PERPUSTAKAAN FTSP UII
TGL. TERIMA :
NO. JUDUL :
NO. INV. : 512000172 5001
NO. INDUK :

TA/TL/2005/0018

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA TRAY AERASI DILIHAT DARI PARAMETER Fe^{2+}, DO, pH, ALKALINITAS DAN KEKERUHAN DI WILAYAH KERJA PDAM JOGJAKARTA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

DWI ENDAH LESTARI (00 513 034)

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005

TA/TL/2005/0018

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA TRAY AERASI DILIHAT DARI PARAMETER Fe^{2+}, DO, pH, ALKALINITAS DAN KEKERUHAN DI WILAYAH KERJA PDAM JOGJAKARTA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

DWI ENDAH LESTARI (00 513 034)

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

2005

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA TRAY AERASI DILIHAT DARI PARAMETER Fe^{2+}, DO, pH, ALKALINITAS, DAN KEKERUHAN DI WILAYAH KERJA PDAM JOGJAKARTA

Nama : **Dwi Endah Lestari**

No. Mahasiswa : **00.513.034**

Program Studi : **Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa dan disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I
Ir.H.Hananto HP,MSc — **Tanggal :**

Dosen pembimbing II
Ir.H.Kasam,MT. — **Tanggal :** 10-5-2005

Dosen Pembimbing III
Andik Yulianto, ST. — **Tanggal :**

MOTTO



"...dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat, melainkan kaum kafir." (Q.S. Yusuf : 87)

" Kegagalan bukanlah suatu yang hina dan tak berharga namun kegagalan adalah awal dari suatu kesuksesan dan keberhasilan"

"Seorang Ibu, bukanlah orang untuk bersandar,
tapi seseorang yang mengajarkan bahwa
bersandar tak lagi diperlukan."
(Chicken Soup)



"Kupersembahkan karyaku yang sederhana ini
Sebagai ungkapan syukurku kepada..."

"Allah S.W.T atas izin-Nya aku bisa menyelesaikan karyaku yang sederhana ini, dan telah memilihkan jalan yang terbaik untukku..."

"Bapak dan Ibu yang tercinta
Yang entah dengan apa ananda tak akan pernah bisa membalas segala kasih sayang, dukungan dan bimbingan serta do'a yang selama ini diberikan tanpa henti..."

"Mbak Enik dan Adek-Q (anggoro)
Terimakasih atas segala support yang bisa buat aku semangat..."

"Gayuh Pangestu yang lucu& imut-imut
Senyum dan tawamu menambah kebahagiaan dalam hidupku..."

"My soulmate...
All the thoughtful things you do mean so much to me and I only hope you know the special place you'll always have within my heart..."

"Temen-temen kosku...Santi, Wiwit, Q-ky, Erlin (thanks translitannya), Lela, U-wik,Ira,Dwi Arch, Ani, Anis, Lian, Inan, Almh Indah Puspitasi (yang sesalu memarahi aq, akan ku ingat terus kenangan-kenangan kita)
Semoga kebersamaan kita selalu untuk selamanya.....

"Adek-adek Kos-q....Tyas(makacih buanget atas pinjaman komputer & printernya), Melda, Ayu, Yani, Ririn, Oce(jangan marahan terus), Neti, Dini, Sundari, Ratmi, Yani kebumen, Dwi, Hani....thanks buanget buat kalian, tetep semangat&sukses selalu.....

Mas Dedi, Mas Heru, Mas Budi, Mbak Heni, Mbak Etik, Dek Iin Terimakasih atas segala doa dan dukungannya.....

"My Friend....Tifa, Tini-toon, Rina, Titin, Sarie, Diah, Santi, Aulia, U-wak Rini P, joe-mi, luwis Makasih ya friend atas kebersamaan kita selama ini semua kenangan kita tak akan aku lupakan Kalian akan selalu menjadi teman baikku ..."

"Mr. Shogun AD 3002 MN yang selalu mengantar-q kemana aq pergi

"Temen-temen seperjuangan yang tidak dapat aku sebutkan satu persatu

Semoga kita selalu mendapatkan limpahan rahmat dan karunia dari Nya Amin..."

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "EVALUASI KINERJA TRAY AERASI DILIHAT DARI PARAMETER Fe^{2+}, DO, pH, KEKERUHAN, TEMPERATUR, DAN ALKALINITAS DIWILAYAH KERJA PDAM JOGJAKARTA"

Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar kesarjanaan bagi mahasiswa S1 di Universitas Islam Indonesia, khususnya Teknik Lingkungan.

Terlepas dari ketidak sengajaan, penyusun sadar bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu kritik dan saran yang konstruktif diperlukan guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini kami mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Ir.H. Widodo, MSCE, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta, sekaligus Dosen pembimbing tugas akhir yang

telah membimbing, mendukung dan meluangkan waktunya hingga terselesainya tugas akhhir ini.

3. Bapak Ir.H. Hananto HP,MSc., selaku Dosen pembimbing tugas akhir yang telah sabar membimbing, mendukung dan meluangkan waktunya hingga terselesainya tugas akhhir ini.
4. Andik Yulianto, ST selaku Koordinator Tugas Akhir sekaligus Dosen pembimbing tugas akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta, yang dengan sabar membimbing kami.
5. Bapak Kasno Sutjipto selaku Kepala bagian Produksi PDAM Jogjakarta yang telah membantu hingga terlesesainya tugas akhir ini.
6. Bapak Robit selaku Staf Produksi PDAM Jogjakarta sekaligus pembimbing lapangan atas bimbingan, bantuan selama dilapangan.
7. Ibu Endang selaku Staf Produksi PDAM Jogjakarta yang selalu meminjamkan alat, serta seluruh karyawan PDAM Jogjakarta atas bantuannya.
8. Mas Agus yang selalu pengertian membuatkan surat kepada kami semua.
9. Pak Syamsudin dan Pak Tasyono yang selalu membantu kami di laboratorium.
10. Bapak, ibu dan saudara-saudara kami yang di rumah, terimakasih atas segala doa dan dukungannya.

11. Ytc Harry Sofiyandi Hakim yang selalu pengertian, sabar, membantu mengambilkan sampel, serta dukungan dan kasih sayang hingga Tugas akhir ini dapat selesai.
12. Seluruh teman-teman TL '00 UII yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
13. Teman-teman kos (Almh. Joko) Thanks friend.
14. Mr. Shogun AD 3002 MN selalu mengantarku kemana aku pergi selama 4 tahun.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada kami mendapatkan imbalan dari Allah S.W.T. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, April 2004

Penyusun

EVALUASI KINERJA TRAY AERASI DILIHAT DARI PARAMETER Fe^{2+}, DO, pH, ALKALINITAS, DAN KEKERUHAN DI WILAYAH KERJA PDAM JOGJAKARTA

Oleh : Dwi Endah Lestari

ABSTRAKSI

Perusahaan Daerah Air Minum Jogiakarta merupakan Perusanaan Air [illegible] di Jogjakarta yang menggunakan sumber air baku hampir 100% air tanah, pengolahan air di PDAM Jogiakarta khususnya Bedog menggunakan *tray aerasi* untuk menurunkan kadar besi (Fe^{2+}) dilanjutkan dengan sedimentasi dan filtrasi. Selama ini belum adanya evaluasi kinerja *tray aerator* apakah mampu menurunkan konsentrasi besi secara optimal.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *tray aerator* dalam menurunkan konsentrasi Fe^{2+} dengan melihat parameter lain yang mempengaruhi yaitu pH, DO, tempertaur, kekeruhan dan alkalinitas. Sampel diambil di inlet, masing-masing tray, outlet aerator, outlet sedimentasi dan outlet filtrasi.

Menurut hasil penelitian diperoleh effisensi kinerja tray aerator terhadap inlet dalam penurunan konsentrasi Fe^{2+} rata-rata mencapai 73%, sedangkan efisiensi pada sedimentasi terhadap 13% dan untuk filtrasi 56%. Penurunan besi dengan menggunakan *tray aerasi* akan berpengaruh terhadap DO, kekeruhan, dan pH. DO dan kekeruhan akan naik dengan adanya *tray aerasi* sedangkan untuk pH cenderung akan turun dari 7 menjadi rata-rata 6.9. Nilai DO rata-rata dari 2.5 menjadi 5.7 mg/L.

Kata kunci : tray aerasi, Fe^{2+}, efisiensi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

MOTTO iii

PERSEMBAHAN iv

KATA PENGANTAR vi

ABSTRAKSI..... ix

DAFTAR ISI..... x

DAFTAR TABEL..... x

DAFTAR GAMBAR..... xiii

DAFTAR LAMPIRAN..... xiv

BAB I. PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang Masalah..... 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Tujuan Penelitian..... 4

1.4. Manfaat Penelitian 4

1.5. Batasan Masalah 5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... 6

2.1. Sumber Asal Air Tanah..... 6

2.2. Syarat Fisik Kimia/ atau Biologi Air Minum 7

2.3. Prinsip Penghilangan Basi..... 11

2.3.1. Proses Oksidasi Dan Adsorbsi..... 12

2.3.2. Oksidator Dan Reaksi Oksidasi..... 14

2.4. Prinsip Aerasi..... 16

2.4.1. Mekanisme Aerasi 16

2.4.2. Senyawa Yang Dipengaruhi Aerasi 22

2.5. Aerator 27

BAB III. GAMBARAN UMUM PENGOLAHAN AIR PDAM JOGKARTA..... 30

3.1. Kota Jogjakarta 30

3.1.1. Luas dan Batas Administrasi 30

3.2. Perkembangan PDAM Tirtamarta Kota Jogjakarta..... 32

3.3. Lokasi dan Tata Letak..... 33

3.4. Sistem Penyediaan Air..... 34

3.5. Sistem Pengolahan Air..... 37

BAB IV. METODE PENELITIAN..... 39

4.1. Ide Tugas Akhir..... 40

4.2. Studi Pustaka..... 40

4.3. Pengumpulan Data..... 40

4.4. Survey Dan Persiapan Alat Bahan..... 41

4.5. Pengambilan Sampel Dan Pemeriksaan Dilapangan..... 43

4.5.1. Lokasi Penelitian..... 43

4.5.2. Pengambilan Sampel..... 43

4.5.3. Pemeriksaan Di Lapangan..... 43

4.6. Pemeriksaan Di Laboratorium..... 44

4.7. Analisa Data..... 44

4.8. Pembahasan..... 45

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 47

5.1. Hasil Pengukuran Laboratorium..... 47

5.2. Pembahasan..... 50

5.2.1. Hubungan waktu kontak dengan penurunan Fe^{2+}..... 50

5.2.2. Efisiensi penurunan Besi (Fe^{2+}) dipengaruhi oleh tersedianya O_2 dan kondisi pH..... 51

5.2.2.1. Penentuan Koefisien gas transfer (Kla)..... 51

5.2.2.2. Pengaruh Oksigen terlarut dalam menurunkan Fe^{2+}..... 59

5.2.2.3. Pengaruh pH terhadap efisiensi penurunan Fe^{2+} 61

5.3. Alterntif lain Penghilangan Besi..... 62

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN..... 64

A. Kesimpulan..... 64

B. Saran..... 64

DAFTAR PUSTAKA..... 65

LAMPIRAN..... xvi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dosis pembubuhan oksidator 16

Tabel 2.2 Kadar Saturasi Oksigen dalam berbagai Temperatur..... 26

Tabel 3.1 Instalasi dan Lokasi PDAM Kota Jogjakarta 33

Tabel 3.2 Sumber Air baku Air Bersih Bagi Kota Jogjakarta 35

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran Rata-rata Dari Empat kali Pengukuran..... 48

Tabel 5.2 Hasil Perhitngan Rata-rata Dari Empat kali Pengukuran..... 48

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Kla Salah Satu Perhitungan..... 53

Tabel 5.4 Nilai rata kla selama 4 Kali Pengukuran..... 54

Tabel 5.5 Nilai rata OC selama 4 Kali Pengukuran..... 54

Tabel 5.6 Nilai Kla Kaseluruhan Unit Tray Aerasi Dari Tray 1 Sampai Tray 4..... 54

Tabel 5.7 Nilai OC Kaseluruhan Unit Tray Aerasi Dari Tray 1 Sampai Tray 4..... 54

Tabel 5.8 Hasil Rata-rata Kekeruhan, DO, pH, Temperatur, Kla..... 57

Tabel 5.9 Hasil Rata-rata Kekeruhan Pada Setiap Sampel..... 58

Tabel 5.10 Hasil Analisa DO Pada Setiap Sampel..... 59

Tabel 5.11 Hasil Pengukuran Rata-rata Asiditas 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Bentuk Besi di dalam Air..... 11

Gambar 2.2 Salah Satu Bentuk Aerasi Di PDAM Bedog Jogjakarta..... 28

Gambar 3.1 Peta Daerah Istimewa Jogjakarta..... 31

Gambar 3.2 Skema Sumber mata air PDAM Jogjakarta 36

Gambar 3.3 Lokasi pengambilan Sampel Air Di Tray Aerasi..... 37

Gambar 3.4 Bagan Lay out pengolahan Air PDAM Jogjakarta 38

Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian Evaluasi Tray Aerasi..... 39

Gambar 5.1 Grafik Penurunan Konsentrasi Fe pada setiap Titik Pengambilan sampel..... 49

Gambar 5.2 Grafik Hubungan Konsentrasi Rata-rata Fe^{2+} Terhadap Waktu Kontak Antara Inlet Sampai Outlet... 50

Gambar 5.3 Grafik Kekeruhan Rata-rata Dari Keempat pengukuran 58

Gambar 5.4 Grafik Hasil Analisa DO Terlarut Dari Ke-4 Pengukuran..... 60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan ferri, ferro Fe total, pH, kekeruhan, dan temperatur dari pengukuran 1..... 67

Lampiran 2. Hasil perhitungan ferri, ferro, Fe total pH, kekeruhan, dan temperatur dari pengukuran 2..... 71

Lampiran 3. Hasil perhitungan ferri, ferro, Fe total pH, kekeruhan, dan temperatur dari pengukuran 3..... 75

Lampiran 4. Hasil perhitungan ferri, ferro dan Fe total pH, kekeruhan, dan temperatur dari pengukuran 4..... 78

Lampiran 5. Perhitungan Asiditas-alkalinitas dari 4 kali pengukuran..... 81

Lampiran 6. perhitungan effisiensi ferro,ferri dan Fe total dari 4 kali pengukuran..... 82

Lampiran 7. Gambar Foto instakasi pengolalahan air di PDAM Jogjakarta (Bedog)..... 84

Lampiran 8. Perhitungan K_La dan OC pada pengukuran 1..... 86

Lampiran 9. Perhitungan K_La dan OC pada pengukuran 2..... 87

Lampiran 10. Perhitungan K_La dan OC pada pengukuran 3..... 88

Lampiran 11. Perhitungan K_La dan OC pada pengukuran 4..... 98

Lampiran 12 Perhitungan Kla dan OC rata-rata dari 4 kali pengukuran..... 90

Lampiran 13. Standar air minum "Men-Kes RI Tahun 2002"..... 92

Lampiran 14. Tabel Koefisien Jenuh Gas terhadap temperatur..... 94

Lampiran 15. Prosedur pemeriksaan besi..... 95

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Masalah air selalu merupakan hal yang paling penting dilihat dari berbagai sudut. Ketersediaan air bersih yang cukup dalam segi kuantitas dan memenuhi standar secara kualitas sangat dibutuhkan oleh masyarakat secara luas. Oleh karena itu penanganan air bersih harus benar-benar dijaga agar memenuhi syarat baik dalam segi kualitas maupun kuantitas.

Ditinjau dari segi kuantitas, ada kecenderungan terjadi penurunan muka air tanah akibat eksploitasi air tanah secara besar-besaran. Dari segi kualitas, air tanah layak digunakan sebagai air minum, karena tidak mengandung bahan pencemar. Kualitas air tanah tergantung pada kondisi struktur geologis dalam tanah, maka sering pula air tanah membawa mineral-mineral terlarut seperti besi dan mangan, terutama untuk air tanah dalam. Air tanah dijumpai pada lapisan aquaifer.

Perusahaan Daerah Air Minum Jogjakarta adalah perusahaan yang menyediakan air bersih untuk memenuhi permintaan air bersih sesuai dengan standar kesehatan bagi masyarakat di Wilayah Kota Madya Jogjakarta. PDAM Jogjakarta menggunakan sumber air baku hampir semua air tanah. Dengan adanya PDAM sekarang ini masyarakat tidak akan kekurangan masalah air. Namun seiring perkembangan zaman seperti saat ini masalah air dianggap remeh oleh semua orang, khususnya PDAM. Banyak air dari PDAM masih mengandung

perameter kimia berbahaya bagi manusia, tetapi dari pihak PDAM sendiri tidak menghiraukan. PDAM Jogjakarta sendiri pernah terjadi masalah, air yang didistribusikan kekonsumen berwarna kuning (banyak mengandung Fe) ini berarti pengolahan air (khususnya tray aerator) belum optimal dalam menurunkan kandungan besi yang ada. Dari PDAM Jogjakarta terlihat bahwa antara kriteria desain dan kondisi lapangan sangat berbeda sehingga hal tersebut memungkinkan unit pengolahan (aerator) tidak bekerja secara optimal.

Unit pengolahan air yang ada sekarang ini di PDAM Jogjakarta adalah dengan cara aerasi. Aerasi adalah suatu operasi transfer (pemberian) oksigen dengan maksud untuk :

a. Meningkatkan kandungan oksigen dalam air.
b. Meremoval kandungan karbon dioksida agresif serta mengurangi kandungan Fe dan Mn.
c. Menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak.

Besi adalah elemen kimia yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat dibumi, pada semua lapisan geologis dan atau badan air. Besi dalam bentuk ion Fe^{2+} sangat mudah larut dalam air. Oksigen terlarut (DO) dalam air akan mengoksidasi Fe^{2+} menjadi $Fe(OH)_3$ yang merupakan presipitat (endapan). Besi yang terlarut dalam bentuk Fe^{2+} dalam air biasanya dihasilkan oleh pelepas ion Fe^{2+} dari bahan–bahan organik .

Prinsip penurunan kandungan Fe adalah oksidasi dan pengendapan. Fe dalam bentuk Ferro dioksida terlebih dahulu diubah menjadi Ferri, kemudian mengendap dengan membentuk Ferri hidroksida $2Fe(OH)_3$. Oksidasi Ferro

menjadi Ferri dilakukan dengan cara aerasi, reaksi yang terjadi pada waktu aerasi :

1. $Fe^{2+} + O_2 \longrightarrow FeO$

$FeO + H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2$

$FeO + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$

$Fe_2O_3 + H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3$

Kecepatan oksidasi Fe^{2+} oleh oksigen sangat rendah dalam kondisi nilai pH rendah. Dalam hal ini pH perlu dinaikkan dengan mengurangi konsentrasi CO_2 atau dengan penambahan alkali (kapur).

Metode yang digunakan untuk mengukur kadar Fe adalah dengan menggunakan spectrofotometer, sampel diambil dari inlet, masing-masing tray, outlet aerator ditambah dengan outlet sedimentasi dan filtrasi untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar Fe^{2+} yang terjadi di Instalasi PDAM Jogjakarta khususnya Bedog. Pengukuran tidak hanya Fe saja namun meliputi DO, pH, asiditas-alkalinitas, kekeruhan serta temperatur yang berpengaruh terhadap penurunan Fe.

Jenis aerator yang ada di PDAM Jogjakarta adalah Multiple tray (tray aerator) untuk jenis lain (aerator tertutup) sekarang ini tidak digunakan lagi. Tray aerator di Wilayah kerja PDAM Jogjakarta khususnya di Wilayah di daerah Bedog menggunakan 4 tray (tingkat) dengan ketinggian total 8 m untuk jarak antar tray masing-masing 1 m. Dari data yang ada terlihat bahwa penurunan Fe setelah melalui aerasi di Wilayah kerja PDAM Jogjakarta belum optimal sehingga diperlukan evaluasi untuk mengetahui penyebab terjadinya ketidak optimalan kinerja aerasi tersebut.

I.2. RUMUSAN MASALAH

1. Apakah tray aerator yang digunakan di PDAM Jogjakarta (Bedog) telah bekerja secara optimal untuk menurunkan parameter Fe^{2+}, dipengaruhi oleh DO, pH, Asiditas-Alkalinitas, temperatur, kekeruhan?
2. Apakah tray aerator yang ada di PDAM Jogjakarta berpengaruh terhadap parameter DO, pH, kekeruhan, alkalinitas dan temperatur dalam menurunkan parameter Fe^{2+}?

I.3. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui efisiensi kinerja tray aerasi dalam menurunkan parameter Fe^{2+}, di PDAM Jogjakarta.
2. Mengetehui tray aerator yang digunakan oleh PDAM Jogjakarta mempunyai pengaruh terhadap parameter DO, pH, kekeruhan, alkalinitas dan temperatur dalam menurunkan parameter Fe^{2+}.

I.4. MANFAAT PENELITIAN

1. Mengetahui sejauh mana air yang dihasilkan atau diproduksi oleh PDAM Jogjakarta telah sesuai dengan standar kualitas air bersih serta air minum yang telah ditetapkan.
2. Menemukan alternatif untuk mempertimbangkan pemikiran dan informasi dalam operasi penyediaan air minum yang ada di PDAM khususnya di Jogjakarta.

3. Mengetahui kondisi air setelah melalui tray aerator khususnya masalah penurunan parameter Fe^{2+}.
4. Memberikan data informasi tentanng tray aerator pada PDAM yang bersangkutan untuk mengembangkan operasional kemasa yang akan datang.

I.5. BATASAN MASALAH

1. Evaluasi efisiensi tray aerator dilakukan di wilayah kerja PDAM Jogjakarta.
2. Evaluasi dilakukan dengan memeriksa parameter Fe^{2+}, yang dipengaruhi oleh DO, Alkalinitas, pH, kekeruhan serta temperatur

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sumber Asal Air Tanah

Air tanah merupakan sumber air baku yang dapat diperoleh melalui pengeboran atau penggalian, sehingga sistem disebut sumur bor (Deep well). Air tanah dijumpai pada lapisan aquaifer, yaitu lapisan tanah yang bersifat porous sehingga air dapat masuk dan mengisi rongga-rongga antara butir-butir tanah. Jumlah air yang dapat dikandung lapisan aquifer tergantung dari tebal lapisan aquifer dan porositasnya. Ketersediaan air tanah tergantung dari kondisi hidroklimatologis, keadaan geologi, dan keadaan permukaan lahan.

Air tanah secara normal akan bebas dari kekeruhan dan organisme patogen. Apabila air berasal dari aquifer yang mengandung zat organik, kandungan oksigen akan terurai dan kandungan karbon dioksida akan menjadi tinggi, air akan menjadi korosif. Pada kandungan zat organik di dalam aquifer tinggi, kandungan oksigen akan habis terurai. Air yang tidak mengandung oksigen (anaerobik) akan melarutkan besi, mangan dan logam berat dari dalam tanah.

