sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap besi yang ada pada air olahan. Pada filter pasir kuarsa jenuh karena rongga antar butiran-butiran pasir sudah tertutup penuh oleh endapan besi ataupun zat pencemar lain sehingga tidak mampu lagi untuk menyaring endapan besi yang ada, sehingga konsentrasi besi mulai naik.

Meskipun demikian air hasil pengolahan dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit dan pasir kuarsa mulai dari menit ke 0 sampai menit ke 120 memiliki kualitas yang baik dan masih memenuhi baku mutu kualitas air bersih sebagaimana tertuang dalam peraturan pemerintah no.82 tahun 2001, batas maksimum untuk parameter besi adalah 0,3 mg/L.

Perbandingan kualitas air hasil pengolahan antara percobaan I dengan percobaan II masih lebih baik percobaan II yaitu dengan aerasi, pasir zeolit dan pasir kuarsa. Meskipun air hasil pengolahan dari kedua percobaan tersebut memiliki kualitas yang baik yaitu dibawah baku mutu kualitas air bersih, namun air hasil pengolahan pada percobaan II memiliki konsentrasi yang lebih kecil dan perubahan konsentrasi besi pada percobaan II tidak terlalu besar atau lebih stabil.

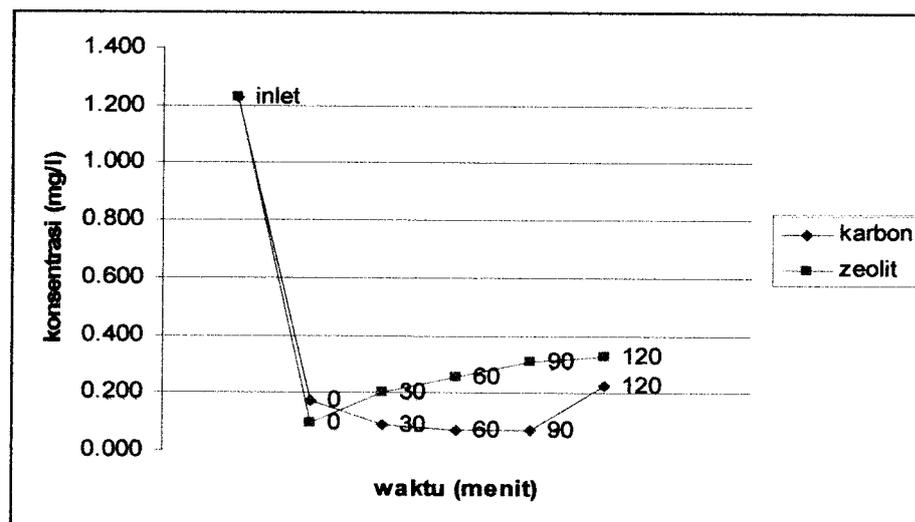
4.2.2. Penurunan Mangan

Data hasil penelitian parameter besi untuk konsentrasi dan efisiensi total alat dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

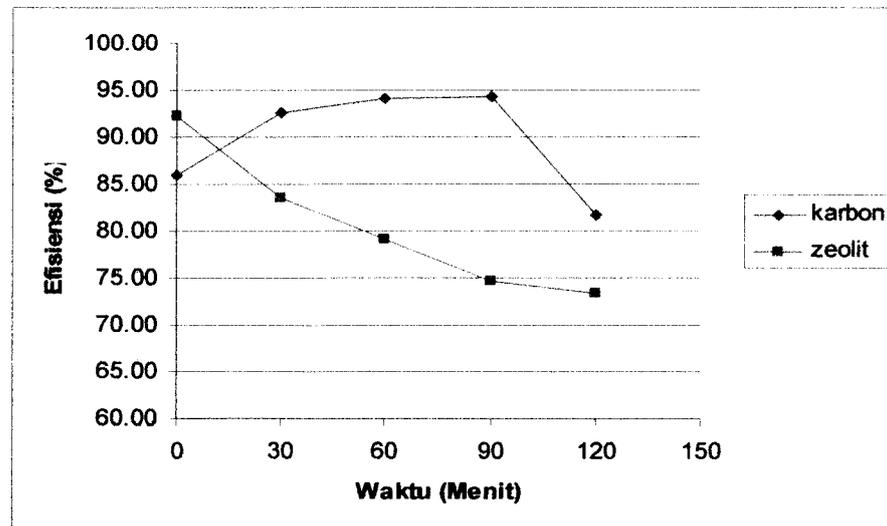
Tabel 4.6. Konsentrasi dan efisiensi total alat untuk parameter mangan antara penggunaan karbon aktif dan pasir zeolit

Menit	Arang		Zeolit	
	Konsentrasi filter (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi filter (mg/L)	Efisiensi (%)
inlet	1.230		1.230	
0	0.174	85.85	0.095	92.28
30	0.090	92.68	0.204	83.46
60	0.073	94.11	0.258	79.07
90	0.071	94.23	0.311	74.72
120	0.226	81.63	0.328	73.33

Dari Tabel 4.6 dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dan efisiensi total alat terhadap waktu antara pemakaian arang aktif dan pasir zeolit.



Gambar 4.7. Konsentrasi mangan pada outlet akhir pada berbagai waktu



Gambar 4.8. Efisiensi total alat pada berbagai waktu antara pemakaian arang aktif dan pasir zeolit

Penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi mangan pada air tanah. Penelitian ini akan membandingkan kualitas air hasil pengolahan antara percobaan I dengan menggunakan aerasi, karbon aktif dan filter dengan percobaan II dengan proses aerasi, pasir zeolit, dan pasir kuarsa.

Pada air tanah mangan dalam bentuk Mn^{2+} , dengan adanya proses aerasi akan terjadi reaksi oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} . Aerasi akan menambah oksigen terlarut yang ada dalam air. Pada aerasi akan terjadi reaksi oksidasi antara Mn^{2+} dengan oksigen yang akan mengubah Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} dalam bentuk endapan. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi oksidasi mangan antara lain : oksigen terlarut, temperatur, pH, alkalinitas.

Mangan yang telah dalam bentuk endapan, selanjutnya akan melalui proses adsorpsi. Pada percobaan I proses adsorpsi dengan menggunakan karbon

aktif, sedangkan pada percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit. Proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : luas permukaan, konsentrasi zat pencemar, ukuran pori, dan ukuran molekul. Semakin banyak pori-pori karbon aktif, makin luas permukaan karbon aktif sehingga makin efektif proses adsorpsi yang terjadi. Proses adsorpsi dengan menggunakan pasir zeolit dipengaruhi oleh rongga-rongga pada zeolit yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan terjadi interaksi dengan molekul yang diadsorpsi. Batuan zeolit mempunyai struktur rongga dengan rongga-rongga di dalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul-molekul air yang keduanya dapat bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion.

Konsentrasi mangan pada inlet 1,230 mg/L. Pada percobaan I dengan menggunakan aerasi, karbon aktif dan pasir kuarsa terjadi penurunan konsentrasi paling besar pada menit ke-90 yaitu konsentrasi menjadi 0,071 mg/L. Percobaan I ini pengolahan air telah berjalan dengan baik, hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian mulai dari menit ke 0 sampai 90 terus terjadi penurunan konsentrasi mangan, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6. Penurunan konsentrasi mangan ini menunjukkan bahwa proses aerasi dapat mengoksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} . Karbon aktif dapat menyerap endapan mangan Mn^{4+} dan filter pasir kuarsa mampu menyaring endapan mangan.

Pada menit ke 120 mulai terjadi kenaikan konsentrasi mangan menjadi 0.226 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa reaktor mulai jenuh. Jenuhnya reaktor dapat terjadi pada karbon aktif maupun pasir kuarsa. Karbon aktif jenuh karena pori-pori telah terisi penuh oleh zat-zat pencemar termasuk mangan sehingga

tidak mampu lagi menyerap mangan. Sedangkan pada pasir kuarsa jenuh karena rongga-rongga antar butiran pasir telah penuh oleh endapan mangan maupun zat pencemar lain sehingga tidak dapat menyaring endapan mangan lagi. Dengan demikian reaktor dengan aerasi, karbon aktif dan pasir kuarsa efektif sampai menit ke 90.

Pada percobaan II dengan menggunakan aersai, pasir zeolit, dan pasir kuarsa terjadi penurunan konsentrasi mangan paling besar pada menit ke 0 yaitu konsentarsi menjadi 0.095 mg/L. Namun pada menit-menit berikutnya konsentrasi mangan naik , mulai menit ke 30 konsentrasi mangan menjadi 0.204 mg/L sampai pada menit ke 120 konsentrasi mangan menjadi 0.328 mg/L, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pada percobaan II dengan menggunakan reaktor aerasi, pasir zeolit, dan pasir kuarsa, meskipun terjadi kenaikan konsentrasi dari menit 0 ke 30 yang cukup besar, namun konsentrasi mangan menit 30 sampai 120 lebih stabil. Dengan demikian reaktor ini hanya mampu bekerja dengan efisiensi 73-83%.

Air hasil pengolahan antara percobaan I dan II memiliki kualitas lebih bagus pada percobaan I. Hasil pengolahan I mampu mengolah air dengan efisiensi 80-94%, sedangkan pada pengolahan II hanya mampu mengolah dengan efisiensi 73-83%. Meskipun hasil dari kedua pengolahan tersebut masih dibawah standar baku mutu air bersih yang ditetapkan. Sebagaimana tertuang dalam peraturan pemerintah no.82 tahun 2001, batas maksimum untuk parameter mangan 1 mg/L, namun percobaan I dengan aerasi, karbon aktif, dan pasir kuarsa masih jauh

dibawah baku mutu air bersih. Dengan demikian pengolahan dengan aerasi, karbon aktif dan pasir kuarsa memiliki kualitas yang lebih baik.

4.3 Analisa Statistik

Data hasil penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter akan dilakukan uji statistik yaitu dengan analisa statistik. Perhitungan analisa statistik dapat dilihat pada lampiran III :

4.3.1 Analisa Statistik Konsentrasi Besi Total

a. Data konsentrasi besi total pada percobaan I

Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$1490,81 \geq 5,32$

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

b. Data konsentrasi besi total pada percobaan II

Dari data hasil percobaan II untuk konsentrasi besi total diperoleh :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$7187,730 \geq 5,32$

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

Penurunan konsentrasi besi total dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh

nilai F hitung 1490,81 dan nilai F tabel 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F hitung 7187.730 dan nilai F tabel 5,32. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi besi total yang signifikan antara inlet dengan outlet.

4.3.2 Analisa Statistik Konsentrasi Mangan

a. Data konsentrasi besi total pada percobaan I

Dari data hasil percobaan I untuk konsentrasi mangan diperoleh :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$1249.457 \geq 5,32$

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

b. Data konsentrasi besi total pada percobaan II

Dari data hasil percobaan II untuk konsentrasi mangan diperoleh :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$554.167 \geq 5,32$

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

Penurunan konsentrasi mangan dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh

nilai F hitung 1249,457 dan nilai F tabel 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F hitung 554,167 dan nilai F tabel 5,32. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi Mangan yang signifikan antara inlet dengan outlet.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Reaktor aerokarbonfilter mampu menurunkan konsentrasi besi total (Fe) dengan efisiensi 100%, yaitu dari konsentrasi awal 0,888 mg/L menjadi konsentrasi *effluent* 0 mg/L, sedangkan untuk penurunan konsentrasi mangan (Mn) dengan efisiensi 94,23%, yaitu dari konsentrasi awal 1,230 mg/L menjadi konsentrasi 0,071 mg/L.
2. Dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi total reaktor aerokarbonfilter untuk penurunan konsentrasi besi total pada percobaan I dan percobaan II, diketahui bahwa percobaan II memiliki konsentrasi *effluent* yang lebih baik dan lebih konstan untuk menit 0 sampai menit 120. Sedangkan untuk penurunan konsentrasi mangan, diketahui bahwa percobaan I memiliki konsentrasi *effluent* yang lebih baik mulai dari menit 0 sampai menit 120.
3. Kualitas air hasil pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter untuk parameter besi dan mangan pada kedua percobaan memiliki kualitas yang baik dan hasilnya memenuhi standar baku mutu air bersih seperti tertuang dalam PP. RI. no.82 tahun 2001.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan durasi waktu yang lebih lama, sehingga dapat mengetahui waktu jenuh dari reaktor aerokarbonfilter dan tidak mampu lagi menurunkan parameter Fe dan Mn.
2. Kurang meratanya aliran air pada aerasi, karbon aktif, dan filter, sehingga mengurangi efisiensi dari alat. Untuk peneliti selanjutnya dapat menyempurnakan kinerja dari reaktor aerokarbonfilter.
3. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan variasi debit, sehingga dapat diketahui pada debit berapa efisiensi reaktor paling baik

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1984, "Metode Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia
- Ali Masduqi dan Agus Slamet, 2002, "Satuan Operasi untuk Pengolahan Air", Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Al-Layla, M. Anis, 1978, "Water Supply Engineering Design", Ann Arbor Science Publishers.
- Effendi, Hefni, 2003, "Telaah Kualitas Air", Kanisius, Yogyakarta.
- Ervan, Supardi, 2004, Penurunan Kadar Besi dan Mangan Pada Sumur Gali Dengan Kombinasi Aerasi Dan Saringan Pasir Cepat, STTL YLH.
<http://apps5.oingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429&url=http%3A%2F%2Fwarintek.www.warintek.net>
- KRT Tjokrokusumo, 1995, "Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air", Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH.
- Met Calf and Eddy, 2003, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse", Mc. Graw Hill.
- Mukono, H.J., 2000, "Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan" Airlangga University Press, Surabaya
- Penyaringan air langsung glek saja, Koleksi berita teknologi pengolahan air bersih dan limbah cair, www.kelair.bppt.go.id

- Rina, Setiyaningsih, 2003, Pengolahan Air Sumur Mnegandung Fe dan Mn Untuk Kebutuhan Air Minum Menggunakan Filter Mangan zeolit dan Filter Karbon Aktif, STTL YLH.
- Soemirat, J.S., 1996, "Kesehatan Lingkungan " Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Sugiharto, 1987, "Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah", Universitas Indonesia
- Syarip, Andri Wibawa, "Zeolit atau Pasir Hijau, Penyerap Besi dan Mangan Dalam Air Minum/ILimbah", 3 November 2001, Suara Merdeka, www.google.com
- Totok, C.S., dkk, 1991, " Teknologi Penyediaan Air Bersih", Rineka Cipta, Jakarta
- Untung Onny, 1995, "Menjernihkan Air Kotor", Puspa Swara, Jakarta
- Wisnu Arya Wardana, 2001, "Dampak Pencemaran Lingkungan", ANDI, Yogyakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN

I

1. Cara uji kadar besi dalam air (SNI 19-1127-1989 ;
AWWA 3500-Fe D)
2. Cara uji kadar mangan dalam air (SNI 19-1133-1989:
AWWA 3500-Mn D)

Air dan air limbah – Bagian 4: Cara uji besi (Fe) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
4.1 Prinsip	2
4.2 Bahan	2
4.3 Peralatan	2
4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji	2
4.5 Persiapan pengujian	2
4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi	3
4.7 Perhitungan	3
5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu	3
5.1 Jaminan mutu	3
5.2 Pengendalian mutu	3
6 Rekomendasi	4
Lampiran A Pelaporan	5

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

SNI ini merupakan hasil revisi dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional *JIS*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

SNI ini berjudul *air dan air limbah – Bagian 4: Cara uji besi (Fe) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala* yang merupakan revisi dari SNI 06-2523-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar besi dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom secara langsung*.

Air dan air limbah – Bagian 4: Cara uji besi (Fe) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam besi, Fe dalam air dan air limbah secara metode spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Fe 0,3 mg/L sampai dengan 6,0 mg/L dan panjang gelombang 248,3 nm.

2 Acuan normatif

JIS. K.0102.57.2.2002, Testing methods for industrial wastewater.

