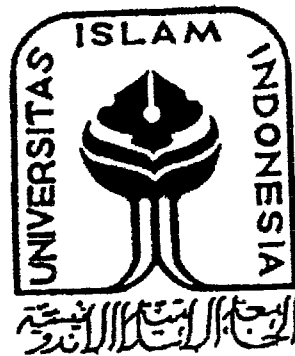


PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELE	
TGL. TERIMA :	14 September 2005
NO. JUDUL :	001703
NO. INV. :	5720001703001
NO. INDUK. :	

NO : TA/TL/2005/0019

TUGAS AKHIR
EVALUASI EFISIENSI TRAY AERATOR
TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI Fe²⁺
DI WILAYAH KERJA PDAM KABUPATEN SLEMAN

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



DI SUSUN OLEH :

MARDIAH

(00 513 074)

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

2005

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR EVALUASI EFISIENSI TRAY AERATOR TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI Fe^{2+} DI WILAYAH KERJA PDAM KABUPATEN SLEMAN

Nama : **Mardiah**
No. Mahasiswa : **00 513 074**
Program Studi : **Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I
Ir. H. Hananto Hadi Purnomo, MSc

Dosen Pembimbing II
Ir.H. Kasam, MT

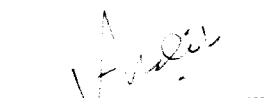
Dosen Pembimbing III
Andik Yulianto, ST



Tanggal : 10/5 '05



Tanggal : 10-5-2005



Tanggal : 10/5 05

Kupersembahkan untuk.....

*Bapa, Mamah, A'Ono, Teh Elis, Emak (Almarhumah), Abah (Almarhum), Wa'
Aas, Mang Ombi, Bi Yati, Mang Tatang, Bi Elis, Teh Neni, semua keponakan
dan saudaraku di Karawang, Bandung, Sumedang, maupun di Malang, A'Indra
tersayang, Papap, mamah, Teh Ratih, Teh Nia, dan Dita.*

ABSTRAKSI

Besi adalah mineral-mineral yang umumnya ditemukan di dalam tanah, dimana terdapat dalam bentuk oksidan, yaitu oksida besi. Pada air tanah biasanya besi berada sebagai Fe^{2+} yang terlarut dan ditemukan dalam konsentrasi oksida besi yang tinggi.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Sleman mengambil air bakunya berasal dari air tanah sebanyak 91,7 % dengan kualitas yang kurang baik karena mengandung besi dan mangan tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, PDAM membuat unit pengolahan berupa aerator.

Metode penelitian ini meliputi pengambilan sampel air yang diambil berasal dari inlet, bagian-bagian tray, outlet tray aerator, dan outlet filtrasi, dilanjutkan dengan pemeriksaan parameter temperatur air, pH, dan oksigen terlarut. Kemudian dilakukan pemeriksaan secara laboratorium untuk parameter Fe, alkali-asiditas dan kekeruhan.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa tray aerator di daerah Prambanan terdiri dari 5 tray dengan efisiensi terhadap penurunan konsentrasi Fe^{2+} pada masing-masing tray yaitu 66,22 %, 18,64 %, 15,77 %, 7,60 %, 0,63 %, dan efisiensi di outlet aerator sebesar 20,71 % bila dibandingkan efisiensi di filtrasi yaitu 12,05 %. Dengan konsentrasi besi total, Ferro, dan Ferri di akhir sistem yaitu 0,726 mg/L, 0,078 mg/L, dan 0,648 mg/L. Kinerja aerator PDAM Sleman yang terdapat di daerah Prambanan dilihat dari parameter Fe^{2+} , oksigen terlarut, pH dan kekeruhan yaitu dapat menurunkan konsentrasi Fe^{2+} sebesar 0,013 mg/L dan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut sebesar 0,328 mg/L, hanya saja dari proses ini dapat menurunkan pH sebesar 0,12 dan menaikkan konsentrasi kekeruhan sebesar 1,05 mg/L.

Kata kunci : air tanah, besi dan mangan, tray aerator

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah Rabbil'alamin, segala puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW, para rosul, keluarga, sahabat-sahabatnya beserta pengikutnya hingga akhir zaman sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana (SI) yang diberlakukan pada kurikulum Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir.H. Hananto Hadi Purnomo, MSc., selaku Dosen Pembimbing I
2. Ir.H. Kasam, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan selaku Dosen Pembimbing II.
3. Andik Yulianto, ST., selaku Koordinator Tugas Akhir dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir III
4. Ir. Suratno, Selaku Direktur Utama yang telah memberikan bantuannya.

5. Pak Bolano, Pak Purwadi, Pak Nuryono, serta Staf lain bagian Produksi & perencanaan yang telah memberikan banyak bantuannya.
6. Sahabatku (Nani Sumiati, A.md) di Bandung yang telah memberikan nasehat serta dukungannya dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman TL'00, Endah, Tifa, Titin, Santi, Tini, Rina, Sari, Luwis, Laely, Hari, Faisal, dll, yang telah memberikan bantuan dan dukungannya hingga tersusunnya laporan ini.
8. Teman-teman kost, Dwi arsitek'00, Netty, Ani, dll, yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.
9. Mas Agus, Pak Syamsudin dan Pak Tasyono yang telah memberikan bantuan dan dukungannya hingga tersusunnya laporan ini.
10. Semua pihak yang telah ikut memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini .

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari harapan dan tujuan, namun demikian penyusun berusaha memberikan yang terbaik. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan tugas akhir ini. Semoga hasil penulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amiiiiiiiiin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, April 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan penelitian	2
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sumber asal air tanah	4
2.2 Parameter pencemar air tanah	5
2.2.1 Parameter Fisik	5
2.2.2 Parameter kimia	6
2.2.3 Parameter bakteriologis	13
2.3 Aerasi dan transfer gas	13
2.3.1 Transfer gas	13
2.3.2 Aerasi	16
2.4 Jenis aerator	19
2.4.1 <i>Gravity aerators</i>	19

2.4.2	<i>Spray aerator</i>	21
2.4.3	<i>Diffused-air aerator</i>	21
2.4.4	<i>Mechanical aerators</i>	21
2.5	Hipotesa	22
BAB III	GAMBARAN UMUM PENGOLAHAN AIR PDAM SLEMAN	23
3.1	Daerah Istimewa Jogjakarta	23
3.2	Kabupaten Sleman	24
3.3	PDAM Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman	25
3.3.1	Sejarah PDAM Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman	25
3.3.2	Letak Perusahaan Daerah Air Minum Sleman	25
3.3.3	Kondisi teknis	25
BAB IV	METODE PENELITIAN	30
4.1	Ide tugas akhir	31
4.2	Studi pustaka	31
4.3	Pengumpulan data	31
4.4	Persiapan alat dan bahan	32
4.5	Pengambilan sampel dan pemeriksaan di lapangan	34
4.5.1	Lokasi penelitian	34
4.5.2	Pengambilan sampel	34
4.5.3	Pemeriksaan di lapangan	36
4.6	Pemeriksaan di laboratorium	36
4.7	Analisa data dan pembahasan	37
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	39
5.1	Hasil pemeriksaan dilaboratorium	39
5.1.1	Pemeriksaan besi	39

5.1.2	Pemeriksaan parameter-parameter lain yang mempengaruhi proses aerasi	39
5.2	Pembahasan	41
5.2.1	Pengaruh konsentrasi besi terhadap efisiensi penurunan Fe^{2+} di tray aerator	41
5.2.2	Pengaruh konsentrasi besi terhadap efisiensi penambahan Fe^{3+} di tray aerator	43
5.2.3	Pengaruh konsentrasi kekeruhan terhadap konsentrasi Fe^{2+}	43
5.2.4	Pengaruh konsentrasi oksigen terlarut terhadap konsentrasi Fe^{2+}	45
5.2.5	Pengaruh pH terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}	47
5.2.6	Pengaruh konsentrasi asiditas terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}	48
5.2.7	Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}	49
5.2.8	Pengaruh jumlah tray terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}	55
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	57
6.1	Kesimpulan	57
6.2	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	DAFTAR LAMPIRAN	ix

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelarutan oksigen terlarut di dalam air	8
Tabel 3.1	Cabang wilayah operasional PDAM Kabupaten Sleman	26
Tabel 5.1	Hasil pemeriksaan besi	39
Tabel 5.2	Hasil pemeriksaan oksigen terlarut, temperatur air, pH, dan kekeruhan	40
Tabel 5.3	Hasil pemeriksaan konsentrasi asiditas	40
Tabel 5.4	Hasil pemeriksaan besi dan efisiensi penurunan Fe^{2+}	41
Tabel 5.5	Hasil pemeriksaan besi dan efisiensi penambahan Fe^{3+}	43
Tabel 5.6	Hasil pemeriksaan kekeruhan dan konsentrasi besi	44
Tabel 5.7	Hubungan antara kekeruhan, oksigen terlarut, dan $K_{1,a}$	45
Tabel 5.8	Hasil pemeriksaan oksigen terlarut dan konsentrasi besi	46
Tabel 5.9	Hasil pemeriksaan pH dan efisiensi penurunan Fe^{2+}	47
Tabel 5.10	Hasil pemeriksaan konsentrasi asiditas, pH, konsentrasi Fe^{2+} dan efisiensi penurunan Fe^{2+}	48
Tabel 5.11	Hasil analisa $K_{1,a}$ dan OC pada tiap-tiap tray	51
Tabel 5.12	Hasil analisa $K_{1,a}$ & OC keseluruhan dari tray 1 sampai tray 5	51
Tabel 5.13	Perbandingan nilai $K_{1,a}$ dan OC untuk tray 4 dan tray 5	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan bentuk besi di dalam air	10
Gambar 2.2	Grafik hubungan antara $[\text{Fe}^{2+}]$ terhadap waktu kontak (t_c)	22
Gambar 3.1	Peta Daerah Istimewa Jogjakarta	24
Gambar 3.2	Peta lokasi unit pengolahan PDAM Kabupaten Sleman	27
Gambar 3.3	Denah instalasi di Daerah Prambanan	27
Gambar 3.4	Unit aerator di Daerah Prambanan	28
Gambar 3.5	Unit aerator di Dusun Murangan	28
Gambar 3.6	Unit aerator di Daerah Godean	29
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian evaluasi efisiensi unit aerator di wilayah kerja PDAM Kabupaten Sleman	30
Gambar 4.2	Titik pengambilan sampling	35
Gambar 5.1	Grafik hubungan antara konsentrasi besi terhadap titik sampling	42
Gambar 5.2	Grafik hubungan antara konsentrasi kekeruhan terhadap titik sampling	44
Gambar 5.3	Grafik hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut terhadap titik sampling	46
Gambar 5.4	Grafik hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut terhadap waktu kontak	53
Gambar 5.5	Grafik hubungan antara konsentrasi ferro terhadap waktu kontak	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Gambar 1 Peta Jaringan pipa Prambanan	60
Lampiran 2.	Gambar 2 Tray aerator di daerah prambanan	61
Lampiran 3.	Kurva standar besi dan kekeruhan	62
Lampiran 4.	Hasil pemeriksaan di laboratorium dan hasil perhitungan	63
Lampiran 5.	Hasil perhitungan $K_L a$ dan OC	71
Lampiran 6.	Standar kualitas air minum	74
Lampiran 7.	Metode pemeriksaan yang digunakan	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Dengan berkembangnya penduduk dan teknologi diperkotaan, pengolahan serta pendistribusian air ke rumah-rumah penduduk khusus dilakukan oleh Perusahaan Air Minum (PAM). Untuk Daerah Kabupaten Sleman di kelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Sleman. Dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di seluruh wilayah Kabupaten Sleman, maka PDAM Kabupaten Sleman mengambil air bakunya berasal dari air tanah sebanyak 91,7 % dengan kualitas yang kurang baik karena mengandung besi dan mangan tinggi.