Air tanah terdiri dari :

1. Air tanah dangkal (sumur dangkal)
2. Air tanah dalam (sumur bor/deep well)

2.2. Syarat Fisik/ Kimia/ Biologi Air Minum

Dalam pengolahan air minum yang perlu diperhatikan adalah masalah penurunan parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis. Pengolahan air yang baik adalah unit pengolahan air yang dapat menurunkan parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis semaksimal mungkin dengan biaya seminimal mungkin. Untuk standar parameter fisik, kimia, dan biologi dapat dilihat pada lampiran.

1. Parameter (syarat) kimia air baku antara lain :

a. pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam larutan melalui konsentrasi ion hidrogen H^+. Ion hidrogen merupakan faktor utama dalam reaksi kimiwi, karena :

- H^+ selalu dalam kesetimbangan dinamis dengan air
- H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja tapi merupakan penyusun unsur lain.

Dalam hal ini pH berperan penting pada kelarutan-kelarutan besi, pada pH rendah sekitar 3 dan 4 ion-ion Fe^{2+}, Fe^{3+} cukup terlarut dan sulit diendapkan, sedangkan pada pH tinggi yaitu diatas 7-8 ion-ion ferri Fe^{3+} berada pada hidroksidanya yang merupakan zat padat serta mudah diendapkan.

b. Alkalinity

Alkalinity adalah kemampuan air untuk menetralisir asam didalam air alam, alkalinity umumnya ditimbulkan olah garam-garam yang berasal

dari asam lemah atau basa kuat. Alkalinity dalam air sebagian besar disebabkan oleh ion bikarbonat (HCO_3^-).

Didalam air alam (natural waters) sebagian terbesar alkalinity diakibatkan oleh tiga macam ion, yaitu :

a. Hidroksida (OH^-)
b. Karbonat (CO_3^{2+})
c. Bikarbonat (HCO_3^-)

c.Besi

Unsur besi terdapat pada hampir semua air tanah. Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi hasil penguraian kembali zat-zat organik dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme, serta mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang relatif rendah, menyebabkan kondisi anaerobik. Kondisi ini menyebabkan konsentrasi besi bentuk mineral endapan (Fe^{3+}) terekduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}). Pada air permukaan konsentrasi Fe biasanya kurang dari 1 mg/l, kandungan besi pada air tanah bisa mencapai tingkat 10 mg/l dibawah kondisi alkalinitas rendah (kurang dari 50 mg/l) (*Kawamura,1992*), ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur. Keberadaan unsur besi dalam air dengan konsentrasi melebihi 1 mg/l akan menyebabkan air berwarna kemerahan. Air yang disebabkan oleh besi umumnya berwarna kemerahan, tetapi dapat juga berwarna agak gelap mendekati kehitaman (*Gordon M. Fair/ Jonh C. Geyer, 1981*). Pada umumnya besi yang ada dalam air dapat bersifat:

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (ferro) dan mengendap sebagai Fe^{3+} (ferri)
- Tersuspensi sebagai butir koloidal atau lebih besar seperti Fe_2O_3, FeO, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ dan sebagainya.
- Senyawa yang tergabung dengan zat organik atau zat padat yang an-organik (seperti tanah liat).

Banyak kegiatan yang memerlukan air akan dihadapkan dengan masalah korosi air. Ini dapat disebabkan oleh adanya kandungan unsur Fe dan CO agresif tinggi. Besi selalu dijumpai pada air alami dengan kadar oksigen yang rendah, seperti pada air tanah dan danau yang tanpa udara. Adanya Fe diperairan dapat ditimbulkan oleh adanya kegiatan pabrik tekstil kertas dan proses industri (sugiharto, 1985).

Air tanah yang mengandung besi pada umumnya tidak mengandung oksigen dan kadar CO_2 tinggi. Kadar CO_2 tinggi menunjukkan adanya peristiwa oksidasi biologis terhadap bahan organik, sedangkan tidak adanya oksigen menunjukkan bahwa kondisi anaerobik (*Robert B Williams Gordon, 1991*).

Meskipun besi pada umumnya terdapat dalam bentuk terlarut bersenyawa dengan bikarbonat dan sulfat, juga ditemukan unsur tersebut bersenyawa dengan hydrogen sulfide (H_2S), hydrogen sulfide akan muncul apabila air tersebut tercemar oleh limbah sebagai contoh tercemar dari tinja manusia .

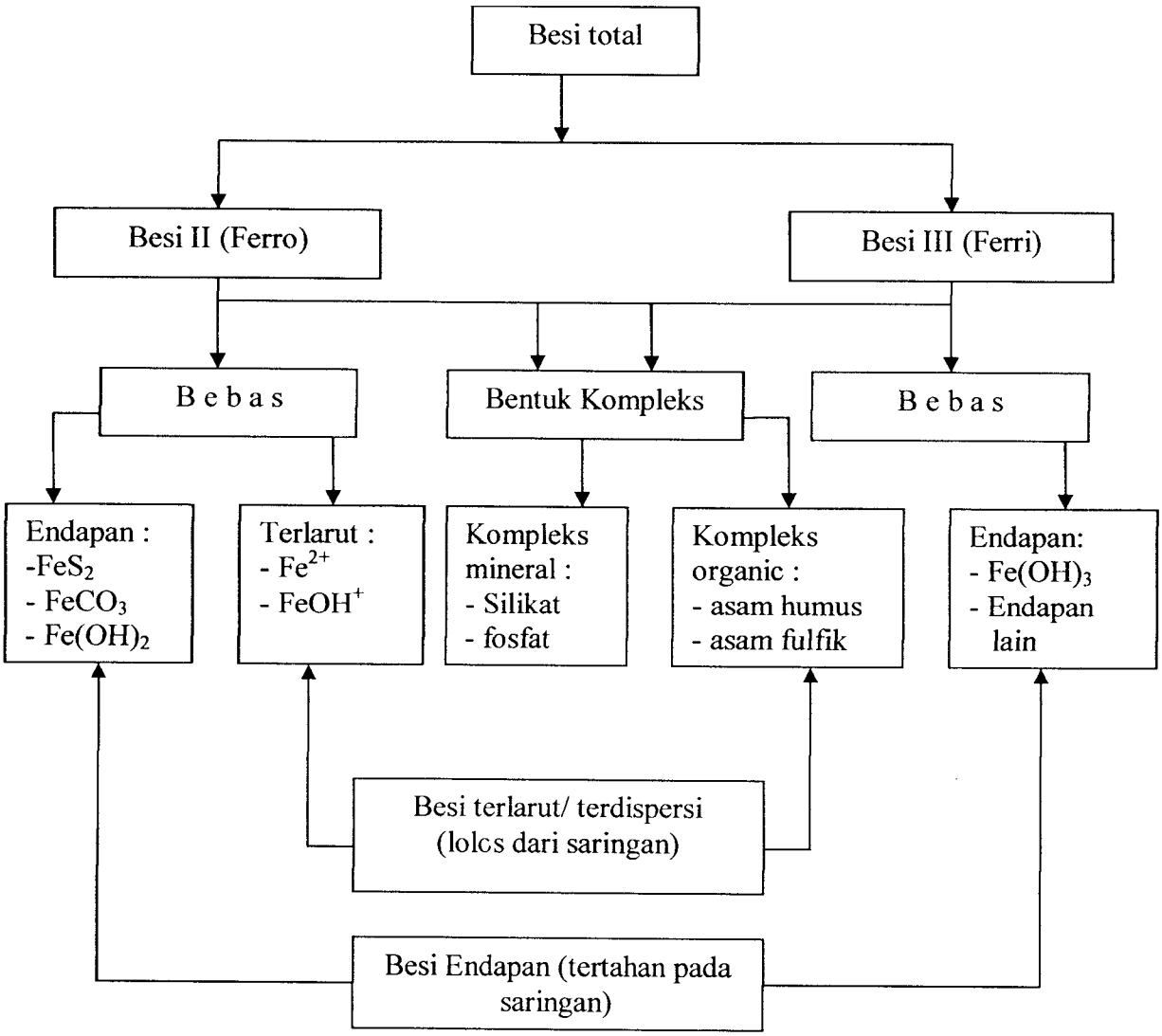
Selain itu besi ditemukan pula pada air tanah yang mengandung asam berasal dari humus yang mengalami penguraian dan dari tanaman atau tumbuhan yang bereaksi dengan unsur besi untuk membentuk ikatan komplek organik. Konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dari 0.01 mg/L sampai dengan ±

25 mg/L, sedangkan kadar basi (Fe total) yang diijinkan dalam air minum adalah 0.3 mg/L

Mineral-mineral ini terutama berhubungan dengan faktor-faktor estetika, seperti rasa dan bau yang tidak enak, dan masalah-masalah rumah tangga, seperti noda pada cucian dan alat-alat dapur, dan secara potensial bisa menjadi masalah serius bagi banyak industri, misalnya noda pada produk dan/atau pembentukan endapan-endapan mineral. Masalah-masalah lain yang potensial adalah pertumbuhan bakteri besi didalam saluran utama distribusi.

Besi dalam air permukaan terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain dalam bentuk suspensi dari lumpur, tanah liat dan partikel (dispersi) halus dari besi (III) hidroksida, [$Fe(OH)_3$] dalam bentuk koloid dan organik kompleks.

Bentuk besi didalam air digmbarkan dalam bagan seperti dibawah ini :



Gambar 2.1. Bagan Bentuk Besi di dalam air

Sumber : *Degremond, 1979*

2.3. Prinsip Penghilangan Besi

Besi adalah mineral yang umumnya ditemukan didalam tanah, dimana keduanya terdapat dalam bentuk oksidan yaitu oksidan besi (sangat tidak dapat larut). Namun demikian jika air berisikan karbon dioksida atau pada air berasam, maka besi diturunkan menjadi bentuk yang mengandung besi dibawah kondisi anaerobik (ion ini dapat larut dalam air).

Ada beberapa alternatif untuk menghilangkan besi dan mangan dalam air. Meode-metode dasarnya adalah oksidasi diikuti dengan penjernihan dan penyaringan, pertukaran ion, pelunakan kapur. Oksidasi dapat dilakukan dengan aerasi, khlorinasi, dioksida klorine, permanganat potasium, atau ozonisasi, pertukaran ion (ion exchange), proses secara biologis, tetapi yang umum digunakan pada sistem penyediaan air adalah proses oksidasi secara kimiawi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk besi terlarut bentuk besi tidak larut (endapan). Proses ini dilanjutkan dengan pemisahan endapan/ suspensi/ disperse yang terbentuk menggunakan proses sedimentasi dan atau filtrasi. Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan endapan ini, bila perlu menggunakan proses koagulasi dan flokulasi dilanjutkan sedimentasi dan filtrasi.

2.3.1. Proses Oksidasi dan Adsorbsi

Besi dapat diendapkan sebagai senyawa dengan karbonat pada air yang mengandung karbonat (alkalinitas), dengan penambahan kapur atau soda. Pengendapan ini berlangsung pada kondisi anaerobik. Kelarutan Fe (II) dan Mn (II) ditentukan oleh konsentrasi total karbonik (Ct), dimana

$$C_T = H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{2-} = 10^{-3}\ M = 0.183\ mg/L$$

Pada kondisi tersebut, Fe (II) dan Mn(II) karbonat dapat diharapkan mengendap seluruhnya pada pH > 8 dan 8.5. Pengendapan Fe(II) hidroksida dan Mn (II) hidroksida pada pH ± 11. Campuran dua macam endapan tersebut, terbentuk dalam proses Kapur-soda.

Besi akan lebih baik bila diendapkan dengan jalan oksidasi oleh oksidator seperti O_2; O_3; Klor/ senyawa klor; $KMnO_4$,MgO kerena kelarutan dari bentuk Fe (III) trihidroksida adalah lebih rendah dibandingkan dengan senyawa Fe (II)

Kecepatan oksida Fe (II) oleh oksigen sangat rendah dalam kondisi nilai pH rendah. Dalam hal ini pH perlu dinaikkan dengan mengurangi konsentrasi CO_2 atau dengan pemambahan alkali (kapur). Sebaliknya kecepatan oksidasi dapat ditingkatkan dengan menggunakan katalisator. Peranan akumulasi endapan besi, bakteria besi yang tumbuh pada media penyaring seperti arang, koral atau butiran pasir, pada unit "aerator kontak dan filter kontak " diduga berlaku sebagai katalis bagi reaksi oksidasi. Agak sulit dalam mengukur kecepatan oksidasi besi (II) menjadi bentuk yang dapat disaring, karena kehadiran zat pereduksi lainnya. Walaupun demikian kecepatan pengendapan dan aglomerasi Fe (II) yang terkandung di dalam air alam, lebih lambat dari perkiraan teoritis. Hal ini memberi gambaran bahwa ada rintangan seperti reduksi besi (III) oleh zat organik dan zat pereduksi lainnya. Rintangan ini tetap ada sampai seluruh zat organik teroksidasi dan endapan yang terbentuk akan stabil.

Keberadaan asam humus akan memperlambat oksidasi besi. Penyerapan atas Fe (II) dilaporkan memengang peranan dalam penghilangan besi dari air. Endapan Fe (III) hidroksida dan Mn (IV) dioksida, keduanya mempunyai kapasitas adsorbsi (penyerapan) yang tinggi. Proses adsorbsi terjadi pada filter kontak (filter kering), dimana pada filter ini media penyaring terlapisi oleh endapannya. Suatu periode waktu dibutuhkan filter bagi pematangan dan bagi berlangsungnya pengendapan tersebut.

Penambahan MgO pada air yang mempunyai pH rendah dapat menaikkan kecepatan oksidasi Fe (II) tanpa menaikkan pH yang berarti pada air yang dihasilkan (air hasil olahan).

Permanganat Potassium ($KMnO_4$) merupakan oksidan yang kuat. Penambahan $KMnO_4$ akan mempercepat waktu reaksi besi apabila kondisi pH tinggi. Waktu oksidasi besi akan bervariasi dari 5 menit sampai 10 menit tergantung nilai pH (> 7) (*Kawamura, 1992*).

2.3.2. Oksidator dan reaksi oksidasi Besi

Oksidator dan reaksi yang digunakan dalam mengoksidasi besi (II) antara lain :

1. Oksigen

$$4\ Fe^{2+} + 8\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_2 + 8\ H^+ \quad \text{.....(1)}$$

$$\downarrow$$

$$4\ Fe^{2+} + O_2 + 8\ OH^- + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 \quad \text{..... (2)}$$

Pembentukan besi (III) dipengaruhi oleh pH, pada pH antara 6.9 – 7.2, reaksi pembentukan Fe (III) dapat terjadi dengan cepat, sedangkan reaksi pembentukan Mn (IV) akan lambat bila pH dibawah 9,5.

2. Klor dan senyawa klor

$$2\ Fe^{2+} + Cl_2 \rightarrow 2\ Fe^{3+} + 2\ Cl^- \quad \text{.....(3)}$$

$$\downarrow$$

$$2\,Fe^{2+} + HOCl + H^{+} \rightarrow 2\,Fe^{3+}\downarrow + Cl^{-} + H_2O \quad \ldots\ldots(4)$$

Pada pH normal hidrolisa terjadi :

$$2\,Fe^{3+} + 6\,H_2O \rightarrow 2\,Fe(OH)_3\downarrow + 6\,H^{+} \quad \ldots\ldots(5)$$

Pada umumnya reaksi tersebut terjadi pada saat yang sama. Pada dosis klor lebih besar.

Penggunaan klor sebagai oksidator biasanya untuk mengolah air dengan kandungan besi (II) kurang dari 2 mg/L. Pembentukan Fe (III) tergantung pada pH. Pada pH 7.5, klor berbentuk 50% asam hipoklorit (HOCl) dan 50% ion hipoklorit (OCL^{-}).

3. Kalium Permanganat ($KMnO_4$)

Reaksi yang terjadi :

$$3Fe(HCO_3)_2 + KMnO_4 + 7H_2O \rightarrow 3Fe(OH)_3 + MnO_2 + KHCO_3 + 5H_2CO_3$$

Reaksi diatas menunjukkan bahwa 1 mg/L permanganat potasium mengoksidasi 1.06 mg/L besi dan 0.52 mg/L mangan.

4. Ozon (O_3)

$$2Fe(HCO_3)_2 + O_3 + 2H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + O_2 + 4CO_2 + H_2O \ldots\ldots(6)$$

Secara teoritis, 1 mg/L ozon akan mengoksidasi 2.3 mg/L besi dan 1.5 mg/L mangan. Ozon yang berlebihan akan membentuk permanganat dan akan menyebabkan warna merah muda dalam air (*Kawamura,1992*).

5. Dosis Pembubuhan Oksidator

Berdasarkan reaksi oksidasi di atas maka dapat dihitung secara stoikhiometri kebutuhan teoritis setiap 1 mg/L Fe/ Mn membutuhkan oksidator.

Dosis secara teoritis dikonversikan menjadi dosis (kebutuhan) secara teknis, yang dinyatakan dalam mg/L, seperti terlihat pada tabel (2.1).

Kebutuhan secara teknis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti :

- pH
- Kandungan zat organik
- Waktu kontak

Tabel 2.1.Dosis pembubuhan oksidator

JENIS OKSIDATOR	DOSIS TEORITIS untuk		DOSIS TEKNIS *) untuk	
	Besi	*Mangan*	*Besi*	*Mangan*
Oksigen (O_2)	0.14	-	-	-
Gas klor	0.63	1.29	-	-
Senyawa klor **)	0.47	0.48 1) 0.95 2)	-	-
Klor dioksida (ClO_2)	-	2.5	-	1.5-10x
$KMnO_4$ (MnO_4)	0.57	1.92	-	1-6x
Ozon (O_3)	1.87	0.87	-	1-5x

*) → sebagai kelipatan dosis teoritis
**) → dihitung sebagai HOCl
1. = reaksi 1
2. = reaksi 2

2.4. PRINSIP AERASI

2.4.1. Mekanisme Aerasi

Perpindahan gas adalah fenomena fisik dimana molekul-molekul gas bertukar antara suatu zat cair dan gas pada bidang gas – zat cair. Pertukaran ini menghasilkan bertambahnya konsentrasi gas dalam fase cair selama fasa ini tidak

jenuh (saturasi) oleh gas, dibawah kondisi seperti tekanan, temperatur (yaitu adsorbsi gas) dan mengurangi konsentrasi bilamana fase cair melewati super saturasi, yaitu : desorbsi, presipitasi, atau gas striping.

Aerasi adalah suatu proses kontak air dengan udara (O_2). Dengan kata lain merupakan proses pengolahan dimana air diberi kesempatan berhubungan seluas-luasnya dengan udara, dengan tujuan untuk mengubah senyawa besi valensi dua (Fe^{+2}) menjadi senyawa besi valensi tiga (Fe^{+3}) yang kemudian akan terbentuk dalam $Fe(OH)_3$. Menurut Scott Benefild (1982), aerasi adalah suatu proses dimana air dibawa pada kontak langsung dengan udara untuk mengubah konsentrasi substansi volatile yang terkandung dalam air.

Aerasi dapat digunakan untuk memenuhi dua tujuan yaitu memindahkan oksigen ke dalam air dan menghilangkan gas-gas yang menguap.

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3 \downarrow + 8CO_2 \quad \text{.....(7)}$$

Secara teoritis 1 mg oksigen mengoksidasi 7 mg besi divalen dan 3,4 mg mangan divalen. Besi yang terikat secara organik tidak bisa dioksidasi melalui aerasi.

Gas-gas terlarut yang tidak diinginkan masuk ke dalam air baik dari udara diatasnya maupun dari produk samping reaksi kimia atau reaksi biologis di dalam air.

Proses "scrubbing" yang disebabkan aerasi turbulen, secara fisik menghilangkan gas-gas dari larutan dan membiarkannya lepas ke udara sekelilingnya. Proses penghilangan yang kedua adalah "oksidasi" dapat membantu mengilangkan mineral-mineral terlarut tertentu. Oksidasi adalah

bersenyawanya oksigen dari udara dengan logam tertentu yang tidak diinginkan berada dalam air, biasanya adalah besi dan mangan. Setelah dioksidasi, zat-zat tersebut keluar dari larutan dan dalam air menjadi zat padat terdispersi halus kemudiaan dihilangkan dengan pengendapan dan atau penyaringan. Teknik aerasi juga digunakan untuk melepaskan gas-gas dari air (CO_2 agresif), yang dapat merusak kualitas air yang berhubungan dengan masalah korosi pada fasilitas penampungan air, sistem distribusi dan masalah rasa dan bau. Perpindahan oksigen secara simultan menghasilkan operasi desorbsi, dalam hal ini merupakan hal yang tidak begitu penting, karena prinsip aerasi adalah untuk absorsi (menyerap) bukan desorbsi (pelepasan).

Aerasi melibatkan pembawaan udara atau gas-gas lain yang bersentuhan dengan air untuk memindahkan materi-materi yang menguap dari bahan cair ke gas dan melarutkan gas-gas yang bermanfaat kedalam air. Materi-materi yang menguap bisa dihilangkan termasuk gas-gas terlarut dan berbagai senyawa aromatik yang bertanggungjawab atas rasa dan bau. Gas-gas dapat dilarutkan dalam air termasuk oksigen dan karbon dioksida.

Dari keterangan diatas secara fisika dapat dipelajari masalah transfer oksigen pada fase gas terhadap air dan tekanan partial yang terjadi guna mengukur dan mengetahui seberapa jauh udara tercampur secara optimal didalam air. Transfer masa dihitung dengan rumus empiris sebagai berikut :

$$dC/dt = K_{IL}a\,(C_S - C_O) \qquad \text{.....(7)}$$

$$(C_S - Ct) = (C_S - C_O)e^{-Klaxt} \qquad \text{.....(8)}$$

Dimana :

dC/dt = tingkat perubahan pada konsentrasi (mg/l-s)

K_La = keseluruhan koefisisen pemindahan massa (l/s)

C_S = konsentrasi penjenuhan (mg/l)

C = konsentrasi setiap waktu t (mg/l)

C_O = konsentrasi awal pada t = 0 (mg/l)

Koefisien pemindahan gas K_La adalah nilai variabel dan bergantung pada hubungan yang kompleks diantaranya termasuk temperatur, area gas dipencarkan, volume zat cair yang bersentuhan, dan koefisien pemencaran gas. Harga K_{la} akan meningkat jika suhu dinaikkan dan disertai mixing/ pengadukan. Harga K_{la} merupakan fungsi dari ratio luas terhadap volume gelembung udara.

$$K_{la} = k_d\ A/C \qquad \text{.....(9)}$$

Dimana :

K_d : Koefisien transfer gas

A : Luas permukaan gelembung gas/ udara

C : Volume gelembung

Dari persamaan (2.1) dan (2.2), pertimbangan – pertimbangan penting untuk desain aerator berikut dikembangkan ;

1. Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan daerah ekspos pervolume unit. Aerasi yang ideal akan memperbesar bidang ekspos.
2. Tingkat pemindahan gas juga secara langsung seimbang dengan waktu ekspos oleh karena itu alat aerasi seharusnya memperbesar bidang ekspos.