3 Istilah dan definisi

3.1

larutan induk logam besi, Fe

larutan yang mempunyai kadar logam besi, Fe 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

3.2

larutan baku logam besi, Fe

larutan induk logam besi yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

3.3

larutan kerja logam besi, Fe

larutan baku logam besi, Fe yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Fe 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; 4,0 mg/L dan 6,0 mg/L

3.4

larutan blanko

air suling yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

3.5

larutan pengencer

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2

3.6

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

4.2 Bahan

- a) air suling;
- b) asam nitrat, HNO_3 ;
- c) larutan standar logam besi, Fe; dan
- d) gas asetilen, C_2H_2 .

4.3 Peralatan

- a) SSA;
- b) lampu hollow katoda Fe;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) pipet ukur 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL dan 60 mL;
- e) labu ukur 100 mL;
- f) corong gelas;
- g) pemanas listrik;
- h) kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori θ 0.42 μm ; dan
- i) labu semprot.

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_3 p sampai pH kurang dari 2 dengan waktu penyimpanan maksimum 6 bulan.

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen kedalam gelas piala.
- b) Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- c) Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh hampir kering.
- d) Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

4.5.2 Pembuatan larutan baku logam besi, Fe 100 mg/L

- a) Pipet 10 mL larutan induk logam besi, Fe 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- b) Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.3 Pembuatan larutan baku logam besi, Fe 10 mg/L

- a) Pipet 50 mL larutan standar logam besi, Fe 100 mg/L ke dalam labu ukur 500 mL.
- b) Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.4 4.5.4 Pembuatan larutan kerja logam besi, Fe

- a) Pipet 0 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL dan 60 mL larutan baku besi, Fe 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- b) Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam besi 0,0 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; 4,0 mg/L dan 6,0 mg/L.

4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- b) Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 248,3 nm.
- c) Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- d) Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah di persiapkan.

4.7 Perhitungan

Konsentrasi logam besi, Fe (mg/L) = C x fp

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L)
fp adalah faktor pengenceran

Persen temu balik (% *recovery*, %)

$$\% R = \frac{A - B \times 100\%}{C}$$

dengan pengertian:

- A adalah kadar contoh uji yang di *spike*;
- B adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*;
- C adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*).

5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu**5.1 Jaminan mutu**

- a) Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- e) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.

5.2 Pengendalian mutu

- a) Koefisien korelasi (r) lebih besar atau sama dengan 0,95 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- b) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis.
- d) Koefisien variasi/standar deviasi relatif hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan 10% maka dilakukan pengukuran ketiga.

6 Rekomendasi

Kontrol akurasi

Untuk kontrol akurasi lakukan salah satu cara sebagai berikut:

- a) Analisis CRM.
Lakukan analisis CRM (*Certified Reference Material*) untuk kontrol akurasi.
- b) Analisis *blind sample*.
- c) Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- d) Untuk kontrol gangguan matriks lakukan analisis *spike matrix*. Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar analit dalam contoh uji.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR (SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D)

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi cara uji kadar besi dalam air dan cara uji alternative.

2. CARA UJI

Pada standar ini diuraikan cara kolorimetri "fenantrolin". Cara ini dapat dipakai untuk penentuan kadar besi total, besi terlarut dan ion ferro dalam air dengan batas ukur kadar optimum antara 0,02 - 4,0 mg/liter besi. Deteksi minimum dapat dicapai sampai 0,01 mg/liter besi. Terhadap contoh air yang mengandung kadar besi tinggi, harus dilakukan pengenceran atau ditetapkan dengan cara yang lebih tepat sesuai dengan kadar besi yang terkandung dalam contoh.

2.1. PRINSIP

Ion besi (ferri) dalam suasana asam dan panas, direduksi oleh hidroksilamin hidroklorida menjadi ion ferro. Ferro dengan 1,10 - fenantrolin pada pH 3,2 - 3,3 membentuk senyawa fenantrolin khelat yang berwarna merah. Warna yang terbentuk dibandingkan terhadap warna standar yang telah diketahui kadarnya.

2.2. GANGGUAN

- Warna dan kekeruhan
- Oksidator kuat
- Senyawa-senyawa sianida, nitrit dan fosfat.

2.3. PERALATAN

- Spektrofotometer bekerja pada panjang gelombang 510 nm atau filter fotometer (fotometer filter) yang berwarna hijau atau yang mempunyai transmisi cahaya maksimum.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

- Kuvet yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- Tabung Nessler 50, 100 mL
- Labu ukur 50, 100 dan 1000 mL
- Labu Erlenmeyer 250 mL

Alat-alat gelas yang dipakai harus bebas besi, bersihkan dengan larutan asam klorida pekat dan bilas sampai bersih dengan air suling.

2.4. PEREAKSI

Semua pereaksi yang dipakai relative bebas besi.

Gunakan botol gelas tutup asah untuk penyimpanan standar besi, asam klorida dan larutan ammonium asetat.

- a) Asam klorida pekat
- b) Larutan hidrosilamin hidroklorida
Larutkan 10 g $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ dalam 100 mL air suling.
- c) Larutan penyangga ammonium asetat.
 - Larutkan 250 g $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ dalam 150 mL air suling
 - Tambahkan 700 mL asam asetat glacial
 - Encerkan sampai 1 liter
- d) Larutan fenantrolin
 - Larutkan 0,1 g 1,10 fenantrolin monohidrat $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{HO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL air suling.
 - Panaskan sampai 80°C , tidak boleh mendidih. Bila tidak dipanaskan tambahkan 2 tetes HCl pekat.
- e) Larutan sediaan standar besi
 - Tambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat kedalam 50 mL air suling dan larutkan 1,404 g ferro ammonium sulfat : $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

- Tambahkan beberapa tetes larutan KMnO_4 0,1 N sampai warna sedikit pink
 - Encerkan menjadi 1000 mL didalam labu ukur, aduk. 1 mL = 200 μg Fe.
- f) Larutan standar siapan (1 mL = 0,01 mg = 10 μg Fe) →
- Pipet 50 mL larutan sediaan standar besi kedalam labu ukur 1000 mL, encerkan sampai tanda batas dengan air suling.

2.5. PROSEDUR

a) BESI TOTAL

- Kocok contoh air sampai merata, masukkan 50 mL contoh yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe kedalam labu Erlenmeyer 250 mL.
- Tambah 2 mL HCl pekat dan 1 mL larutan hidrosilamin hidrokhlorida.
- Panaskan dan didihkan sampai semua besi larut, volume larutan menjadi 15 -20 mL. Jika contoh mengandung unsur-unsur pengganggu, maka dilakukan pemanasan sampai kering dan diabukan. Kemudian larutkan kembali dengan 2 mL HCl pekat dan 5 mL air suling.
- Dinginkan kedalam labu ukur 50 atau 100 mL.
- Tambah 10 mL larutan penyangga ammonium asetat dan 2 mL larutan fenantrolin. Fe^{2+}
- Tambahkan air suling sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.
- Baca setelah 10-15 menit dan bandingkan terhadap standar dengan tabung Nessler atau lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

b) BESI TERLARUT

- Contoh air disaring terlebih dahulu dengan kertas saring halus
- 50 mL contoh air yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe dikerjakan sama dengan cara kerja besi total.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

c) ION FERRO

Untuk penentuan ion ferro harus dilakukan pengambilan contoh khusus dan diawetkan dengan asam nitrat, untuk mencegah oksidasi. Pengambilan contoh dan penambahan asam harus dilakukan secepatnya.

- Lakukan pengambilan contoh air dengan botol gelas tertutup asah, tambahkan 4 mL HCl pekat untuk setiap 100 mL contoh, tutup rapat (jangan ada gelembung udara).
- Masukkan 50 mL contoh air yang telah diasamkan dan mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan 20 mL larutan fenantrolin dan 10 mL larutan penyangga (buffer) ammonium asetat.
- Encerkan sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.
- Ukur setelah 10-15 menit dan bandingkan terhadap standar dengan tabung Nessler atau lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

d) STANDAR WARNA

- Masukkan ke dalam beberapa buah labu Erlenmeyer 250 mL masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,5 mL, dan seterusnya secara bertingkat, standar besi yang mengandung 1 mL = 0,01 mg besi.
- Tambahkan masing-masing 25 mL air suling
- Pada labu Erlenmeyer lainnya, tambahkan 25 mL air suling sebagai blanko
- Pengerjaan selanjutnya sama dengan cara kerja a), waktu pengerjaan contoh, standar dan blanko harus dikerjakan bersamaan.

e) PENGUKURAN

Sebelum dilakukan pengukuran, volume akhir contoh, standar dan blanko harus sama.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

➤ Cara visual

- Gunakan tabung "Nessler" dengan jenis dan ukuran yang sama, bersih dan kering.
- Tempatkan beberapa buah tabung Nessler pada sebuah rak dengan dasar yang putih dan terang.
- Pindahkan secara kuantitatif larutan blanko, standar dan contoh kedalam tabung Nessler.
- Bandingkan warna contoh terhadap blanko dan standar.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

➤ Cara Spektrofotometri

Tabel
Penggunaan Kuvet Berdasarkan Volume dan Kadar Besi

Volume akhir 50 mL	Volume akhir 100 mL	Ketebalan Kuvet
$\mu\text{g Fe}$	$\mu\text{g Fe}$	cm
50 - 200	100 - 400	1
25 - 100	50 - 200	2
10 - 40	20 - 80	5
5 - 20	10 - 40	10

- Atur fotometer pada absorbansi nol atau pada 100% transmitansi terhadap blanko sebagai pembanding.
- Tetapkan nilai serapan (absorbansi) atau contoh dan masing-masing standar pada panjang gelombang 510 nm.
- Hitung kadar besi dari contoh dalam mg/liter.

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

2.6. PERHITUNGAN

a) Cara visual

$$\text{Fe (mg/liter)} = \frac{\text{mL standar} \times \text{mg standar} \times 1000}{\text{mL contoh}}$$

b) Cara Spektrofotometri

$$\text{Fe (mg/liter)} = \frac{A1}{A2} \times C$$

Dimana :

A1 = Absorbansi/transmitansi contoh

A2 = Absorbansi/transmitansi standar

C = Kadar standar besi ada absorbansi/transmitansi A2

2.7. KETELITIAN DAN KETEPATAN

Ketelitian yang dapat dicapai dengan cara ini $\pm 0,02$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,14$ mg/liter.

3. CARA UJI ALTERNATIF

Sebagai alternative dapat juga digunakan cara-cara dibawah ini :

CARA UJI KADAR BESI DALAM AIR

3.1. Cara Kolorimetri "Rhodanida"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,01$ mg/liter besi

3.2. Cara Kolorimetri "Tripidin"

- Batas ukur kadar optimum 0,02 - 4,0 mg/liter besi
- Deteksi minimum 0,003 mg/liter besi
- Ketelitian $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan $\pm 0,03$ mg/liter besi.

3.3. Cara SSA (Spektrofotometer Serapan Atom)

- Batas ukur kadar optimum pada panjang gelombang 248,3 nm 0,5 - 10 mg/liter besi.
- Deteksi minimum 0,01 mg/liter besi.

Cara pengujian besi dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ini dapat dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu :

- SNI 06 - 2523 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Langsung.
- SNI 06 - 2524 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom dengan pengolahan pendahuluan cara ekstraksi.
- SNI 06 - 2525 - 1991 : Metode Pengujian Kadar Besi Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Tungku Karbon.

Selain metode pengujian tersebut diatas, pemeriksaan kadar besi (Fe) dapat juga dilakukan dengan metode :

- ASTM Designation : D 1068 - 90 Standar Test Method for Iron in Water
- AWWA : 3500 - Fe D IRON (Phenanthroline Method)
- USEPA Method 236.1 Iron (AA, Direct Aspiration)

Air dan air limbah – Bagian 5: Cara uji mangan (Mn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
4.1 Prinsip	2
4.2 Bahan	2
4.3 Peralatan	2
4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji	2
4.5 Persiapan pengujian	2
4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi	3
4.7 Perhitungan	3
5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu	3
5.1 Jaminan mutu	3
5.2 Pengendalian mutu	4
6 Rekomendasi	4
Lampiran A Pelaporan	5

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

SNI ini merupakan hasil revisi dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional *JIS*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 5: Cara uji mangan (Mn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala* yang merupakan revisi dari SNI 06-2497-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar mangan dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom secara langsung*.

Air dan air limbah – Bagian 5: Cara uji mangan (Mn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam mangan, Mn dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Mn 0,1mg/L sampai dengan 4,0 mg/L dan panjang gelombang 279,5 nm.

2 Acuan normatif

JIS. K.0102.55.2002, *Testing methods for industrial wastewater.*

3 Istilah dan definisi

3.1

larutan induk mangan

larutan yang mempunyai kadar logam mangan, Mn 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

3.2

larutan baku logam mangan

larutan induk logam mangan, Mn yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

3.3

larutan kerja logam mangan

larutan baku logam mangan, Mn yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Mn 0,0 mg/L; 0,1 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L dan 4,0 mg/L

3.4

larutan blanko

air suling yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

3.5

larutan pengencer

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2

3.6

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

4.2 Bahan

- a) air suling;
- b) asam nitrat, HNO_3 ;
- c) larutan standar mangan, Mn; dan
- d) gas asetilen, C_2H_2 .

4.3 Peralatan

- a) SSA;
- b) lampu holow katoda Mn;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) pipet ukur 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; dan 40 mL;
- e) labu ukur 100 mL;
- f) corong gelas;
- g) pemanas listrik;
- h) kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori θ 0.42 μm ; dan
- i) labu semprot.

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_3 p sampai pH kurang dari 2 dengan waktu penyimpanan maksimal 6 bulan.

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala.
- b) Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- c) Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
- d) Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

4.5.2 Pembuatan larutan baku logam mangan, Mn 100 mg/L

- a) Pipet 10 mL larutan induk logam mangan, Mn 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- b) epatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

5.2 I

a) K
af

b) Li

c) Li

d) K
10

6 Re

Kontr

a) An

b) Un
ad

c) Bu

4.5.3 Pembuatan larutan baku logam mangan, Mn 10 mg/L

- Pipet 50 mL larutan standar mangan, Mn 100 mg/L ke dalam labu ukur 500 mL.
- Tepatan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.4 Pembuatan larutan kerja logam mangan, Mn

- Pipet 0 mL; 1 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; dan 40 mL larutan baku mangan, Mn 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam besi 0,0 mg/L; 0,1 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L dan 4,0 mg/L.

4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 279,5 nm.
- Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah di persiapkan.

4.7 Perhitungan

4.7.1 Konsentrasi logam mangan, Mn

$$\text{Mn (mg/L)} = C \times fp$$

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L);

fp adalah faktor pengenceran.

4.7.2 Persen temu balik (% Recovery, % R)

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

- adalah kadar contoh uji yang di *spike*;
- adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*;
- adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*).

5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

5.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia berkualitas murni (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan.
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar analit dalam contoh uji.

404

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR (SNI 19-1133-1989 ; AWWA 3500-Mn D)

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi cara uji kadar mangan dalam air.

2. CARA UJI

Penentuan kadar mangan dalam air dapat dilakukan dengan salah satu dari 3 cara uji berikut.

- Cara uji kolorimetri "Persulfat"
Batas konsentrasi 0,05 - 1,5 mg/liter mangan
- Cara uji spektrofotometri penyerapan atom, langsung
Batas konsentrasi 0,02 - 5 mg/liter mangan
- Cara uji spektrofotometri, khelat - ekstraksi
Batas konsentrasi 2,0 - 500 µg/liter mangan

Terhadap contoh air yang diduga mengandung kadar mangan tinggi, harus dilakukan pengenceran sehingga dapat termasuk dalam jarak ukur masing-masing penentuan cara uji tersebut.