Untuk mengatasi masalah tersebut, PDAM membuat unit pengolahan berupa aerator. Tujuan dari aerator adalah untuk mengurangi kandungan besi, mangan, gas-gas terlarut, penyisihan zat yang mudah menguap, serta memberikan oksigen untuk proses mikrobiologis. Namun hal ini tergantung dari instalasi pengolahan yang di buat oleh PDAM Sleman, apakah instalasi tersebut telah sesuai kriteria desain sehingga dapat berfungsi dengan optimal. Unit aerator yang ada di Kabupaten Sleman terdiri dari dua jenis yaitu berbentuk tertutup yang hanya memiliki satu lubang di atasnya (*aero hydro*), jenis ini sudah tidak berfungsi lagi karena hanya berfungsi sebagai bak penampung air saja dan tidak terjadi reaksi apapun untuk mengurangi kadar besi dan mangan. Jenis yang kedua yaitu *multiple tray aerator*. Jenis ini baru ada di 4 wilayah kerja PDAM

Kabupaten Sleman, yaitu di Godean, Prambanan, Sawahan dan Minomartani. Untuk daerah sawahan dan minomartani sudah tidak berfungsi dengan baik.

Kandungan besi pada daerah Prambanan relatif tinggi dan melebihi baku mutu yang ada. Sehingga diperlukan pengujian secara laboratorium untuk konsentrasi besi (dalam hal ini Fe^{2+}) dan kekeruhan, alkali-asiditas pada inlet, tiap-tiap tray, dan outlet tray aerator, serta pengujian pH, oksigen terlarut, dan temperatur pada tray aerator di lapangan, kemudian di evaluasi efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+}) pada tray aerator di PDAM Sleman, sehingga apakah perlu adanya perubahan pada tray aerator di daerah Prambanan. Serta hasil evaluasi tersebut diharapkan dapat sebagai pertimbangan dalam mendesain unit tray aerator di wilayah kerja berbeda tempat yang ada di PDAM Kabupaten Sleman.

1.2 Rumusan masalah

1. Seberapa besarkah efisiensi bangunan tray aerator terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+})?
2. Bagaimanakah kinerja aerator PDAM Sleman yang terdapat di daerah Prambanan?

1.3 Tujuan penelitian

1. Mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+}) di tray aerator.
2. Mengetahui kinerja aerator PDAM Sleman yang terdapat di daerah Prambanan.

1.4 Manfaat penelitian

1. Memberikan data informasi tentang besarnya penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+}), pH, temperatur, oksigen terlarut, kekeruhan, dan alkali-asiditas pada tray aerator di wilayah kerja PDAM yaitu tepatnya di Prambanan. Serta memberikan alternatif terbaik untuk unit tray aerator pada wilayah kerja PDAM
2. Mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe^{2+}) pada tray aerator dan filtrasi.
3. Mengatahui kinerja aerator PDAM Sleman yang terdapat di daerah Prambanan.
4. Memberikan saran pada PDAM Kabupaten Sleman untuk meningkatkan efisiensi tray aerator.

1.5 Batasan masalah

1. Untuk mengetahui efisiensi dari tray aerator di daerah Prambanan, maka parameter yang diteliti adalah penurunan kadar besi (Fe^{2+}) didalam air
2. Pemeriksaan dilakukan terhadap parameter yang berpengaruh dalam proses aerasi, antara lain: (Fe^{2+}), pH, temperatur, oksigen terlarut, kekeruhan, dan alkali-asiditas.

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 aquifer, 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)

Air tanah dangkal atau air tanah bebas adalah air yang bisa dipakai untuk keperluan rumah tangga atau penduduk dengan membuat sumur dangkal. Air tanah dangkal terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah, lumpur akan tertahan demikian pula bakteri sehingga air tanah dangkal akan

jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu pada masing-masing lapisan. Lapisan tanah di sini sebagai jaringan.

Di samping penyaringan pengotoran masih terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah memenuhi lapisan rapat air akan terkumpul menjadi air dangkal yang dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Ditinjau dari kualitasnya agak baik, kuantitasnya kurang cukup dan tergantung pada musim.

2. Air tanah dalam (sumur bor, *deep well*)

Air tanah dalam yaitu air tanah yang terdapat di antara lapisan kedap air atau lapisan impermeabel. Ditinjau dari kuantitasnya, Untuk air tanah dalam tidak dipengaruhi oleh musim atau lingkungan. Sedangkan kualitas air tanah dalam dipengaruhi oleh tanah yang dilalui kemungkinan mengandung zat mineral seperti besi (Fe), mangan (Mn), kalsium (Ca), dan CO₂ agresif.

2.2 Parameter pencemar air tanah

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

2.2.1 Parameter Fisik

Pada dasarnya kualitas fisik yang dipertahankan atau dicapai hanya mempertimbangkan segi kesehatan tetapi juga menyangkut kenyamanan dan

dapat diterima oleh pemakai dan juga segi estetika. Untuk syarat-syarat fisik harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum yaitu air tidak boleh berwarna, tidak boleh berasa, berbau, suhu air hendaknya dibawah suhu udara, dan air harus jernih.

2.2.2 Parameter kimia

2.2.2.1 pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam larutan melalui konsentrasi ion hidrogen H^+ . Ion hidrogen merupakan faktor utama dalam reaksi kimiawi, karena H^+ selalu dalam kesetimbangan dinamis dengan air dan 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+} 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.

2.2.2.2 Alkalinitas

Alkalinitas adalah kemampuan air untuk menetralkan asam didalam air alam, alkalinitas umumnya ditimbulkan oleh garam-garam yang berasal dari asam lemah atau basa kuat. Alkalinitas dalam air sebagian besar disebabkan oleh ion bikarbonat (HCO_3^-). Didalam air alam (natural waters) sebagian terbesar alkalinitas diakibatkan oleh tiga macam ion, yaitu : hidroksida (OH^-), karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-)

2.2.2.3 Karbon dioksida (CO_2)

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 $20^\circ C$,

sedangkan oksigen hanya dapat larut sebanyak 9 mg/L pada temperatur yang sama. Untuk temperatur air yang normal dan pada komposisi atmosfer, aerasi dapat menghilangkan kandungan CO₂ dalam air sampai serendah 4,5 mg/L. Kesetimbangan antara CO₂ diudara dan air, menghalangi penghilangan selanjutnya. Untuk air dengan kandungan CO₂ diatas 10 mg/L dengan alkalinitas kurang dari 100 mg/L, aerasi dapat digunakan untuk menghilangkan CO₂ yang cukup tinggi, Sehingga dapat mengurangi kebutuhan kapur yang diperlukan untuk menghilangkan CO₂. Hal ini menghasilkan penghematan biaya didalam proses pengolahan dengan menggunakan kapur.

2.2.2.4 Oksigen terlarut (DO)

Salah satu tujuan aerasi adalah memberikan oksigen ke dalam air yang akan terlarut menjadi DO. Air yang jenuh dengan oksigen mempunyai rasa yang lebih baik bila dibandingkan dengan air yang sedikit kadar oksigennya. Sejumlah oksigen yang tetap larut dalam air tergantung kepada temperatur air, impurities, tekanan parsial dan lain-lain. Aerasi air yang mengandung oksigen terlarut rendah dan CO₂ tinggi akan menghasilkan penambahan oksigen terlarut untuk oksidasi dan menaikkan pH dengan menurunkan konsentrasi CO₂. Kedua-duanya memberikan akibat menurunnya kelarutan Fe. Kelarutan oksigen di dalam air, dihasilkan air setelah kontak dengan udara jenuh pada tekanan 760 mmHg, seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kelarutan oksigen terlarut di dalam air

Temperatur °C	Konsentrasi klorida dalam air (mg/L)					Perbedaan per 1000 mg/L klorida
	0	5000	10000	15000	20000	
	Oksigen terlarut (DO) mg/L					
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	0.114
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

Sumber : Fair G. M; Geyer J.C dan Okun D. A, 1986 "Waste Water Engineering, Water Purification and Waste Water Treatment and disposal ", volume 2, John Wiley and Sons, New York.

2.2.2.5 Besi dan Mangan

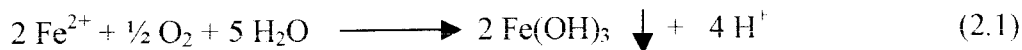
Besi dan mangan adalah dua mineral yang sering dijumpai didalam air permukaan dan air tanah. Kedua mineral ini umumnya berada dalam bentuk oksida yaitu oksida besi dan oksida mangan. Apabila air mengandung karbon dioksida atau air yang bersifat asam, besi valensi 3 (*ferric*) akan tereduksi menjadi besi valensi 2 (*ferrous*) dibawah kondisi anaerobik, besi (*ferrous*) ini di dalam air akan terlarut. Pada kondisi yang sama oksida mangan akan tereduksi dari valensi 4 menjadi valensi 2, mangan valensi 2 ini juga terlarut di dalam air.

Konsentrasi besi dan mangan di air permukaan jarang melebihi 1 mg/L. kandungan besi di air tanah dapat mencapai lebih dari 10 mg/L pada kondisi alkalinitas yang rendah (kurang dari 50 mg/L) dan konsentrasi mangan dapat mencapai lebih dari 2 mg/L (Kawamura, 1991).