Misalnya kecepatan gelembung-gelembung udara pada sistem aerasi terpencar biasanya 20 % (seperlima) keceptan yang ada pada aerator semprot. Jika semua faktor lain sama, maka tingkat pemindahan oksigen akan lima kali lebih besar unuk aerator yang terpencar dibanding dengan aerator semprot.

3. Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan perbedaan diantara nilai penjenuhan dan konsentrasi awal (Cs – Co). Nilai penjenuhan bergantung pada tekanan parsial gas, temperatur air, dan konsentrasi bahan-bahan padat yang terlarut dalam air, sehingga perubahan pada etiap parameter ini akan mempengaruhi tingkat pemindahan gas. Misalnya, dengan peningkatkan persentase oksigen di dalam percampuran udara, tekanan parsial (sebagian) dinaikkan, sehingga menghasilkan nilai penjenuhan lebih tinggi. Situasi ini dihadapi dengan sistem-sistem oksigen murni atau pemencar oksigen tinggi.

Jika Co lebih besar dibanding Cs (masalah khusus dengan air tanah yang super jenuh dengan CO_2 atau H_2S), sisi kanan dari persamaan (8) akan menghasilkan nilai negatif. Ini menggambarkan desorpsi.

Prinsip dasar dari aerasi yaitu pertukaran tempat suatu substansi dari air ke udara atau sebaliknya terjadi pada permukaan atau pertemuan antara udara dan air.

Tujuan utama dari aerasi adalah ;

1. Menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab bau dan rasa seperti sulfid hidrogen dan berbagai senyawa organik, dengan penguapan atau oksidasi.
2. Oksidasi kimia (oksigenasi) yang diikuti dengan removal dari besi valensi dua.
3. Melarutkan gas (oksigen) kedalam air untuk mengoksidasi besi terlarut.

Efisiensi Aerasi sangat tergantung pada berbagai macam faktor :

1 .Lingkungan, diantaranya cuaca, seperti angin dan temperatur.

2. Desain aerator

3. Karakteristik air baku, seperti pH dan kandungan gas dalam air.

Sedimentasi atau proses pengendapan adalah proses pemisahan partikel tersuspensi di dalam air akibat beratnya sendiri atau oleh pengaruh gaya grafitasi. Pengendapan terjdi apabila air dalam keadaan diam atau mengalir perlahan dalam sebuah kolam pengendapan. Dalam keadaan tersebut tdak akan terjadi turbulensi sehingga partikel-partikel yang mempunyai berat spesifik lebih besar dari air akan mengendap didasar kolam dan membentuk semacam endapan lumpur, sedangkan air diatasnya menjadi bening.

Filtrasi adalah suatu proses dimana air dibersihkan dengan melewatkannya melalui medium tertentu berupa material berpori, misalnya melalui pasir dengan diameter efektif tertentu. Medium (filter) dapat disusun dari bahan tunggal (pasir) atau multiple layer(beberapa lapisan dengan jenis bahan berbeda, misalnya pasir

dengan zeolit). Filtrasi sangat penting dilakukan, baik melalui sedimentasi terlebih dahulu maupun tidak, karena dapat menyaring suspensi besi dengan baik.

2.4.2. Senyawa Yang Dipengaruhi Aerasi

Seperti yang diterangkan diatas, bahwa dengan melakukan aerasi terhadap air, untuk menghilangkan gas-gas penyebab masalah, mengoksidasi zat-zat yang tidak diinginkan (impurities) seperti besi, sehingga senyawa-senyawa tersebut dapat dihilangkan dalam proses pengolahan, menurunkan/ melenyapkan rasa dan bau tertentu dan memasukkan oksigen ke dalam air.

Konstituen-konstituen yang dipengaruhi oleh aerasi adalah :

- Karbon dioksida (CO_2)
- Hidrogen sulfide (H_2S)
- Metan (CH_4)
- Besi (Fe)
- Mangan (Mn)
- Oksigen terlarut (DO)

Keterangan :

a. Karbon dioksida

CO_2 sangat larut dalam air, terutama bila dibandingkan dengan oksigen. Sebagai contoh, CO_2 dapat larut dalam air sampai dengan 1700 mg/L pada 20° C, sedangkan oksigen hanya dapat larut sebanyak 9 mg/L pada temperatur yang sama.

Berbagai tipe aerator dapat menghilangkan CO_2 dengan aksi 'scrubbing" dan "sweeping" secara fisik yang disebabkan turbulensi.

Untuk temperatur air yang normal dan pada komposisi atmosfer, aerasi dapat menghilangkan kandungan CO_2 dalam air sampai serendah 4.5 mg/L. Kesetimbangan antara CO_2 diudara dan air, menghalangi penghilangan selanjutnya.

Untuk air dengan kandungan CO_2 diatas 10 mg/L dengan alkalinitas kurang dari 100 mg/L, aerasi dapat digunakan untuk menghilangkan CO_2 yang cukup tinggi, sehingga dapat mengurangi kebutuhan kapur yang diperlukan untuk menghilangkan CO_2. Hal ini menghasilkan penghematan biaya didalam proses pengolahan dengan menggunakan kapur.

b. Hidrogen sulfide

H_2S adalah gas bersifat racun dan mandatangkan masalah yang berbahaya dalam pengolahan air, keberadaan H_2S dalam air tanah karena adanya pencemaran air tanah oleh limbah manusia (tinja, air seni, dll). Penyebaran singkat H_2S kurang dari 30 menit dapat menyebabkan fatal, jika gas ini terhirup dengan konsentrasi sebesar 0.1% volume dalam udara. H_2S menghasilkan bau telur busuk sehingga keberadaannya di dalam air tidak diinginkan karena dapat merubah rasa kopi, teh, es balok atau minuman lainnya serta makanan.

Gasnya sendiri terlarut dalam air, bersifat korosif terhadap bahan / material dari tangki, pipa, dan lain-lain. Karena H_2S sangat tidak stabil dalam air, turbulensi yang disebabkan oleh aerasi dapat melepaskannya ke udara. Walaupun demikian harus ada penyesuaian gerakan udara disekitar aerator untuk membawa

keluar H_2S yang terlepas, atau sebaliknya dia mengumpul keatas air, menurunkan proses penghilangan dan menimbulkan korosifitas dan membahayakan lingkungan.

c. Metan

Metan disebut juga "swamp gas" atau gas alam. Metan adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, mudah terbakar dan eksplosif. Bila bercampur dengan air, metan menyebabkan rasa air seperti rasa bawang putih. Gas metan sedikit larut dalam air dan mudah dihilangkan dengan aerasi.

d. Besi

Besi dalam bentuk Ferro atau Fe^{2+} dalam beberapa hal tidak disenangi. Ada beberapa cara untuk menghilangkan besi, aerasi disertai dengan pengendapan atau penyaringan adalah salah satu cara yang biasa dilakukan. Aerasi memberikan oksigen terlarut (DO) yang dibutuhkan untuk merubah besi bentuk terlarut (Fe^{2+}) manjadi bentuk presipitat (Fe^{3+}). Dibutuhkan O_2 sebesar 0.14 mg/ L untuk menghilangkan 1 mg/ l besi dan O_2 sebesar 0.27 mg/ L untuk menghilangkan 1 mg/L mangan.

e. Oksigen terlarut

Salah satu tujuan aerasi adalah memberikan oksigen kedalam air yang akan terlarut menjadi DO. DO dalam jumlah tertentu bermanfaat untuk meningkatkan rasa enak dari air dengan menghilangkan rasa hambar. Jika DO terlalu tinggi dapat menimbulkan masalah korosi. Sejumlah oksigen yang tetap larut dalam air tergantung kepada temperatur air, kekeruhan, tekanan parsiil. Semakin rendah temperatur air, semakin tinggi konsentrasi DO. Oleh karena

ketergantungaan kepada kandungan oksigen dan temperatur air yang akan diaerasi, oksigen mungkin akan terlarut atau akan terlepas dari air, seperti contoh ; air yang berada dibagian dalam dari danau atau reservoir air baku, biasanya mempunyai DO yang kecil. Mengaerasi air demikian akan menaikkan kandungan DO. Kadang-kadang air mengandung DO yang sangat tinggi, keadaan demikian disebut "supersaturasi". Bila air dalam keadaan supersaturasi di aerasi, maka kadar DO akan benar-banar turun bila turbulensi menyebabkan terlepasnya kelebihan DO ke atmosfer. Kadar saturasi oksigen terlarut (DO) dalam berbagai temperatur dapat dilihat pada tabel 2.2 pada tekanan 760 mm Hg dan pada berbagai tekanan pada tabel 2.2.

Aerasi air yang mengandung oksigen terlarut rendah dan CO_2 tinggi akan menghasilkan penambahan oksigen terlarut untuk oksidasi dan menaikkan pH dengan menurunkan konsentrasi CO_2. Kedua-duanya memberikan akibat menurunnya kelarutan Fe.

Proses oksidasi adalah fungsi pH air yaitu semakin tinggi pH semakin baik hasilnya. Agar proses oksidasi dapat berlangsung selama 15 menit (*Kawamura,1992*), pH air sebaiknya lebih tinggi daripada 7,5 dan 8 lebih disukai. Mangan sangat lambat dan tidak efektif dioksidasi pada nilai-nilai pH dibawah 9,5. Dalam kenyataan untuk mengoksida mangan memerlukan waktu lebih dari 1 jam pada pH 9,5. Hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk menghilangkan kandungan mangan yang ada dalam air tanah dengan menggunakan aerasi sangat tergantung pada pH dan waktu. Dari uraian diatas berarti pula bahwa aerasi akan berpengaruh pada pH air, yaitu dengan banyaknya mangan dan besi dioksidasi

oleh aerasi maka pH air yang keluar dari pengolahan (aerasi) akan semakin naik. Oleh karena itu dibutuhkan bak Flokulasi dan koagulasi untuk menetralkan pH yang keluar setelah aerasi.

Tabel 2.2. Kadar saturasi Oksigen dalam Berbagai Temperatur

Temperatur ° C	Konsentrasi saturasi mg/ L	Temperatur ° C	Konsentasi saturasi mg/ L
0	14.60	26	8.09
1	14.19	27	7.95
2	13.81	28	7.81
3	13.44	29	7.67
4	13.09	30	7.54
5	12.75	31	7.41
6	12.43	32	7.28
7	12.12	33	7.16
8	11.83	34	7.05
9	11.55	35	6.93
10	11.27	36	6.82
11	11.01	37	6.71
12	10.76	38	6.61
13	10.52	39	6.51
14	10.29	40	6.41
15	10.07	41	6.31
16	9.85	42	6.22
17	9.65	43	6.13
18	9.45	44	6.04
19	9.36	45	5.95
20	9.07	46	5.87
21	8.90	47	5.78
22	8.72	48	5.70
23	8.56	49	5.62
24	8.40	50	5.54
25	8.24		

Sumber : *standard Methods for Examiniton of Water and Wastewater.APHA, AWWA, and WPCF. Washington D.C, (15thed, 1981)*

2.5. Aerator

Macam –macam aerator antara lain :

a. Spay 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 kepermukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas. Disamping itu juga membantu proses difusi gas ke dalam air.

b. Nozzled spray aerator

Aerator ini merupakan tipe spray aerator yang lain yaitu menggunakan pipa yang dilubangi secara teratur dengan semprotan ke atas. Untuk menghindari kemacetan lubang nozzle (pipa) sebaiknya berukuran lebih dari 5 mm.

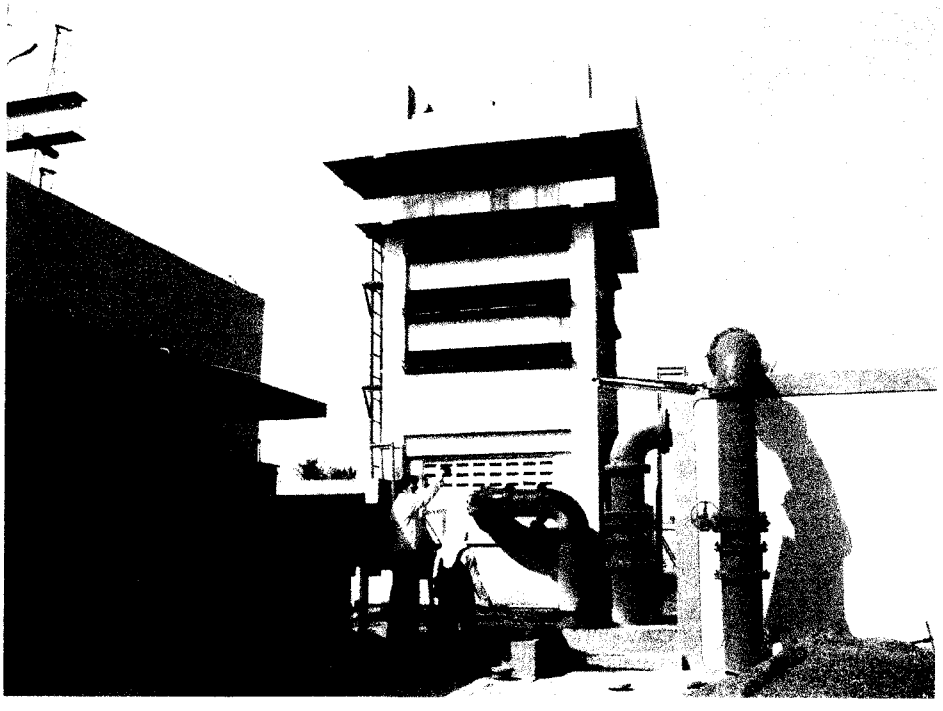
c. Diffused aerator

Type ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa perlokasi, tabung-tabung 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 diatas tekanan kedalaman air dimana diffusi itu ditetapkan. Diffuser ini biasanya ditempatkan didasar basin atau pada ketinggian tertentu dari dasar basin.

d. Cascade aerator

Merupakan suatu proses perputaran dimana selapis tipis aliran air kebawah yang diusahakan sedemikian sehingga saling bertemu. Sistem 'cascade" sendiri ada beberapa cara antar lain air diterjunkan lewat tiga atau empat tangga, atau air dapat juga dilewatkan melalui menara yang berisi batu sehingga terjadi pertukaran aliran udara. Metode ini dapat menurunkan CO_2 bebas sebesar 90%, sedangkan metode dengan terjunan anak tangga dapat menurunkan CO_2 bebas sebesar 20-45% (Holden, 1970)

Ada beberapa sistem aerasi yang dapat diterapkan pada sistem pengolahan diatas, sistem aerasi yang mudah diterapkan adalah multiple tray (aerasi tray berganda) dan sistem cascade.

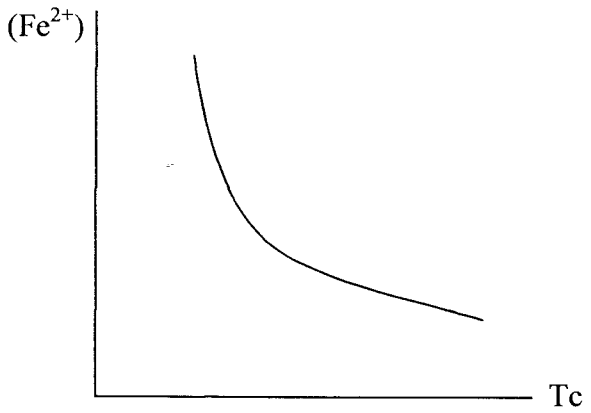


Gambar 2.1. Salah Satu Bentuk Aerasi (Multipel Tray) Di PDAM bedog Jogjakarta

HIPOTESIS

Berdasar rumuran masalah dan tujuan penelitian serta tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesis sebagai berikut :

1. Pengolahan air tanah dengan sistem aerasi, dapat menurunkan parameter-parameter tertentu (Fe). Namun hal ini sangat ditentukan dengan instalasi pengolahan sendiri, apakah instalasi tersebut sudah sesuai kriteria desainnya sehingga dapat berfungsi secara optimal.
2. Dengan evaluasi yang dilakukan dapat diketahui Efisiensi dari tray aerator di PDAM Jogjakarta khususnya dan PDAM lain yang ada diseluruh Propinsi DIY.
3. Penurunan Fe^{2+} semakin baik jika waktu kontak air dengan udara semakin lama.



BAB III

GAMBARAN UMUM PENGOLAHAN AIR PDAM JOGJAAKARTA

3.1. KOTA JOGJAKARTA

3.1.1. Luas dan Batas Administrasi

a. Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta

Wilayah DIY ini berada di bagian tengah Pulau Jawa, termasuk zone tengah bagian selatan dari formasi geologi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Secara astronomi, daerah ini terletak di antara 7° 33' LS - 8°15' LS dan 110° 05' - 110° 50' Bujur timur, yang mencakup wilayah bekas Swapraja Kasultanan Yogyakarta, wilayah bekas Swapraja Kadipaten Pakualaman dan tiga daerah yang semula termasuk wilayah Jawa Tengah, yakni bekas daerah *enclave* Kapanewon di Gunungkidul, daerah *enclave* Kawedanan Imogiri dan daerah *enclave* Kapanewon di Bantul.

Secara administratif, keseluruhan wilayah tersebut berbatasan dengan Kabupaten Magelang (di sebelah barat laut), Kabupaten Klaten (di sebelah timur), Kabupaten Wonogiri (di sebelah tenggara), Samodra Indonesia (di sebelah selatan), dan Kabupaten Purworejo (disebelahbarat). Luas keseluruhan wilayah DIY sekitar 3.185,80 km2, yang terbagi dalam lima wilayah administratif daerah Tingkat II, yaitu:

- Kotamadia Yogyakarta dengan luas 32,5 km2
- Kabupaten Kulonprogo dengan luas 586,27 km2

- Kabupaten Gunungkidul dengan luas 1.485,36 km2
- Kabupaten Sleman dengan luas 574,82 km2 a

Secara geografis, wilayah DIY tersusun atas empat satuan, yaitu Pegunungan Selatan, Gunung api Merapi, dataran rendah antara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulonprogo, dan Pegunungan Kulonprogo dan dataran rendah selatan.



Gambar 3.1. Peta Daerah Istimewa Jogjakarta

b. Kota Madya Jogjakarta

Letak Geografis kota Jogjakarta berada pada 7° 49' 26" - 7° 15' 24" Lintang selatan dan 110° 24' 19" - 110° 28' 53" Bujur timur. Kota Jogjakarta yang terletak di daerah dataran lereng aliran Gunung Merapi, memiliki kemiringan lahan yang relatif datar dan berada pada ketinggian rata-rata 114 M dpa.

Kota Jogjakarta terletak ditengah-tengah Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta. Adapun batas-batas kota Jogjakarta adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara berbatasan dengan kabupaten Sleman
- Sebelah selatan bebatasan dengan kabupaten Bantul
- Sebelah timur berbatasan dengan kabupaten Bantul dan Sleman
- Sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Bantul dan Sleman

Terdapat 3 sungai yang mengalir dari arah utara ke selatan dan membelah kota Jogjakarta yaitu: sungai Gajahwong yang mengalir dibagian timur kota, sungai Code di bagian tengah dan sungai Winongo di bagian barat kota.

Secara administratif kota Jogjakarta terdiri dari 14 kecamatan dan 45 kelurahan dengan luas wilayah 32,5 Km^2 atau 1,02 % dari luas wilayah propinsi DIY.

Secara geologi daerah kota Jogjakarta dan sekitarnya ditutupi oleh endapan vulkanik merapi muda yang terdiri dari lapisan batuan dan pasir. Lapisan batuan tersebut bersifat lepas dan bercelah, sehingga batuan tersebut masih mampu menampung dan meluruskan air melalui ruang antar celahnya.

3.2. Perkembangan PDAM Tirtamarta Kota Madya Dati II Jogjakarta

PDAM Tirtamarta Kota Jogjakarta berdiri sejak tahun 1918 semasa penjajahan Belanda dibangun sumber air yang pertama, yaitu sumber Karanggayam dengan debit 20 L/dt. Kemudian mengalami perkembangan sampai sekarang ini. Setelah perkembangan tersebut sekarang PDAM telah mempunyai cakupan wilayah hampir seluruh kota Jogjakarta.

Belum lama ini PDAM Tirtamarta telah membangun unit opengolahan untuk menurunkan kadar Fe dan Mn di Bedog dengan anggaran yang berasal dari

dana Swadaya dari PDAM Tirtamarta sendiri. Unit pengolahan Fe dan Mn ini direncanakan mempunyai debit 200 L/dt.