2.1. CARA KOLORIMETRI "PERSULFAT"

a) PRINSIP

Ion mangan dalam suasana asam dan panas dengan bantuan katalis, dioksidasi oleh persulfat menjadi senyawa manganat yang berwarna ungu kemerahan. Warna yang terbentuk dibandingkan dengan warna standar yang telah diketahui kadarnya.

b) GANGGUAN

- Ion khlorida
- Zat-zat organik
- Zat-zat reduktor
- Kekeruhan

* segera diukur.

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

c) PERALATAN

- Spektrofotometer yang bekerja pada panjang gelombang 525 nm atau filter fotometer yang berwarna hijau atau yang mempunyai transmitansi cahaya maksimum mendekati 525 nm.
- Kuvet, yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 1 cm atau lebih
- Tabung Nessler 100 mL
- Labu ukur 100 mL
- Labu Erlenmeyer 250 mL
- Alat-alat gelas lainnya

d) PEREAKSI

1) Pereaksi khusus

- Larutkan 75 g HgSO_4 dalam 450 mL HNO_3 pekat dan 200 mL air suling
- Tambahkan 200 mL H_3PO_4 pekat (85 %) dan 0,03 g AgNO_3
- Larutkan dan encerkan sampai 1 liter
- Larutkan 75 g HgSO_4 dalam 450 mL HNO_3 pekat dan 200 mL air suling
- Tambahkan 200 mL H_3PO_4 pekat (85 %) dan 0,03 g AgNO_3
- Larutkan dan encerkan sampai 1 liter

2) Kristal ammonium persulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ atau kalium persulfat $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$

3) Larutan baku mangan sediaan (stock)

- Timbang 3,2 g KMnO_4 p.a, larutkan dengan air suling dan encerkan sampai liter.
 - Diamkan pada suhu kamar selama 2-3 hari.
 - Saring larutan melalui cawan kaca masir (fritted glass filter crucible) atau melalui glass wool.
 - Pindahkan larutan pada botol yang kering, berwarna gelap bertutup gelap dan simpan ditempat yang gelap.
- Jika ada endapan, larutan harus disaring sebelum distandarkan.
Kadar KMnO_4 tersebut diatas adalah 0,1 N

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

- Tetapkan larutan normalitas KMnO_4 secara "Permanganometri"
- Membakukan KMnO_4 0,1 N dengan natrium oksalat
- Timbang dengan teliti 0,25 - 0,30 g natrium oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) p.a ke dalam Erlenmeyer 250 mL.
- Larutkan dengan 60 mL air suling dan tambah 10 mL H_2SO_4 1:1.
- Panskan 80-90° C dan titrasi dengan larutan KMnO_4 sampai warna ungu ³.
- Kocoklah hati-hati dan tunggu dulu sampai warna ungu hilang sebelum penambahan permanganate selanjutnya.
- Teruskan titrasi sampai terlihat warna ungu dan tak hilang lagi. Pada titik akhir titrasi suhu harus diatas 60° C.
- Tetapkan blanko, bersamaan dengan pekerjaan tersebut diatas.

$$\text{Normalitas KMnO}_4 = \frac{\text{g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}{(\text{A}-\text{B}) \times 0,067}$$

Dimana :

- A = mL titrasi contoh
- B = mL titrasi blanko
- 0,067 = BE $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

4) Larutan baku mangan siapan

Lakukan pengenceran terhadap larutan sediaan KMnO_4 yang telah diketahui normalitasnya, sehingga kadar larutan menjadi 0,01 N.

$$1 \text{ mL KMnO}_4 \text{ 0,01 N} = 0,11 \text{ Mn}$$

e) PROSEDUR

1) Pengerjaan contoh, baku (standar) dan blanko

- Ke dalam beberapa Erlenmeyer 250 mL, masukkan masing-masing :
 - a. 100 mL contoh air yang mengandung 0,005 - 1,5 mg Mn.
 - b. 100 mL air suling sebagai blanko

50
25

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

c. 0,05 mL; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,3 mL; dan seterusnya secara bertingkat larutan baku Mn yang mengandung 1 mL = 0,11 mg dan terhadap setiap baku ditambah 50 mL air suling.

- Ke dalam setiap Erlenmeyer tambahkan 8 mL pereaksi khusus
- Panaskan dan didihkan selama 5 menit
- Pindahkan dari pemanas dan tambahkan masing-masing 1 g ammonium persulfat
- Didihkan kembali selama 5 menit. Warna ungu kemerahan yang terjadi menunjukkan adanya unsur mangan.
- Dinginkan hingga suhu kamar
- Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL dan encerkan sampai tanda batas.
- Kocok sampai bercampur rata dan tentukan kadar mangan

2) Pengukuran

a. Pengukuran secara visual

- Gunakan tabung "Nessler" dengan jenis dan ukuran yang sama, bersih dan kering.
- Tempatkan beberapa buah tabung Nessler pada sebuah rak dengan dasar putih dan terang.
- Pindahkan secara kuantitatif larutan baku blanko dan contoh ke dalam tabung Nessler.
- Bandingkan warna contoh terhadap blanko dan baku
- Hitung kadar mangan dari contoh dalam mg/liter

b. Pengukuran secara spektrofotometer

Table : Penggunaan Kuvet Berdasarkan Kadar Mangan

Kadar mangan (mg)	Ketebalan Kuvet (cm)
0,005 - 0,2	15
0,02 - 0,4	5
0,05 - 1,0	2
0,10 - 1,5	1

CARA UJI KADAR MANGAN DALAM AIR

- Gunakan spektrofotometer yang bekerja pada panjang gelombang 525 nm yang dilengkapi dengan kuvet yang mempunyai ketebalan 1 cm atau lebih (sesuaikan dengan table), atau gunakan fotometer filter yang mempunyai transmitansi cahaya mendekati 525 nm.
- Atur fotometeer pada absorbansi nol atau pada 100 % transmitansi terhadap blanko sebagai pembanding.
- Tetapkan nilai absorbansi atau transmitansi contoh dan masing-masing pada panjang gelombang 525 nm.
- Hitung kadar mangan dari contoh dalam mg/liter.

f) PERHITUNGAN

1) Cara visual

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{\text{mL standar} \times \text{mg standar} \times 1000}{\text{mL contoh}}$$

2) Cara spektrofotometer

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{A1}{A2} C$$

Dimana :

A1 = Absorbansi atau transmitansi contoh

A2 = Absorbansi atau transmitansi standar

C = Kadar-standar mangan

g) KETELITIAN DAN KETEPATAN

Ketelitian yang dapat dicapai dengan cara ini $\pm 0,01$ mg/liter dan ketepatan ± 10 mg/liter.

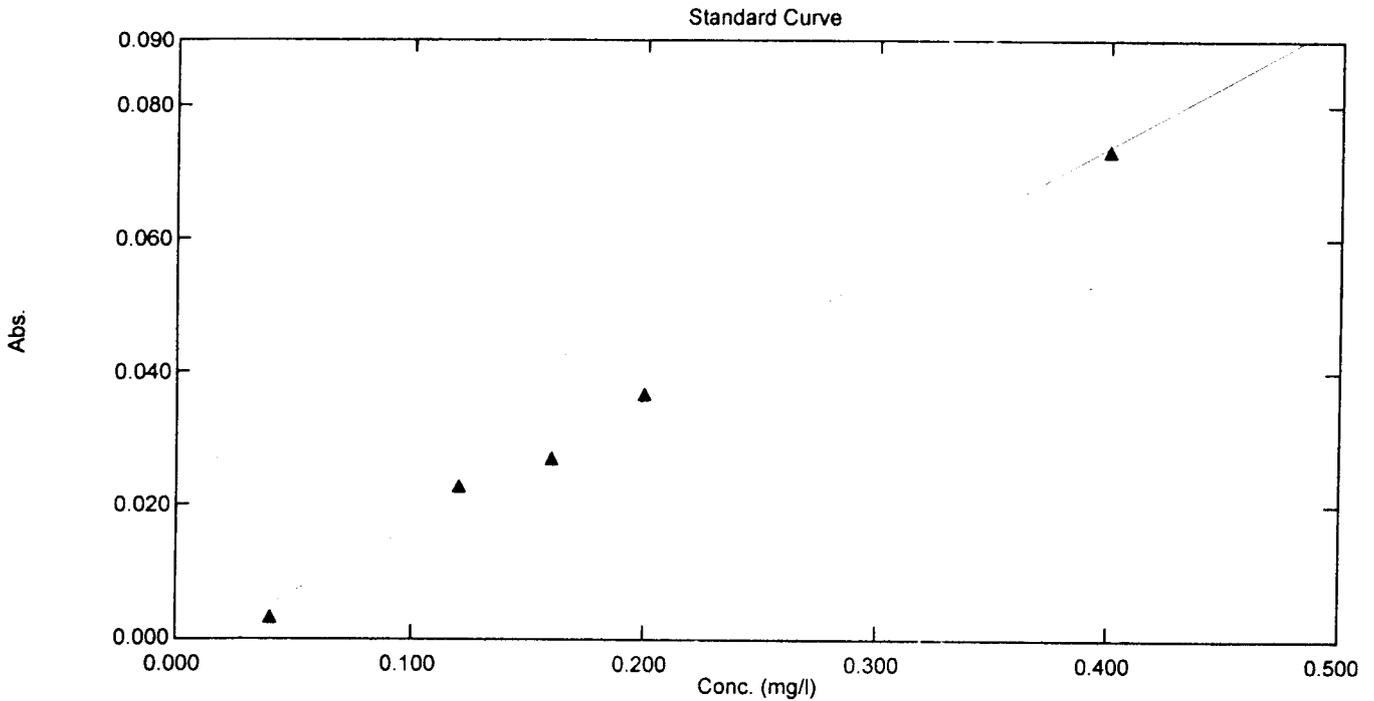
LAMPIRAN II

DATA HASIL PEMERIKSAAN BESI (Fe) DAN
MANGAN (Mn)

Standard Table Report

03/21/2006 04:00:25 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Fe.pho



$y = 0.19115x - 0.00263$
 r^2 Correlation Coefficient = 0.99498
 Standard Error of Estimate = 0.00211

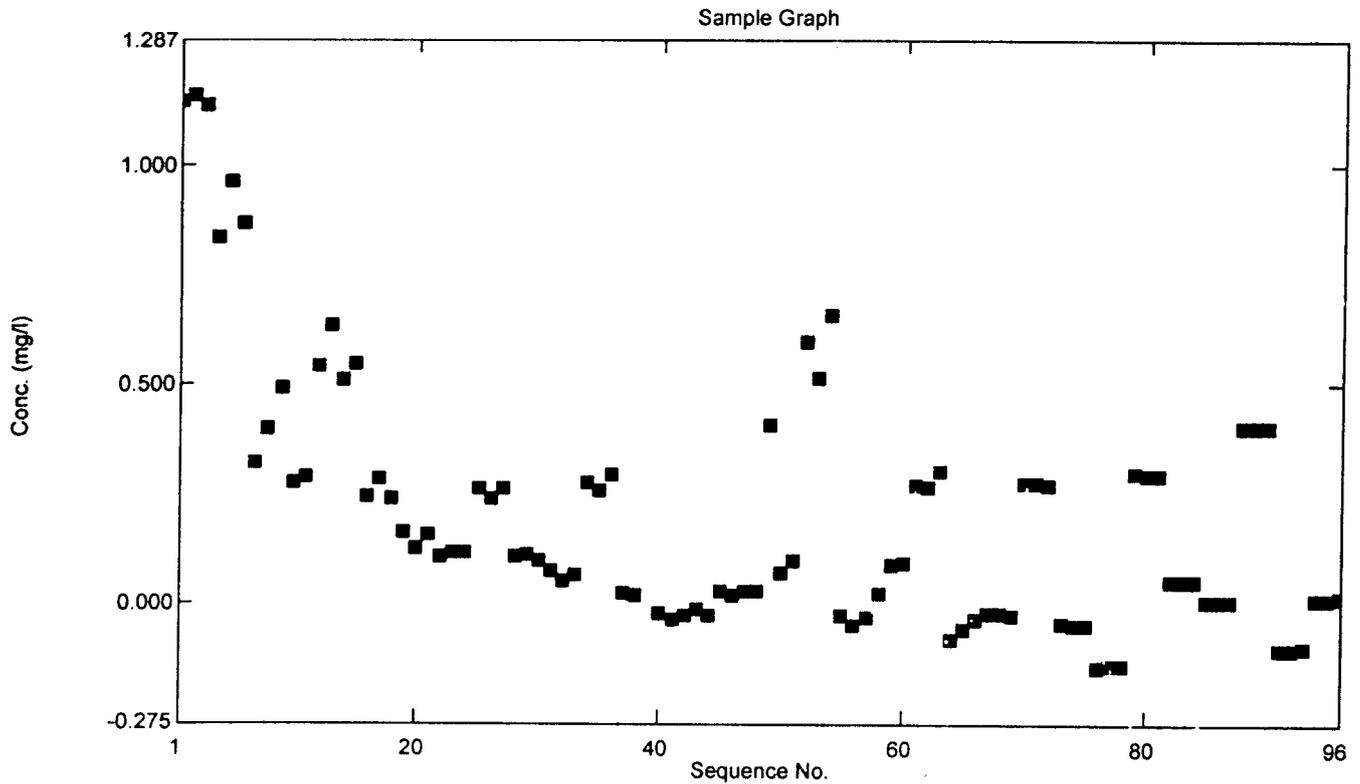
Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Wgt.Factor	Comments
1	Standard 1	Standard		0.040	0.003	1.000	
2	Standard 2	Standard	✓	0.080	0.027	1.000	
3	Standard 3	Standard		0.120	0.023	1.000	
4	Standard 4	Standard		0.160	0.027	1.000	
5	Standard 5	Standard		0.200	0.037	1.000	
6	Standard 6	Standard		0.400	0.073	1.000	
7							