2.2.2.5.1 Besi (Fe)

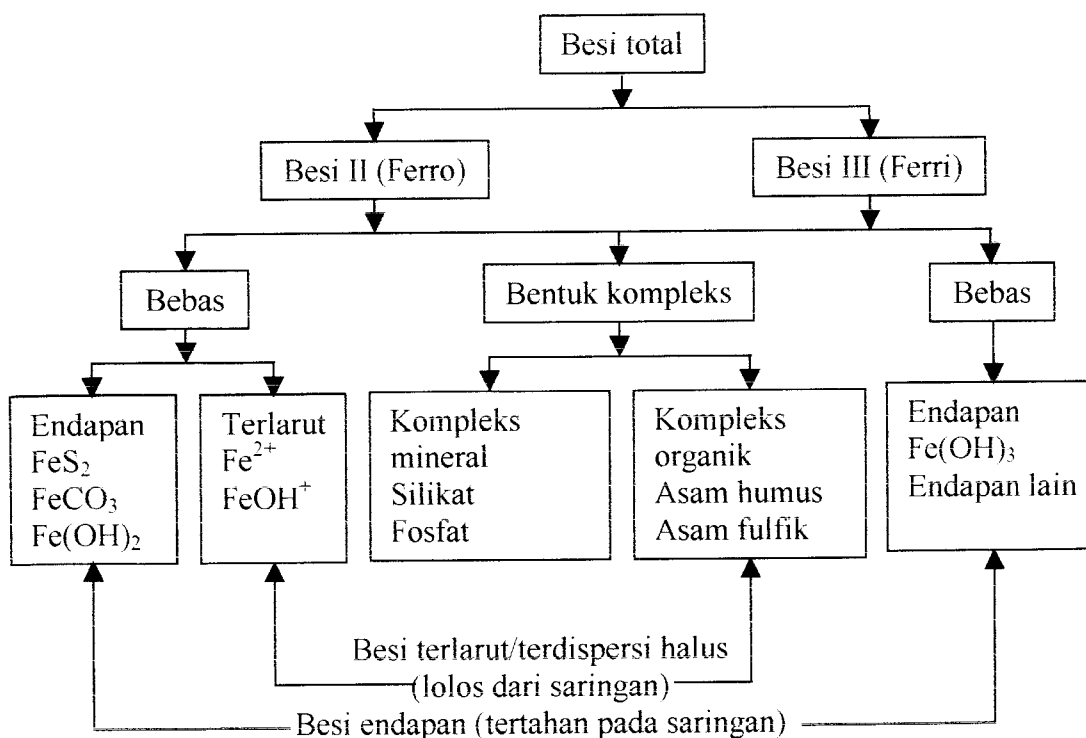
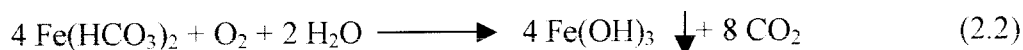
Unsur besi terdapat pada hampir semua air tanah. Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi hasil penguraian kembali zat-zat organik dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme, serta mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang relatif rendah. Kondisi ini menyebabkan konsentrasi besi dan mangan bentuk mineral endapan (Fe^{3+}) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}).

Besi dapat dihilangkan dari dalam air dengan melakukan oksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut dalam air, kemudian diikuti dengan pengendapan dan penyaringan. Oksigen terlarut mengubah besi menjadi komponen yang tidak terlarut dengan reaksi (Sugiharto, 1987) :



Aerasi memberikan oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengubah besi bentuk terlarut (Fe^{2+}) menjadi bentuk tidak larut (Fe^{3+}). Dibutuhkan O_2 sebesar 0,14 mg/L untuk menghilangkan 1 mg/L besi.

Adanya kandungan alkalinitas (HCO_3^-) yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Dan pemberian udara pada air menyebabkan oksidasi terhadap ferro bikarbonat yang terlarut menjadi ferri hidroksida yang tidak terlarut atau koloidal. Pada oksidasi ferro bikarbonat, CO_2 akan dibebaskan. Reaksi oksidasi dari ferro bikarbonat dengan udara dapat dituliskan sebagai berikut (Holden, 1970) :



Gambar 2.1 Bagan bentuk besi di dalam air

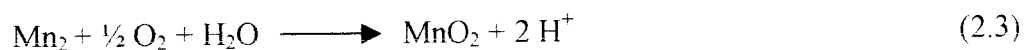
Sumber : Degremont, 1991

2.2.2.5.2 Mangan (Mn)

Mangan merupakan komponen utama dari lapisan bumi, terdapat secara alamiah dalam air tanah. Jika tidak ada unsur-unsur pembentuk yang kompleks, maka Mn tidak terdapat sebagai unsur terlarut. Dalam kebanyakan air alami konsentrasi organik pembentuk yang kompleks atau bahan-bahan organik jarang memadai untuk menstabilkan kondisi Mn^{2+} . Mn bervalensi tinggi terdapat sebagai koloid terdispersi yang stabil dalam waktu yang lama. (Fair, et. Al, 1969).

Mineral yang mengandung mangan lebih sedikit dibandingkan mineral yang mengandung besi. Hal ini membuktikan bahwa besi lebih sering dijumpai di dalam air tanah dibandingkan mangan. Akan tetapi hidroksida dan karbonat Mn(II) lebih terlarut dibandingkan Fe (II) (O'Connor, 1971).

Salah satu cara untuk menurunkan kadar tersebut dengan mengadakan kontak dengan udara (O_2) atau aerasi, dengan demikian reaksi kimianya sebagai berikut :



2.2.2.5.3 Efek yang ditimbulkan oleh besi dan mangan

Besi dan mangan dapat menyebabkan staining di alat-alat plambing, menimbulkan noda pada cucian dan menimbulkan bau dan rasa pada air minum. Besi dan mangan juga memberi andil terjadinya kesadahan pada air. Pengaruh lain dari kehadiran besi dan mangan dalam penyediaan air minum adalah pertumbuhan mikroorganisme dalam sistem distribusi air. Akumulasi dari pertumbuhan mikrobakterial dapat menurunkan kapasitas angkut dari pipa distribusi dan dapat menyebabkan penyumbatan (*clogging*) pada meteran air dan katup-katup pada

pipa distribusi. Selain itu dapat juga menyebabkan tingginya tingkat kekeruhan (O'Connor, 1971).

2.2.2.5.4 Oksidasi dan presipitasi besi dan mangan

Pendekatan dasar yang digunakan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah dengan oksidasi dan membuang endapan yang terbentuk dengan teknik sedimentasi atau filtrasi. Berdasarkan pengalaman, pendekatan yang paling sukses yang diterapkan untuk menyisahkan besi dan mangan adalah dengan cara penyesuaian pH, klorinasi dan filtrasi langsung menggunakan monomedia antrasit (Montgomery, 1985).

Dengan kehadiran oksigen terlarut, besi dan mangan dioksidasi menjadi tidak terlarut (Fe^{3+} dan Mn^{4+}) mengikuti reaksi redoksnya.



Kecepatan oksidasi Fe (II) oleh oksigen (oksigenasi) lambat pada kondisi pH rendah. pH dapat ditingkatkan dengan stripping karbon dioksida atau penambahan kapur atau dapat juga dengan penambahan katalis (dolomite, arang, dll). Oksidasi Fe(II) menjadi Fe(III) akan menurunkan kelarutan besi pada rentang pH yang sangat lebar yaitu 4 – 12.

Presipitasi besi karbonat hampir terjadi seluruhnya pada pH 8,5 dan presipitasi besi hidroksida terjadi pada pH 10,5. Pada kasus mangan, presipitasi mangan karbonat terjadi pada sekitar pH 9,2 dan untuk mangan hidroksida presipitasi terjadi pada pH 11,5 (Degremont, 1991).

2.2.2.5.5 Prinsip Penghilangan besi dan mangan

Ada beberapa prinsip proses penghilangan besi dan mangan yaitu : 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 dan mangan terlarut menjadi bentuk besi dan mangan tidak larut (endapan). Proses ini dilanjutkan dengan pemisahan endapan/suspensi/dispersi 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.

2.2.3 Parameter bakteriologis

Dalam persyaratan ini ditentukan batasan tentang jumlah bakteri pada umumnya. Air minum tidak boleh mengandung bakteri pathogen maupun non pathogen. Bakteri non pathogen meskipun tidak menyebabkan penyakit tetapi seringkali dalam jumlah berlebihan dapat mempengaruhi rasa, bau, estetika dan lain-lain.

2.3 Aerasi dan transfer gas

2.3.1 Transfer Gas

2.3.1.1 Definisi dan istilah transfer gas

Transfer gas adalah sebuah fenomena fisik, dimana molekul-molekul gas bertukar di antara zat cair dan gas pada *interface* (bidang pemisah) gas dan cair. Pertukaran ini menghasilkan peningkatan konsentrasi gas dalam fase cair. Selama fase cair ini tidak jenuh oleh gas dibawah kondisi seperti tekanan, temperatur

(adsorpsi gas) dan mengurangi konsentrasi bilamana fase cair terlalu jenuh yaitu desorpsi, presipitasi, atau stripping gas. Transfer gas ini dihasilkan dengan membuat udara dan air memasuki kontak secara dekat, yaitu dengan aerasi atau pengudaraan.

2.3.1.2 Mekanisme transfer gas

Gas-gas yang terlarut di dalam bahan cair akan mencari kondisi equilibrium atau seimbang. Konsentrasi gas yang terlarut di dalam bahan cair pada keadaan setimbang disebut nilai penjenuhan (C_s). Nilai penjenuhan gas bergantung pada temperatur bahan cair, tekanan gas sebagian, dan konsentrasi bahan-bahan padat yang terlarut pada bahan cair. Nilai penjenuhan secara langsung seimbang dengan tekanan sebagian dan secara terbalik seimbang dengan temperatur dan konsentrasi bahan-bahan padat terlarut.

Perbedaan antara nilai penjenuhan dan konsentrasi aktual memberikan kekuatan dorong untuk pertukaran gas-gas dari sifat gas menjadi sifat terlarut dan demikian pula sebaliknya. Tingkat pertukaran secara langsung seimbang dengan perbedaan antara konsentrasi aktual dan nilai penjenuhan.