3.3. Lokasi Dan Tata Letak

Kantor pusat Perusahaan Daerah Air Minum Tirtamarta Jogjakarta bertempat di Jl. Wolter Monginsidi Kota Madya Dati II Jogjakarta. PDAM Tirtamarta mempunyai produksi air minum tersebar di berbagai tempat sbb :

Tabel 3.1. Instalasi dan Lokasi PDAM Kota Jogjakarta

No	INSTALASI	LOKASI
1	Mata air Umbul Wadon	Kec. Kaliurang
2	IPAM Padasan	Kec. Pakem Binangun
3	Sumur Gravitasi Bedoyo	Kec. Pakem Binangun
4	Sumur Gravitasi Besi I dan II	Kec. Besi
5	Sumur Gravitasi Kentungan	Kentungan
6	Sumur Dangkal Jongkang	Jongkang
7	Sumur Dalam Kotagede	Kec. Kota Gede
8	Sumur Dalam Karanggayam	Karanggayam
9	Sumur Dangkal Candi	Candi
10	Sumur Dangkal Bulusan	Bulusan
11	Sumur Dalam Bedog	Bedog
12	Sumur Dalam Ngaglik	Ngaglik
13	Sumur Dangkal Gemawang	Gemawang

Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi instalasi adalah:

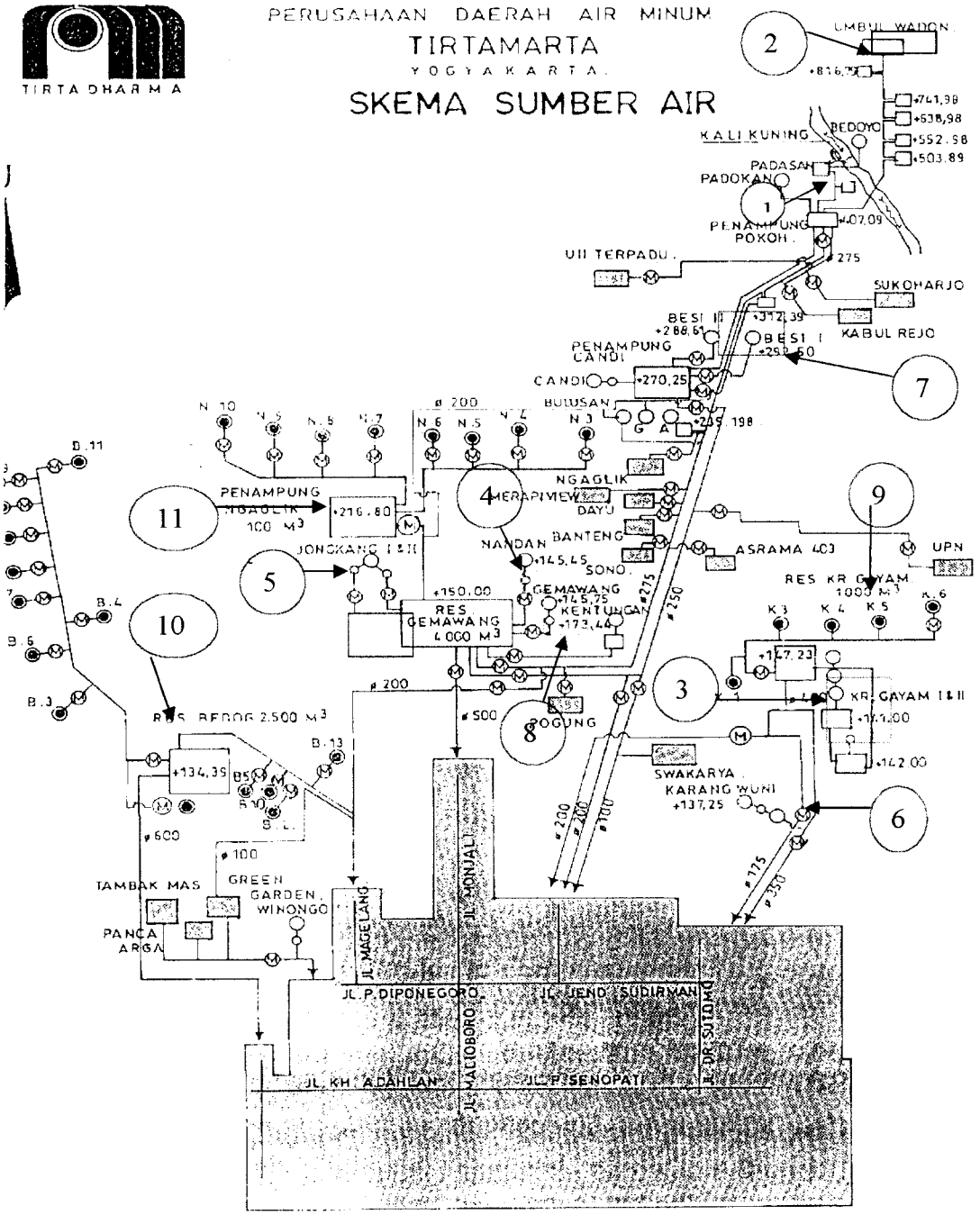
1. Sedemikian mungkin dekat dengan lokasi sumber air.
2. Sejauh mungkin dari air laut untuk menghindari instruksi air laut.

Tabel 3.2. Sumber air baku air bersih bagi Kota Jogjakarta

No	Jenis Sumber Air	Nama Sumber Air	Kapasitas Terpasang (L/s)
1	Air Permukaan	Padasan (1)	80 = 7%
2	Mata Air	Umbul Wadon (2)	90 = 8%
		Karang Gayam (3)	53 = 5%
3	Sumur Dangkal	Sumur Gemawang (4)	10 = 1%
		Sumur Jongkang I&II (5)	73 = 7%
		Sumur Karangwuni (6)	15 = 1%
		Sumur Besi I&II (7)	61= 6%
		Sumur Kentungan (8)	12 = 1%
4	Sumur Dalam	Sumur Karang Gayam 1.3.4.5.6 (9)	130 = 12%
		Sumur Bedog 1 s.d 9,11,13 (10)	325 = 30%
		Sumur Ngaglik 3 s.d 10 (11)	200 = 18%
		Sumur Kotagede (12)	35 = 3%

Sumber : Data PDAM Kota Jogjakarta

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada denah lokasi dibawah ini :



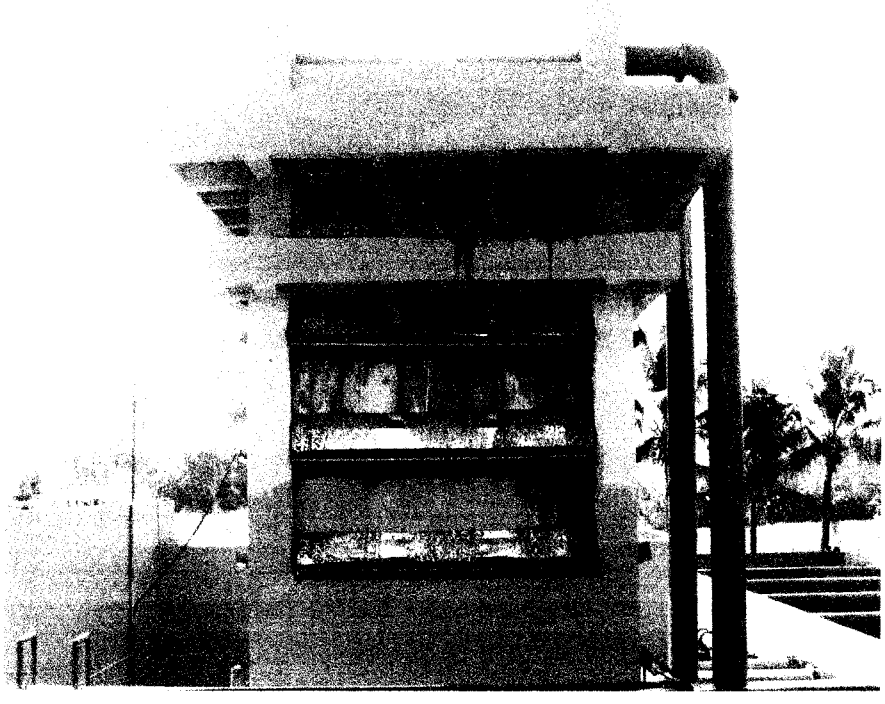
Gambar 3.2. Skema Sumber Air PDAM Jogjakarta

Dari angka tersebut tampak bahwa jenis sumber air yang paling banyak digunakan adalah sumur dalam. Penggunaan sumur dalam ini kiranya perlu mendapat perhatian mengingat bahwa sumur dalam di wilayah Jogjakarta

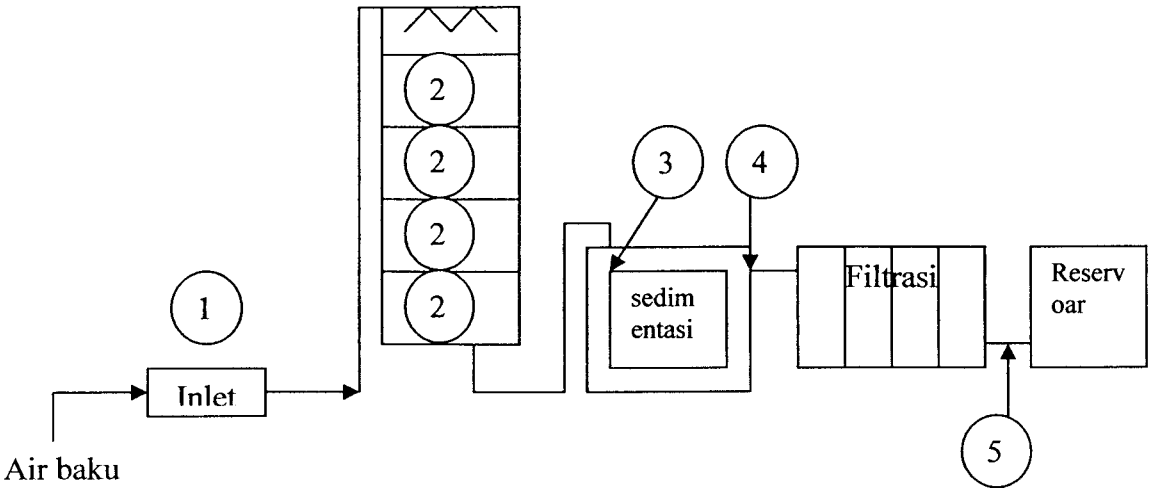
umumnya mempunyai permasalahan kualitas yaitu sering mengandung besi dalam jumlah melebihi standard air minum. Jaringan distribusi PDAM Tirtamarta yang sudah terpasang melayani daerah seluas 1085 Ha di dalam wilayah Kota Jogjakarta.

3.4. SISTEM PENGOLAHAN AIR

Pengolahan air di PDAM Jogjakarta aerasi, sedimentasi, dan filtrasi untuk lebih jelasnya lay out pengolahan dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 3.3. Lokasi Pengambilan Sampel Air Di Tray Aerator



Gambar 3.4. Bagan Lay Out Pengolahan Air Di PDAM Kota Jogjakarta

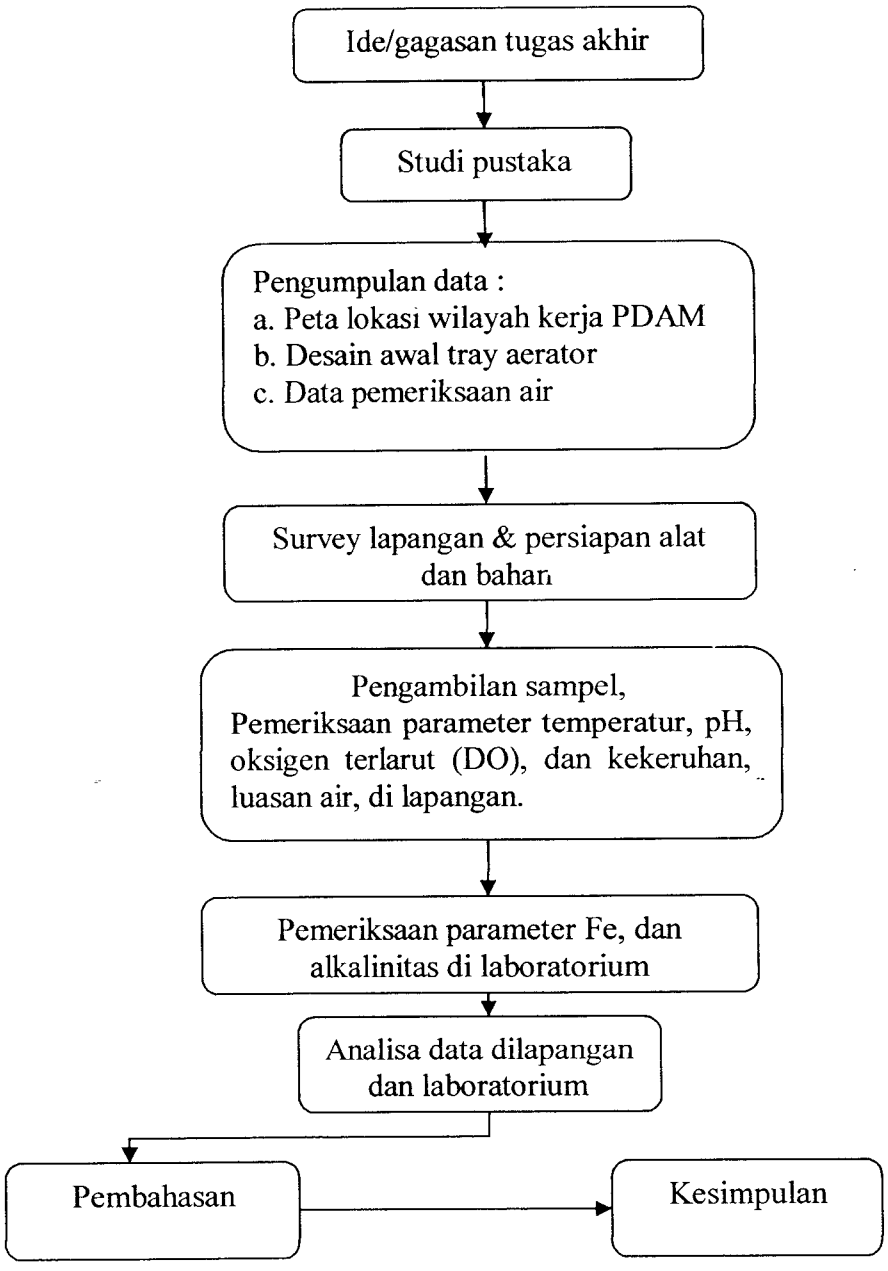
Keterangan : 1,2,3,4,5 = Titik pengambilan sampel

BAB IV

METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini meliputi kegiatan-kagiatan sebagai berikut

;



Gambar 4.1. Diagram alir penelitian evaluasi tray aerator di wilayah kerja PDAM Jogjakarta

Metode penelitian evaluasi efisiensi tray aerator terhadap penurunan konsentrasi Fe^{2+} di wilayah kerja PDAM Kota Jogjakarta adalah sebagai berikut :

4.1. Ide tugas akhir

Besi sebagian besar terkandung dalam air tanah sehingga mamaerlukan penanganan yang serius terhadap air tanah. Di Wilayah kerja PDAM Kota Jogjakarta sendiri menggunakan air tanah sebagai air baku untuk didistribusikan kemasyarakat (pelanggan)., dan pengolahan untuk mengurangi kandungan Fe menggunakan aerasi dengan model Tray aerasi. Dari hal tersebut maka muncul ide tugas akhir mengenai evaluasi efisiensi tray aerator terhadap penurunan konsentrasi Fe^{2+} di wilayah kerja PDAM Kota Jogjakarta.

4.2. Studi pustaka

Mencari dan mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan aerasi serta standar baku mutu air minum yang berlaku.

4.3. Pengumpulan data

Jenis data yang dikumpulkan untuk mendukung penyusunan tugas akhir ini terdiri dari :

a. Data primer

1. Pengamatan langsung di lapangan

Pengamatan langsung di lapangan dilakukan untuk memperoleh data-data dilapangan, seperti ukuran dari unit aerator yang nantinya digunakan untuk mendesain sesuai dengan keadaan di lapangan.

2. Hasil pemeriksaan di laboratorium
3. Data desain awal unit Aerator PDAM Kota Jogjakarta
4. Data peta wilayah kerja PDAM Kota Jogjakarta
5. Data dari wawancara

b. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari studi pustaka

4.4. Survey & Persiapan alat dan bahan

Survey dilakukan setelah mendapatkan ijin dari PDAM, meliputi lokasi yang akan dilakukan penelitian, melihat kondisi unit-unit pengolahan (aerasi) yang ada diPDAM Jogjakarta dan sekaligus menentukan titik pengambilan sample.

Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengambilan sampel dan pemeriksaan di lapangan maupun pemeriksaan di laboratorium. Serta membuat regresi linear untuk besi, dengan persamaan yang digunakan :

a. $B = \frac{(N \times \sum XY) - (\sum X \times \sum Y)}{(N \times \sum X^2) - (\sum XY)^2}$

b. $A = \frac{(\sum Y) - (B \times \sum X)}{(N)}$

c. Y = BX 6A

Keterangan : Y = hasil absorbansi dari sampel air

Regresi linier dipakai untuk standarisasi alat, untuk mendapatkan kurva linier dalam pemeriksan besi.

Alat dan bahan yang digunakan tiap parameter yang akan diperiksa antara lain :

1. Pemeriksaan Besi dan alkalinitas sesuai dengan standard metod yang terlampir.
2. Pemeriksaan pH

   Pemeriksaan pH, menggunakan kertas pH dan gelas beker. Pemeriksaan pH dilakukan karena pH sangat berpengaruh terhadap laju reaksi semakin tinggi pH maka reaksi akan semakin cepat.

3. Pengukuran temperatur.

   Pengukuran temperatur ini menggunakan termometer air. Temperatur berpengaruh terhadap oksigen terlarut, semakin tinggi temperatur akan mengakibatkan konsentrasi oksigen akan semakin menurun.

4. Pemeriksaan oksigen terlarut (DO)

   Pemeriksaan DO, menggunakan DO meter dan botol winkler. DO diukur untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar besi yang ada.

5. Pemeriksaan Kekeruhan

   Pemeriksaan kekeruhan, menggunakan turbidimeter. Kekeruhan ini akan berpengaruh terhadap efisiensi penurunan besi, semakin keruh maka semakin berkurang efisiensinya.

4.5 Pengambilan sampel dan pemeriksaan di lapangan

4.5.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Unit pengolahan air minum, khususnya pada unit tray aerator di wilayah kerja PDAM Kota Jogjakarta, tepatnya di Wilayah Bedog.

4.5.2 Pengambilan sampel

Pengambilan dilakukan dengan botol plastik. Sampel yang diambil berasal dari inlet, bagian-bagian tray, outlet pada tray aerator, outlet sedimentasi, dan outlet filtrasi (Lihat gambar 3.1).

Untuk pemeriksaan besi ini, pengawetan dilakukan dengan cara sampel harus diasamkan dengan HNO_3 (1 ml HNO_3 = 1 L air sampel), agar semua zat sebagai oksidan (oksida besi) dan sebagai hidroksida terlarut, dan sampel dapat bertahan sampai 6 bulan. Selain itu dalam kondisi asam air sampel tidak bereaksi dengan botol, baik yang terbuat dari kaca maupun plastik. Setelah itu di simpan di tempat yang gelap.

4.5.3 Pemeriksaan di lapangan

Pemeriksaan di lapangan ini yaitu pengukuran temperatur, pH, oksigen terlarut (DO), kekeruhan pada unit tray aerator yang dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel.

4.6 Pemeriksaan di laboratorium

Pemeriksaan sampel air untuk parameter Fe^{2+}, Fe total, dan alkalinitas dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII, Jogjakarta. Dengan prosedur pengerjaan untuk Fe^{2+}, dan alkanlinitas disesuaikan dengan buku standar method, SNI, dan modul praktikum laboratorium lingkungan I.

4.7 Analisa data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium adalah konsentrasi Fe^{2+} dan konsenntrasi Fe total selama 3 kali pengukuran,untuk konsentrasi Fe^{3+} diperoleh dari pengurangan Fe total dengan Fe^{2+} kemudian dirata-rata dan efisiensi dapat dicari dengan formulasi sebagai berikut :

$$\frac{X\ sebelum\ -\ Y\ sesudah}{X\ sebelum} \times 100\ \%$$

Kemudian untuk data yang lain diformulasikan sebagai berikut :

1. Tingkat pemindahan gas

$$\frac{dC}{dt} = K_L a(C_S - C_O) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.13)$$

$$(C_S - Ct) = (C_S - C_O)e^{-K_L a x t} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

dimana :

$\frac{dC}{dt}$ = Tingkat perubahan pada konsentrasi (mg/L-s)

$K_L a$ = Keseluruhan koefisien pemindahan massa (L/s)

C_S = Konsentrasi penjenuhan (mg/L)

Ct = Konsentrasi pada setiap waktu t (mg/L)

C_O = Konsentrasi awal pada t = 0 (mg/L)

2. Koefisien Oksigenasi (OC)

OC = Volume x oc

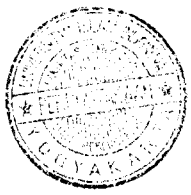
= (luas alas x tinggi) x K_La x Cs

Analisis data dilakukan secara deskriftif, data yang diperoleh dalam penelitian akan ditampilkan dalam suatu tabel. Dan hasilnya akan disajikan dalam bentuk visualisasi tabel dan garfik.

4.8. Pembahasan

Pembahasan ini dilakukan dengan cara menganalisa data-data yang diperoleh dari laboratorium maupun lapangan dan di evaluasi untuk memperoleh efisiensi tray aerator terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+}) yang diperoleh dari data di laboratorium dengan data di lapangan yang disesuaikan dengan standar kualitas air minum yang berlaku. Dari hasil pembahasan dapat ditarik kesimpulan yang berisi antara lain :

1. Berapa efisiensi penurunan Fe^{2+} dengan menggunakan aerasi sebagai kontak oksigen untuk mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dalam mengolah air baku kemudian berapa efisiensi setelah melewati sedimentasi sebagai bak pengendap dan filtrasi sebagai penyaring sebelum masuk reservoar pada instalasi pengolahan air di PDAM Kota Jogjakarta, antara lain:



2. Dari hasil pembahasan kemudian disimpulkan bagaimana cara pemecahan terbaik serta saran yang berguna bagi kemajuan PDAM Kota Jogjakarta.
3. Informasi atau saran yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi Instalasi pengolahan air di PDAM Jogjakarta.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan air minum sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah air yang dikonsumsi oleh masyarakat telah memenuhi standar kualitas air minum ataukah belum. Oleh karena itu dalam penelitian ini mencoba memeriksa kondisi air produksi PDAM Jogjakarta Kota yang menggunakan tray aerasi untuk mengolahnya. Adapun pemeriksaan dilakukan pada inlet, masing-masing tray (tray 1,2,3,4), outlet, outlet sediment, outlet filtrasi. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan Besi ($Fe^{2=}$, $Fe^{3=}$, Fe total) yang terlarut, pH, DO, temperatur, turbidity (kekeruhan), asiditas-alkalinitas air, yang mempunyai hubungan dengan penurunan logam besi. Pemeriksaan parameter besi dan asiditas-alkalinitas dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Sedangkan untuk parameter lain dilakukan di lapangan.

5.1 HASIL PENGUKURAN LABORATORIUM

Hasil analisis mencakup konsentrasi ferro (Fe^{2+}), ferri (Fe^{3+}) dan Fe total yang terkandung dalam air produksi PDAM sebelum dan sesudah pengolahan. Untuk hasil pengukuran laboratorium, secara lengkap dapat dilihat pada tabel lampiran (1,2,3,4).