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Fe.pho



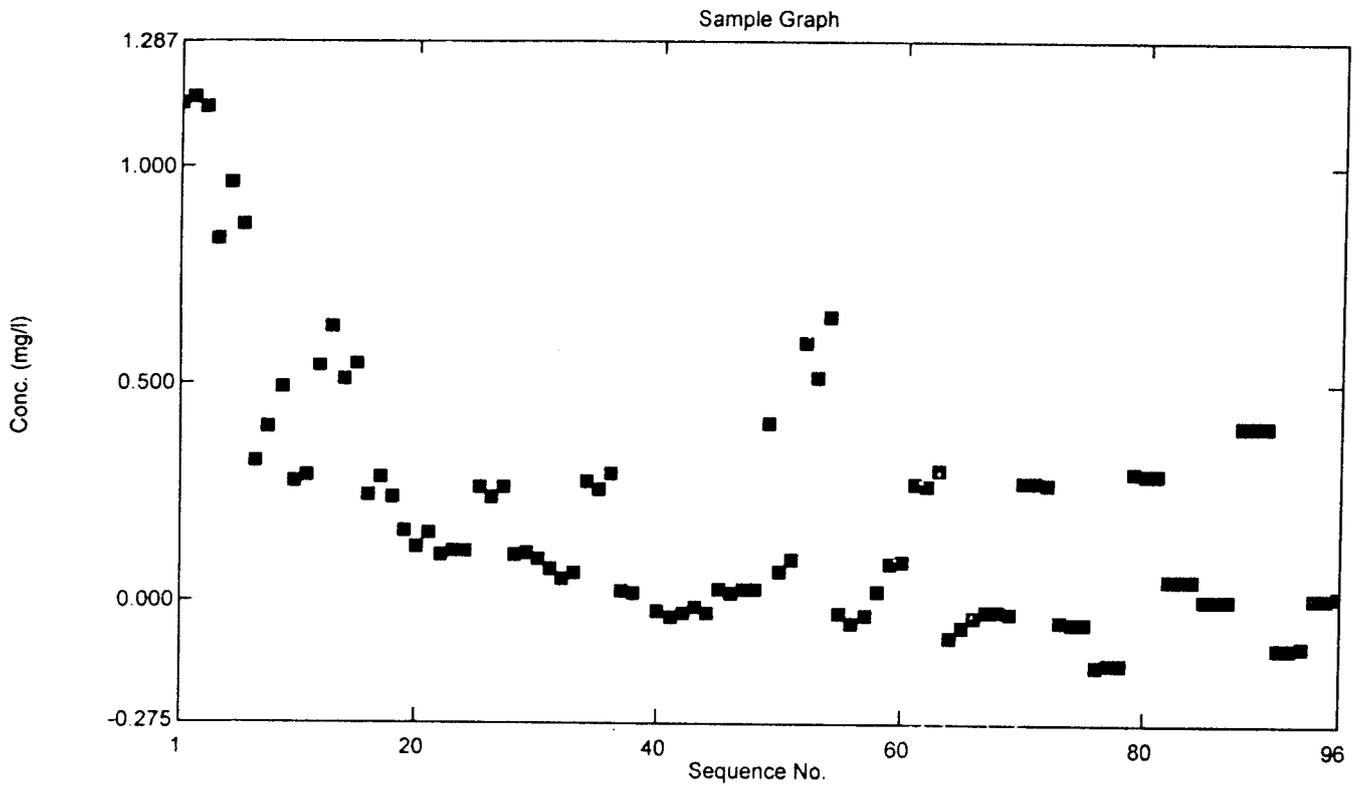
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	Sampel I	Unknown		1.146	0.216	
2	Sampel II	Unknown		1.157	0.219	
3	Sampel III	Unknown		1.134	0.214	
4	inlet 1	Unknown		0.834	0.157	
5	inlet 2	Unknown		0.964	0.182	
6	inlet 3	Unknown		0.867	0.163	
7	aerasi 0/1	Unknown		0.322	0.059	
8	aerasi 0/2	Unknown		0.399	0.074	
9	aerasi 0/3	Unknown		0.491	0.091	
10	karbon 0/1	Unknown		0.276	0.050	
11	karbon 0/2	Unknown		0.288	0.052	
12	karbon 0/3	Unknown		0.541	0.101	
13	filter 0/1	Unknown		0.633	0.118	
14	filter 0/2	Unknown		0.506	0.094	
15	filter 0/3	Unknown		0.547	0.102	
16	aerasi 30/1	Unknown		0.240	0.043	
17	aerasi 30/2	Unknown		0.282	0.051	-
18	aerasi 30/3	Unknown		0.239	0.043	

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Fe.pho



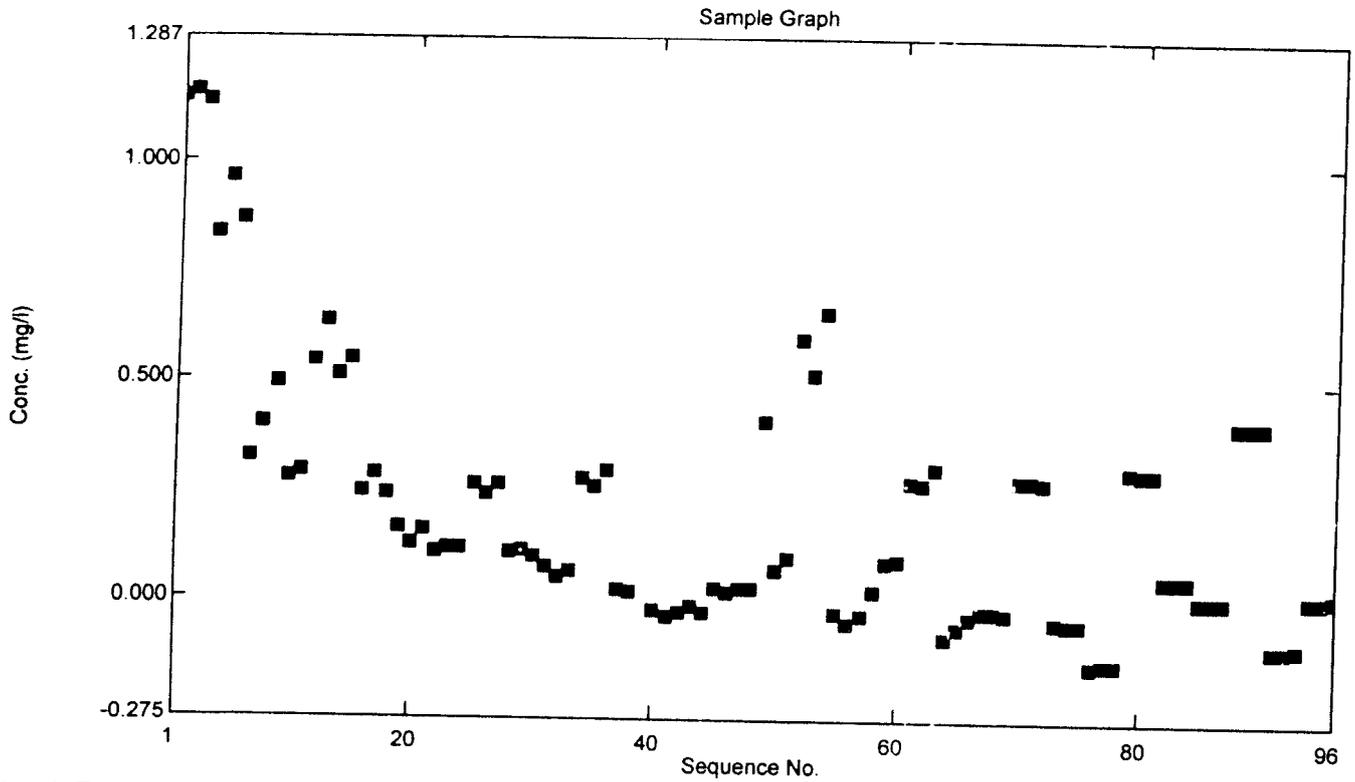
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
19	karbon 30/1	Unknown		0.161	0.028	
20	karbon 30/2	Unknown		0.122	0.021	
21	karbon 30/3	Unknown		0.157	0.027	
22	filter 30/1	Unknown		0.103	0.017	
23	filter 30/2	Unknown		0.115	0.019	
24	filter 30/3	Unknown		0.113	0.019	
25	aerasi 60/1	Unknown		0.262	0.047	
26	aerasi 60/2	Unknown		0.239	0.043	
27	aerasi 60/3	Unknown		0.260	0.047	
28	karbon 60/1	Unknown		0.104	0.017	
29	karbon 60/2	Unknown		0.111	0.019	
30	karbon 60/3	Unknown		0.095	0.016	
31	filter 60/1	Unknown		0.074	0.011	
32	filter 60/2	Unknown		0.048	0.006	
33	filter 60/3	Unknown		0.062	0.009	
34	aerasi 90/1	Unknown		0.273	0.050	
35	aerasi 90/2	Unknown		0.256	0.046	
36	aerasi 90/3	Unknown		0.295	0.054	

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Fe.pho



Sample Table

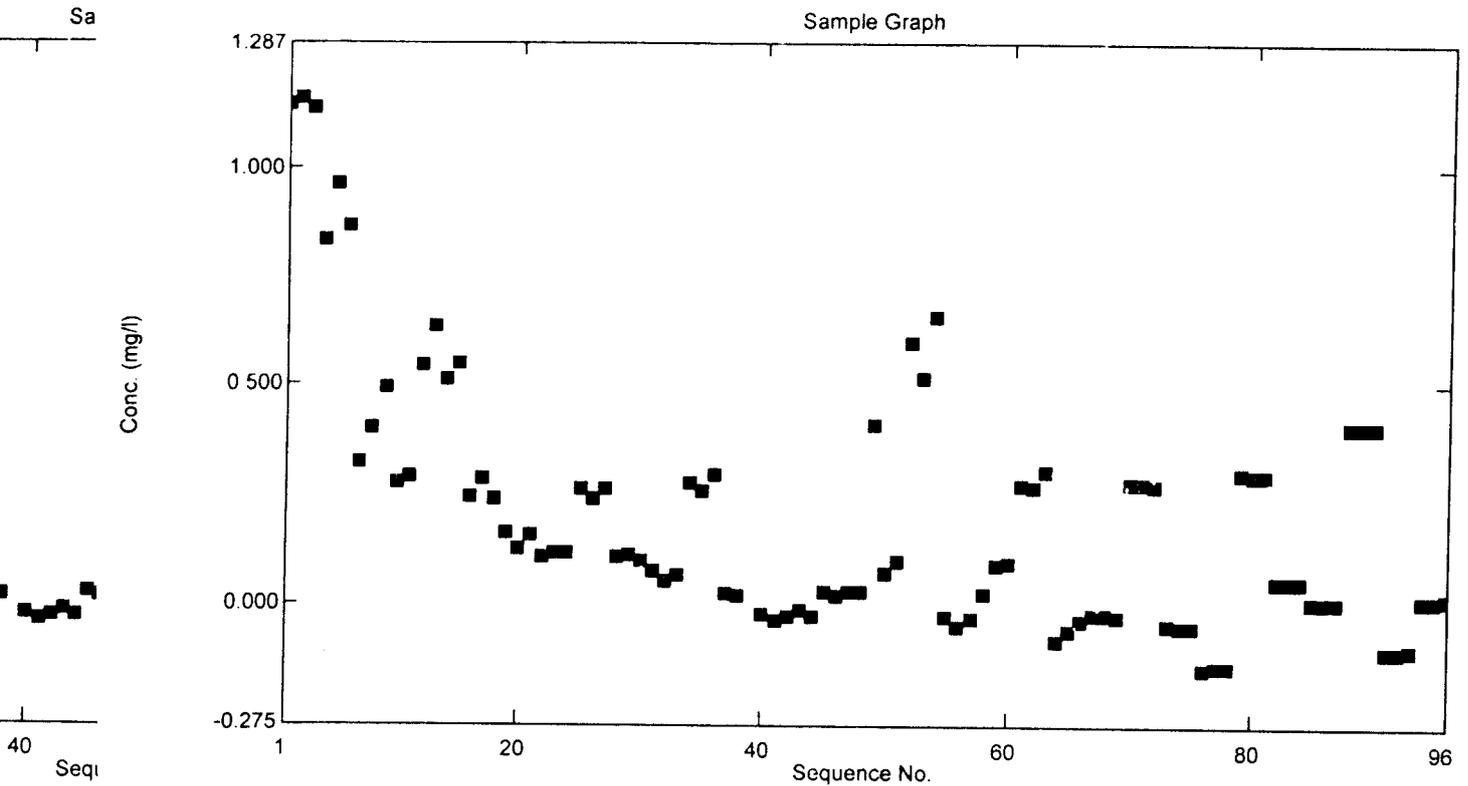
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
37	karbon 90/1	Unknown		0.023	0.002	
38	karbon 90/2	Unknown		0.016	0.000	
39	karbon 90/3	Unknown	✓	-0.013	-0.005	
40	filter 90/1	Unknown		-0.022	-0.007	
41	filter 90/2	Unknown		-0.037	-0.010	
42	filter 90/3	Unknown		-0.030	-0.008	
43	aerasi 120/1	Unknown		-0.015	-0.005	
44	aerasi 120/2	Unknown		-0.028	-0.008	
45	aerasi 120/3	Unknown		0.026	0.002	
46	karbon 120/1	Unknown		0.016	0.000	
47	karbon 120/2	Unknown		0.027	0.003	
48	karbon 120/3	Unknown		0.028	0.003	
49	filter 120/1	Unknown		0.406	0.075	
50	filter 120/2	Unknown		0.068	0.010	
51	filter 120/3	Unknown		0.097	0.016	
52	A 0/1	Unknown		0.593	0.111	
53	A 0/2	Unknown		0.514	0.096	
54	A 0/3	Unknown		0.657	0.123	

P
PPB

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

VProbe File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Fe.pho

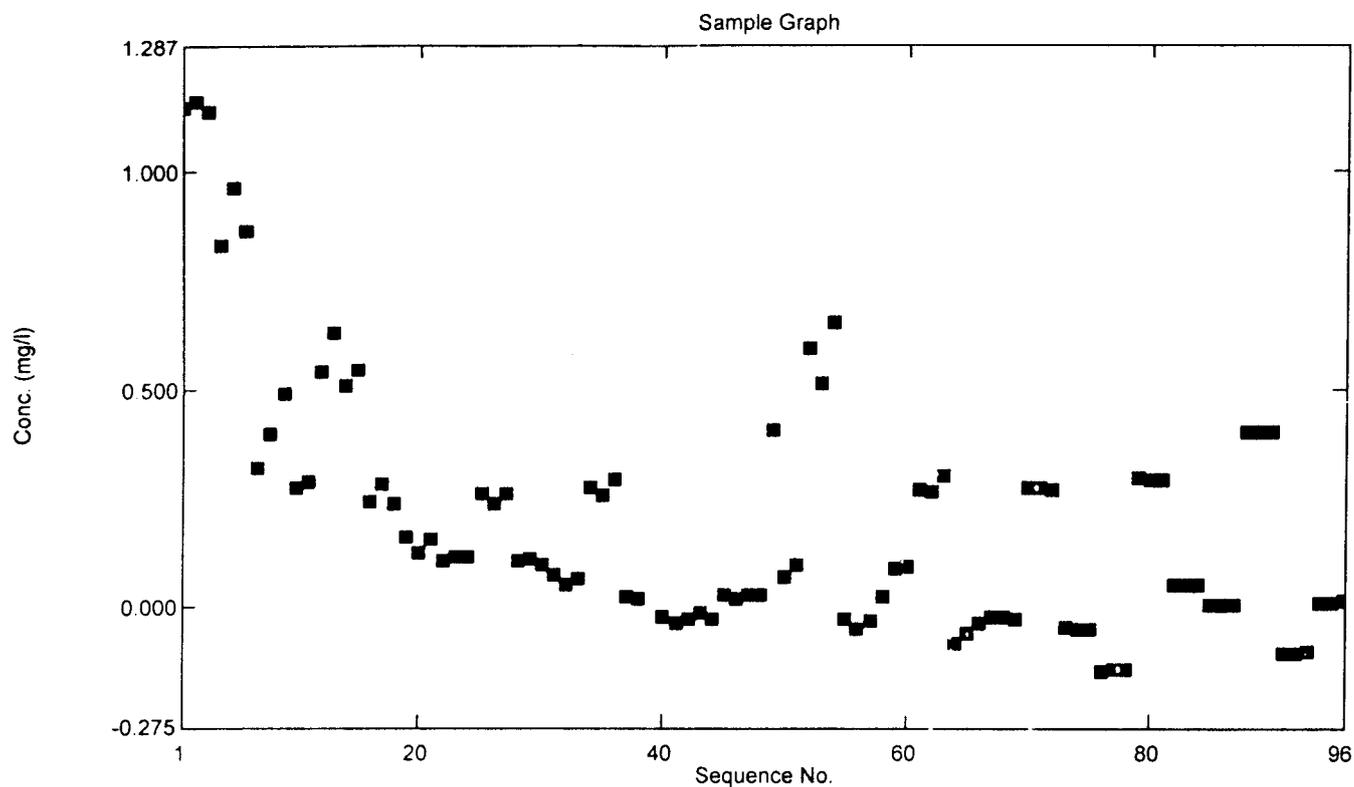


Conc	Seq	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
0.027	55	Z 0/1	Unknown		-0.027	-0.008	
0.052	56	Z 0/2	Unknown		-0.052	-0.013	
0.031	57	Z 0/3	Unknown		-0.031	-0.009	
0.021	58	F 0/1	Unknown		0.021	0.001	
0.088	59	F 0/2	Unknown		0.088	0.014	
0.091	60	F 0/3	Unknown		0.091	0.015	
0.269	61	A 30/1	Unknown		0.269	0.049	
0.266	62	A 30/2	Unknown		0.266	0.048	
0.302	63	A 30/3	Unknown		0.302	0.055	
0.081	64	Z 30/1	Unknown		-0.081	-0.018	
0.059	65	Z 30/2	Unknown		-0.059	-0.014	
0.037	66	Z 30/3	Unknown		-0.037	-0.010	
0.024	67	filter 30 1	Unknown		-0.024	-0.007	
0.025	68	filter 30 2	Unknown		-0.025	-0.007	
0.029	69	filter 30 3	Unknown		-0.029	-0.008	
0.272	70	aerasi 60 1	Unknown		0.272	0.049	
0.272	71	aerasi 60 2	Unknown		0.272	0.049	
0.272	72	aerasi 60 3	Unknown		0.272	0.049	