Tingkat pemindahan gas untuk seluruh interface atau bidang pemisah zat cair-gas pada umumnya dinyatakan dalam persamaan integrasi sebagai berikut :

$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C_s - C_0) \quad (2.6)$$

$$(C_s - C) = (C_s - C_0) e^{-K_L a \cdot t} \quad (2.7)$$

dimana :

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

$$K_{L,a} = \text{Keseluruhan koefisien pemindahan massa (/s)}$$

$$C_s = \text{Konsentrasi penenuhan (mg/L)}$$

$$C = \text{Konsentrasi pada setiap waktu t (mg/L)}$$

$$C_0 = \text{Konsentrasi awal pada t = 0 (mg/L)}$$

Koefisien transfer gas ($K_{L,a}$) adalah nilai variabel yang bergantung pada hubungan yang kompleks, termasuk temperatur, area melalui gas yang dipencar, volume zat cair yang bersentuhan, dan koefisien pemencaran gas. Nilai $K_{L,a}$ bergantung kepada temperatur, yaitu nilai $K_{L,a}$ akan meningkat jika suhu dinaikkan. Nilai $K_{L,a}$ yang besar akan memberikan efisiensi yang lebih baik serta nilai oksigen terlarut pun besar. Selain itu, nilai $K_{L,a}$ dipengaruhi oleh kekeruhan air. Semakin banyak ferro yang berubah bentuk menjadi ferri dan mengendap, maka air di instalasi semakin keruh dan menyebabkan nilai $K_{L,a}$ semakin turun.

Dari persamaan (2.6) dan (2.7), pertimbangan penting dalam desain aerator yang dikembangkan sebagai berikut :

1. Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan daerah ekspos per unit volume. Alat aerasi yang ideal akan memperbesar bidang ekspos.
2. Tingkat pemindahan gas juga secara langsung seimbang dengan waktu ekspos, karena itu alat aerasi seharusnya memperbesar waktu ekspos.
3. Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan perbedaan di antara nilai penenuhan dan konsentrasi awal ($C_s - C_0$). Nilai penenuhan bergantung pada tekanan parsial gas, temperatur bahan cair, dan konsentrasi

bahan-bahan padat yang terlarut di dalam bahan cair, sehingga perubahan pada setiap parameter ini akan mempengaruhi tingkat pemindahan gas.

4. Jika C_0 lebih besar dibanding C_s (masalah khusus dengan air tanah yang superjenuh dengan CO_2 atau H_2S), sisi kanan dari persamaan 2.6 akan menghasilkan nilai negatif. Ini menggambarkan desorpsi atau pelepasan.

Kapasitas oksigenasi (OC) yaitu sejumlah oksigen yang masuk ke dalam suatu sistem aerasi. Kemungkinan adanya kenaikan O_2 dalam volume air (m^3), sehingga kapasitas oksigenasi OC (g/detik) dalam suatu sistem aerasi diperoleh sebagai perkalian OC dengan volume air :

$$OC = K_{L,a} C_s \text{ Volume air} \quad (2.8)$$

Besarnya nilai OC dipengaruhi oleh nilai $K_{L,a}$, semakin kecil nilai $K_{L,a}$ yang diperoleh maka semakin kecil nilai OC yang didapat dan sebaliknya.

2.3.2 Aerasi

2.3.2.1 Prinsip aerasi

Aerasi merupakan suatu sistem oksidasi melalui penangkapan O_2 dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O_2 diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Jadi 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 aerasi adalah :

1. Menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab rasa dan bau

2. Mengoksidasi besi dan mangan, yang tidak dapat terlarutkan dan melarutkan gas di dalam air
3. Menghilangkan senyawa-senyawa pengganggu, contoh penghilangan hidrogen sulfida sebelum khlorinasi dan menghilangkan karbon dioksida sebelum pelunakan.

Oksigen yang ada diudara, melalui proses aerasi akan bereaksi dengan senyawa ferrus dan manganous terlarut merubahnya menjadi *ferric* (Fe^{3+}) dan *manganic oxide hydrates* yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) dan atau penyaringan (filtrasi). Perlu diketahui bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air tidak selalu terjadi dalam waktu cepat. Apabila air mengandung zat organik, pembentukan endapan besi dan mangan melalui proses aerasi terlihat sangat tidak efektif.

2.3.2.2 Kelarutan gas dalam cairan

Kelarutan gas dalam cairan tergantung dari :

1. Kondisi alamiah gas, umumnya dinyatakan dalam koefisien gas spesifik ; koefisien distribusi k_D
2. Temperatur air
3. Impurities (kemurnian) yang terkandung dalam air
4. Konsentrasi gas tertentu pada fasa gas (g/m^3) yang berkaitan dengan tekanan parsial gas tersebut dalam fasa gas

2.3.2.3 Pengaruh konsentrasi gas terhadap kelarutan

Jika air terekspos oleh campuran gas, pertukaran yang terus-menerus dari molekul-molekul gas yang berubah dari fasa cair ke gas dan sebaliknya. Selama

konsentrasi kelarutan dalam fasa cair adalah mengalir melalui gas, keduanya akan sama besarnya seperti tidak ada perubahan secara keseluruhan dari konsentrasi gas dalam kedua fasa tersebut akan terjadi. Keseimbangan dinamis ini, biasanya berhubungan sebagai konsentrasi kelarutan atau konsentrasi jenuh dari gas dalam cairan. Konsentrasi gas tertinggi dalam fasa gas adalah akan lebih besar konsentrasi jenuh dalam fasa cair dengan jelas. Pada kenyataannya, hubungan antara konsentrasi jenuh (*saturation concentration*) C_s (g/m^3) dan konsentrasi gas dalam fasa gas (g/m^3) adalah linier :

$$C_s = k_D \cdot C_g \quad (2.9)$$

Besarnya tergantung dari gas alam (serta cairan juga) kemudian akan terlihat dalam temperatur air. k_D biasanya merupakan koefisien distribusi gas dalam air.

2.3.2.4 Pengaruh temperatur terhadap kelarutan gas

Apabila gas larut dalam air, biasanya proses ini diikuti dengan pelepasan panas (ΔH). Berdasarkan prinsip Le Chatelier, yakni kenaikan temperatur akan mengakibatkan kelarutannya akan menurun.

2.3.2.5 Pengaruh impurities air terhadap kelarutan gas

Apabila dalam air mengandung zat-zat tertentu, zat-zat tersebut akan mempengaruhi kelarutan gas. Dengan demikian perlu diperhitungkan suatu faktor yang menunjukkan kemurnian air (γ)

$$C_s = \left(\frac{k_D}{\gamma} \right) \cdot C_g \quad (2.10)$$

Untuk air murni $\gamma = 1$.

Faktor γ akan meningkat apabila konsentrasi substansi terlarut dalam air juga meningkat. Hal ini akan menurunkan kelarutan gas.

Pengaruh konsentrasi impurities (C_{imp}), dapat dinyatakan dalam rumus empiris :

$$\log \gamma = f \cdot C_{imp} \quad \text{untuk bukan elektrolit}$$

$$\log \gamma = f \cdot I \quad \text{untuk elektrolit}$$

dengan : f = konstanta yang tergantung pada kandungan zat terlarut dalam air

I = kekuatan ionik dari elektrolit

Nilai C_{imp} dan I diperoleh berdasarkan pengukuran. Sedangkan nilai f diperoleh berdasarkan percobaan di laboratorium untuk masing-masing campuran larutan.

2.4 Jenis aerator

Empat tipe aerator yang umum digunakan yaitu *Gravity aerators*, *Spray aerators*, *Diffusers*, dan *mechanical aerators*. Pertimbangan desain terbesar untuk semua tipe aerator adalah untuk menyediakan *interface* (bidang pemisah) maksimal antara udara dan air pada pengeluaran energi yang minimal. Jenis dari aerator tersebut adalah sebagai berikut :

2.4.1 Gravity aerators

Gravity aerators menggunakan bendungan (*weirs*), air terjun (*waterfalls*), air terjun kecil (*cascades*), bidang miring dengan piringan penderas (*inclined planes with riffle plates*), menara vertikal dengan aliran udara yang naik (*vertical towers with updraft air*), menara piringan yang dilubangi (*perforated tray towers*), atau *packed towers filled* dengan media kontak seperti *coke* atau batu (*stone*). Beberapa tipe dari *gravity aerators*, diantaranya :

2.4.1.1. *Multiple tray aerator*

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe aerator ini terdiri dari 4 – 8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30 – 50 cm. lubang air dibuat sama dengan tray di atasnya, dan aliran ke bawahnya rata-rata sekitar 0,02 m³/detik. Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa-pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah-bilah kayu yang disusun paralel.

2.4.1.2. *Cascade aerator*

Aerator ini terdiri 4 - 6 anak tangga, ketinggian masing-masing sekitar 30 cm dengan kapasitas sekitar 0,01 m³/detik. Untuk menghasilkan turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan-rintangan seringkali ditempatkan pada ujung tiap anak tangga. Dibandingkan dengan tray aerator memerlukan ruang yang lebih luas tetapi mempunyai *headloss* lebih rendah. Manfaat yang lain adalah tidak sulit dalam perawatannya.

2.4.1.3. *Multiple platform aerator*

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan *cascade aerator*. Piringan berlapis (*Platform*) untuk terjunan air dibuat terbuka tanpa menghalang sehingga air dapat kontak dengan udara.

2.4.2 *Spray aerator*

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga air yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini sangat menguntungkan bila

air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil kepermukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas.

Nozzled spray aerator 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.

2.4.3 *Diffused-air aerator*

Type ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa per lokasi, 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 diatas tekanan kedalaman air dimana diffusi itu ditetapkan.

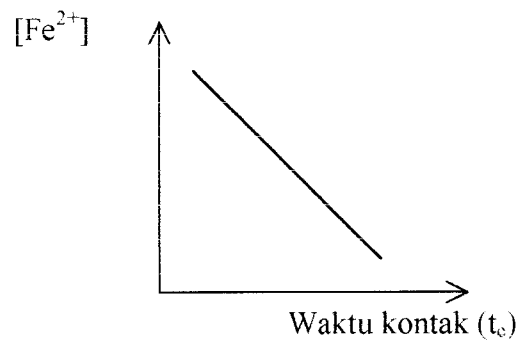
2.4.4 *Mechanical aerators*

Aerator tipe ini terdiri dari sebuah propeler seperti daun pengaduk terpasang pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat di dalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe-tipe aerator mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air ke dalam udara), aerator rendam (tipe udara ke dalam air), dan aerator kombinasi.