Untuk mengetahui prosentase penurunan kadar Fe^{2+} dari masing-masing, maka dapat dihitung dengan formula :

$$\frac{X \text{ sebelum} - Y \text{ sesudah}}{X \text{ sebelum}} \times 100\ \%$$

Tabel 5.2. Hasil Pengukuran Rata-rata Dari Empat Kali pengukuran

No	Sampel	Ferro (rata-rata)	Fe total (rata-rata)
1	Inlet	0.887	3.435
2	Tray 1	0.234	2.682
3	Tray 2	0.219	2.555
4	Tray 3	0.210	2.409
5	Tray 4	0.177	2.086
6	Outlet	0.167	1.768
7	outlet sedimentasi	0.145	1.271
8	Outlet Filtrasi	0.063	0.444

Tabel 5.2. Hasil Peritungan Rata-rata Dari Empat Kali pengukuran

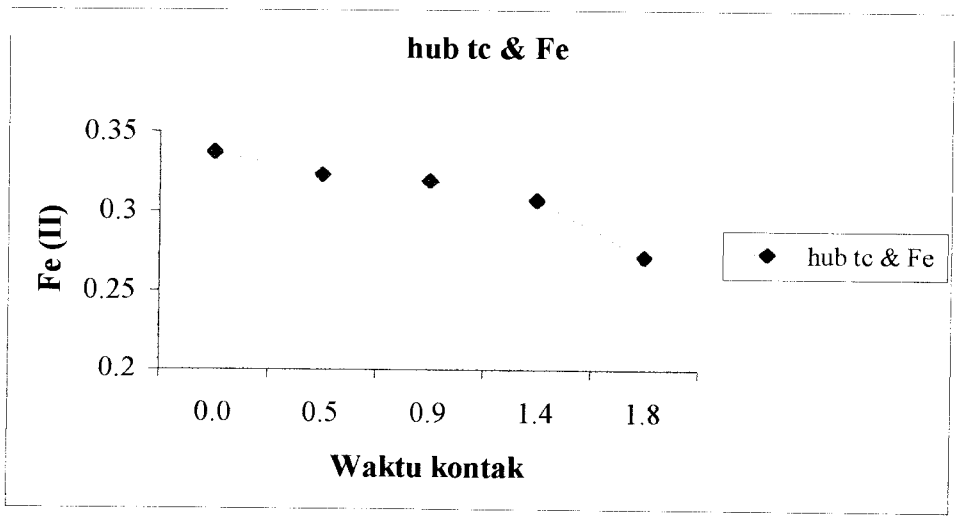
No	Sampel	Rata-rata					
		Ferro	%	Ferri	%	Fe total	%
1	Inlet	0.887	0.000	2.548	0.000	3.435	0.000
2	Tray 1	0.234	73.577	2.448	3.937	2.682	21.912
3	Tray 2	0.219	6.410	2.336	8.311	2.555	25.599
4	Tray 3	0.210	4.109	2.199	13.701	2.409	29.870
5	Tray 4	0.177	15.714	1.908	25.109	2.086	39.281
6	Outlet	0.167	5.649	1.601	37.183	1.768	48.537
7	outlet sedimentasi	0.145	13.174	1.126	55.801	1.271	62.998
8	Outlet Filtrasi	0.063	56.552	0.381	85.039	0.444	87.078
Rata-rata %			25.026		28.635		39.410

Dari tabel diatas terlihat bahwa effisiensi penurunan ferro antara inlet dan tray mencapai hampir 74% dibanding dengan efisiensi antara tray hanya mencapai ± 8% sedangkan untuk effisiensi outlet dengan sedimentsi dalam menurunkan ferro adalah 13.174% dan untuk sedimentsi dengan filtrasi mencapai 56.552%.

5.2. PEMBAHASAN

5.2.1. Hubungan Waktu Kontak Dengan Penurunan Besi (Fe^{2+})

Waktu kontak mempunyai peranan penting dalam proses aerasi, semakin besar waktu kontak udara dengan air maka penurunan besi akan semakin baik. Oksidasi Fe akan semakin baik jika kebutuhan gas (O_2) tercukupi dengan waktu kontak semakin lama maka air yang mengandung Fe akan mengikat O_2 lebih banyak. Hasil perhitungan Tc dapat dilihat dari perhitungan K_La. Pengaruh waktu kontak dengan penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+} rata-rata) dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 5.2. Grafik Hubungan Konsentrasi Rata-rata Fe^{2+} Terhadap Waktu Kontak Antara Inlet sampai Outlet.

Pada gambar (5.2) terlihat penurunan konsentrasi besi pada 0.5 detik pertama sangat besar. Hal ini terjadi proses oksidasi antara Fe dengan oksigen ditray aerasi yang sebelum di inlet tidak terjadi. Semakin lama waktu kontak semakin besar penurunannya, dapat terlihat pada grafik diatas menunjukkan penurunan Fe^{2+} yang terjadi semakin baik dengan waktu kontak 1.8 detik. Hal ini

terjadi karena dari tray 1 belum terlalu banyak oksigen masuk namun setelah melewati tray 2 kontak air dengan oksigen akan meningkat dan seterusnya sampai tray 4 sehingga penurunan Fe^{2+} akan semakin turun dengan waktu kontak semakin lama. Waktu kontak sengat dipengaruhi oleh luas permukaan air (*Popel, 1996*). Ketinggian media akan berhubungan dengan waktu kontak antara air dan oksigen, dari data sekunder ketinggian media antara tray satu dengan yang lain adalah sama.

5.2.2. Effisiensi Penurunan Besi (Fe^{2+}) Dipengaruhi Oleh Tersedianya O_2 Dan Kondisi pH

5.2.2.1. Penentuan Koefisien gas Transfer (K_La)

Koefisien pemindahan gas K_La merupakan nilai variable dan bergantung pada hubungan yang kompleks antara lain temperatur, konsentrasi, DO, area gas yang dipencarkan, volume zat cair dan koefisien pemencaran gas. Nilai K_La dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$(C_S - C_t) = (C_S - C_o)e^{KLa\ xt}$$

Untuk menghitung K_La diperlukan reaksi kimia antara kadar besi awal dengan oksigen yang terlarut, reksi kimia yag erjadi adalah :

$$2\ Fe^{2+} + \tfrac{1}{2}\ O_2 + 5\ H_2O \rightarrow \quad Fe(OH)_3 \downarrow + 4\ H^+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.1)$$

Reaksi antara besi dan oksigen menghasilkan Fe_2O_3 (hidroksida), apabila bereaksi dengan air dan udara akan menghasilkan $Fe(OH)_3$ ini akan menimbulkan efek pada kehidupan manusia.

Dari reaksi diatas dapat dihitung nilai K_La sebagai berikut :

Diketahui : DO tray 1 = 6.2 jarak tiap tray = 100 cm

DO tray 2 = 6.4 diameter = 1 cm

$2\ Fe^{2+} + ½\ O_2 + 5\ H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 \downarrow + 4\ H^+$

2 mol ≈ 1/2 mol

BM 2 X 55.8 ≈ ½ X 32

= 111.6 = 16

Besi (Ferro) pada pemeriksaan pertama yang harus diturunkan adalah :

Ferro rata-rata (tray I) – ferro rata-rata (tray 2) = 0.32299 - 0.31942

= 0.00357 mg/L

Untuk menurunkan 0.00357 mg/L besi dalam air dibutuhkan O_2 sebanyak ;

$$\frac{1}{4} \times \frac{0.00357}{111.6} \times 32 = 0.0002559 \text{ mg/L}$$

Ct = DO sisa + kebutuhan O_2

= 6.4 + 0.0002559 mg/L

= 6.40026 mg/L

tc = $\sqrt{2h/g}$ (untuk tiap tray) tc = $\sqrt{2nh/g}$ (seluruh tray)

= $\sqrt{(2\times1)/9.81}$

= 0.452 s

Co = Oksigen terlarut dari hasil pemeriksaan pada tray 1

Cs = Lihat lampiran tabel DO vs temperatur

Jadi Kla :

$$(C_S - C_t) = (C_S - C_o)\ e^{KLa\ xt}$$

$$(7.9 \text{ mg/L} - 6.40026) = (7.9 - 6.2)\ e^{-Kla \times 0.452}$$

1.49974 mg/L $= 1.7\ e^{-Kla \times 0.452}$

0.8822 mg/L $= e^{-Kla \times 0.452}$

ln 0.8822 mg/L $= -Kla \times 0.452$

- 0.1253365 $= -Kla \times 0.452$

$K_La = 0.277\ kg\ O_2\ m^{-3}\ jam^{-1}$

OC = V x oc

= (alas x t) x (K_La x Cs)

= ($2\pi r$ xt) x (0.277 x7.9)

= ((2 x 3.14 x 0.0005) x 1) x (0.277 x7.9)

= 0.069 g O_2/s

Hasil perhitungan K_La dapat terlihat pada tabel 5.1 bawah ini (untuk pemeriksaan yang lain, lihat dilampiran).

Tabel 5.3. Hasil Perhitungan Salah Satu K_La

Sampel	Oksigen (mg/L)	Ct	tc	Co	Cs	Cs-Ct	Cs-Co	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inlet	0.001	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
Tray 1	0.000	6.400	0.452	2.5	7.9	1.500	1.700	0.278	0.069
Tray 2	0.001	6.501	0.452	6.2	7.9	1.399	1.500	0.154	0.038
Tray 3	0.003	6.603	0.452	6.4	7.9	1.297	1.400	0.168	0.042
Tray 4	0.002	6.652	0.452	6.5	7.9	1.248	1.300	0.090	0.022
Outlet	0.018	0.018	0.452	6.6	7.9	7.682	1.250		

Hasil rata-rata perhitungan K_La dapat dilihat pada tabel . dibawah ini:

Tabel 5.4. Nilai rata K_La selama 4 Kali Pengukuran

Sampel	Kla				Rata-rata
	1	2	3	4	
Inlet					
Tray 1	0.278	0.497	0.581	0.227	0.396
Tray 2	0.154	0.360	0.326	0.165	0.251
Tray 3	0.168	0.282	0.248	0.089	0.197
Tray 4	0.090	0.155	0.134	0.091	0.117
jumlah : 4	0.172	0.323	0.322	0.143	0.240

Tabel 5.5. Nilai rata OC selama 4 Kali Pengukuran

Sampel	OC				Rata-rata
	1	2	3	4	
Inlet					
Tray 1	0.069	0.120	0.144	0.055	0.097
Tray 2	0.038	0.087	0.081	0.041	0.062
Tray 3	0.042	0.068	0.062	0.022	0.048
Tray 4	0.022	0.037	0.033	0.022	0.029
jumlah	0.043	0.078	0.080	0.035	0.059

Tabel 5.6. Nilai K_La Keseluruhan unit tray aerasi dari tray 1 sampai 4

Sampel	Kla				Rata-rata
	1	2	3	4	
Tray 1 Tray 4	0.15011	0.22627	0.24550	0.11195	0.18346

Tabel 5.7. Nilai OC Keseluruhan unit tray aerasi dari tray 1 sampai 4

Sampel	OC				Rata-rata
	1	2	3	4	
Tray 1 Tray 4	0.03629	0.05471	0.05936	0.02707	0.04436

Harga K_La dapat diperoleh dengan reaerasi sampel air yang menunjukkan laju transfer oksigen per unit waktu dan per unit volume. Kapasitas aerator dalam berbagai jenis mempunyai harga K_La dalam rentang 0.08 – 1.0 kg O_2 m^{-3} jam^{-1}. Rata-rata nilai K_La untuk unit tray aerasi diatas didapat nilai 0.2240, berarti unit tray aerasi telah cukup bagus dalam menurunkan konsentrasi besi dalam air tanah. Nilai K_La keseluruhan (dari tray 1-4) hasilnya tidak jauh berbeda dengan nilai K_La pada tiap-tiap tray, ini menunjukkan bahwa pemakaian 4 tray dengan jarak sama (1 m) lebih baik dari pada memakai single tray yang jaraknya sama (4m), karena dengan 4 tray kontak antar tray akan memberikan waktu kontak antara air dan oksigen (terjadi reaksi) lebih lama disbanding dengan menggunakan satu tray saja.

Dari tabel 5.3. terlihat adalah komponen-komponen yang menentukan nilai koefisien gas transfer (K_La). Oksigen yang dibutuhkan dalam menentukan koefisien gas transfer berasal dari perhitungan kebutuhan oksigen dari reaksi oksidasi antara Fe^{2+} dengan O_2 (lihat reaksi 5.1). Kemudian untuk Ct (konsentrasi akhir gas) didapat dari kebutuhan oksigen dari reaksi (sisa oksigen) ditambah dengan hasil pengukuran DO (lihat dilampiran) ditray 2, untuk tc atau waktu kontak didapat dari rumus $\sqrt{2h/g}$ (*popel, 1996*), dimana h merupakan ketinggian (jarak) masing-masing tray. Kolom ke-5 didapat dari pengurangan antara Cs-Ct, dimana Cs adalah konsentrasi jenuh gas (lihat dilampiran tabel konsentrasi gas vs temperatur). Untuk kolom ke-6 diperolaeh dari Cs-Co, dimana Co adalah konsentrasi awal pada t = 0 pada saat pengukuran, selanjutnya nilai K_La dapat dihitung dengan formula (persamaan)3.4. Sedangkan nilai OC diperoleh dari rumus V x Kla x Cs.

Dari tabel 5.4. terlihat bahwa nilai K_La dari perhitungan rata-rata sudah cukup bagus. Hal tersebut dimungkinkan karena kandungan oksigen cukup terpenuhi dengan besarnya temperatur dengan waktu kontak 1.8 detik. Nilai K_La pada setiap tray akan berbeda-beda karena nilai DO juga berbeda. Untuk memperbesar nilai K_La dibutuhkan waktu kontak yang lama sehingga kebutuhan oksigen untuk oksidasi besi tercapai.

Nilai koefisien gas transfer sangat mempengaruhi efisiensi penurunan Fe^{2+} oleh aerasi, karena semakin besar nilai koefisien gas transfer (K_La) maka efisiensi penurunan Fe^{2+} oleh aerasi akan semakin baik. Koefisien gas transfer akan sebanding dengan nilai OC (oksigen capasiti) semakin rendah nilai K_La maka akan semakin kecil nilai OC. OC disini merupakan suatu pengisian udara kesistem atau biasanya digambarkan sebagai tingkat pemindahan oksigen, jadi berapa oksigen yang dapat masuk dalam sistem (aerasi). Nilai K_La sangat dipengaruhi oleh temperatur, oksigen yang terlarut, konsentrasi, zat-zat yang terkandung dialam (pengotor/ impuritis) (*popel, 1996*).

Semakin tinggi temperatur semakin tinggi nilai K_La dan sebaliknya. Dari lampiran tabel 5-7 hasil perhitungan K_La terlihat bahwa nilai K_La sebanding dengan nilai temperatur, temperatur naik nilai K_La akan naik atau sebaliknya. Pengaruh temperatur juga akan berpengaruh terhadap penambahan konsentrasi oksigen dalam air, temperatur semakin meningkat konsentrasi DO akan berkurang. Hubungan DO, pH, temperatur, kekeruhan, dan K_La dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.8. Hasil Rata-rata Kekeruhan, DO, pH, Temperatur, Kla Dari Ke-4 Pengukuran

No	Sampel	Kekeruhan (NTU)	DO	Temperatur (°C)	pH	Kla
1	Inlet	3.8	2.7	27.9	7.0	0.172
2	Tray 1	9.4	5.3	27.6	6.9	0.038
3	Tray 2	9.6	5.7	27.5	6.9	0.026
4	Tray 3	10.0	5.9	27.5	6.6	0.013
5	Tray 4	10.1	6.0	27.5	6.6	0.011

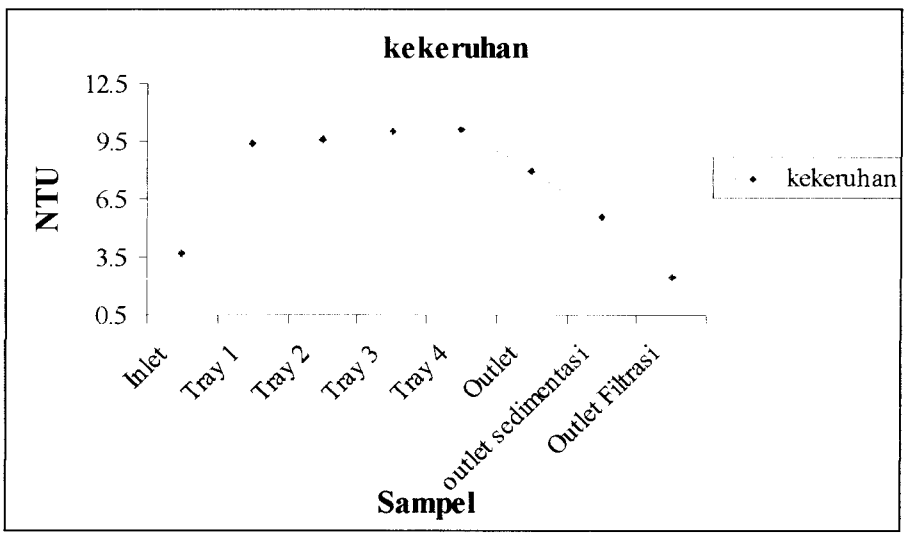
Dari Tabel 5.8. terlihat temperatur rata-rata dari 4 kali pengukuran cenderung sama oleh karena itu kandungan DO pada hasil pengukuran (terlampir) juga cenderung sama.

Impurities disini adalah zat-zat pengotor (kekeruhan) yang larut dalam air. Konstituen lain yang terkandung dalam air akan mempengaruhi kelarutan gas-gas. Kelarutan gas biasanya akan bertambah, bilamana konsentrasi zat-zat terlarut dalam air akan meningkat. Dari data kekeruhan yang didapat, di inlet nilai kekeruhan cenderung kecil. Ini didukung dengan kondisi fisik air dari inlet cenderung jernih, berbeda setelah masuk ke tray.

Pengaruh kekeruhan terhadap penurunan besi dapat terlihat pada tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 5.9. Kekeruhan pada setiap sampel

No	Sampel	Kekeruhan (NTU)				Rata-rata
		23-09-2004	23-10-2004	6/12/04	13-12-2004	
1	Inlet	8.0	1.2	3.4	2.4	3.8
2	Tray 1	9.2	4.4	12.0	12.0	9.4
3	Tray 2	9.4	4.8	12.0	12.2	9.6
4	Tray 3	10.3	5.0	12.3	12.5	10.0
5	Tray 4	10.3	5.1	12.3	12.6	10.1
6	Outlet	9.4	4.9	8.1	9.4	8.0
7	outlet sedimentasi	6.7	4.1	5.4	6.2	5.6
8	Outlet Filtrasi	1.8	3.2	2.4	2.4	2.5



Gambar 5.3. Grafik Kekeruhan Rata-rata Dari Keempat Pengukuran Antara Inlet Sampai Outlet Filtrasi.

Pada tabel 5.9 dan gambar grafik 5.3. terlihat kekeruhan dari inlet semakin naik setelah melewati tray 1 sampai dengan tray 4 dan akan turun setelah melewati outlet, hal ini terjadi karena pengaruh oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} (endapan). Semakin banyak Fe^{3+} (endapan) akan mempengaruhi kekeruhan ditray selanjutnya, kemungkinan endapan tidak mengendap secara sempurna sehingga

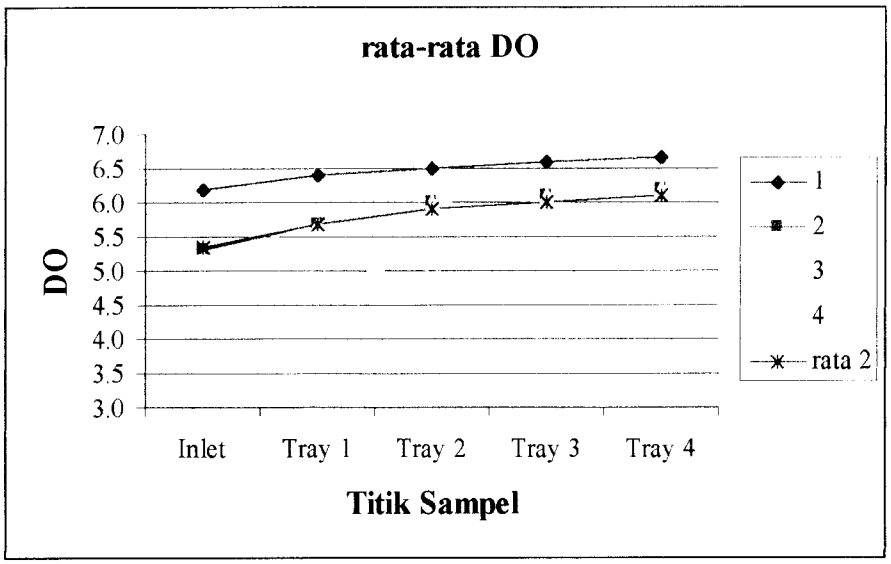
akan terbawa air ke tray dibawahnya. Oleh karena itu nilai kekeruhan dari inlet ke tray 1 sampai 4 cenderung naik. Kekeruhan akan mempengaruhi nilai K_La semakin tinggi nilai kekeruhan maka akan semakin menurunkan koefisien transfer gas (K_La). Dari hasil rata-rata kekeruhan didapat nilai 2.5 NTU setelah melewati outlet filtrasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air hasil olahan dari PDAM Jogjakarta masih dibawah standar kualitas air baku untuk kekeruhan, Menurut Dep Kes RI No.907/ MENKES/ SK/ VII/ 2002 Tanggal 29 Juli 2002 standar untuk kekeruhan adalah 5 NTU.

5.2.2.2. Pengaruh Oksigen Terlarut (Sisa DO) Terhadap Penurunan Fe^{2+}

Oksigen sangat dibutuhkan untuk oksidasi Fe^{2+} menjadi $Fe(OH)_3$, kebutuhan oksigen untuk oksidasi besi tergantung berapa konsentrasi besi yang akan diturunkan. Aerasi dengan mudah akan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut (DO) terutama didalam air yang masuk kesistem pengolahan dengan DO rendah. Grafik dan tabel hasil Pemeriksaan DO dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 5.10. Hasil Analisis DO pada setiap sampel

No	Sampel	Konsentrasi DO Terlarut				rata-rata
1	Inlet	6.2	5.3	5.2	4.7	5.3
2	Tray 1	6.4	5.7	5.7	4.9	5.7
3	Tray 2	6.5	6.0	6.0	5.1	5.9
4	Tray 3	6.6	6.1	6.1	5.2	6.0
5	Tray 4	6.7	6.2	6.2	5.3	6.1



Gambar 5.4. Grafik Hasil Analisis DO Terlarut Dari Keempat Pengukuran Antara Inlet Sampai Tray 4.

Dari Gambar 5.4. terlihat bahwa DO dari inlet rendah, rata-rata 5.3 setelah masuk ketray 1 rata-rata menjadi 5.7 kemudian masuk ke tray berikutnya akan meningkat. Kenaikkan DO tersebut karena dipengaruhi oleh adanya kontak air dengan udara bebas (O_2) sehingga DO awal akan meningkat dengan bertambahnya udara bebas tersebut, O_2 diperlukan untuk mengoksidasi Fe^{2+} yang terkandung dalam air menjadi Fe^{3+} (endapan). Aerasi memberikan oksigen terlarut (DO) yang dibutuhkan untuk merubah besi bentuk terlarut (Fe^{2+}) menjadi bentuk endapan Fe^{3+}, dibutuhkan oksigen sebesar 0.14 mg/Luntuk menghilangkan 1 mg/L besi (*Benefild,1982*).