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVPProbe\Data\Warih Fe.pho



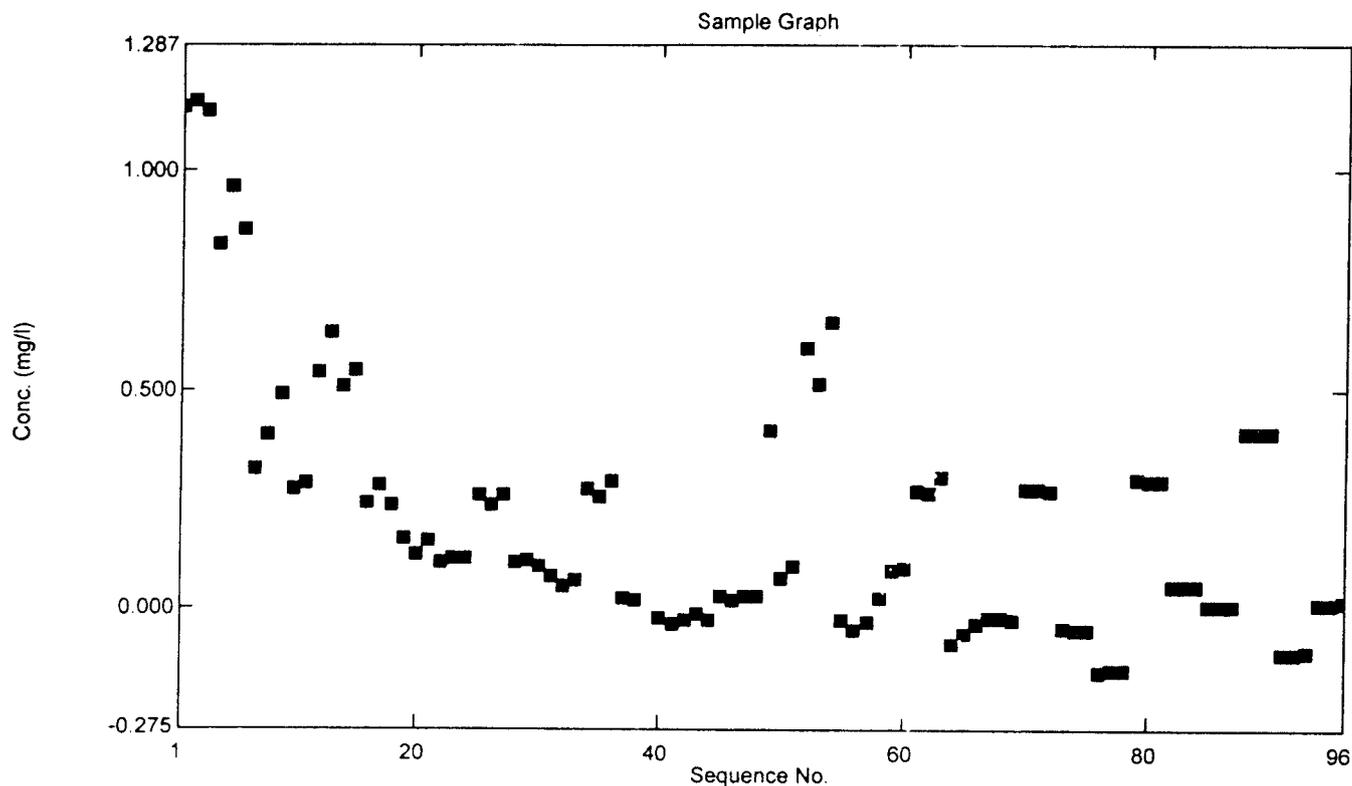
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
55	Z 0/1	Unknown		-0.027	-0.008	
56	Z 0/2	Unknown		-0.052	-0.013	
57	Z 0/3	Unknown		-0.031	-0.009	
58	F 0/1	Unknown		0.021	0.001	
59	F 0/2	Unknown		0.088	0.014	
60	F 0/3	Unknown		0.091	0.015	
61	A 30/1	Unknown		0.269	0.049	
62	A 30/2	Unknown		0.266	0.048	
63	A 30/3	Unknown		0.302	0.055	
64	Z 30/1	Unknown		-0.081	-0.018	
65	Z 30/2	Unknown		-0.059	-0.014	
66	Z 30/3	Unknown		-0.037	-0.010	
67	filter 30 1	Unknown		-0.024	-0.007	
68	filter 30 2	Unknown		-0.025	-0.007	
69	filter 30 3	Unknown		-0.029	-0.008	
70	aerasi 60 1	Unknown		0.272	0.049	
71	aerasi 60 2	Unknown		0.272	0.049	
72	aerasi 60 3	Unknown		0.272	0.049	

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Fe.pho



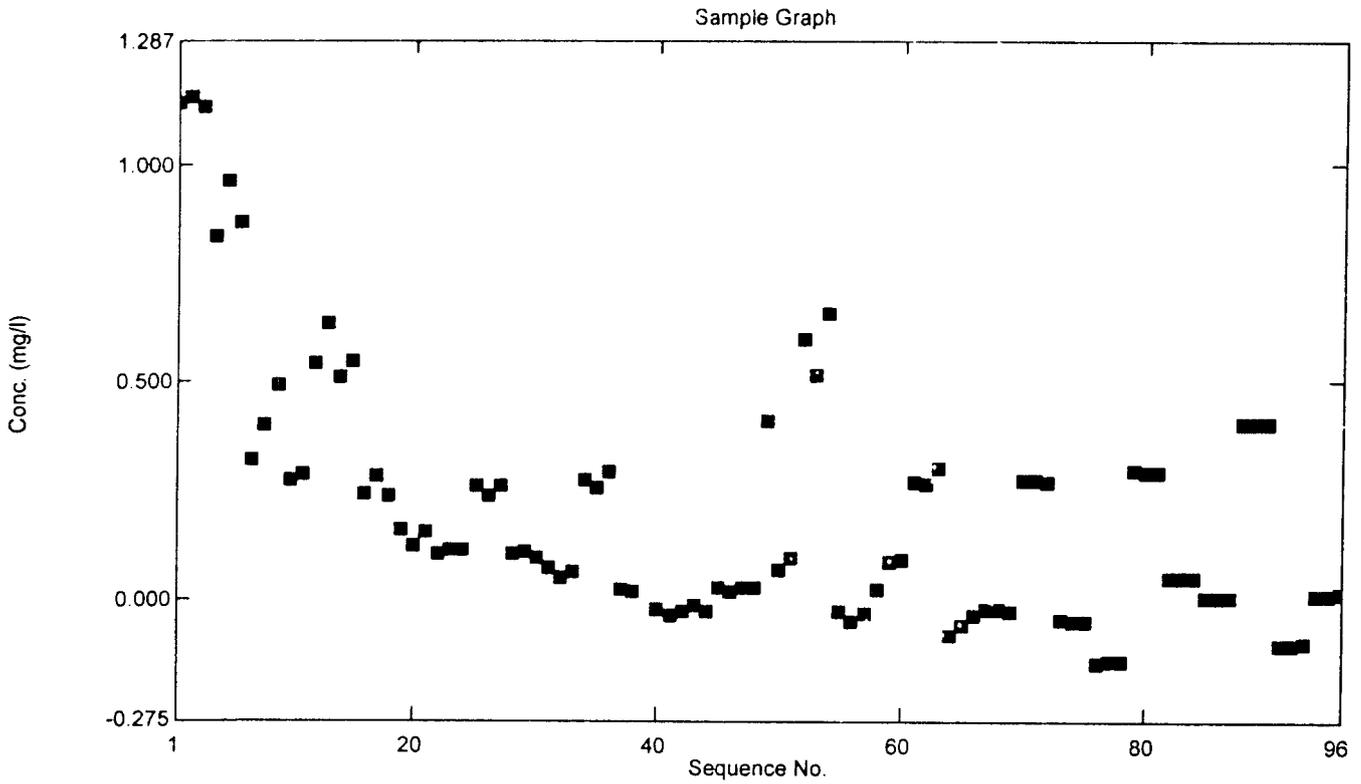
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
91	zeolit 120 1	Unknown		-0.107	-0.023	
92	zeolit 120 2	Unknown		-0.104	-0.022	
93	zeolit 120 3	Unknown		-0.103	-0.022	
94	filter 120 1	Unknown		0.010	-0.001	
95	filter 120 2	Unknown		0.011	-0.001	
96	filter 120 3	Unknown		0.014	0.000	
97						

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Fe.pho



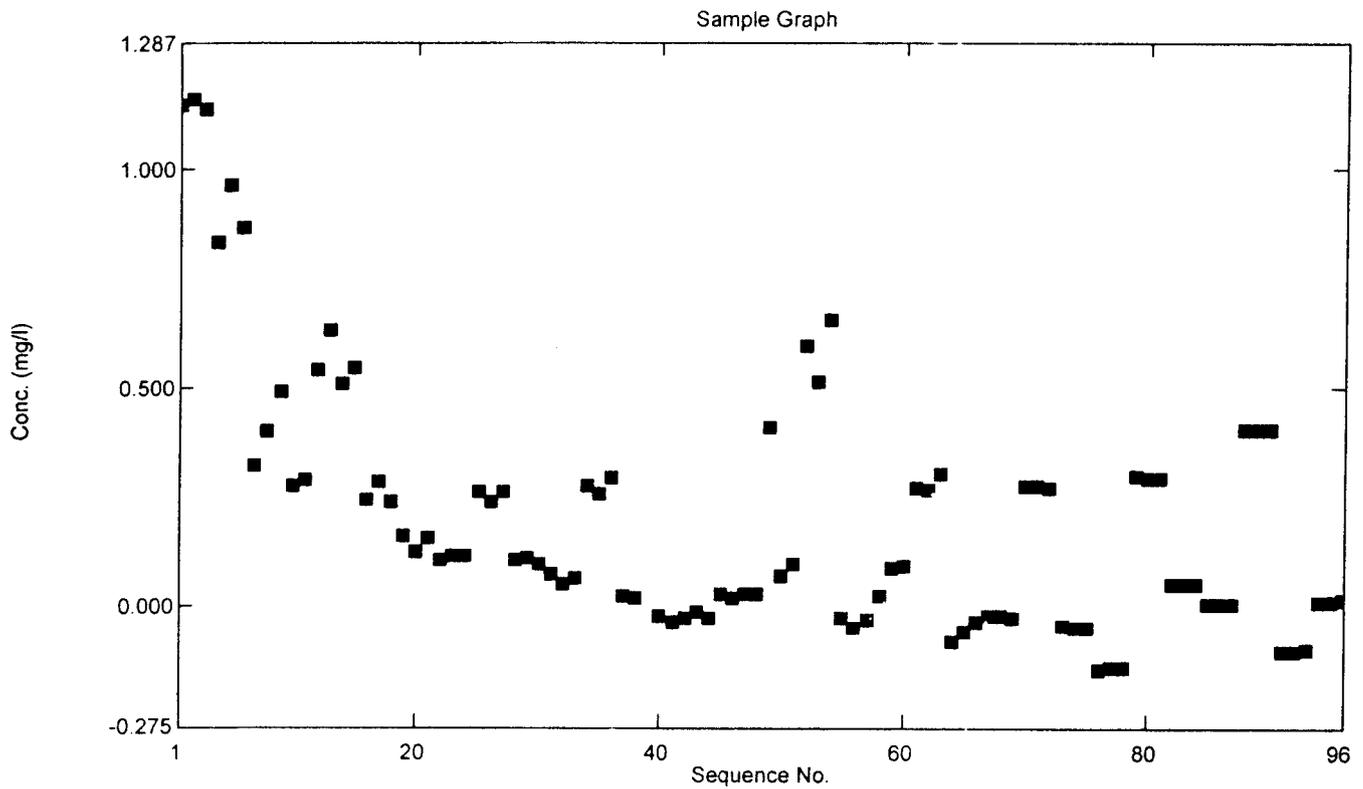
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
91	zeolit 120 1	Unknown		-0.107	-0.023	
92	zeolit 120 2	Unknown		-0.104	-0.022	
93	zeolit 120 3	Unknown		-0.103	-0.022	
94	filter 120 1	Unknown		0.010	-0.001	
95	filter 120 2	Unknown		0.011	-0.001	
96	filter 120 3	Unknown		0.014	0.000	
97						

Sample Table Report

03/21/2006 03:46:18 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Fe.pho



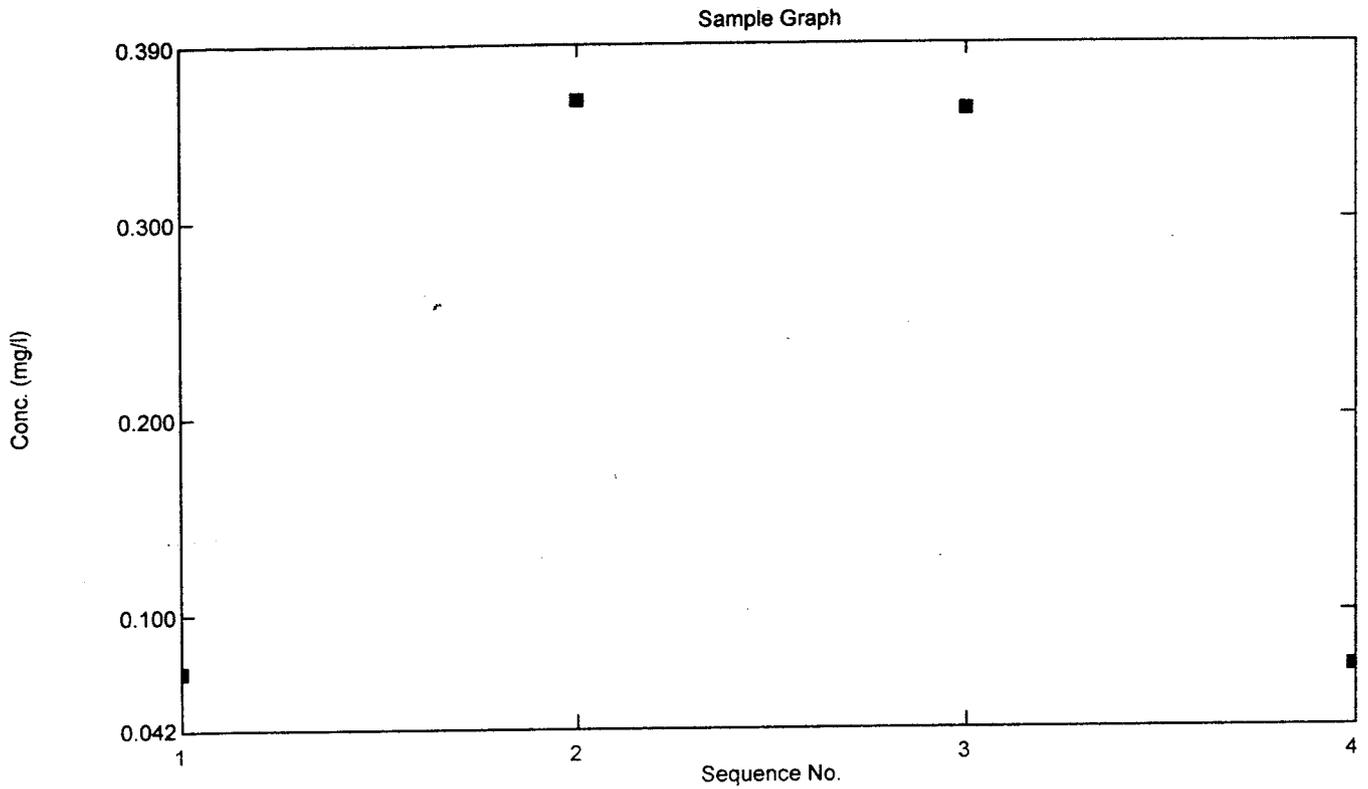
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
91	zeolit 120 1	Unknown		-0.107	-0.023	
92	zeolit 120 2	Unknown		-0.104	-0.022	
93	zeolit 120 3	Unknown		-0.103	-0.022	
94	filter 120 1	Unknown		0.010	-0.001	
95	filter 120 2	Unknown		0.011	-0.001	
96	filter 120 3	Unknown		0.014	0.000	
97						