2.5 Hipotesa

Berdasarkan rumusan masalah dan tinjauan pustaka, maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Pengolahan air tanah dengan sistem aerasi dapat menurunkan parameter-parameter tertentu. Namun hal ini tergantung dari instalasi pengolahan yang dibuat oleh PDAM, apakah instalasi tersebut telah sesuai kriteria desain sehingga dapat berfungsi dengan optimal.
2. Semakin lama waktu kontak air dengan udara pada aerator maka konsentrasi Fe^{2+} semakin kecil, seperti terlihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 2.2 Grafik hubungan antara $[\text{Fe}^{2+}]$ terhadap waktu kontak (t_c)

BAB III

GAMBARAN UMUM PENGOLAHAN AIR PDAM SLEMAN

3.1 Daerah Istimewa Jogjakarta

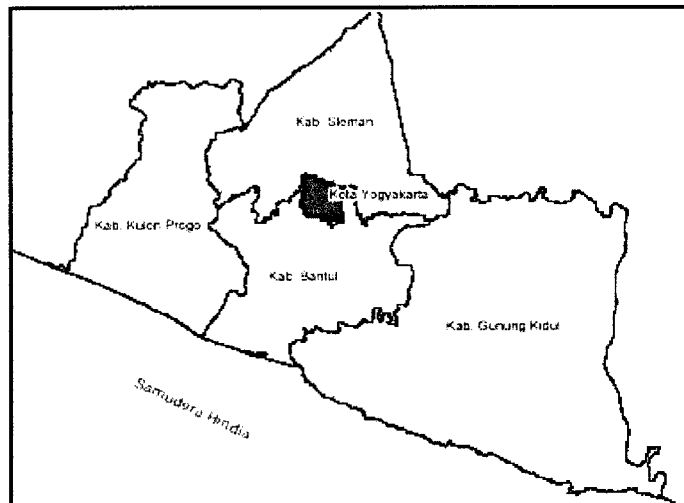
Secara geografis, Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta terletak di antara :
7°30' sampai dengan 8°15' Lintang Selatan dan 110° sampai dengan 110°52' Bujur Timur, yang tersusun atas empat satuan, yaitu Pegunungan Selatan, Gunung api Merapi, dataran rendah antara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulonprogo, dan Pegunungan Kulonprogo dan dataran rendah selatan.

Secara administratif, keseluruhan wilayah tersebut berbatasan dengan :

1. Sebelah utara berbatasan dengan Kabuapten Magelang.
2. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Klaten dan Wonogiri.
3. Sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia.
4. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Purworejo.

Luas Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta 3.185,80 Km², yang terbagi dalam lima wilayah administratif daerah Tingkat II, yaitu :

1. Kotamadya Jogjakarta dengan luas 32,5 km²
2. Kabupaten Bantul dengan luas 506,85 km²
3. Kabupaten Kulonprogo dengan luas 586,27 km²
4. Kabupaten Gunungkidul dengan luas 1.485,36 km²
5. Kabupaten Sleman dengan luas 574,82 km²



Gambar 3.1 Peta Daerah Istimewa Jogjakarta

Sumber : www.kab.go.id

3.2 Kabupaten Sleman

Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman merupakan salah satu dari lima Daerah Tingkat II di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta. Secara geografis Kabupaten Sleman terletak di antara $107^{\circ} 15' 03''$ dan $107^{\circ} 29' 30''$ Bujur Timur, $7^{\circ} 34' 51''$ dan $7^{\circ} 47' 30''$ Lintang Selatan. Dengan batas administrasi wilayah Kabupaten Sleman adalah :

1. Sebelah utara : Kabupaten Boyolali dan Magelang
2. Sebelah timur : Kabupaten Klaten
3. Sebelah selatan : Kotamadya Jogjakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon Progo
4. Sebelah barat : Wilayah Kabupaten Kulon Progo & Magelang

Luas Wilayah Kabupaten Sleman adalah 57.482 Ha atau $574,82 \text{ Km}^2$ atau sekitar 18% dari luas Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta $3.185,80 \text{ Km}^2$, dengan

jarak terjauh Utara - Selatan 32 Km, Timur - Barat 35 Km. Secara administratif terdiri 17 wilayah Kecamatan, 86 Desa, dan 1.212 Dusun.

3.3 PDAM Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman

3.3.1 Sejarah PDAM Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) didirikan sebagai BUMD berdasarkan undang-undang No 5 Tahun 1962 tentang Perusahaan Daerah. Pada tahun 1974 Departemen Pekerjaan Umum membangun prasarana dan sarana infrastruktur bagi penyediaan air bersih di Sleman. Setelah sarana dan prasarana telah selesai dibangun, maka pada tahun 1981 dibentuk Badan Pengelola Air Minum (BPAM), berdasarkan SK. Menteri PU No. 124/KPTS/K/II/1981 tanggal 14 Desember 1981. Setelah beroperasi selama 11 tahun sebagai Badan Pengelola Air Minum, maka melalui Perda Kabupaten Daerah Tingkat II Sleman No. 5 tahun 1990 beralih menjadi Perusahaan Daerah Air Minum dan resmi beroperasi sejak tanggal 2 November 1992 setelah dilaksanakan penyerahan pengelolaan prasarana dan sarana penyediaan air bersih dari Departemen PU kepada Pemerintah Daerah Tingkat II Sleman melalui Gubernur Kepala Daerah Istimewa Jogjakarta.

3.3.2 Letak Perusahaan Daerah Air Minum Sleman

Kantor pusat Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sleman terletak di Jl. Parasmya No. 16 Sleman, Jogjakarta.

3.3.3 Kondisi Teknis

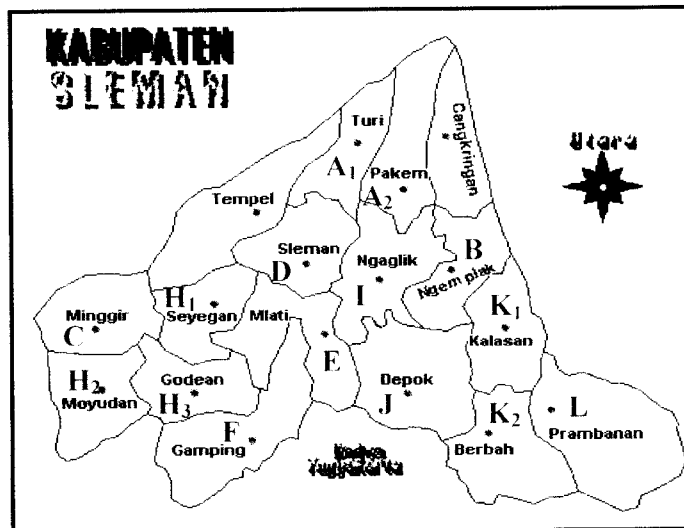
Pada saat ini PDAM Kabupaten Sleman mengelola dan mengoperasikan 15 sistem yang terbagi menjadi 12 cabang wilayah operasional. seperti terlihat

pada tabel 3.1 dan gambar 3.2. Sumber air baku berasal dari 2 unit mata air yang beroperasi rata-rata 16 jam, 19 unit sumur bor yang beroperasi rata-rata 10 jam, dan 3 unit sumur resapan yang beroperasi rata-rata 18 jam, dan menghasilkan kapasitas produksi air bersih sebanyak 249 L/detik, dengan pemanfaatan produksi 18,785 unit sambungan rumah, 177 unit hidran umum yang dapat melayani 130.235 jiwa masyarakat di Kabupaten Sleman.

Tabel 3.1 Cabang wilayah operasional PDAM Kabupaten Sleman

No	Cabang wilayah operasional	Sumber air baku
1	Cabang wilayah A Turi dan Pakem	Mata air umbul wadon
2	Cabang wilayah B Ngemplak dan Bimomartani	Air tanah (sumur bor)
3	Cabang wilayah C Tambakrejo dan minggir	Air tanah (sumur bor)
4	Cabang wilayah D Sleman Tridadi dan Murangan	Mata air to dandang Air tanah (sumur bor)
5	Cabang wilayah E Mlati	Air tanah (sumur bor)
6	Cabang wilayah F Sidomoyo Gamping	Air tanah dangkal (sumur resapan) Air tanah dangkal (sumur resapan)
7	Cabang wilayah G Nogotirto	Air tanah (sumur bor)
8	Cabang wilayah H Godean, Seyegan, dan Moyudan	Air tanah (sumur bor)
9	Cabang wilayah I Minomartani dan Ngaglik	Air tanah (sumur bor)
10	Cabang wilayah J Depok	Air tanah dangkal (sumur resapan)
11	Cabang wilayah K Kalasan dan Berbah	Air tanah (sumur bor)
12	Cabang wilayah L Prambanan	Air tanah (sumur bor)

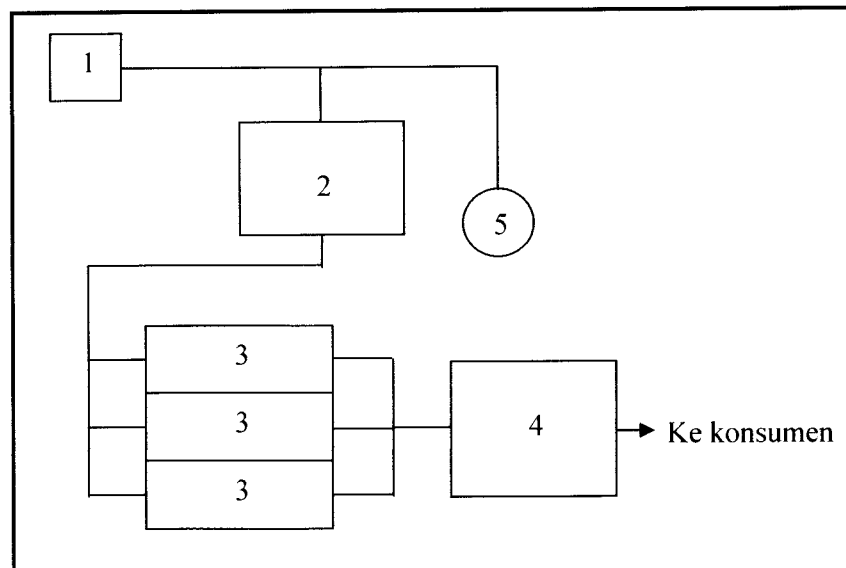
Sumber : Wawancara dengan bagian produksi



Gambar 3.2 Peta lokasi unit pengolahan PDAM Kabupaten Sleman

Sumber : www.cengking.com & wawancara dengan staf bagian produksi

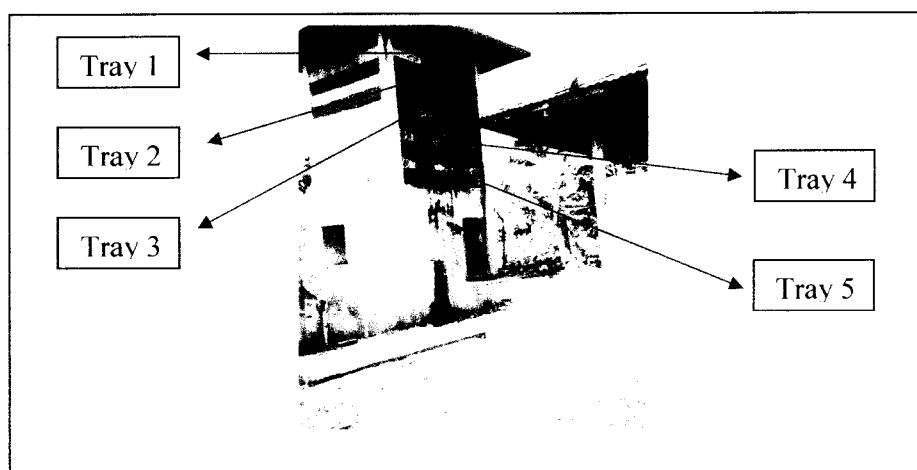
Unit pengolahan yang terdapat di PDAM Kabupaten Sleman terdiri dari aerator, sedimentasi, Filtrasi dan reservoir (lihat gambar 3.3), yang hasil dari pengolahan tersebut langsung didistribusikan ke konsumen.