Tabel 5.9. menunjukkan hasil oksigen dari reaksi oksidasi ditambah dengan oksigen hasil pengukuran (lihat dilampiran). Tidak semua oksigen yang terlarut dalam air dibutuhkan untuk reaksi oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+}, hanya

sebagian saja, sebagian lagi masih tertinggal dalam air karean waktu kontak air dengan udara hanya 1.8 detik. Oksigen yang tertinggal dalam air dimungkinkan untuk reaksi oksidasi logam lain yang terkandung dalam air tanah sebagai contoh Mn, dan CO_2. Karena disini Mn tidak diukur maka dapat dimungkinkan O_2 sisa digunakan untuk oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+}. DO marupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap korosi, dimana korosi dapat terjadi ketika air yang bersifat agresif kontak dengan permukaan logam. Apabila konsentraasi DO tinggi maka korosi akan terjadi lebih cepat.

5.2.2.3. Pengaruh pH Dalam Menentukan Efisiensi Penurunan Fe^{2+}

pH berpengaruh dalam reaksi oksidasi besi yaitu kecepatan oksidasi Fe^{2+} dengan oksigen akan berjalan lambat pada kondisi pH rendah, Reaksi akan berjalan lambat jika pH kurang dari 7 dan pH 7.5 sampai 8 reaksi akan berjalan sempurna dalam waktu 15 menit (*Robert B William Gordon, 1991*).

Dari tabel 5.7. dengan pH rata-rata 6.9 telah mampu menurunkan besi sampai 0.1 mg/L ini berarti penurunanya telah bagus. Kecepatan oksidasi dapat dipercepat atau ditingkatkan dengan menggunakan katalisator.

Adanya kandungan alkalinity (HCO_3^-) yang cukup besar dalam air akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat $Fe(HCO_3)_2$ oleh karena bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada HCO_3^-, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat sesuai dengan persamaan reaksi :

$$Fe(HCO_3)_2 \longrightarrow FeCO_3 + CO_2 + H_2O \quad \text{.....(5.1)}$$

Hasil reaksi antara besi dengan karbonat yang membentuk senyawa $FeCO_3$ akan membentuk flok yang tertahan pada tray.

Tabel 5.11 Hasil Pengukuran Rata-rata Asiditas

No	Sampel	HCO_3	CO_2
		Rata-rata	Rata-rata
1	Inlet	33.29	110.363
2	Tray 1	62.99	94.721
3	Tray 2	98.49	87.769
4	Tray 3	152.84	80.817
5	Tray 4	183.68	71.258
6	Outlet	243.45	67.782
7	outlet sedimentasi	285.64	62.568
8	Outlet Filtrasi	367.64	50.402

Dari hasil pengukuran, alkalinitas tidak terjadi karena melihat pH masih dibawah 7, yang terjadi adalah asiditas (hasil terlampir). Untuk menaikkan pH maka perlu ditambah alkali (kapur) sebelum masuk tray sehingga kacepatan oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dapat tercapai.

5.3. Alternatif Lain Penghilangan Besi

Ada beberapa metode yang digunakan untuk proses penghilangan besi seperti terlihat didasar teori, tetapi yang umum digunakan pada sistem penyediaan air adalah proses oksidasi secara kimiawi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk besi terlarut bentuk presipitat besi (endapan). Proses ini dilanjutkan dengan sedimentasi dan filtrasi, bila perlu menggunakan proses koagulasi dan flokulasi.

Dari hasil evaluasi dan perhitungan untuk tray aerasi di PDAM Jogjakarta, penurunan besi (Fe^{2+}) hasil yang diperoleh mencapai 0.06 mg/L setelah melewati outlet filtrasi dan besi total serta ferri yaitu 0.38 dan 0.4 mg/l. Baik buruknya (effisiensi) kinerja tray aerasi dapat dilihat dari pengaruh parameter lain serta konsentrasi Fe^{2+} yang dapat diturunkan. Effisiensi kinerja tray aerasi dapat dilihat juga dari hasil perhitungan K_La, semakin tinggi nilai K_La maka semakin bagus effisiensi.

Untuk meningkatkan efisiensi penurunan besi pada IPAM Bedog dengan hasil seperti diatas perlu dievaluasi lagi kinerja sedimentasi dan filtrasi yang telah ada, apakah telah optimal dalam menurunkan besi. Hal ini dapat dioptimalkan dengan penambahan plat settler pada bak pengendap sehingga besi yang masih larut dalam air akan saling berikatan dan akhirnya akan mengendap, atau meningkatkan kinerja filtrasi, yaitu dengan pemilihan media penyaring (kerikil dan pasir) yang dapat meningkatkan efisiensi dari filtrasi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa data dapat ditarik kesimpulan antara lain :

- Efisiensi penurunan kadar Fe^{2+} di PDAM Jogjakarta dengan menggunakan tray aerasi mencapai rata-rata 73%, sedangkan efisiensi pada sedimentasi terhadap 13% dan untuk filtrasi 56%. Efisiensi dipengaruhi oleh temperatur, oksigen terlarut, koefisien jenuh gas (K_La) serta waktu kontak.
- Penggunaan empat tray pada pengolahan air minum PDAM Jogjakarta dalam menurunkan konsentrasi Fe^{2+}, akan menaikkan konsentrasi DO dan kekeruhan serta akan menurunkan nilai pH.
- Nilai K_La yang dihasilkan rata-rata adalah 0.02 kg O_2 m^{-3} jam^{-1}. Semakin tinggi nilai K_La maka efisiensi semakin baik.

6.2. SARAN

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk parameter lain seperti Mangan, CO_2 dan lain-lain.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk unit sedimentasi dan filtrasi
3. Operasional dan pemeliharaan perlu dijaga dengan sebaik-baiknya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2000, **Laporan Akhir Pekerjaan Pembuatan Sistem Pengolahan Air Pada Reservoar Bedog**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Jogjakarta.

Anonim, 2000, **Unit Operas**, Ir.Bowo Djoko Marsono, M. Eng, Media I,nformasi Alumni Teknik Lingkungan ITS.

Anonim, 1992, **Water treatment Fasility Training & Desing,** Ditjen.Cipta Karya. Dep.PU.

Anonim, 2000, **Penghilangan Besi dan Mangan**, Peraturan Teknis – No Dokumen : COP – IPA 017 PDAM Jogjakarta.

Alaer. G dan S.S Santika, 1982, **Metode Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya.

Al-Layla, Shamin, A. , Joe Middle Brooks. E., 1978, **Water Supply Engineering Design**, Ann Arbor Science Publishers, Inc. , Michigan.

Benefied, L.D., Judkins Jr., J.F., Weand, B.L.,1982, **Process Chemistry For Water And WasteWater Treatment,** Prentice – Hall, Inc, Ney Jersey.

Degremont, **Water Treatment Hanbook**, A Halsted Press Book, Jonh Wiley & Sons, Fifth Edition, New York, 1979.

Fair G.M : Gayer J.C dan Okun D. A, 1986, **Wastewater Engineering Volume 2 Water Purufication and Waste Water Treatment and Disposal**, Jonh Wiley and Sons, New York.

Holden, W. S, 197, **Water Treatment and Examination**, J and A Churchill, London.

Kawamura, Susumu, **Intregated Design Of Water Treatment Fasilities**, jonh Wiley & Son, Inc, 1991.

Linsley R. K and J.B Franzini, 1979, **Water Resources Engineering**, Edisi 3, Mc Grow Hiil Inc, New York.

Popel, Prof. Dr. Ing. H. J, 1986, **Aeration and Gas Transfer**, Technische Universiteit Deth.

Sutrisno dan suciati, 1987, **Teknologi Penyediaan Air Bersih**, Bina Aksara, Jakarta.

Sugiharto, 1985, **Penyediaan Air Bersih Bagi Masyarakat**, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Pegawai, Departemen Kesehatan RI.

Robert B Williams Gordon, 1991, **Handbook Of Public Water System,** L. Culp. New York.

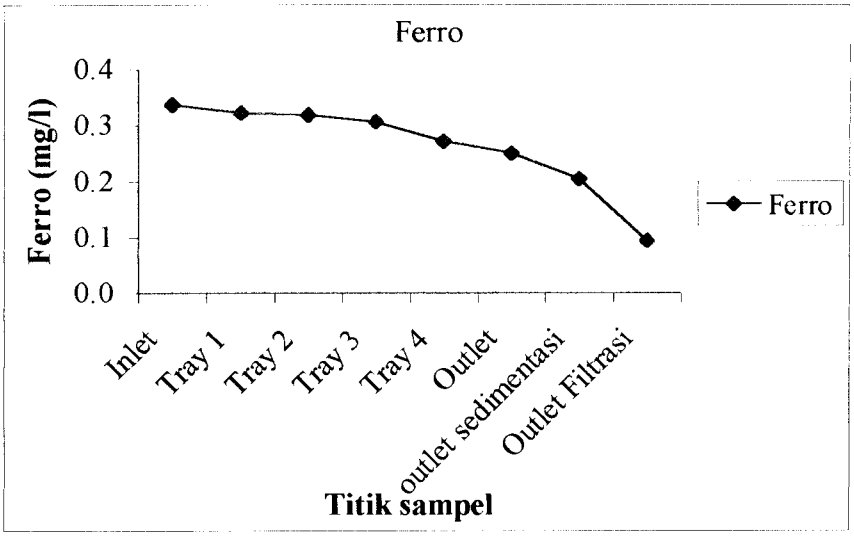
LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

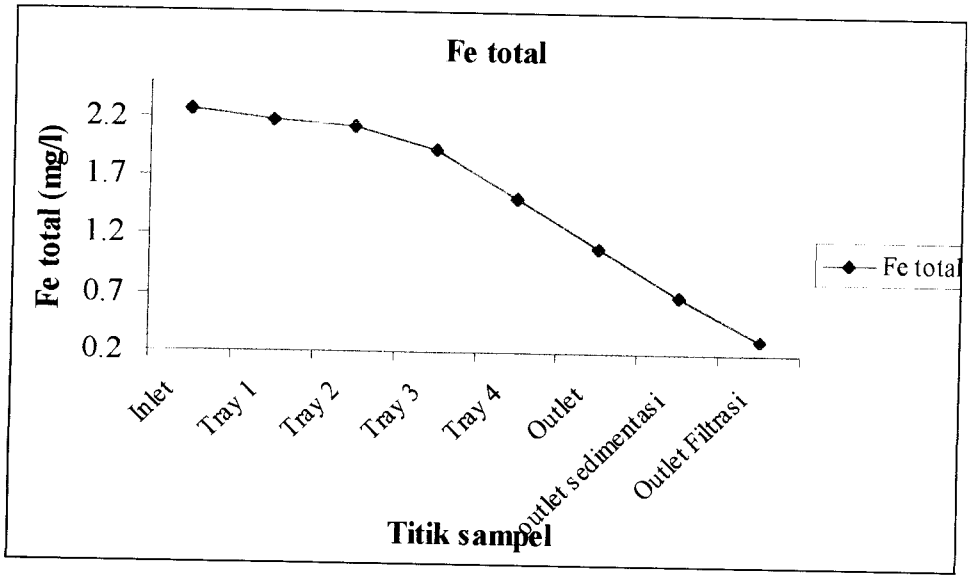
Hasil Pengukuran besi pada tanggal 25-09-2004
Lokasi : IPAM Bedog
Cuaca : cerah
Suhu udara : 34°C
Jam Pengambilan : 09.00

No	Sampel	25-09-2004								
		Ferro (mg/L)			Ferri (mg/L)			Fe Total		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	0.36	0.33	0.32	1.94	1.93	1.93	2.30	2.26	2.26
2	Tray 1	0.35	0.31	0.31	1.89	1.85	1.85	2.23	2.15	2.17
3	Tray 2	0.35	0.31	0.30	1.79	1.81	1.82	2.13	2.12	2.12
4	Tray 3	0.32	0.30	0.30	1.54	1.56	1.77	1.86	1.86	2.06
5	Tray 4	0.30	0.25	0.26	1.38	1.25	1.12	1.68	1.50	1.38
6	Outlet	0.26	0.25	0.24	0.66	0.82	1.07	0.92	1.07	1.31
7	outlet sedimentasi	0.16	0.23	0.22	0.52	0.49	0.47	0.68	0.72	0.69
8	Outlet Filtrasi	0.10	0.09	0.09	0.19	0.26	0.22	0.29	0.35	0.31

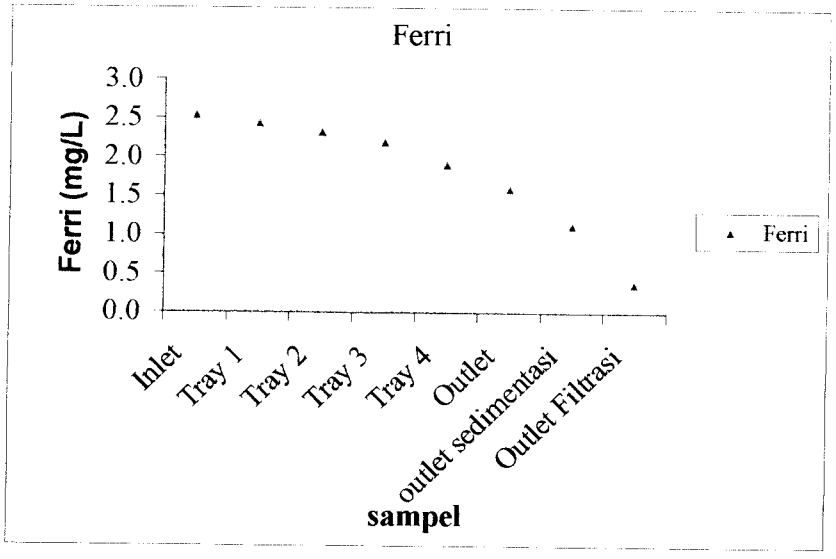
No	Sampel	Ferro			rata-rata	%
1	Inlet	0.357	0.330	0.325	0.337	0
2	Tray 1	0.346	0.309	0.314	0.323	4.23057
3	Tray 2	0.346	0.314	0.298	0.319	5.28821
4	Tray 3	0.325	0.298	0.298	0.307	8.98995
5	Tray 4	0.303	0.250	0.261	0.271	19.5664
6	Outlet	0.255	0.250	0.245	0.250	25.9122
7	outlet sedimentasi	0.159	0.228	0.223	0.203	39.6616
8	Outlet Filtrasi	0.100	0.089	0.089	0.093	72.4484
	Rata-rata					22.012



No	Sampel	Fe total			rata-rata	%
1	Inlet	2.299	2.256	2.256	2.271	0
2	Tray 1	2.235	2.155	2.165	2.185	3.77032
3	Tray 2	2.133	2.123	2.123	2.126	6.36242
4	Tray 3	1.860	1.855	2.064	1.926	15.1598
5	Tray 4	1.684	1.502	1.384	1.523	32.9118
6	Outlet	0.919	1.074	1.315	1.102	51.4492
7	outlet sedimentasi	0.678	0.721	0.694	0.698	69.2797
8	Outlet Filtrasi	0.293	0.346	0.309	0.316	86.0891
	Rata-rata					33.1278



No	Sampel	Ferri			rata-rata	%
1	Inlet	1.942	1.926	1.932	1.933	0
2	Tray 1	1.889	1.846	1.851	1.862	3.69004
3	Tray 2	1.787	1.808	1.825	1.807	6.54982
4	Tray 3	1.536	1.557	1.766	1.619	16.2362
5	Tray 4	1.380	1.252	1.124	1.252	35.2399
6	Outlet	0.663	0.824	1.070	0.853	55.9041
7	outlet sedimentasi	0.519	0.492	0.471	0.494	74.4465
8	Outlet Filtrasi	0.193	0.257	0.219	0.223	88.4686
	Rata-rata					35.0669



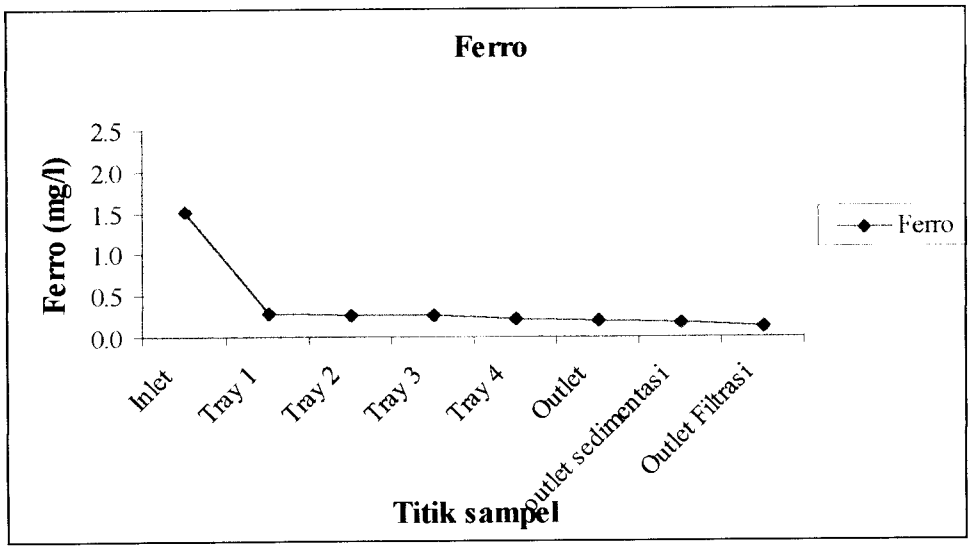
No	Sampel	25-09-2004			
		pH	T	DO	Kekeruhan
1	Inlet	7.0	28.0	2.5	8
2	Tray 1	7.0	27.3	6.2	9.2
3	Tray 2	7.0	27.3	6.4	9.4
4	Tray 3	6.5	27.4	6.5	10.3
5	Tray 4	6.5	27.4	6.6	10.3
6	Outlet	6.5	27.6	6.65	9.4
7	outlet sedimentasi	6.0	27.7	6.2	6.7
8	Outlet Filtrasi	6.0	27.4	6	1.8

LAMPIRAN 2

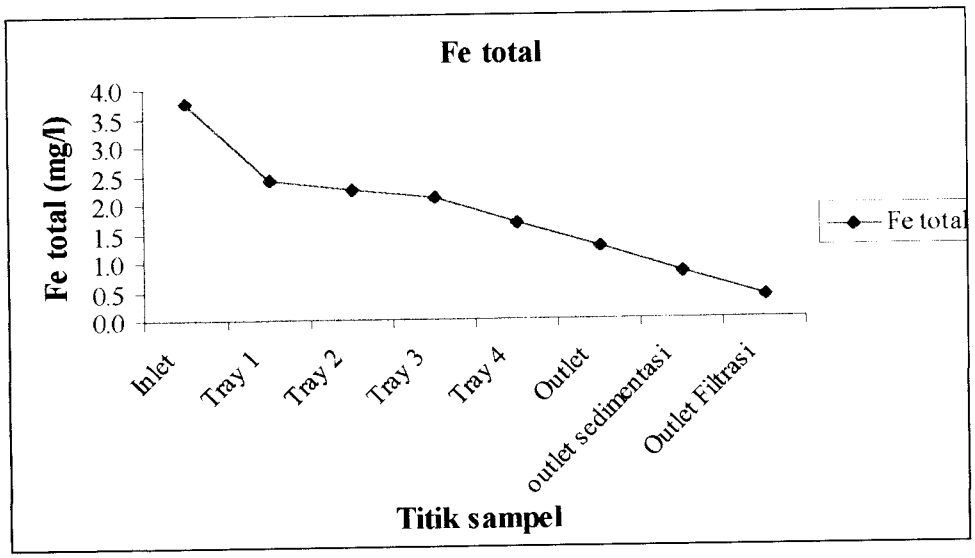
Hasil Pengukuran besi pada tanggal 23-10-2004
Lokasi : IPAM Bedog
Cuaca : cerah
Suhu udara : 34°C
Jam Pengambilan : 09.00

No	Sampel	23-10-2004								
		Ferro (mg/L)			Ferri (mg/L)			Fe Total		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	1.54	1.51	1.51	2.15	2.22	2.31	3.69	3.72	3.81
2	Tray 1	0.33	0.28	0.28	2.05	2.12	2.16	2.38	2.41	2.44
3	Tray 2	0.32	0.24	0.24	1.94	2.01	1.93	2.26	2.25	2.17
4	Tray 3	0.31	0.24	0.24	1.78	1.90	1.86	2.09	2.14	2.10
5	Tray 4	0.26	0.20	0.20	1.64	1.63	1.05	1.90	1.82	1.25
6	Outlet	0.22	0.19	0.19	0.90	1.20	0.99	1.12	1.39	1.18
7	outlet sedimentasi	0.22	0.15	0.15	0.23	0.77	0.85	0.45	0.92	1.00
8	Outlet Filtrasi	0.12	0.11	0.11	0.23	0.32	0.27	0.35	0.42	0.37

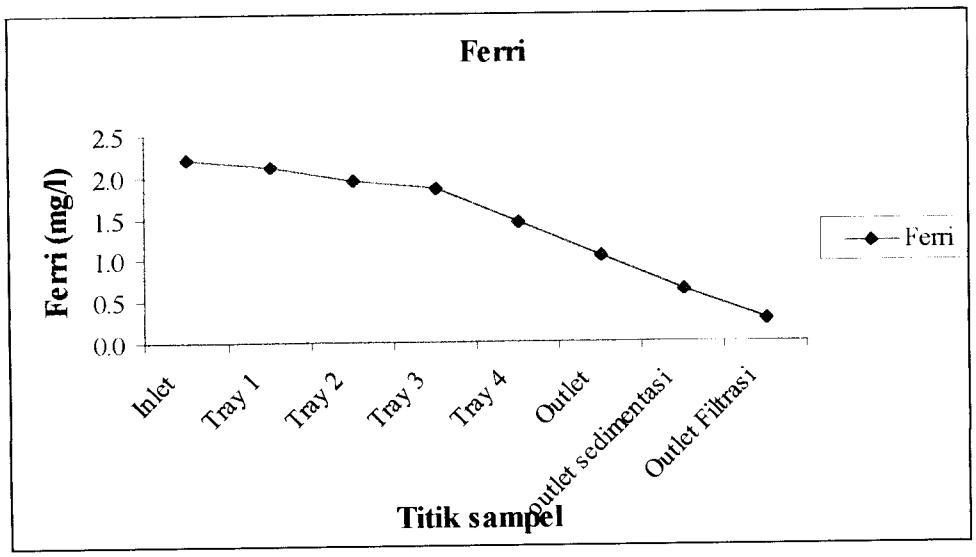
No	Sampel	Ferro			rata-rata	%
1	Inlet	1.545	1.507	1.507	1.520	0.000
2	Tray 1	0.330	0.282	0.282	0.298	80.390
3	Tray 2	0.325	0.239	0.239	0.268	82.385
4	Tray 3	0.309	0.239	0.239	0.262	82.737
5	Tray 4	0.261	0.196	0.196	0.218	85.671
6	Outlet	0.218	0.191	0.191	0.200	86.844
7	outlet sedimentasi	0.223	0.148	0.148	0.173	88.605
8	Outlet Filtrasi	0.121	0.105	0.105	0.111	92.712
	Rata-rata					74.918