Sample Table Report

05/06/2006 10:58:50 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Kwarsa Warih.pho



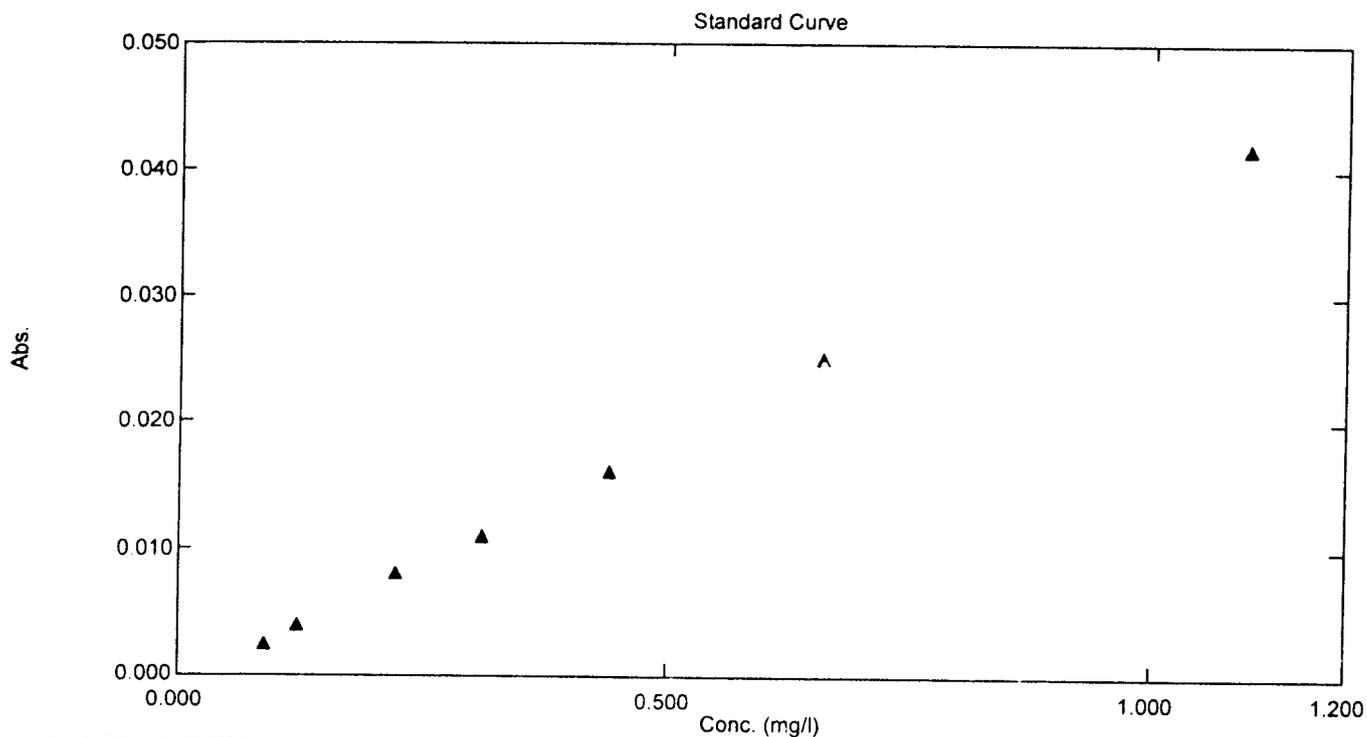
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL511	Comments
1	Sampel PDAM 2	Unknown		0.071	0.011	awal 1
2	sampel 5	Unknown		0.361	0.066	setelah diaduk 60 menit
3	Sampel 5 1	Unknown		0.356	0.065	Setelah diaduk 60 menit
4	Sampel PDAM	Unknown		0.072	0.011	Awal 2
5						

Standard Table Report

03/21/2006 03:58:46 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Mn.pho



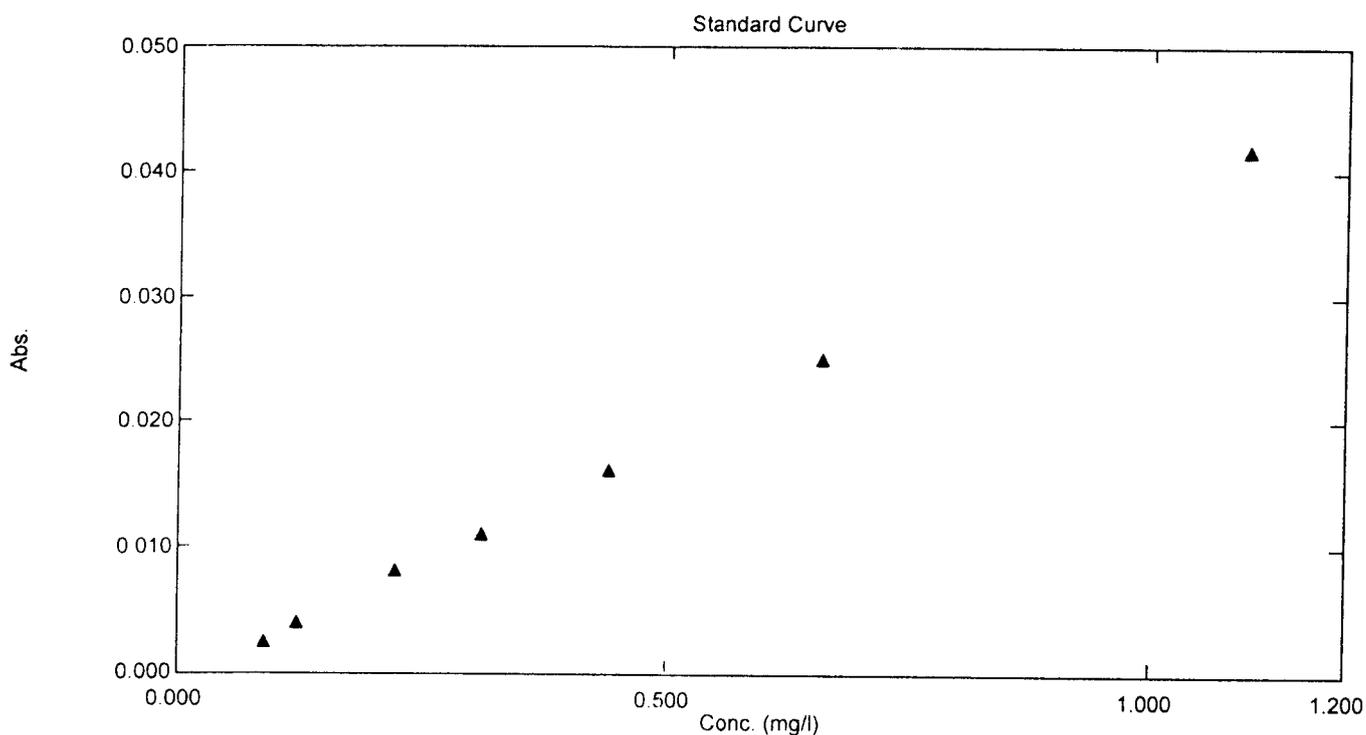
Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Wgt.Factor	Comments
1	Std 1	Standard		0.088	0.002	1.000	
2	Std 2	Standard		0.220	0.008	1.000	
3	Std 3	Standard		0.308	0.011	1.000	
4	Std 4	Standard		0.440	0.016	1.000	
5	Std 5	Standard		0.660	0.025	1.000	
6	Std 6	Standard		1.100	0.042	1.000	
7	standar 7	Standard		0.120	0.004	1.000	
8							

Standard Table Report

03/21/2006 03:58:46 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Mn.pho



$y = 0.03870x - 0.00074$
 r^2 Correlation Coefficient = 0.99977

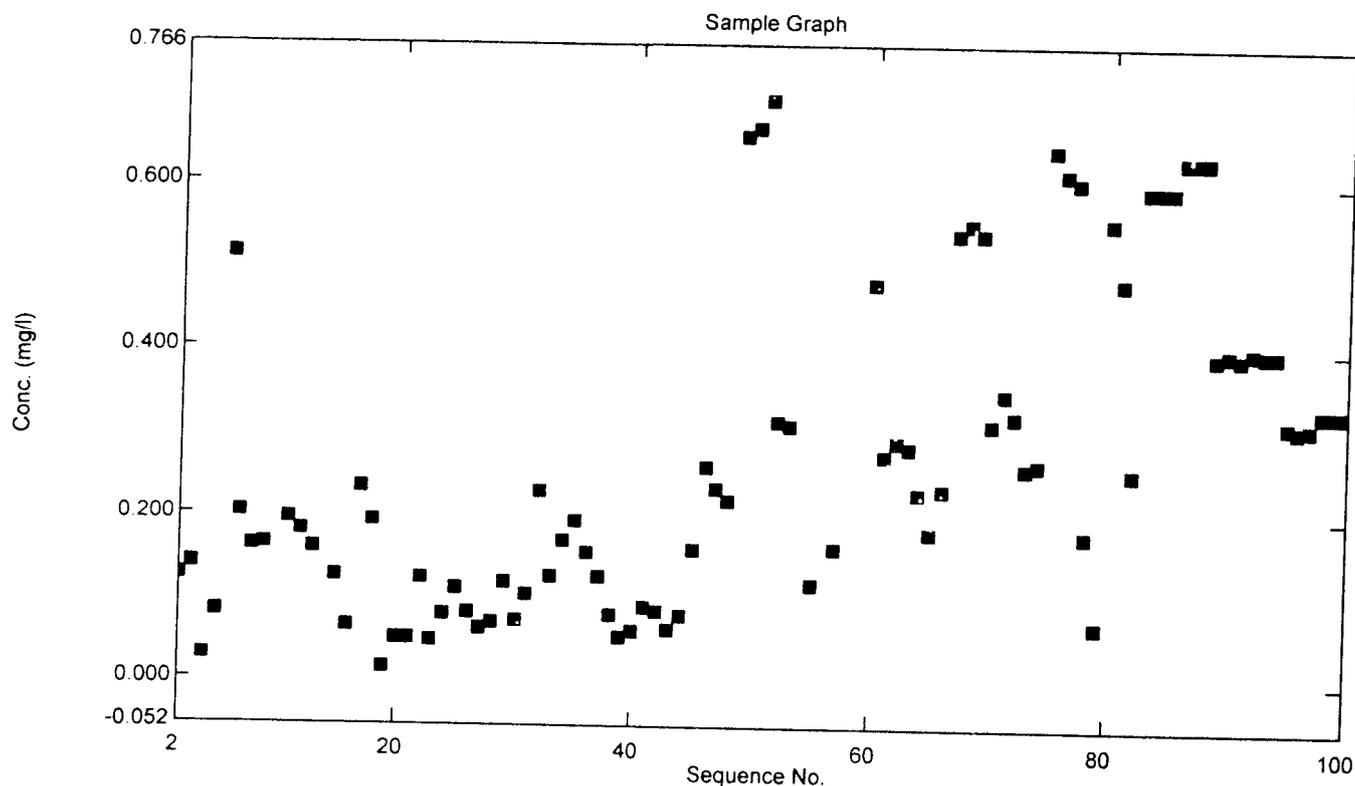
Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Wgt.Factor	Comments
1	Std 1	Standard		0.088	0.002	1.000	
2	Std 2	Standard		0.220	0.008	1.000	
3	Std 3	Standard		0.308	0.011	1.000	
4	Std 4	Standard		0.440	0.016	1.000	
5	Std 5	Standard		0.660	0.025	1.000	
6	Std 6	Standard		1.100	0.042	1.000	
7	standar 7	Standard		0.120	0.004	1.000	
8							

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Mn.pho



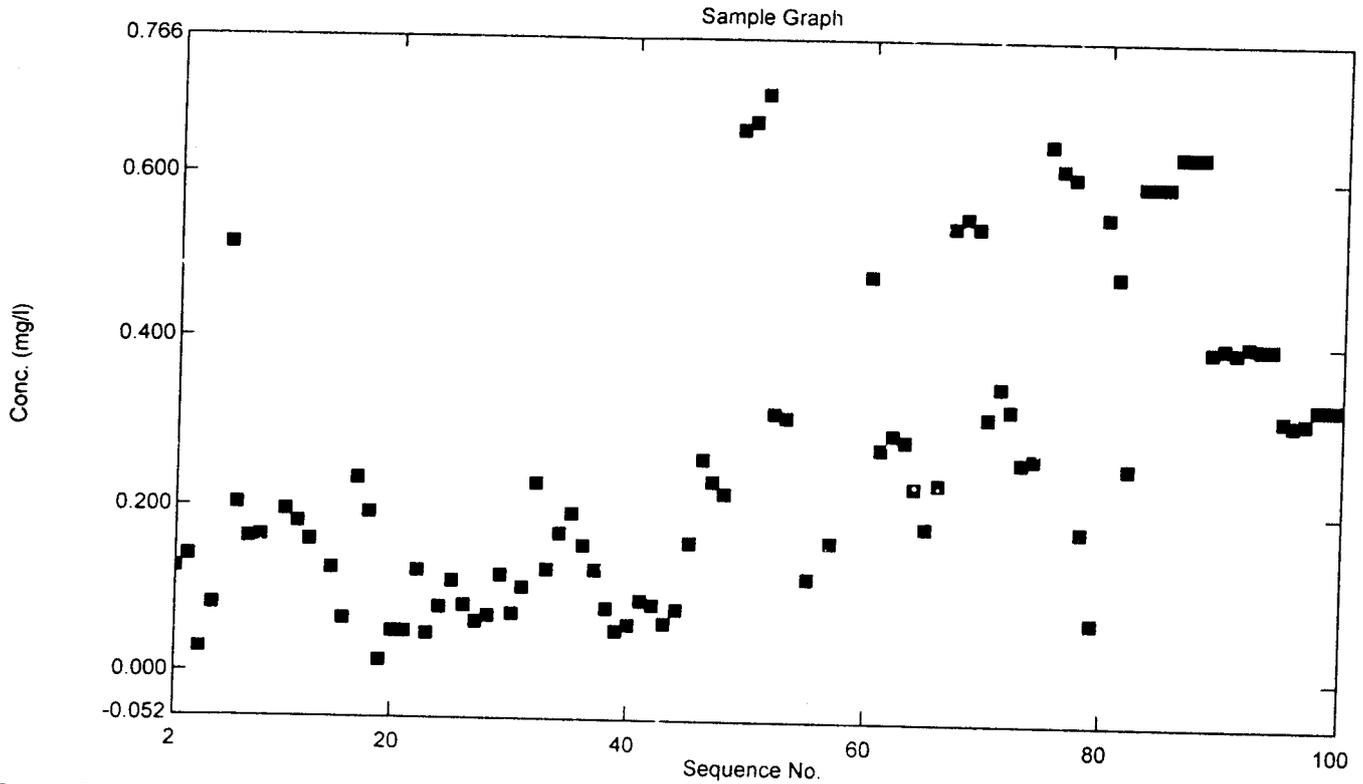
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
19	karbon 0/1	Unknown		0.016	-0.000	
20	karbon 0/2	Unknown		0.051	0.001	
21	karbon 0/3	Unknown		0.051	0.001	
22	karbon 30/1	Unknown		0.123	0.004	
23	karbon 30/2	Unknown		0.048	0.001	
24	karbon 30/3	Unknown		0.079	0.002	
25	karbon 60/1	Unknown		0.111	0.004	
26	karbon 60/2	Unknown		0.082	0.002	
27	karbon 60/3	Unknown		0.063	0.002	
28	karbon 90/1	Unknown		0.070	0.002	
29	karbon 90/2	Unknown		0.117	0.004	
30	karbon 90/3	Unknown		0.073	0.002	
31	karbon 120/1	Unknown		0.104	0.003	
32	karbon 120/2	Unknown		0.227	0.008	
33	karbon 120/3	Unknown		0.126	0.004	
34	filter 0/1	Unknown		0.168	0.006	
35	filter 0/2	Unknown		0.193	0.007	
36	filter 0/3	Unknown		0.155	0.005	