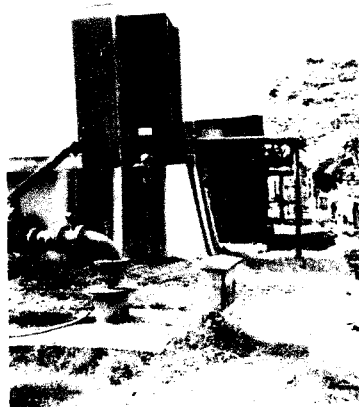
Gambar 3.3 Denah instalasi di Daerah Prambanan

- Keterangan :
1. Sumur bor
 2. Tray aerator
 3. Filtrasi
 4. Reservoar
 5. Pengambilan sampel di Inlet

Unit aerator yang ada di Kabupaten Sleman terdiri dari dua jenis yaitu berbentuk tertutup yang hanya memiliki satu lubang di atasnya (*aero hydro*), jenis ini sudah tidak berfungsi lagi karena hanya berfungsi sebagai bak penampung air saja dan tidak terjadi reaksi apapun untuk mengurangi kadar besi dan mangan. Jenis yang kedua yaitu *multiple tray aerator*. Jenis ini baru ada di 4 wilayah kerja PDAM Kabupaten Sleman, yaitu di Godean, Prambanan, Sawahan dan Minomartani. Untuk daerah sawahan dan minomartani sudah tidak berfungsi dengan baik.



Gambar 3.4 Unit aerator di Daerah Prambanan



Gambar 3.5 Unit Aerator di Dusun Murangan



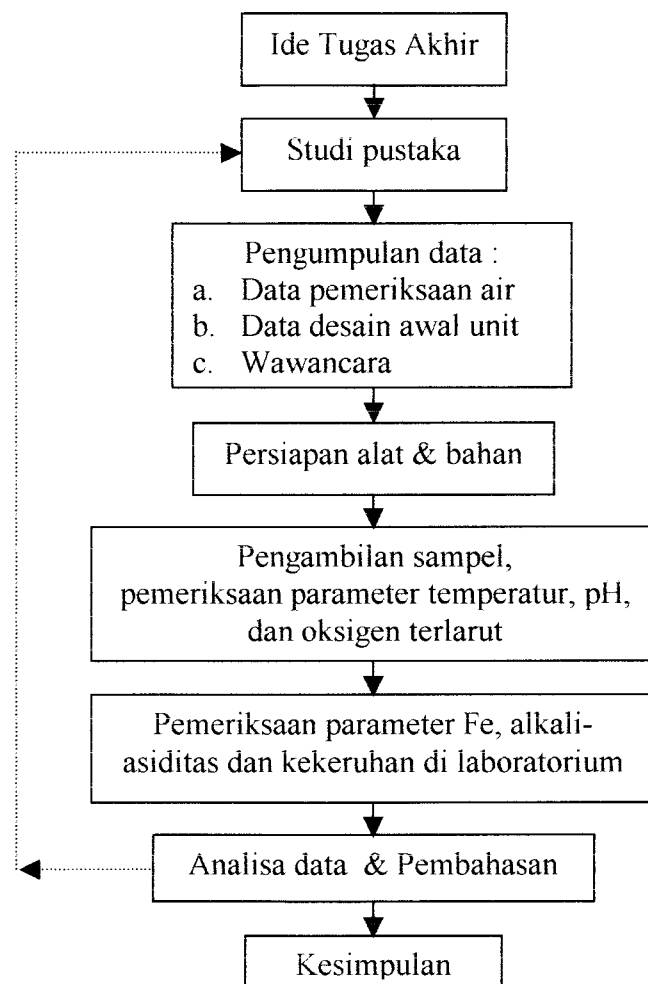
Gambar 3.6 Unit Aerator di Daerah Godean

Dari beberapa unit yang ada di PDAM Sleman yang menggunakan aerator, kualitas yang dihasilkan dari unit Prambanan ini tidak memenuhi standar baku mutu (wawancara dengan staf bagian produksi). Untuk itu, sebagai lokasi pengolahan yang dijadikan penelitian yaitu di daerah Prambanan. Unit ini sudah berproduksi sekitar 12 tahun yaitu dibangun tahun 1993, dengan kapasitas produksi air bersih ± 7 L/detik, dengan konsentrasi besi yang terkandung pada daerah ini yaitu 1,778 mg/L.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian evaluasi efisiensi unit aerator
Di wilayah kerja PDAM Kabupaten Sleman

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

4.1 Ide tugas akhir

Melihat kondisi air tanah yang mengandung besi dan mangan tinggi, sehingga perlu adanya pengolahan yang optimal. Sedangkan sumber air baku PDAM Kabupaten Sleman sebagian besar mengambil dari air tanah dan pengolahan untuk mengurangi besi dan mangan yang dilakukan menggunakan tray aerator, maka muncul ide tugas akhir mengenai evaluasi efisiensi tray aerator terhadap penurunan konsentrasi Fe^{2+} di wilayah kerja PDAM Kabupaten Sleman.

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 di lapangan, 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 Kabupaten Sleman
 4. Data dari wawancara
- b. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari studi pustaka

4.4 Persiapan alat dan bahan

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

$$a. B = \frac{(N \times \sum XY) - (\sum X \times \sum Y)}{(N \times \sum X^2) - (\sum XY)^2} \quad (4.1)$$

$$b. A = \frac{(\sum Y) - (B \times \sum X)}{(N)} \quad (4.2)$$

$$c. Y = BX \pm A \quad (4.3)$$

Keterangan : Y = hasil absorbansi dari sampel air

Regresi linear digunakan untuk standarisasi alat pada pemeriksaan besi dan kekeruhan serta membuat grafik dan persamaan linear yang selanjutnya akan dipergunakan dalam mencari konsentrasi besi dan kekeruhan.

Metode yang digunakan tiap parameter yang akan diperiksa antara lain :

1. Pemeriksaan besi (total & Ferro)

Sebagai acuan dalam pemeriksaan ini yaitu SNI 19-1127-1989:AWWA 3500-Fe D.

Karena air tanah banyak mengandung besi dan untuk mengetahui besarnya konsentrasi besi yang terkandung di Instalasi (tray aerator dan filtrasi) PDAM Kabupaten Sleman yang terdapat di daerah Prambanan. Serta untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi besi pada instalasi dan pengaruhnya terhadap nilai $K_{1,a}$ pada tray aerator.

3. Pemeriksaan pH

Pemeriksaan pH, menggunakan kertas pH dan gelas beker.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui pH yang terkandung serta cepat atau lambatnya laju reaksi yang terjadi pada instalasi.

4. Pengukuran temperatur.

Pengukuran temperatur ini menggunakan termometer air dan DO meter.

Untuk mengetahui temperatur air pada instalasi (tray aerator dan filtrasi) di PDAM Kabupaten Sleman yang terdapat di daerah Prambanan dan pengaruhnya terhadap besarnya nilai $K_{1,a}$ pada tray aerator

5. Pemeriksaan oksigen terlarut (DO)

Pemeriksaan DO, menggunakan DO meter dan botol winkler.

Untuk mengetahui konsentrasi oksigen terlarut pada instalasi (tray aerator dan filtrasi) di PDAM Kabupaten Sleman yang terdapat di daerah Prambanan. Dan pengaruhnya terhadap konsentrasi besi.

6. Pemeriksaan Asidi-alkalinitas

Sebagai acuan dalam pemeriksaan ini yaitu standar method (AWWA 2310-Acidity dan 2320-Alkalinity).

Untuk mengetahui konsentrasi asiditas atau alkalinitas (CO_2 , HCO_3^- , atau H^+) pada instalasi (tray aerator dan filtrasi) di PDAM Kabupaten Sleman yang terdapat di daerah Prambanan. Sehingga akan diketahui kondisi air (asam atau basa) yang terkandung diinstalasi tersebut, dan pengaruhnya terhadap pH yang diperoleh.

7. Pemeriksaan Kekeruhan

Sebagai acuan dalam pemeriksaan ini yaitu standar method (AWWA 2130-Turbidity).

Untuk mengetahui konsentrasi kekeruhan pada instalasi (tray aerator dan filtrasi) di PDAM Kabupaten Sleman yang terdapat di daerah Prambanan dan pengaruhnya terhadap konsentrasi besi serta nilai $K_{1,a}$ yang diperoleh.

4.5 Pengambilan sampel dan pemeriksaan di lapangan

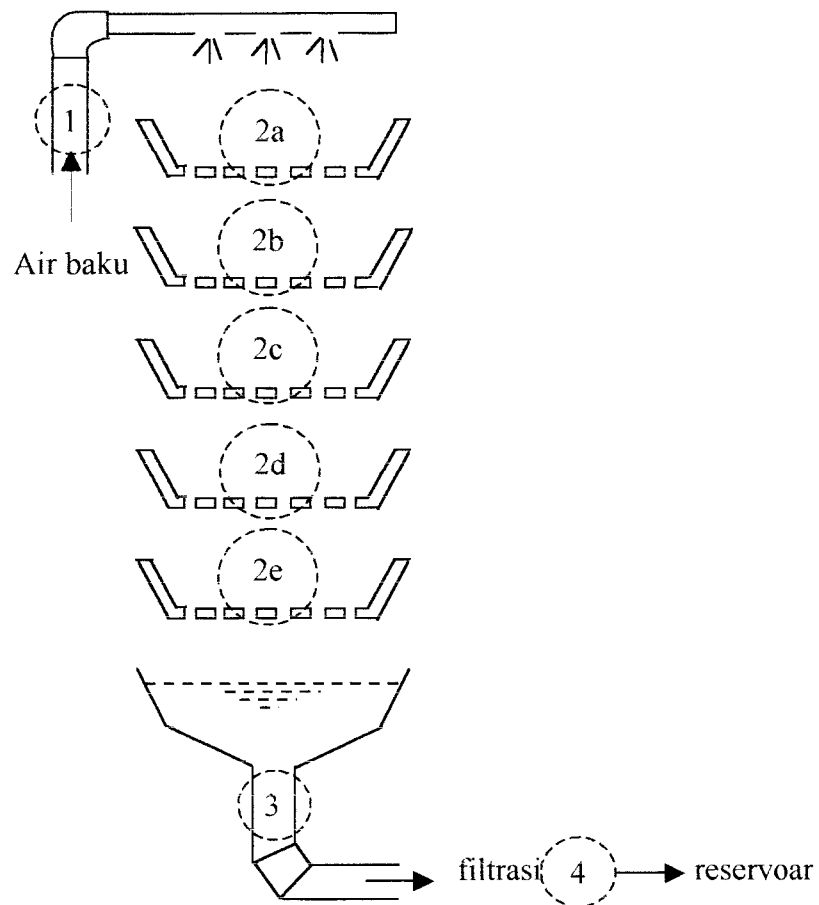
4.5.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Unit pengolahan air minum, khususnya pada unit tray aerator di wilayah kerja PDAM kabupaten Sleman, tepatnya di daerah Prambanan.