No	Sampel	Fe total			rata-rata	%
1	Inlet	3.690	3.722	3.813	3.742	0.000
2	Tray 1	2.379	2.406	2.444	2.410	35.604
3	Tray 2	2.262	2.251	2.165	2.226	40.513
4	Tray 3	2.090	2.144	2.096	2.110	43.611
5	Tray 4	1.903	1.823	1.245	1.657	55.717
6	Outlet	1.122	1.395	1.181	1.233	67.061
7	outlet sedimentasi	0.453	0.919	0.999	0.790	78.881
8	Outlet Filtrasi	0.352	0.421	0.373	0.382	89.796
	Rata-rata					51.398



No	Sampel	Ferri			rata-rata	%
1	Inlet	2.146	2.215	2.306	2.222	0.000
2	Tray 1	2.049	2.124	2.162	2.112	4.976
3	Tray 2	1.937	2.012	1.926	1.958	11.878
4	Tray 3	1.782	1.905	1.857	1.848	16.854
5	Tray 4	1.643	1.627	1.049	1.439	35.233
6	Outlet	0.904	1.204	0.990	1.033	53.531
7	outlet sedimentasi	0.230	0.770	0.851	0.617	72.231
8	Outlet Filtrasi	0.230	0.316	0.268	0.271	87.801
	Rata-rata					35.313



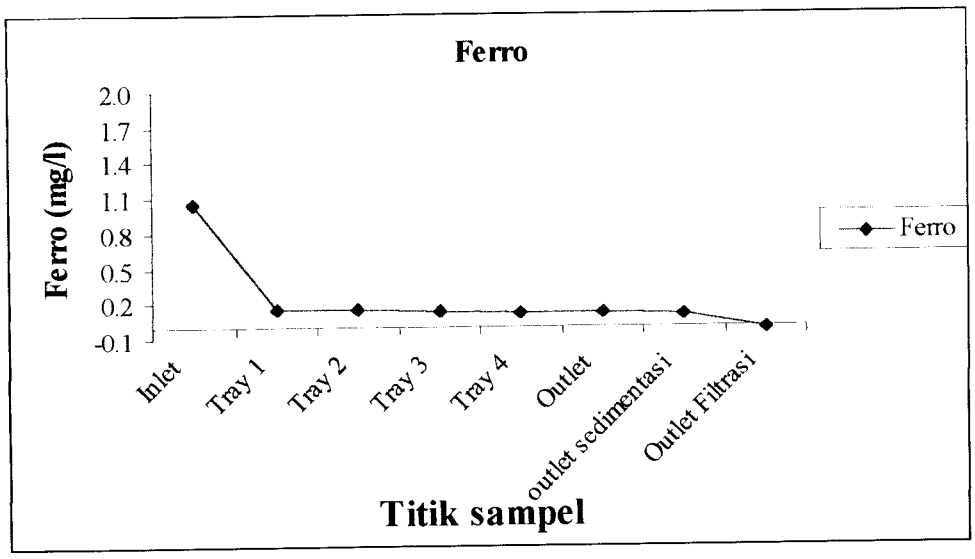
No	Sampel	25-09-2004			
		pH	T	DO	Kekeruhan
1	Inlet	7.0	28.1	3.5	1.2
2	Tray 1	6.5	28.1	5.2	4.4
3	Tray 2	6.5	27.8	5.7	4.8
4	Tray 3	6.5	27.9	6.0	5.0
5	Tray 4	6.5	27.9	6.1	5.1
6	Outlet	6.5	27.6	6.2	4.9
7	outlet sedimentasi	6.5	27.9	5.5	4.1
8	Outlet Filtrasi	6.5	27.9	5.3	4.4

LAMPIRAN 3

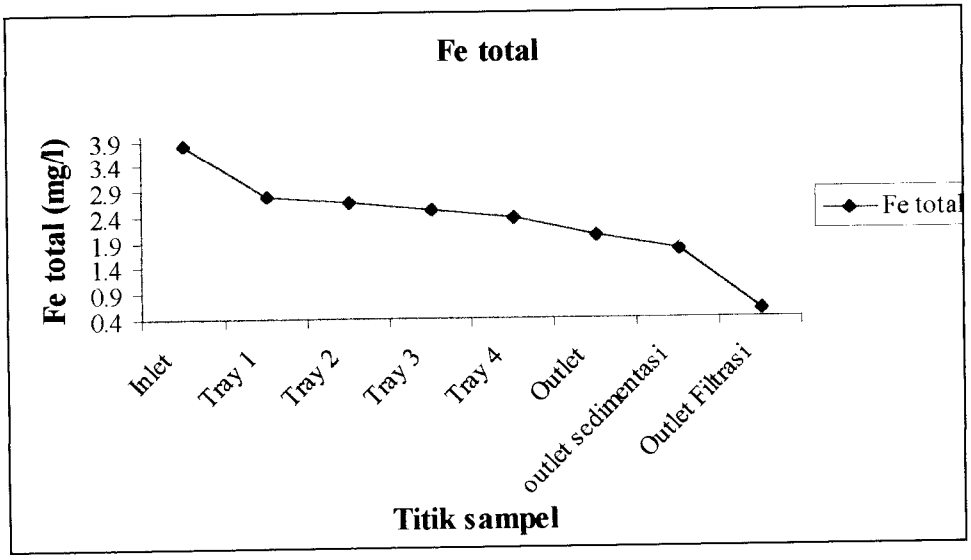
Hasil Pengukuran besi pada tanggal 5-12-2004
Lokasi : IPAM Bedog
Cuaca : cerah
Suhu udara : 34°C
Jam Pengambilan : 09.00

No	Sampei	6-12-2004								
		Ferro (mg/L)			Ferri (mg/L)			Fe Total		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	1.05	1.04	1.06	2.74	2.92	2.58	3.79	3.96	3.64
2	Tray 1	0.16	0.16	0.14	2.69	2.64	2.58	2.84	2.80	2.73
3	Tray 2	0.15	0.15	0.14	2.62	2.63	2.33	2.77	2.78	2.48
4	Tray 3	0.13	0.14	0.13	2.58	2.34	2.25	2.71	2.48	2.38
5	Tray 4	0.11	0.12	0.12	2.40	2.28	2.03	2.51	2.40	2.14
6	Outlet	0.11	0.12	0.12	2.34	2.27	1.03	2.45	2.38	1.14
7	outlet sedimentasi	0.11	0.11	0.08	2.28	1.82	0.80	2.40	1.94	0.88
8	Outlet Filtrasi	0.00	-0.01	-0.01	0.78	0.78	0.19	0.78	0.77	0.17

No	Sampel	Ferro			rata-rata	%
1	Inlet	1.047	1.036	1.058	1.047	0.000
2	Tray 1	0.159	0.159	0.143	0.154	85.335
3	Tray 2	0.148	0.154	0.143	0.148	85.846
4	Tray 3	0.132	0.143	0.132	0.136	87.038
5	Tray 4	0.111	0.116	0.116	0.114	89.082
6	Outlet	0.111	0.116	0.116	0.114	89.082
7	outlet sedimentasi	0.111	0.111	0.084	0.102	90.274
8	Outlet Filtrasi	0.004	-0.012	-0.012	-0.007	100.664
	Rata-rata					78.4151



No	Sampel	Fe total			rata-rata	%
1	Inlet	3.787	3.958	3.637	3.794	0.000
2	Tray 1	2.845	2.797	2.727	2.790	26.468
3	Tray 2	2.770	2.781	2.476	2.675	29.477
4	Tray 3	2.711	2.481	2.379	2.524	33.473
5	Tray 4	2.513	2.395	2.144	2.351	38.033
6	Outlet	2.454	2.385	1.143	1.994	47.435
7	outlet sedimentasi	2.395	1.935	0.881	1.737	54.205
8	Outlet Filtrasi	0.780	0.769	0.175	0.574	84.857
	Rata-rata					39.244



No	Sampel	Ferri			rata-rata	%
1	Inlet	2.739	2.921	2.579	2.747	0.000
2	Tray 1	2.686	2.638	2.584	2.636	4.026
3	Tray 2	2.622	2.627	2.333	2.527	7.987
4	Tray 3	2.579	2.338	2.247	2.388	13.052
5	Tray 4	2.402	2.279	2.028	2.236	18.571
6	Outlet	2.343	2.269	1.027	1.880	31.558
7	outlet sedimentasi	2.285	1.825	0.797	1.635	40.455
8	Outlet Filtrasi	0.776	0.781	0.187	0.581	78.831
	Rata-rata					24.310

No	Sampel	25-09-2004			
		pH	T	DO	Kekeruhan
1	Inlet	7.0	27.5	3	3.4
2	Tray 1	7.0	27.5	5.1	12
3	Tray 2	7.0	27.4	5.7	12
4	Tray 3	7.0	27.1	6	10.25
5	Tray 4	7.0	27.2	6.1	9.25
6	Outlet	6.5	27.8	6.2	8.1
7	outlet sedimentasi	6.5	27.7	6	5.4
8	Outlet Filtrasi	6.5	28.4	5.5	2.4

LAMPIRAN 4

Hasil Pengukuran besi pada tanggal 12-12-2004
Lokasi : IPAM Bedog
Cuaca : cerah
Suhu udara : 34°C
Jam Pengambilan : 09.00

No	Sampel	13-12-2004								
		Ferro (mg/L)			Ferri (mg/L)			Fe Total		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	0.64	0.64	0.65	3.55	3.39	2.93	4.19	4.03	3.57
2	Tray 1	0.17	0.17	0.15	3.51	3.17	2.87	3.68	3.34	3.02
3	Tray 2	0.14	0.14	0.15	3.25	3.08	2.83	3.39	3.22	2.98
4	Tray 3	0.13	0.13	0.14	3.02	3.06	2.74	3.16	3.19	2.88
5	Tray 4	0.10	0.10	0.12	2.91	2.67	2.54	3.01	2.77	2.65
6	Outlet	0.10	0.10	0.11	2.85	2.66	2.40	2.95	2.76	2.51
7	outlet sedimentasi	0.10	0.10	0.10	1.79	1.85	1.64	1.89	1.95	1.74
8	Outlet Filtrasi	0.06	0.06	0.05	0.54	0.43	0.38	0.59	0.49	0.43

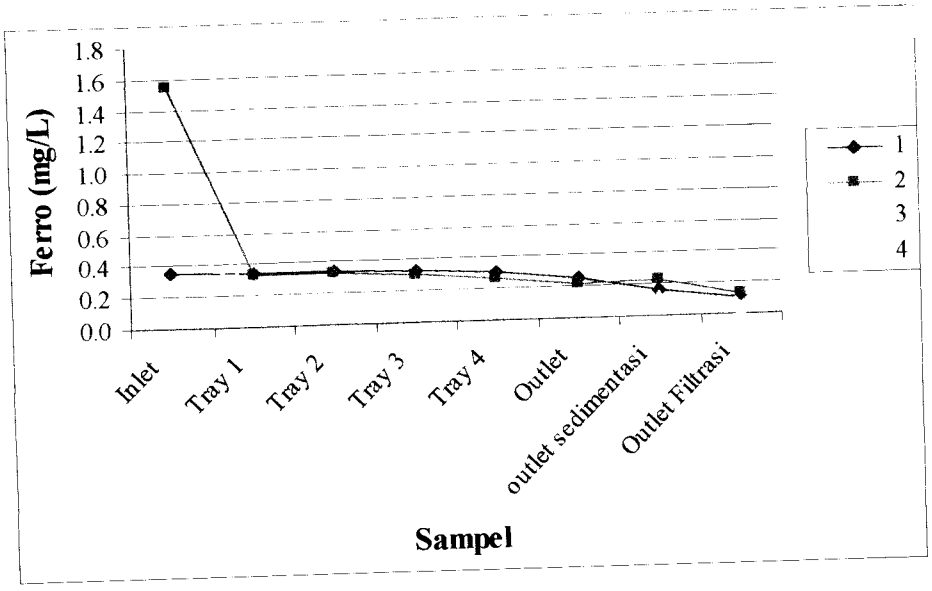
No	Sampel	Ferro			rata-rata	
1	Inlet	0.640	0.640	0.646	0.642	0.000
2	Tray 1	0.170	0.170	0.148	0.162	74.701
3	Tray 2	0.138	0.138	0.148	0.141	78.034
4	Tray 3	0.132	0.132	0.138	0.134	79.145
5	Tray 4	0.100	0.100	0.116	0.105	83.588
6	Outlet	0.100	0.100	0.111	0.104	83.866
7	outlet sedimentasi	0.100	0.100	0.100	0.100	84.421
8	Outlet Filtrasi	0.057	0.057	0.047	0.054	91.641
	Rata-rata					71.924

No	Sampel	Fe total			rata-rata	
1	Inlet	4.193	4.033	3.572	3.933	0.000
2	Tray 1	3.680	3.337	3.016	3.344	14.965
3	Tray 2	3.385	3.219	2.979	3.194	18.775
4	Tray 3	3.155	3.193	2.877	3.075	21.813
5	Tray 4	3.011	2.770	2.652	2.811	28.525
6	Outlet	2.952	2.759	2.513	2.741	30.293
7	outlet sedimentasi	1.892	1.946	1.737	1.859	52.741
8	Outlet Filtrasi	0.592	0.491	0.426	0.503	87.207
	Rata-rata					31.790

No	Sampel	Ferri			rata-rata	
1	Inlet	3.553	3.392	2.927	3.291	0.000
2	Tray 1	3.510	3.167	2.868	3.182	3.306
3	Tray 2	3.248	3.082	2.830	3.053	7.209
4	Tray 3	3.023	3.060	2.739	2.941	10.623
5	Tray 4	2.911	2.670	2.536	2.706	17.778
6	Outlet	2.852	2.659	2.402	2.638	19.837
7	outlet sedimentasi	1.792	1.846	1.637	1.759	46.558
8	Outlet Filtrasi	0.535	0.433	0.380	0.449	86.341
	Rata-rata					23.957

No	Sampel	25-09-2004			
		pH	T	DO	Kekeruhan
1	Inlet	7.0	27.9	1.9	2.4
2	Tray 1	7.0	27.5	4.6	12
3	Tray 2	7.0	27.5	4.9	9.4
4	Tray 3	6.5	27.4	5.1	8.75
5	Tray 4	6.5	27.6	5.2	8.1
6	Outlet	6.5	27.7	5.3	6.45
7	outlet sedimentasi	6.5	27.7	5	6.2
8	Outlet Filtrasi	6.5	27.7	4.9	2.4

1. Grafik Pengukuran Ferro



LAMPIRAN 5

1. Perhitungan Asiditas dari 4 kali pengukuran

No	Sampel	CO2								Rata-rata
		23-10-2004		23-10-2004		6/12/04		13-12-2004		
		1	2	1	2	1	2	1	2	
1	Inlet	55.62	76.47	125.14	125.14	145.99	139.04	111.23	104.28	110.363
2	Tray 1	55.62	76.47	76.47	76.47	139.04	139.04	97.33	97.33	94.721
3	Tray 2	48.66	62.57	69.52	69.52	125.14	132.09	97.33	97.33	87.769
4	Tray 3	48.66	62.57	62.57	69.52	118.18	118.18	76.47	90.38	80.817
5	Tray 4	48.66	48.66	55.62	62.57	111.23	104.28	69.52	69.52	71.258
6	Outlet	41.71	48.66	48.66	55.62	104.28	104.28	69.52	69.52	67.782
7	outlet sedimentasi	34.76	41.71	48.66	48.66	97.33	104.28	62.57	62.57	62.568
8	Outlet Filtrasi	27.81	34.76	48.66	41.71	69.52	62.57	55.62	62.57	50.402

No	Sampel	HCO3								Rata-rata
		23-09-2004		23-10-2004		6/12/04		13-12-2004		
		1	2	1	2	1	2	1	2	
1	Inlet	11.00	3.00	68.00	53.00	34.30	25.20	30.50	41.30	33.29
2	Tray 1	62.00	11.00	104.00	84.00	76.30	76.50	41.50	48.60	62.99
3	Tray 2	122.00	84.00	140.00	104.00	127.10	105.20	53.60	52.00	98.49
4	Tray 3	281.00	265.00	144.00	162.00	134.90	113.40	61.20	61.20	152.84
5	Tray 4	337.00	327.00	196.00	164.00	139.20	132.20	87.10	86.90	183.68
6	Outlet	462.00	341.00	325.00	274.00	168.00	157.50	111.50	108.60	243.45
7	outlet sedimentasi	500.00	471.00	381.00	325.00	197.10	177.80	115.70	117.50	285.64
8	Outlet Filtrasi	554.00	520.00	551.00	569.00	203.10	220.60	162.70	160.70	367.64

LAMPIRAN 6

Tabel efisiensi rata-rata Ferro dari 4 kali pengukuran

No	Sampel	Ferro mg/L (Rata-rata)							
		1	%	2	%	3	%	4	%
1	Inlet	0.337	0	1.520	0.000	1.047	0.000	0.642	0.000
2	Tray 1	0.323	4.23057	0.298	80.390	0.154	85.335	0.162	74.701
3	Tray 2	0.319	5.28821	0.268	82.385	0.148	85.846	0.141	78.034
4	Tray 3	0.307	8.98995	0.262	82.737	0.136	87.038	0.134	79.145
5	Tray 4	0.271	19.5664	0.218	85.671	0.114	89.082	0.105	83.588
6	Outlet	0.250	25.9122	0.200	86.844	0.114	89.082	0.104	83.866
7	outlet sedimentasi	0.203	39.6616	0.173	88.605	0.102	90.274	0.100	84.421
8	Outlet Filtrasi	0.093	72.4484	0.111	92.712	-0.007	100.664	0.054	91.641
	Rata-rata		22.012		74.918		78.415		71.924

Tabel efisiensi rata-rata Ferri dari 4 kali pengukuran

No	Sampel	Ferri mg/L (rata-rata)							
		1	%	2	%	3	%	4	%
1	Inlet	1.933	0.000	2.222	0.000	2.747	0.000	3.291	0.000
2	Tray 1	1.862	3.690	2.112	4.976	2.636	4.026	3.182	3.306
3	Tray 2	1.807	6.550	1.958	11.878	2.527	7.987	3.053	7.209
4	Tray 3	1.619	16.236	1.848	16.854	2.388	13.052	2.941	10.623
5	Tray 4	1.252	35.240	1.439	35.233	2.236	18.571	2.706	17.778
6	Outlet	0.853	55.904	1.033	53.531	1.880	31.558	2.638	19.837
7	outlet sedimentasi	0.494	74.446	0.617	72.231	1.635	40.455	1.759	46.558
8	Outlet Filtrasi	0.223	88.469	0.271	87.801	0.581	78.831	0.449	86.341
	Rata-rata		35.067		35.313		24.310		23.957

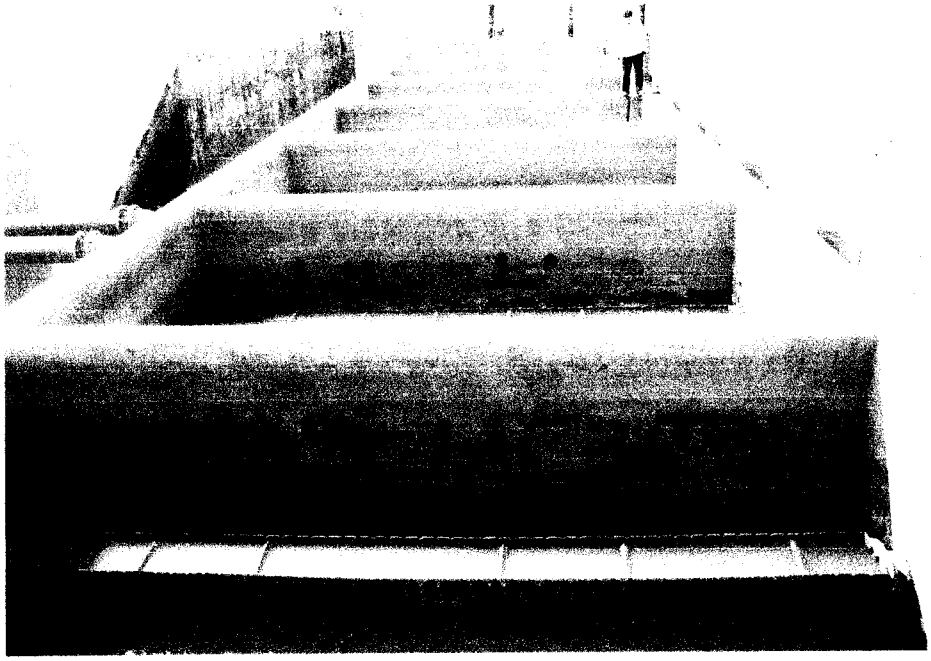
Tabel efisiensi rata-rata Fe total dari 4 kali pengukuran

No	Sampel	Fe total mg/L (rata-rata)							
		1	%	2	%	3	%	4	%
1	Inlet	2.271	0.000	3.742	0.000	3.794	0.000	3.933	0.000
2	Tray 1	2.185	3.770	2.410	35.604	2.790	26.468	3.344	14.965
3	Tray 2	2.126	6.362	2.226	40.513	2.675	29.477	3.194	18.775
4	Tray 3	1.926	15.160	2.110	43.611	2.524	33.473	3.075	21.813
5	Tray 4	1.523	32.912	1.657	55.717	2.351	38.033	2.811	28.525
6	Outlet	1.102	51.449	1.233	67.061	1.994	47.435	2.741	30.293
7	outlet sedimentasi	0.698	69.280	0.790	78.881	1.737	54.205	1.859	52.741
8	Outlet Filtrasi	0.316	86.089	0.382	89.796	0.574	84.857	0.503	87.207
	Rata-rata		33.128		51.398		39.244		31.790

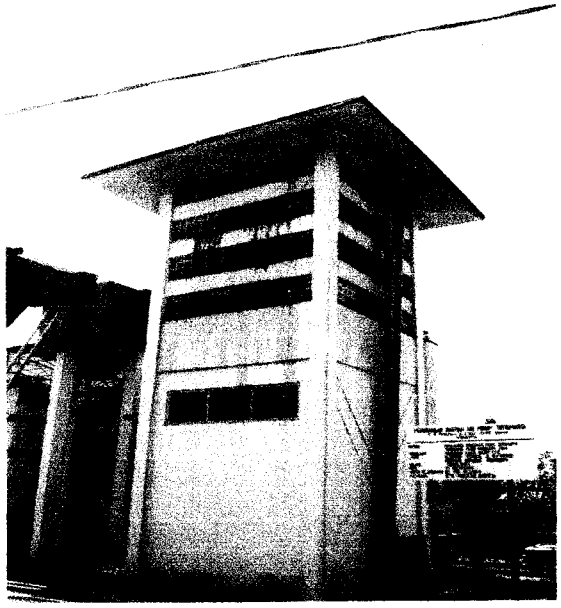
Tabel efisiensi rata-rata Ferro, Ferri,Fe total dari 4 kali pengukuran