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warid Mn.pho



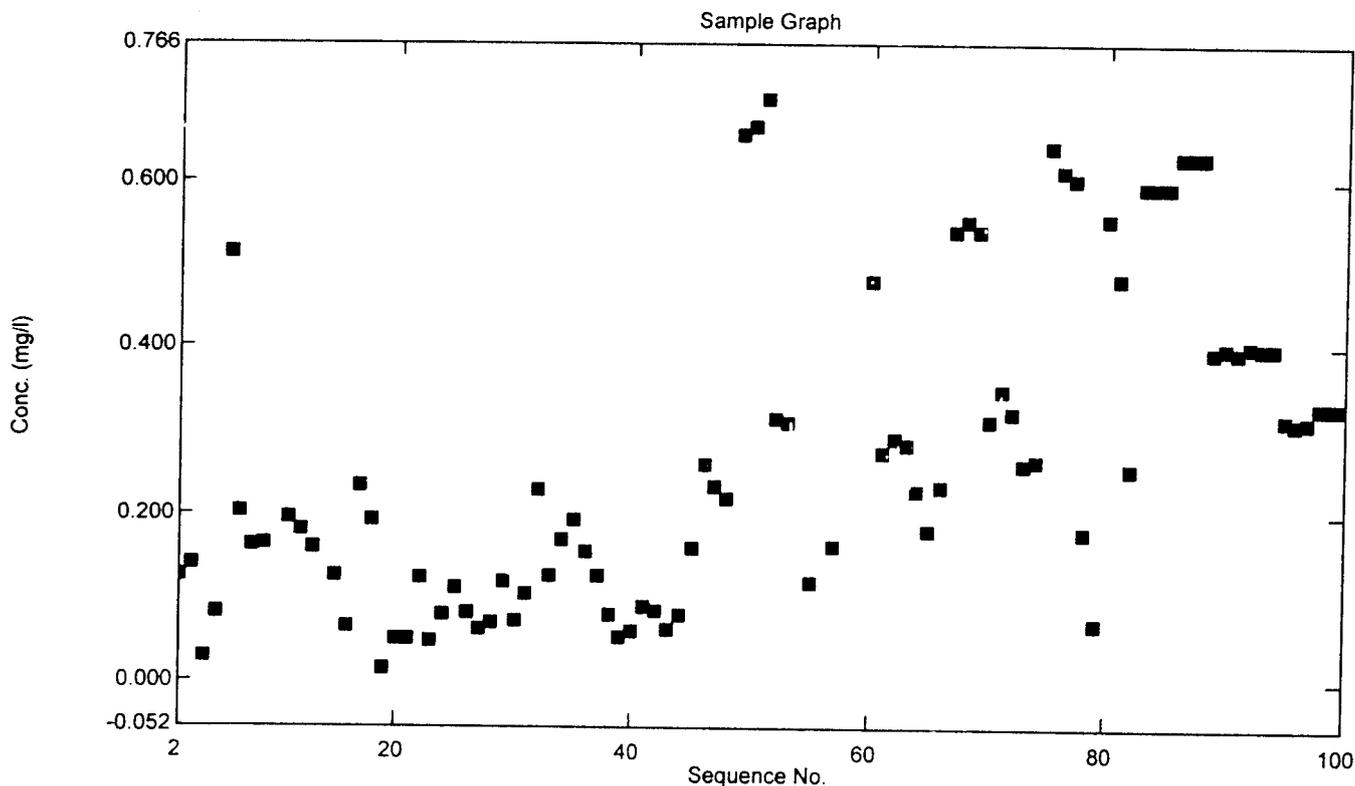
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
19	karbon 0/1	Unknown		0.016	-0.000	
20	karbon 0/2	Unknown		0.051	0.001	
21	karbon 0/3	Unknown		0.051	0.001	
22	karbon 30/1	Unknown		0.123	0.004	
23	karbon 30/2	Unknown		0.048	0.001	
24	karbon 30/3	Unknown		0.079	0.002	
25	karbon 60/1	Unknown		0.111	0.004	
26	karbon 60/2	Unknown		0.082	0.002	
27	karbon 60/3	Unknown		0.063	0.002	
28	karbon 90/1	Unknown		0.070	0.002	
29	karbon 90/2	Unknown		0.117	0.004	
30	karbon 90/3	Unknown		0.073	0.002	
31	karbon 120/1	Unknown		0.104	0.003	
32	karbon 120/2	Unknown		0.227	0.008	
33	karbon 120/3	Unknown		0.126	0.004	
34	filter 0/1	Unknown		0.168	0.006	
35	filter 0/2	Unknown		0.193	0.007	
36	filter 0/3	Unknown		0.155	0.005	

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Mn.pho



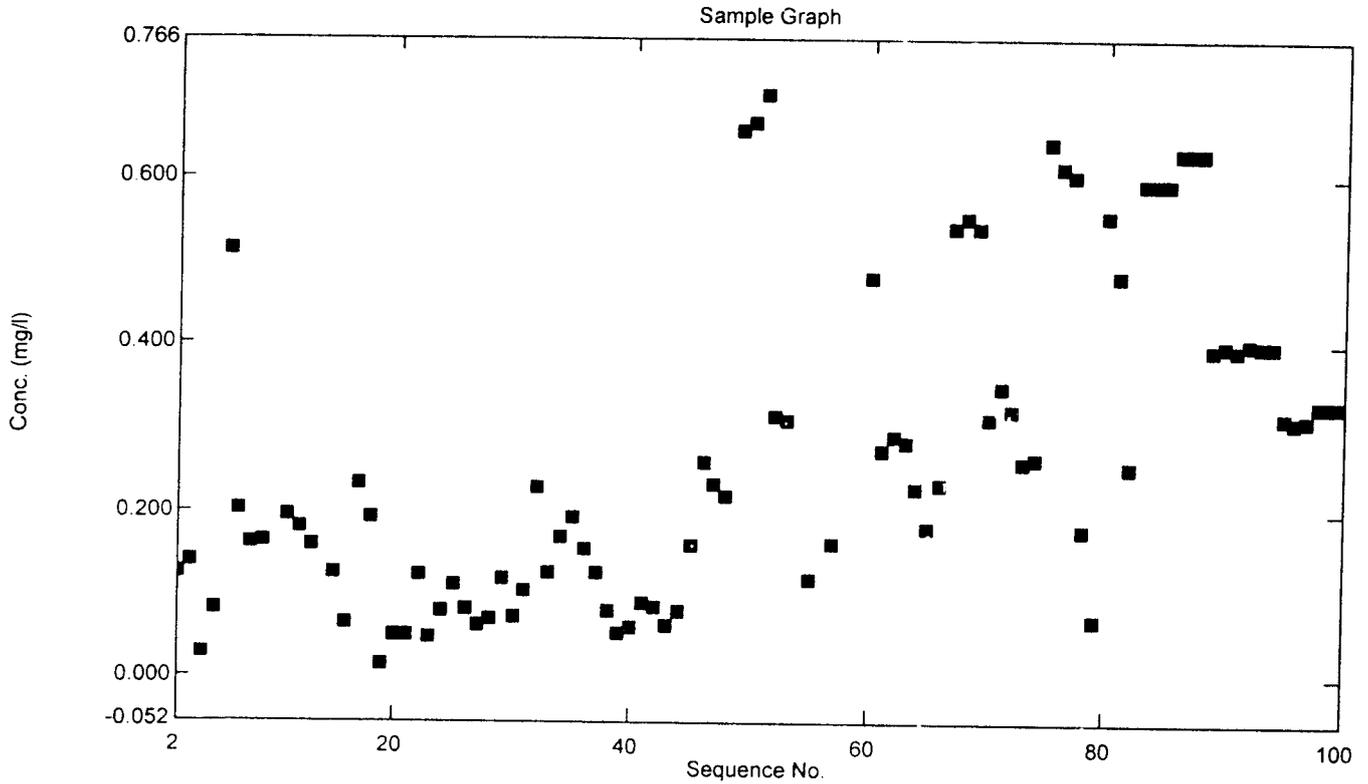
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
55	F 0/1	Unknown		0.117	0.004	
56	F 0/2	Unknown	✓	0.073	0.002	
57	F 0/3	Unknown		0.161	0.005	
58	A 30/1	Unknown	✓	0.682	0.026	
59	A 30/2	Unknown	✓	0.581	0.022	
60	A 30/3	Unknown		0.480	0.018	
61	Z 30/1	Unknown		0.275	0.010	
62	Z 30/2	Unknown		0.291	0.010	
63	Z 30/3	Unknown		0.284	0.010	
64	F 30/1	Unknown		0.227	0.008	
65	F 30/2	Unknown		0.180	0.006	
66	F 30/3	Unknown		0.234	0.008	
67	A 60/1	Unknown		0.540	0.020	
68	A 60/2	Unknown		0.552	0.021	
69	A 60/3	Unknown		0.540	0.020	
70	Z 60/1	Unknown		0.313	0.011	
71	Z 60/2	Unknown		0.347	0.013	
72	Z 60/3	Unknown		0.322	0.012	

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Mn.pho



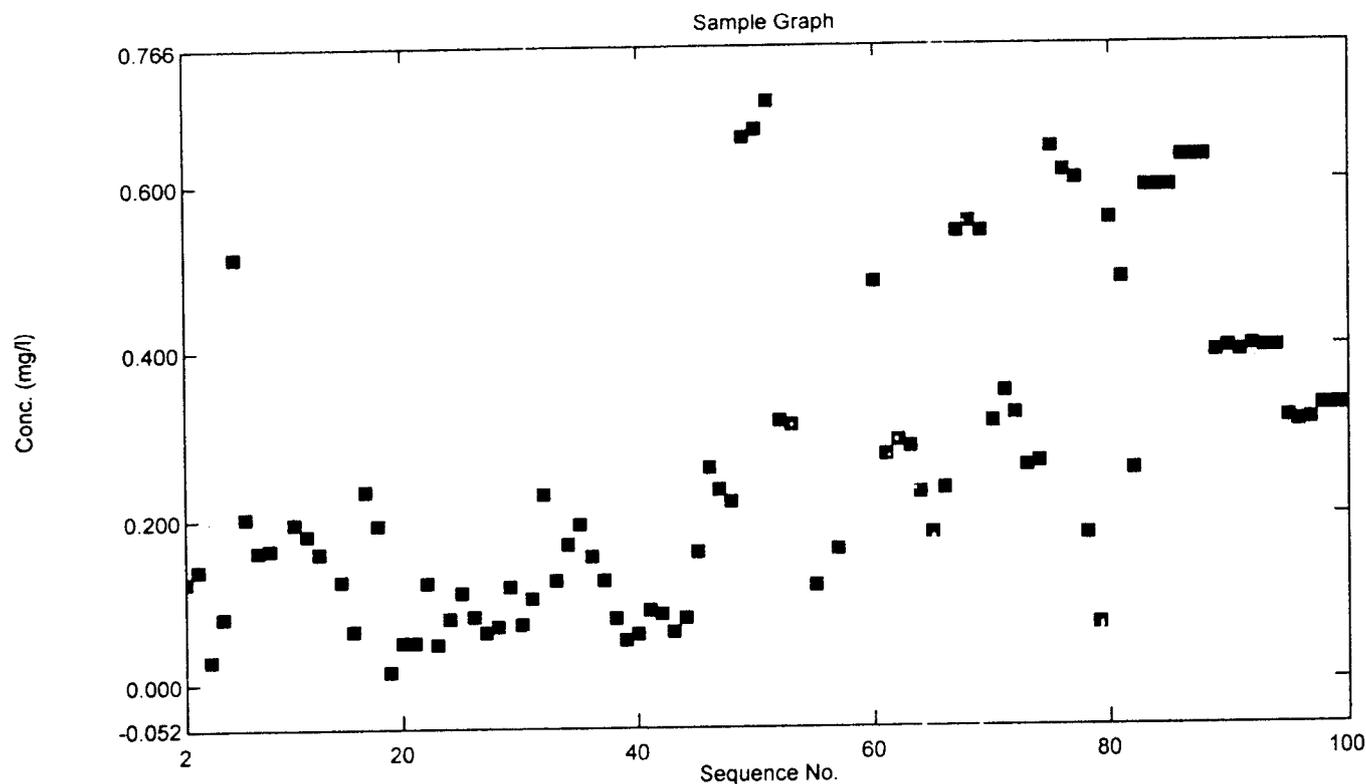
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
55	F 0/1	Unknown		0.117	0.004	
56	F 0/2	Unknown	✓	0.073	0.002	
57	F 0/3	Unknown		0.161	0.005	
58	A 30/1	Unknown	✓	0.682	0.026	
59	A 30/2	Unknown	✓	0.581	0.022	
60	A 30/3	Unknown		0.480	0.018	
61	Z 30/1	Unknown		0.275	0.010	
62	Z 30/2	Unknown		0.291	0.010	
63	Z 30/3	Unknown		0.284	0.010	
64	F 30/1	Unknown		0.227	0.008	
65	F 30/2	Unknown		0.180	0.006	
66	F 30/3	Unknown		0.234	0.008	
67	A 60/1	Unknown		0.540	0.020	
68	A 60/2	Unknown		0.552	0.021	
69	A 60/3	Unknown		0.540	0.020	
70	Z 60/1	Unknown		0.313	0.011	
71	Z 60/2	Unknown		0.347	0.013	
72	Z 60/3	Unknown		0.322	0.012	