4.5.2 Pengambilan sampel

Pengambilan dilakukan dengan botol plastik. Sampel yang diambil berasal dari inlet, bagian-bagian tray, outlet pada tray aerator, dan outlet filtrasi. Adapun cara pengambilan sampel yaitu botol plastik yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih, kemudian botol tersebut dibilas dengan air sampel ± 3 kali dan diusahakan tidak terbentuk gelembung dalam botol. Setelah

itu botol tersebut di isi air sampel dan di tutup kembali setelah ditambahkan bahan pengawet apabila tidak di periksa langsung.



Gambar 4.2 Titik pengambilan sampling

Keterangan :

Titik sampling 1 : Inlet Tray aerator

Titik sampling 2a : Tray 1

Titik sampling 2b : Tray 2

Titik sampling 2c : Tray 3

Titik sampling 2d : Tray 4

Titik sampling 2e : Tray 5

Titik sampling 3 : Outlet Tray aerator

Titik sampling 4 : Outlet Filtrasi

Pemeriksaan besi, pengawetan dilakukan dengan cara sampel harus diasamkan dengan HNO₃ (1 ml HNO₃ = 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, pada unit tray aerator dan filtrasi yang dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel.

4.6 Pemeriksaan di laboratorium

Pemeriksaan sampel air untuk parameter besi (total dan ferri), kekeruhan, dan alkali-asiditas dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII, Jogjakarta. Dengan prosedur pengerjaan untuk Fe²⁺, kekeruhan dan alkali-asiditas disesuaikan dengan SNI dan standar method.

Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan dengan persamaan yang diperoleh dari hasil regresi linear (untuk besi total, ferro, dan kekeruhan), sedangkan untuk ferri diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{Fe}^{3+} = \text{Fe total} - \text{Fe}^{2+} \quad (4.4)$$

Sedangkan untuk efisiensi penurunan besi (total, ferro, dan ferri) dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$Efisiensi = \frac{konsentrasi\ besi\ awal - konsentrasi\ besi\ akhir}{konsentrasi\ besi\ awal} \times 100\% \quad (4.5)$$

Data-data yang diperoleh dari hasil persamaan (4.4) dan (4.5) ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik pada bab V dan lampiran.

4.7 Analisa data dan Pembahasan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Tingkat pemindahan gas (K_{1a})

$$(C_s - C) = (C_s - C_0)e^{-K_{1a} \cdot t} \quad (4.6)$$

2. Koefisiensi oksigenasi (OC)

$$\begin{aligned} OC &= \text{Volume air} \times oc \\ &= (\text{luas alas} \times \text{tinggi}) \times (K_{1a} \times C_s) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Keterangan :

K_{1a} = Keseluruhan koefisien pemindahan massa (/s)

C_s = Konsentrasi penenuhan (mg/L)

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

C_0 = Konsentrasi awal pada $t = 0$ (mg/L)

OC = Koefisiensi oksigenasi

Oksigen terlarut (DO) aktual hasil aerasi diperoleh dari DO hasil pemeriksaan dilapangan ditambah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi konsentrasi besi yang terdapat di tiap-tiap tray. Hasil dari persamaan (4.6) dan (4.7) ditampilkan dalam bentuk tabel pada bab V.

Pembahasan 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. Analisis data dan pembahasan akan dijelaskan lebih rinci pada bab V.

Dari hasil pembahasan tersebut, kemudian disimpulkan bagaimana efisiensi dari instalasi (Aerator dan Filtrasi) PDAM Kabupaten Sleman serta cara pemecahan terbaik untuk mengatasi fenomena yang terjadi dari hasil penelitian dan merupakan saran yang diharapkan akan berguna bagi kemajuan PDAM Kabupaten Sleman.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil pemeriksaan di laboratorium

5.1.1 Pemeriksaan besi

Untuk mengetahui konsentrasi besi (total, Fe^{2+}), maka dilakukan pengujian besi total dan ferro (Fe^{2+}) terhadap sampel air dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pemeriksaan besi

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)	
		Fe^{2+}	Total
1	Inlet	0.527	1.778
2	Tray 1	0.178	1.185
3	Tray 2	0.145	1.020
4	Tray 3	0.122	0.935
5	Tray 4	0.113	0.899
6	Tray 5	0.112	0.865
7	Outlet Aerator	0.089	0.799
8	Outlet Filtrasi	0.078	0.726

Sumber : hasil pemeriksaan di laboratorium

5.1.2 Pemeriksaan parameter-parameter lain yang mempengaruhi proses aerasi

Pada penelitian ini, pemeriksaan parameter-parameter lain yang mempengaruhi proses aerasi diantaranya oksigen terlarut, pH, asiditas, temperatur air dan kekeruhan. Untuk konsentrasi oksigen terlarut dan suhu air diperoleh dengan melakukan pengujian terhadap sampel air dengan menggunakan DO meter dan pengujian pH terhadap sampel air dengan kertas pH yang dilakukan di

lapangan. Sedangkan untuk konsentrasi kekeruhan, pengujian terhadap sampel air dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 390 nm. Hasil pemeriksaan yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil pemeriksaan oksigen terlarut, temperatur air, pH dan kekeruhan

No	Titik Sampling	Konsentrasi oksigen terlarut (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)
1	Inlet	1.200	26.6	6.92	6.129
2	Tray 1	2.440	27.0	6.76	7.381
3	Tray 2	2.840	27.0	6.62	8.269
4	Tray 3	3.140	27.0	6.5	9.089
5	Tray 4	3.540	27.1	6.4	9.863
6	Tray 5	3.860	27.0	6.28	11.002
7	Outlet Aerator	4.080	27.5	6.18	12.619
8	Outlet Filtrasi	4.440	27.6	6.02	7.017

Sumber : hasil pemeriksaan di laboratorium

Konsentrasi asidi-alkalinitas dapat diperoleh dengan melakukan pengujian terhadap sampel air dengan metode titrimetri. Hasil pemeriksaan yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.3 Hasil pemeriksaan konsentrasi asiditas

No	Titik Sampling	Konsentrasi asiditas (mg/L)	
		(CO ₂)	(HCO ₃ ⁻)
1	Inlet	68.256	665.618
2	Tray 1	51.333	583.594
3	Tray 2	42.590	573.083
4	Tray 3	35.821	567.562
5	Tray 4	33.846	526.252
6	Tray 5	26.795	507.965
7	Outlet Aerator	24.821	488.368
8	Outlet Filtrasi	15.795	448.368

Sumber : hasil pemeriksaan di laboratorium

5.2 Pembahasan

5.2.1 Pengaruh konsentrasi besi terhadap efisiensi penurunan Fe^{2+} di tray aerator

Untuk memperoleh konsentrasi Fe^{3+} menggunakan persamaan 4.4.

Sedangkan efisiensi penurunan Fe^{2+} untuk tiap-tiap tray menggunakan persamaan

4.5. sehingga hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

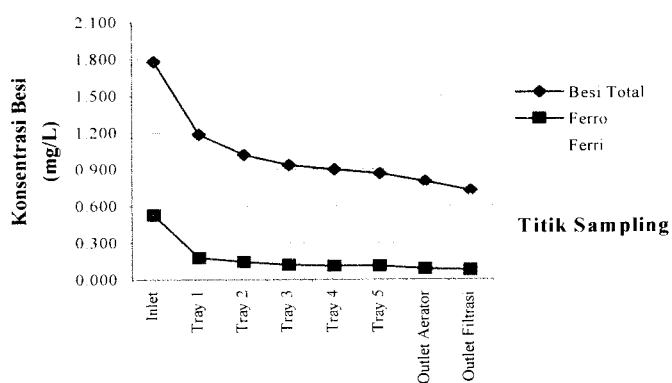
5.4 Hasil pemeriksaan besi dan efisiensi penurunan Fe^{2+}

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)		Hasil perhitungan	
		Fe^{2+}	Total	Fe^{3+}	Efisiensi penurunan Fe^{2+} (%)
1	Inlet	0.527	1.778	1.252	-
2	Tray 1	0.178	1.185	1.007	66.22
3	Tray 2	0.145	1.020	0.875	18.64
4	Tray 3	0.122	0.935	0.813	15.77
5	Tray 4	0.113	0.899	0.787	7.60
6	Tray 5	0.112	0.865	0.754	0.63
7	Outlet Aerator	0.089	0.799	0.711	20.71
8	Outlet Filtrasi	0.078	0.726	0.648	12.05

Sumber : hasil pemeriksaan laboratorium & hasil perhitungan

Pada tabel 5.4 terlihat bahwa penurunan konsentrasi besi baik besi total, Fe^{2+} (ferro), maupun Fe^{3+} (ferri) dengan masing-masing efisiensi dari tray 1 sampai dengan outlet filtrasi yaitu 66,22 %, 18,64 %, 15,77 %, 7,60 %, 0,63 %, 20,71 % dan 12,05 %. Efisiensi ini merupakan perhitungan terhadap konsentrasi dari tray dan outlet sebelumnya. Dari data efisiensi tersebut terlihat bahwa efisiensi penurunan Fe^{2+} paling tinggi terdapat di inlet, hal ini disebabkan oleh pengambilan sampel di inlet melalui pipa. Sehingga di duga telah terjadi akumulasi endapan Fe^{3+} di pipa tersebut.

Pada tabel 5.4, konsentrasi besi total pada outlet filtrasi (0,726 mg/L) masih di atas standar kualitas air minum yang berlaku. Hal ini disebabkan oleh bagian-bagian dari filtrasi rusak, sehingga unit ini tidak beroperasi dengan optimal.