No	Sampel	Rata-rata					
		Ferro	%	Ferri	%	Fe total	%
1	Inlet	0.887	0.000	2.548	0.000	3.435	0.000
2	Tray 1	0.234	73.577	2.448	3.937	2.682	21.912
3	Tray 2	0.219	75.287	2.336	8.311	2.555	25.599
4	Tray 3	0.210	76.343	2.199	13.701	2.409	29.870
5	Tray 4	0.177	80.014	1.908	25.109	2.086	39.281
6	Outlet	0.167	81.171	1.601	37.183	1.768	48.537
7	outlet sedimentasi	0.145	83.685	1.126	55.801	1.271	62.998
8	Outlet Filtrasi	0.063	92.939	0.381	85.039	0.444	87.078
Rata-rata %			70.377		28.635		39.410

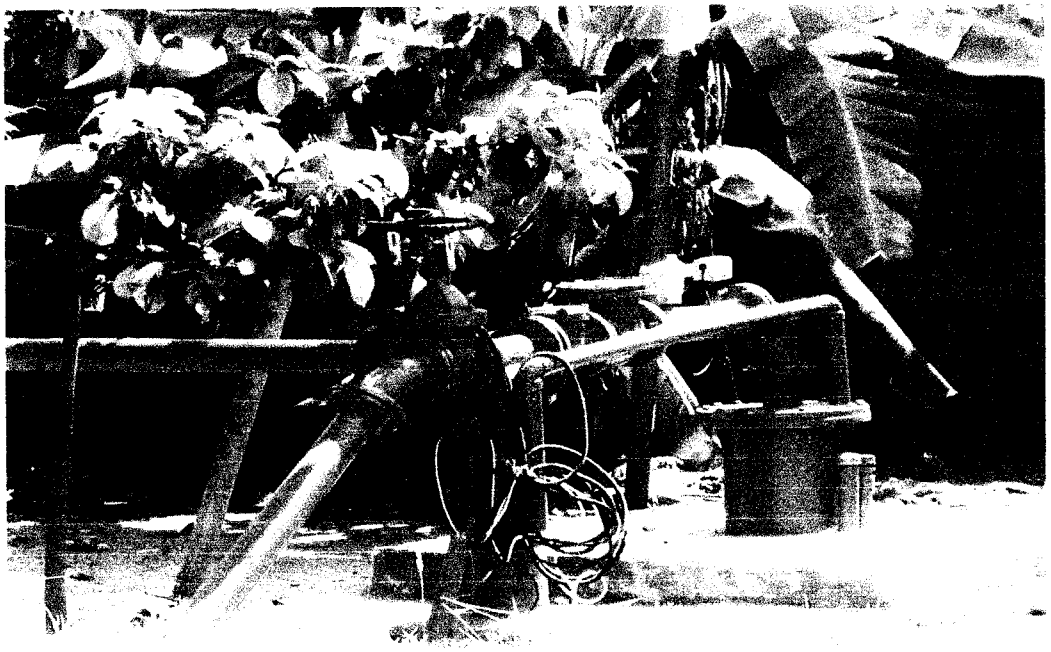
Lampiran 7



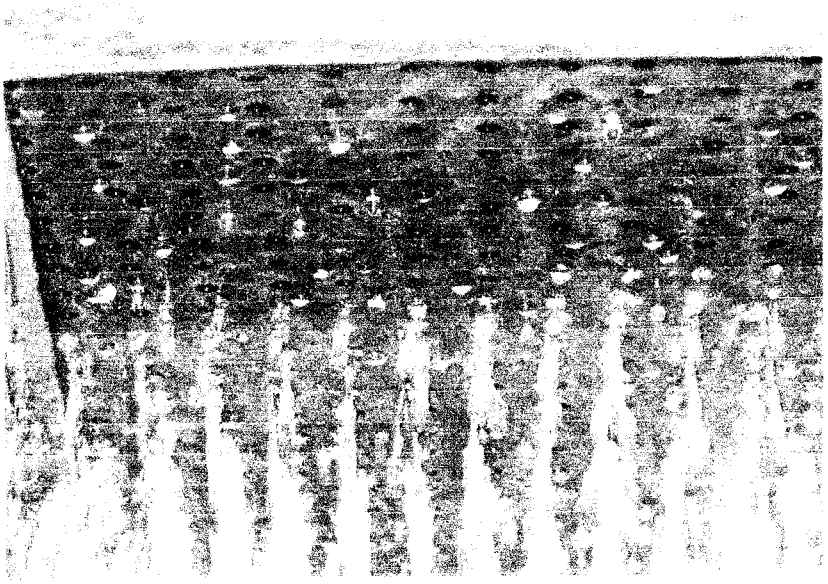
Gambar 1. Unit Pengolahan Filtrasi di PDAM Jogjakarta



Gambar 2. Bentuk Tray Aerasi Lain Yang Ada Di PDAM Jogkakarta



Gambar 3. Pompa Air Untuk Memompa Air Tanah



Gambar 4. Lubang-lubang Plat Pada Tray Aerator

LAMPIRAN 8

1. Hasil Perhitungan K_La Pada Pengukuran 1

Sampel	DO	Suhu	ferro	Oksigen (mg/L)	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 8:9	ln 10	kla	OC
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13
Inlet	2.5	28	0.33726	0.001	0.014	6.201	0.452	1.499	5.400	0.278	-1.282	2.838	0.704
Tray 1	6.2	27.3	0.32299	0.000	0.004	6.400	0.452	1.500	1.700	0.882	-0.125	0.278	0.069
Tray 2	6.4	27.3	0.31942	0.001	0.012	6.501	0.452	1.399	1.500	0.933	-0.070	0.154	0.038
Tray 3	6.5	27.4	0.30694	0.003	0.036	6.603	0.452	1.297	1.400	0.927	-0.076	0.168	0.042
Tray 4	6.6	27.4	0.27127	0.002	0.021	6.652	0.452	1.248	1.300	0.960	-0.040	0.090	0.022
Outlet	6.65	27.6	0.24987	0.018	0.250	0.018	0.452	7.682	1.250	6.146	1.816		

2. Hasil Perhitungan K_La Secara Keseluruhan (unit tray aerasi) Pada Pengukuran 1

sampel	DO	Suhu	ferro	mg/L	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 11	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
tray 1	6.2	27.3	0.323	0.004	0.052	6.604	1.80609	1.296	1.7	0.76252	-0.2711	0.15011	0.03629
tray 4	6.6	27.4	0.271										

LAMPIRAN 9

1. Hasil Perhitungan K_La Pada Pengukuran 2

sampel	DO	Suhu	ferro	Oksigen (mg/L)	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 10	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Inlet	3.5	28.1	1.520	0.088	1.222	5.288	0.452	2.412	4.200	0.574	-0.554	1.228	0.297
Tray 1	5.2	28.1	0.298	0.002	0.030	5.702	0.452	1.998	2.500	0.799	-0.224	0.497	0.120
Tray 2	5.7	27.8	0.268	0.000	0.005	6.000	0.452	1.700	2.000	0.850	-0.163	0.360	0.087
Tray 3	6	27.9	0.262	0.003	0.045	6.203	0.452	1.497	1.700	0.880	-0.127	0.282	0.068
Tray 4	6.2	27.9	0.218	0.001	0.018	6.301	0.452	1.399	1.500	0.932	-0.070	0.155	0.037
Outlet	6.3	27.8	0.200	0.014	0.200	0.014	0.452	7.686	1.400	5.490	1.703		

2. Hasil Perhitungan K_La Secara Keseluruhan (unit tray aerasi) Pada Pengukuran 2

sampel	DO	Suhu	ferro	mg/L	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 11	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
tray 1	5.2	28.1	0.298	0.006	0.080	6.106	1.80609	1.794	2.7	0.66454	-0.4087	0.22627	0.05471
tray 4	6.1	27.9	0.218										

LAMPIRAN10

1. Hasil Perhitungan K_La Pada Pengukuran 3

sampel	DO	Suhu	ferro	Oksigen (mg/L)	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 10	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Inlet	3	27.5	1.047	0.064	0.894	5.164	0.452	2.536	4.700	0.540	-0.617	1.366	0.339
Tray 1	5.1	27.5	0.154	0.000	0.005	5.700	0.452	2.000	2.600	0.769	-0.263	0.581	0.144
Tray 2	5.7	27.5	0.148	0.001	0.012	6.001	0.452	1.899	2.200	0.863	-0.147	0.326	0.081
Tray 3	6	27.6	0.136	0.002	0.021	6.202	0.452	1.698	1.900	0.894	-0.112	0.248	0.062
Tray 4	6.2	27.7	0.114	0.000	0.000	6.300	0.452	1.600	1.700	0.941	-0.061	0.134	0.033
Outlet	6.3	27.8	0.114	0.008	0.114	0.008	0.452	7.892	1.400	5.637	1.729		

2. Hasil Perhitungan K_La Secara Keseluruhan (unit tray aerasi) Pada Pengukuran 3

sampel	DO	Suhu	ferro	mg/L	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 11	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
tray 1	5.1	27.5	0.154	0.003	0.039	6.103	1.80609	1.797	2.8	0.64185	-0.4434	0.2455	0.05936
tray 4	6.1	27.2	0.114										

LAMPIRAN 11

1. Hasil Perhitungan K_La Pada Pengukuran 4

sampel	DO	Suhu	ferro	Oksigen (mg/L)	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 8:9	ln 10	kla	OC
1	2	3	4		5	7	8	9	10	11	12	13	14
Inlet	1.9	27.9	0.642	0.034	0.480	4.634	0.452	3.066	5.800	0.529	-0.638	1.412	0.341
Tray 1	4.6	27.5	0.162	0.002	0.021	4.902	0.452	2.798	3.100	0.903	-0.102	0.227	0.055
Tray 2	4.9	27.5	0.141	0.001	0.007	5.101	0.452	2.599	2.800	0.928	-0.074	0.165	0.041
Tray 3	5.1	27.6	0.134	0.002	0.029	5.202	0.452	2.498	2.600	0.961	-0.040	0.089	0.022
Tray 4	5.2	27.6	0.105	0.000	0.002	5.300	0.452	2.400	2.500	0.960	-0.041	0.091	0.022
Outlet	5.3	27.7	0.104	0.007	0.104	0.007	0.452	7.693	2.400	3.205	1.165		

2. Hasil Perhitungan K_La Secara Keseluruhan (unit tray aerasi) Pada Pengukuran 4

sampel	DO	Suhu	ferro	mg/L	selisih ferro	Ct	tc	Cs-Ct	Cs-Co	no 9:10	ln 11	kla	OC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
tray 1	4.6	27.5	0.162	0.004	0.057	5.204	1.80609	2.696	3.3	0.81694	-0.2022	0.11195	0.02707
tray 4	5.2	27.6	0.105										

LAMPIRAN 12

1. Hasil Rata-rata Perhitungan Kla Dari Ke-4 Pengukuran

Sampel	Kla				Rata-rata
	1	2	3	4	
Inlet					
Tray 1	0.278	0.497	0.581	0.227	0.396
Tray 2	0.154	0.360	0.326	0.165	0.251
Tray 3	0.168	0.282	0.248	0.089	0.197
Tray 4	0.090	0.155	0.134	0.091	0.117
jumlah : 4	0.172	0.323	0.322	0.143	0.240

2. Hasil Rata-rata Perhitungan OC Dari Ke-4 Pengukuran

Sampel	OC				Rata-rata
	1	2	3	4	
Inlet					
Tray 1	0.069	0.120	0.144	0.055	0.097
Tray 2	0.038	0.087	0.081	0.041	0.062
Tray 3	0.042	0.068	0.062	0.022	0.048
Tray 4	0.022	0.037	0.033	0.022	0.029
jumlah	0.043	0.078	0.080	0.035	0.059

1. Hasil Rata-rata Perhitungan Kla keseluruhan Dari Ke-4 Pengukuran

Sampel	Kla				Rata-rata
	1	2	3	4	
Tray 1 Tray 4	0.150113991	0.22627	0.24550	0.11195	0.18346

12. Hasil Rata-rata Perhitungan OC Keseluruhan Dari Ke-4 Pengukuran

Sampel	OC				Rata-rata
	1	2	3	4	
Tray 1 Tray 4	0.03629	0.05471	0.05936	0.02707	0.04436

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
a. Air Minum			
E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
b. Air yang masuk sistem distribusi E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	
c. Air pada sistem distribusi E. Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	

2. KIMIA

A. Bahan-bahan inorganic (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Antimony	(mg/liter)	0.005	
Air raksa	(mg/liter)	0.001	
Arsenic	(mg/liter)	0.01	
Barium	(mg/liter)	0.7	
Boron	(mg/liter)	0.3	
Cadmium	(mg/liter)	0.003	
Kromium	(mg/liter)	0.05	
Tembaga	(mg/liter)	2	
Sianida	(mg/liter)	0.07	
Fluroride	(mg/liter)	1.5	
Timah	(mg/liter)	0.01	
Molybdenum	(mg/liter)	0.07	

Nikel	(mg/liter)	0.02	
Nitrat (sebagai NO3)	(mg/liter)	50	
Nitrit (sebagai NO2)	(mg/liter)	3	
Selenium	(mg/liter)	0.01	

B. Bahan-bahan inorganik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Ammonia	mg/l	1.5	
Aluminium	mg/l	0.2	
Chloride	mg/l	250	
Copper	mg/l	1	
Kesadahan	mg/l	500	
Hidrogen Sulfide	mg/l	0.05	
Besi	mg/l	0.3	
Mangan	mg/l	0.1	
pH	-	6,5 - 8,5	
Sodium	mg/l	200	
Sulfate	mg/l	250	
Padatan terlarut	mg/l	1000	
Seng	mg/l	3	
	mg/l		

C. Bahan-bahan organik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Chlorinate alkanes			
carbon tetrachloride	(µg/liter)	2	
dichloromethane	(µg/liter)	20	
1,2 -dichloroethane	(µg/liter)	30	
1,1,1 -trichloroethane	(µg/liter)	2000	
Chlorinated ethenes			
vinyl chloride	(µg/liter)	5	
1,1 -dichloroethene	(µg/liter)	30	
1,2 -dichloroethene	(µg/liter)	50	
Trichloroethene	(µg/liter)	70	
Tetrachloroethene	(µg/liter)	40	
Benzene	(µg/liter)	10	
Toluene	(µg/liter)	700	

Xylenes	(µg/liter)	500	
benzo[a]pyrene	(µg/liter)	0,7	
Chlorinated benzenes			
Monochlorobenzene	(µg/liter)	300	
1,2 -dichlorobenzene	(µg/liter)	1000	
1,4 -dichlorobenzene	(µg/liter)	300	
Trichlorobenzenes (total)	(µg/liter)	20	
Lain-lain			
di(2-ethylhexy)adipate	(µg/liter)	80	
di(2-ethylhexy)phthalate	(µg/liter)	8	
Acrylamide	(µg/liter)	0.5	
Epichlorohydrin	(µg/liter)	0.4	
Hexachlorobutadiene	(µg/liter)	0.6	
edetic acid (EDTA)	(µg/liter)	200	
Nitriloacetic acid	(µg/liter)	200	
Tributyltin oxide	(µg/liter)	2	

D. Bahan-bahan organik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Toluene	µg/l	24-170	
Xylene	µg/l	20-1800	
Ethylbenzene	µg/l	2-200	
Styrene	µg/l	4-2600	
Monochlorobenzene	µg/l	10-12	
1.2 -dichlorobenzene	µg/l	1-10	
1.4 -dichlorobenzene	µg/l	0.3-30	
Trichlorobenzenes (total)	µg/l	5-50	
2 -chlorophenol	µg/l	600-1000	
2,4 -dichlorophenol	µg/l	0.3-40	
2,4,6 -trochlorophenol	µg/l	2-300	

E. Pestisida

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Alachlor	(µg/liter)	20	
Aldicarb	(µg/liter)	10	
aldrin/dieldrin	(µg/liter)	0.03	

Atrazine	(µg/liter)	2	
Bentazone	(µg/liter)	30	
Carbofuran	(µg/liter)	5	
Chlordane	(µg/liter)	0.2	
Chlorotoluron	(µg/liter)	30	
DDT	(µg/liter)	2	
1,2 -dibromo-3-chloropropane	(µg/liter)	1	
2,4 -D	(µg/liter)	30	
1,2 -dichloropropane	(µg/liter)	20	
1,3 -dichloropropane	(µg/liter)	20	
Heptachlor and	(µg/liter)	0.03	
Heptachlor epoxide			
Hexachlorobenzene	(µg/liter)	1	
Isoproturon	(µg/liter)	9	
Lindane	(µg/liter)	2	
MCPA	(µg/liter)	2	
Molinate	(µg/liter)	6	
Pendimethalin	(µg/liter)	20	
Pentachlorophenol	(µg/liter)	9	
Permethrin	(µg/liter)	20	
Propanil	(µg/liter)	20	
Pyridate	(µg/liter)	100	
Simazine	(µg/liter)	2	
Trifluralin	(µg/liter)	20	
Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA			
2,4 -DB	(µg/liter)	90	
Dichlorprop	(µg/liter)	100	
Fenoprop	(µg/liter)	9	
Mecoprop	(µg/liter)	10	
2,4,5 -T	(µg/liter)	9	

F. Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Monochloramine	Mg/l	3	
di- and trichloramine			
Chlorine	Mg/l	5	
Bromate	(µg/liter)	25	
Chlorite	(µg/liter)	200	
2,4,6 -trichlorophenol	(µg/liter)	200	
Formaldehyde	(µg/liter)	900	
Bromoform	(µg/liter)	100	
Dibromochloromethane	(µg/liter)	100	

Bromodichloro-methane	(µg/liter)	60	
Chloroform	(µg/liter)	200	
Chlorinated acetic acids			
Dichloroacetic acid	(µg/liter)	50	
Trichloroacetic acid	(µg/liter)	100	
Ćhloral hydrate			
(Trichloroacetal-dehyde)	(µg/liter)	10	
Dichloroacetonitrile	(µg/liter)	90	
Dibromoacetonitrile	(µg/liter)	100	
Trichloroacetonitrile	(µg/liter)	1	
Cyanogen chloride	(µg/liter)	70	
(sebagai CN)	(µg/liter)	25	

3. RADIOAKTIFITAS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Gross alpha activity	(Bq/liter)	0.1	
Gross beta activity	(Bq/liter)	1	

4. FISIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Ket.
1	2	3	4
Parameter Fisik			
Warna	TCU	15	
Rasa dan bau	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	°C	Suhu udara ± 3 °C	
Kekeruhan	NTU	5	

MENTERI KESEHATAN RI
ttd.
Dr. ACHMAD SUJUDI

Table II-6 Saturation Values of Dissolved Oxygen in Fresh and Sea Water Exposed to an Atmosphere Containing 20.9% Oxygen under a Pressure of 760 mm of Mercury*

Temperature, C	Dissolved Oxygen (mg/l) for Stated Concentrations of Chloride (mg/l)					Difference per 1000 mg/l Chloride
	0	5000	10000	15000	20000	
0	14.7	13.8	13.0	12.1	11.3	0.165
1	14.3	13.5	12.7	11.9	11.1	0.160
2	13.9	13.1	12.3	11.6	10.8	0.154
3	13.5	12.8	12.0	11.3	10.5	0.149
4	13.1	12.4	11.7	11.0	10.3	0.144
5	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0	0.140
6	12.5	11.8	11.0	10.4	9.8	0.135
7	12.1	11.5	10.8	10.2	9.6	0.130
8	11.8	11.2	10.6	10.0	9.4	0.125
9	11.6	11.0	10.4	9.7	9.1	0.121
10	11.3	10.7	10.1	9.5	8.9	0.118
11	11.0	10.4	9.9	9.3	8.7	0.014
12	10.8	10.2	9.7	9.1	8.6	0.110
13	10.5	10.0	9.4	8.9	8.4	0.107
14	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2	0.104
15	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	0.100
16	9.8	9.3	8.8	8.4	7.9	0.098
17	9.6	9.1	8.7	8.2	7.7	0.095
18	9.4	9.0	8.5	8.0	7.6	0.092
19	9.2	8.8	8.3	7.9	7.4	0.089
20	9.0	8.6	8.1	7.7	7.3	0.088
21	8.8	8.4	8.0	7.6	7.1	0.086
22	8.7	8.3	7.8	7.4	7.0	0.084
23	8.5	8.1	7.7	7.3	6.8	0.083
24	8.3	7.9	7.5	7.1	6.7	0.083
25	8.2	7.8	7.4	7.0	6.5	0.082
26	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	0.080
27	7.9	7.5	7.1	6.7	6.3	0.079
28	7.7	7.3	6.9	6.6	6.2	0.078
29	7.6	7.2	6.8	6.5	6.1	0.076
30	7.4	7.1	6.7	6.3	6.0	0.075

* For derivation of information see Sec. 23-6. For barometric pressures other than 760 mm of Hg, the solubilities vary approximately in proportion to the ratio of the actual pressure to the standard pressure.

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 hidrokhlorida 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 khlorida 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 khlorida dan larutan ammonium asetat.

a) Asam khlorida pekat

b) Larutan hidroksilamin hidrokhlorida
Laruktan 10 g NH_2OH. HCl dalam 100 mL air suling.

c) Larutan penyangga ammonium asetat.
- Larutkan 250 g $NH_4C_2H_3O_2$ 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 $C_{12}H_8N_2HO$. H_2O dalam 100 mL air suling.
- Panaskan sampai 80^0 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 : $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$. $6H_2O$.

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 (25) mL contoh yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe kedalam labu Erlenmeyer 250 mL.
- Tambah 2 (1) mL HCl pekat dan 1 (5) mL larutan hidroksilamin 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 cengan 2 mL HCl pekat dan 5 mL air suling.
- Dinginkan kedalam labu ukur 50 atau 100 mL.
- Tambah 10 (5) mL larutan penyangga ammonium asetat dan 2 (1) mL larutan 1,10 fenantrolin. Ferri
- 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.

Blanko ferri
Aquadest + 10 ml larutan penyangga ammonium asetat & 2ml/ larutan fenatrolin

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 25 contoh air yang telah diasamkan dan mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan 20 mL 10 larutan fenantrolin dan 10 mL 5 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
µg Fe	µg 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

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

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 ± 0,02 mg/liter dan ketepatan ± 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 ± 0,01 mg/liter dan ketepatan ± 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 ± 0,01 mg/liter dan ketepatan ± 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 Spektrofometer 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)