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warih Mn.pho



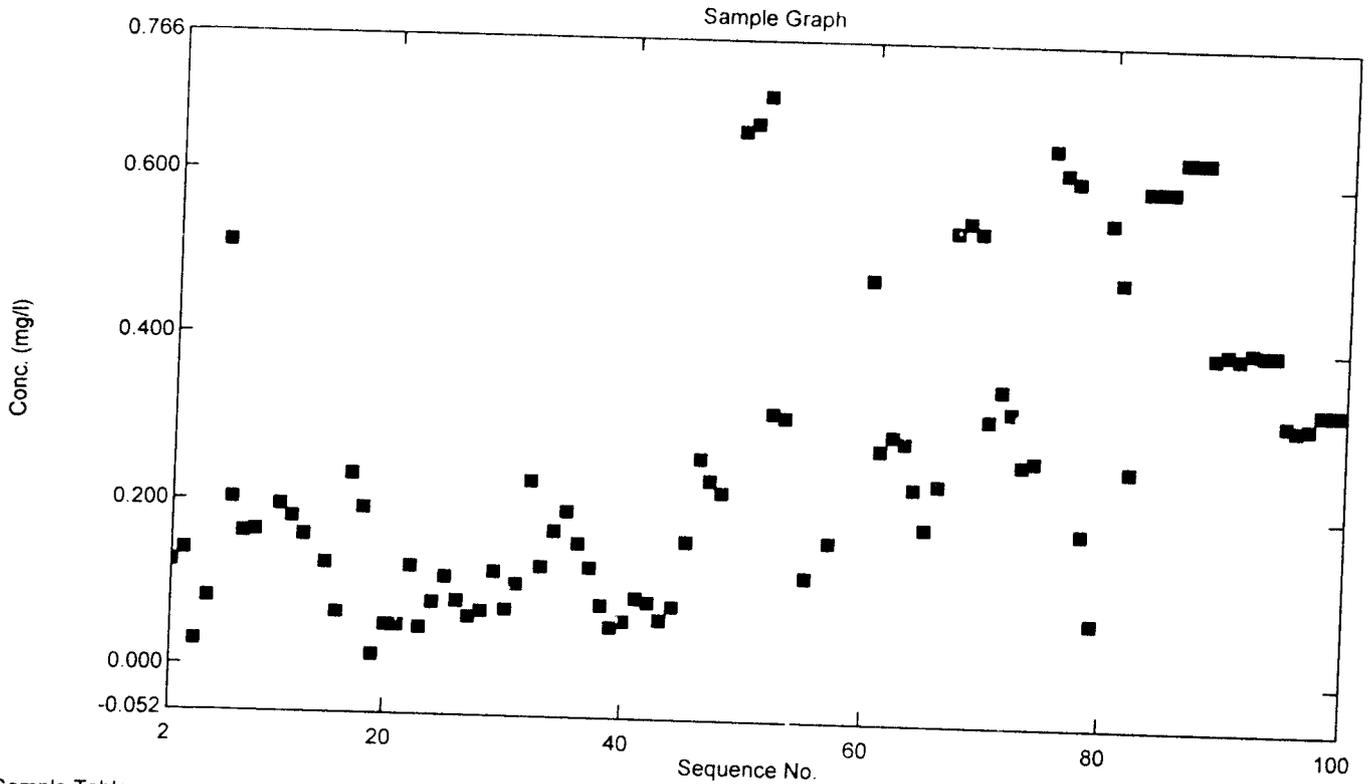
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
73	F 60/1	Unknown		0.259	0.009	
74	F 60/3	Unknown		0.265	0.010	
75	Awal 1	Unknown		0.641	0.024	
76	awal 2	Unknown		0.612	0.023	
77	awal 3	Unknown		0.603	0.023	
78	U Z 0/3	Unknown		0.177	0.006	
79	U F 0/2	Unknown		0.070	0.002	
80	U A 30/2	Unknown		0.556	0.021	
81	U A 30/3	Unknown		0.483	0.018	
82	U F 60/2	Unknown		0.256	0.009	
83	aerasi 90 1	Unknown		0.593	0.022	
84	aerasi 90 2	Unknown		0.593	0.022	
85	aerasi 90 3	Unknown		0.593	0.022	
86	aerasi 120 1	Unknown		0.628	0.024	
87	aerasi 120 2	Unknown		0.628	0.024	
88	aerasi 120 3	Unknown		0.628	0.024	
89	zeolit 90 1	Unknown		0.395	0.015	
90	zeolit 90 2	Unknown		0.398	0.015	

Sample Table Report

03/21/2006 03:52:57 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Warh Mn.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL524.8	Comments
91	zeolit 90 3	Unknown		0.395	0.015	
92	zeolit 120 1	Unknown		0.401	0.015	
93	zeolit 120 2	Unknown		0.398	0.015	
94	zeolit 120 3	Unknown		0.398	0.015	
95	filter 90 1	Unknown		0.316	0.011	
96	filter 90 2	Unknown		0.309	0.011	
97	filter 90 3	Unknown		0.313	0.011	
98	filter 120 1	Unknown		0.328	0.012	
99	filter 120 2	Unknown		0.328	0.012	
100	filter 120 3	Unknown		0.328	0.012	
101						

LAMPIRAN III

PERHITUNGAN ANALISA STATISTIK

Perhitungan Analisa Statistik

1. Analisa Fe (karbon)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1 ≠ A2

Langkah 3

Hasil kadar Fe				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	0.888	0.000	0.789	0.000
2	0.888	0.108	0.789	0.012
3	0.888	0.055	0.789	0.003
4	0.888	0.000	0.789	0.000
5	0.888	0.083	0.789	0.007

Statistik			Total (T)
n	5	5	10
∑X	4.440	0.246	4.686
∑X ²	3.943	0.021	3.964
AVR X	0.888	0.049	0.937
(∑X) ² /n _{A1}	3.943	0.012	3.955

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((4,440)^2/5)+((0,246)^2/5))-((4,686)^2/10)$$

$$= 1.759$$

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dka)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 1.759/1$$

$$= 1.759$$

Langkah 7

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 3.964 - (((4.440)^2/5) + ((0.246)^2/5))$$
$$= 0.00944$$

Langkah 8

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 0.00944/8$$

$$= 0.0012$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 1.759/ 0.0012$$

$$= 1490.813$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13

membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$1490,81 \geq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

2. Analisa Fe (zeolit) dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1 ≠ A2

Langkah 3

Hasil kadar Fe				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	0.888	0.055	0.789	0.003
2	0.888	0.000	0.789	0.000
3	0.888	0.000	0.789	0.000
4	0.888	0.005	0.789	0.000
5	0.888	0.011	0.789	0.000

Statistik			Total (T)
n	5	5	10
∑X	4.440	0.070	4.510
∑X ²	3.943	0.003	3.946
AVR X	0.888	0.014	0.902
(∑X) ² /n _{A1}	3.943	0.001	3.944

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((4,440)^2/5) + ((0,070)^2/5)) - ((4,510)^2/10)$$

$$= 1.910$$

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dka)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 1.910/1$$

$$= 1.910$$

Langkah 7

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 3,946 - (((4.440)^2/5) + ((0.070)^2/5))$$
$$= 0.00213$$

Langkah 8

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 0.00213/8$$

$$= 0.0003$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 1.910/ 0.0003$$

$$= 7187.730$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F \text{ tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F \text{ tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13

membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$7187.730 \geq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

3. Analisa Mn (karbon)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Mn inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Mn inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1≠A2

Langkah 3

Hasil kadar Mn				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	1.23	0.174	1.513	0.030
2	1.23	0.090	1.513	0.008
3	1.23	0.073	1.513	0.005
4	1.23	0.071	1.513	0.005
5	1.23	0.226	1.513	0.051

Statistik			Total (T)
n	5	5	10
$\sum X$	6.150	0.634	6.784
$\sum X^2$	7.565	0.100	7.664
AVR X	1.230	0.127	1.357
$(\sum X)^2/n_{A1}$	7.565	0.080	7.645

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((6,150)^2/5)+((0,634)^2/5))-((6,784)^2/10)$$

$$= 3.043$$

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dkA)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 3.043/1$$

$$= 3.043$$

Langkah 7

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 7.664-(((6.150)^2/5)+((0,634)^2/5))$$

$$= 0.0195$$

Langkah 8

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 0.0195/8$$

$$= 0.0024$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 3.043/ 0.0024$$

$$= 1249.457$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13

membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$1249.457 \geq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

4. Analisa Mn (zeolit)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Mn inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Mn inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1 ≠ A2

Langkah 3

Hasil kadar Mn				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	1.23	0.095	1.513	0.009
2	1.23	0.204	1.513	0.041
3	1.23	0.258	1.513	0.066
4	1.23	0.311	1.513	0.097
5	1.23	0.328	1.513	0.108

Statistik			Total (T)
n	5	5	10
∑X	6.150	1.195	7.345
∑X ²	7.565	0.321	7.886
AVR X	1.230	0.239	1.469
(∑X) ² /n _{A1}	7.565	0.286	7.850

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((6,150)^2/5)+((1,195)^2/5))-((7,345)^2/10)$$

$$= 2.455$$

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dka)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 2.455/1$$

$$= 2.455$$

Langkah 7

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 7,886-(((6,150)^2/5)+((1,195)^2/5))$$

$$= 0.035$$

Langkah 8
mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)
 $DKD = N - A$
 $10 - 2 = 8$

Langkah 9
mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)
 $KRD = JKD/DKD$
 $= 0.035/8$
 $= 0.0044$
0.0024

Langkah 10
mencari nilai F hitung
 $F \text{ hitung} = KRA/KRD$
 $= 2.455/ 0.0044$
 $= 554.167$

Langkah 11
menentukan kaidah pengujian
Jika $F \geq F \text{ tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan
Jika $F \leq F \text{ tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12
mencari F tabel

$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$
 $F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$
 $F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$
 $F \text{ tabel} = 5,32$

Langkah 13
membandingkan F hitung dengan F tabel
 $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$
 $554.167 \geq 5,32$

Langkah 14
menyimpulkan
 $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

LAMPIRAN IV

**PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 82 TAHUN 2001
TENTANG
PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN
PENCEMARAN AIR**

LAMPIRAN

**PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETEGORIAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L

KIMIA ANORGANIK						
ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	bg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/L					
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
	ug/L					
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Keterangan :

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda < adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

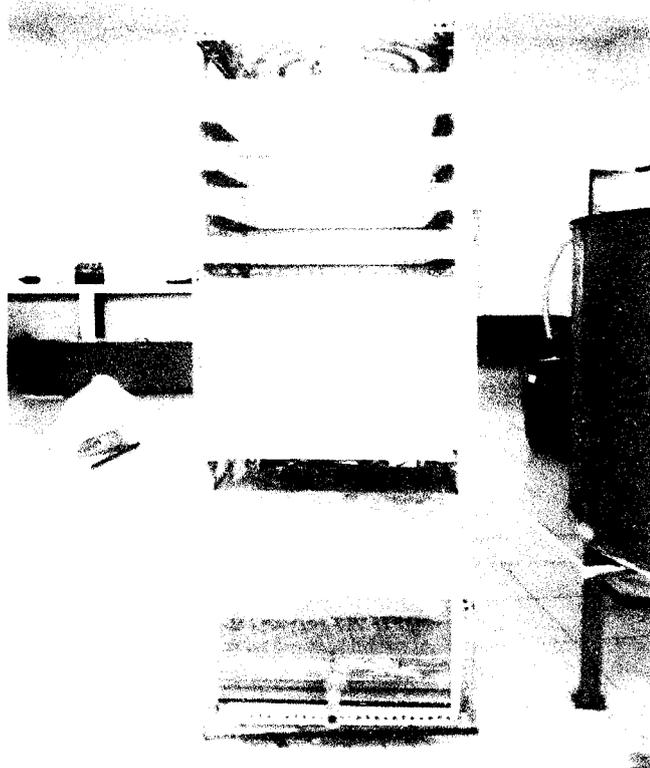
ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

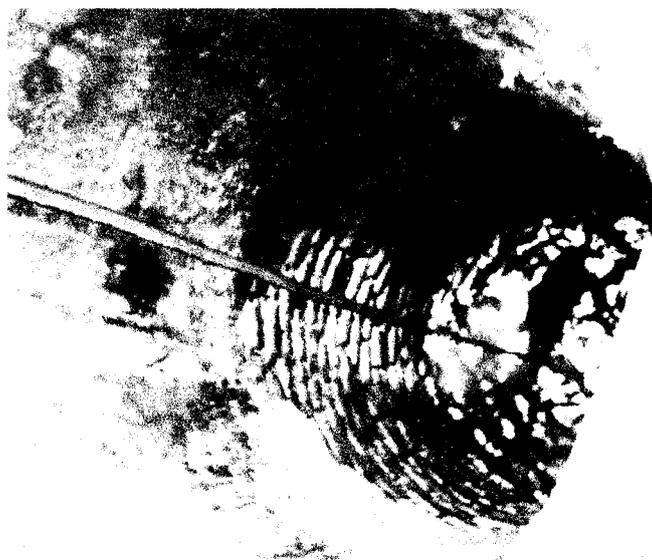
LAMPIRAN

V

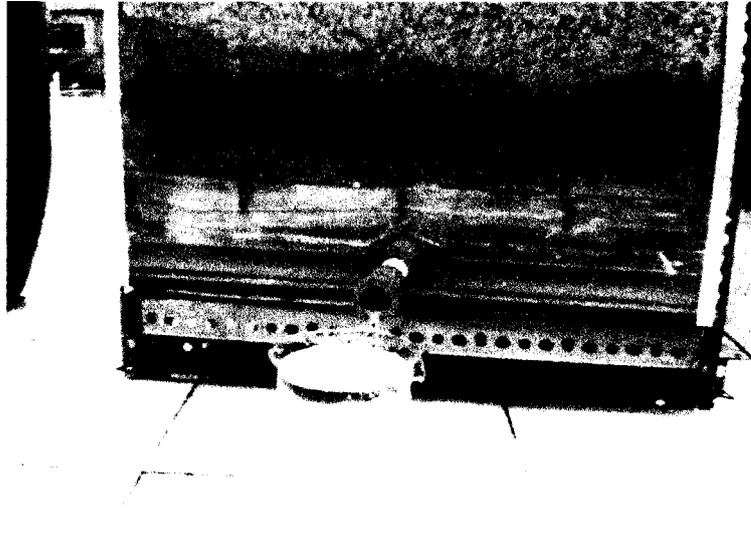
DOKUMENTASI PENELITIAN



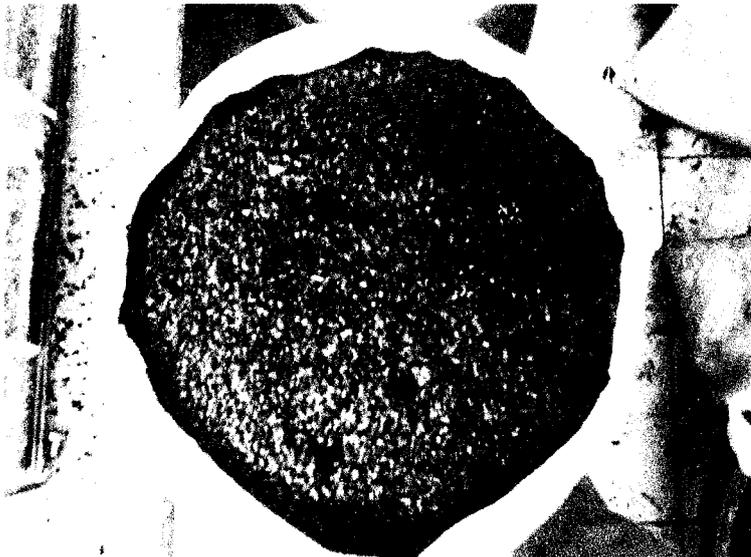
Reaktor Aerokarbonfilter



Sumur air tanah tempat pengambilan sampel air



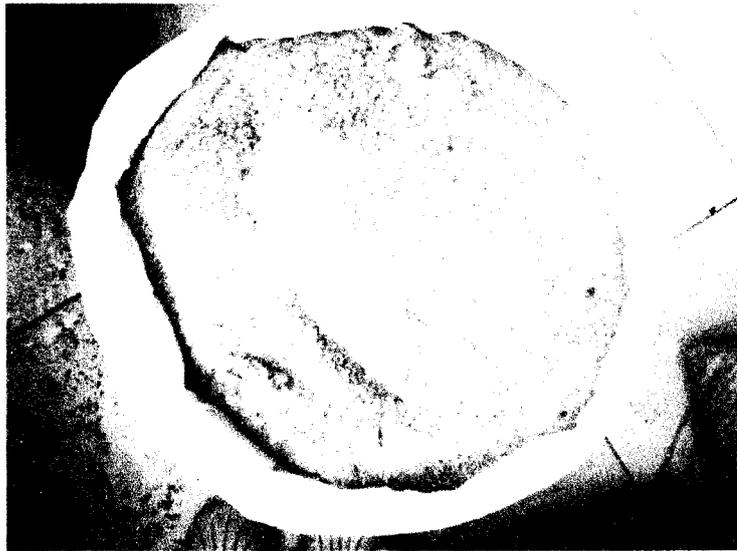
Pengambilan sampel air hasil pengolahan



Karbon Aktif



Pasir Zeolit



Pasir Kuarsa