Gambar 5.1 Grafik hubungan antara konsentrasi besi terhadap titik sampling

Dari hasil yang terlihat pada tabel 5.4, berarti instalasi yang ada di wilayah kerja PDAM Kabupaten Sleman yaitu daerah Prambanan, untuk konsentrasi besi total tidak memenuhi standar kualitas air minum yang berlaku, ini disebabkan oleh proses oksidasi berjalan lambat, seperti terlihat pada gambar 5.1. karena kecepatan oksidasi besi oleh oksigen lambat pada pH rendah. Untuk mempercepat proses oksidasi ini dapat dilakukan dengan cara menaikkan pH sampai diatas 8,5. Karena pada pH tinggi, jumlah ion OH^- banyak, sehingga ion besi bereaksi dengan OH^- membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut dalam air kemudian diikuti dengan pengendapan atau penyaringan.

5.2.2 Pengaruh konsentrasi besi terhadap efisiensi penambahan Fe^{3+} di tray aerator

Tabel 5.5 Hasil pemeriksaan besi dan efisiensi penambahan (Fe^{3+})

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)		Hasil perhitungan	
		Ferro	Total	Fe^{3+}	Efisiensi penambahan Fe^{3+} (%)
1	Inlet	0.527	1.778	1.252	-
2	Tray 1	0.178	1.185	1.007	19.54
3	Tray 2	0.145	1.020	0.875	13.07
4	Tray 3	0.122	0.935	0.813	7.17
5	Tray 4	0.113	0.899	0.787	3.20
6	Tray 5	0.112	0.865	0.754	4.22
7	Outlet Aerator	0.089	0.799	0.711	5.68
8	Outlet Filtrasi	0.078	0.726	0.648	8.83

Sumber : hasil pemeriksaan laboratorium & hasil perhitungan

Reaksi oksidasi yang terjadi pada tiap-tiap tray mengakibatkan terjadi perubahan Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dan tertahan pada tiap-tiap tray. Sehingga besarnya efisiensi endapan Fe^{3+} pada tiap-tiap tray pada tabel 5.5 terjadi penurunan dan kenaikan konsentrasi. Jumlah efisiensi endapan Fe^{3+} terbesar terjadi pada tray 1. Hal ini disebabkan oleh pengambilan sampel di inlet melalui pipa. Sehingga diduga telah terjadi akumulasi endapan Fe^{3+} di pipa tersebut.

5.2.3 Pengaruh konsentrasi kekeruhan terhadap konsentrasi Fe^{2+}

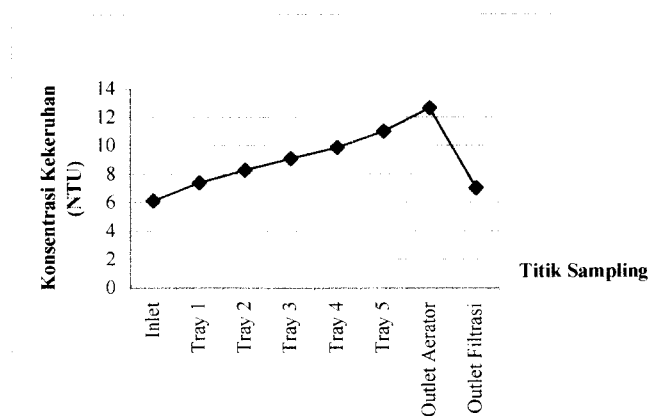
Dari tabel 5.6 dapat di lihat bahwa konsentrasi kekeruhan di Inlet tinggi yaitu ± 6 NTU. Sedangkan biasanya kondisi air di inlet selalu jernih, hal ini disebabkan oleh pengambilan sampel melalui pipa. Sehingga konsentrasi yang tinggi tersebut diduga pada pipa telah terjadi akumulasi endapan Fe^{3+} .

Tabel 5.6 Hasil pemeriksaan kekeruhan dan konsentrasi besi

No	Titik Sampling	Konsentrasi kekeruhan (NTU)	Hasil perhitungan (mg/L)	Konsentrasi besi (mg/L)	
			Fe ³⁺	Fe ²⁺	Total
1	Inlet	6.129	1.252	0.527	1.778
2	Tray 1	7.381	1.007	0.178	1.185
3	Tray 2	8.269	0.875	0.145	1.020
4	Tray 3	9.089	0.813	0.122	0.935
5	Tray 4	9.863	0.787	0.113	0.899
6	Tray 5	11.002	0.754	0.112	0.865
7	Outlet Aerator	12.619	0.711	0.089	0.799
8	Outlet Filtrasi	7.017	0.648	0.078	0.726

Sumber : Hasil pemeriksaan dilaboratorium & hasil perhitungan

Selain itu, konsentrasi kekeruhan mulai dari inlet sampai dengan outlet aerator mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan oleh reaksi oksidasi, sehingga besi terlarut (seperti Fe⁺⁺) dapat diubah menjadi bentuk terpresipitasi (Fe(OH)₃). Presipitat ini, pada tiap-tiap tray sampai dengan outlet aerator mengendap dan berakumulasi.



Gambar 5.2 Grafik hubungan antara konsentrasi kekeruhan terhadap titik sampling

Pada gambar 5.2 di atas terlihat bahwa mulai dari inlet sampai dengan outlet aerator mengalami kenaikan, hal ini di duga karena telah terjadi pembentukan endapan Fe^{3+} dari hasil proses aerasi yang kemudian berakumulasi. Selanjutnya terjadi penurunan konsentrasi kekeruhan pada outlet filtrasi. Hal ini disebabkan oleh endapan Fe^{3+} dari hasil proses aerasi tertahan pada bak filtrasi.

Tabel 5.7 Hubungan antara kekeruhan, oksigen terlarut, dan K_{La}

No	Titik Sampling	Kekeruhan (NTU)	Oksigen terlarut (mg/L)	K_{La} (hasil perhitungan dari tabel 5.9)
1	Inlet	6.129	1.200	-
2	Tray 1	7.381	2.440	0.670
3	Tray 2	8.269	2.840	0.241
4	Tray 3	9.089	3.140	0.194
5	Tray 4	9.863	3.540	0.276
6	Tray 5	11.002	3.860	0.239
7	Outlet Aerator	12.619	4.080	-
8	Outlet Filtrasi	7.017	4.440	-

Sumber : hasil pemeriksaan dilaboratorium dan hasil perhitungan

Dari tabel 5.6 dan 5.7 terlihat bahwa semakin tinggi tingkat kekeruhan dalam air maka semakin tinggi konsentrasi suatu zat (dalam hal ini besi (III)) serta nilai K_{La} nya semakin turun. Dan menyebabkan oksigen terlarut yang masuk pada proses aerasi kecil. Dengan oksigen terlarut yang masuk kecil, maka perubahan ferro (yang terlarut) menjadi ferri (yang tidak terlarut) oleh oksigen relatif sedikit. Namun terlihat bahwa pada tray 4 nilai K_{La} mengalami kenaikan, hal ini diduga karena kenaikan dari temperatur air.

5.2.4 Pengaruh konsentrasi oksigen terlarut terhadap konsentrasi Fe^{2+}

Salah satu tujuan aerasi adalah memberikan oksigen kedalam air yang akan terlarut menjadi oksigen terlarut. Sejumlah oksigen yang tetap larut dalam



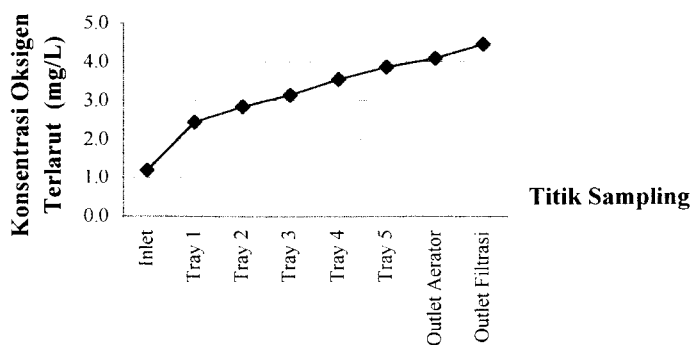
air tergantung kepada temperatur air, semakin rendah temperatur air, maka semakin tinggi konsentrasi oksigen terlarut.

Tabel 5.8 Hasil pemeriksaan oksigen terlarut dan konsentrasi besi

No	Titik Sampling	Konsentrasi oksigen terlarut (mg/L)	Hasil perhitungan (mg/L)	Konsentrasi besi (mg/L)	
			Fe ³⁺	Fe ²⁺	Total
1	Inlet	1.200	1.252	0.527	1.778
2	Tray 1	2.440	1.007	0.178	1.185
3	Tray 2	2.840	0.875	0.145	1.020
4	Tray 3	3.140	0.813	0.122	0.935
5	Tray 4	3.540	0.787	0.113	0.899
6	Tray 5	3.860	0.754	0.112	0.865
7	Outlet Aerator	4.080	0.711	0.089	0.799
8	Outlet Filtrasi	4.440	0.648	0.078	0.726

Sumber : hasil pemeriksaan di laboratorium & hasil perhitungan

Dari tabel 5.8 terlihat bahwa konsentrasi oksigen pada inlet kecil, ini disebabkan air baku yang berasal dari sumur bor mengandung oksigen terlarut kecil. Selain itu terlihat pada gambar 5.3 bahwa terjadi kenaikan oksigen pada tiap-tiap tray, walupun kenaikan tersebut sangat kecil, hal ini disebabkan oleh kelarutan oksigen dipengaruhi oleh kekeruhan, temperatur, dan lain-lain.



Gambar 5.3 Grafik hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut terhadap titik sampling

Dengan konsentrasi oksigen yang dihasilkan oleh proses aerasi, terlihat pada tabel 5.8 bahwa masih dapat menurunkan konsentrasi ferro, ferri dan besi total, sampai konsentrasi masing-masing di outlet filtrasi 0,078 mg/L, 0,648 mg/L, 0,726 mg/L.

5.2.5 Pengaruh pH terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}

Proses oksidasi adalah fungsi pH air yaitu semakin tinggi pH, maka semakin baik hasilnya. Agar proses oksidasi dapat berlangsung dengan cepat, maka pH air sebaiknya di atas 8,5. Hal tersebut berarti bahwa aerasi akan berpengaruh pada pH air, yaitu dengan banyaknya besi dioksidasi oleh oksigen yang dihasilkan proses 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 5.9 Hasil pemeriksaan pH dan efisiensi penurunan Fe^{2+}

No	Titik Sampling	pH	Konsentrasi Fe^{2+} (mg/L)	Hasil perhitungan efisiensi penurunan Fe^{2+} (%)
1	Inlet	6.92	0.527	-
2	Tray 1	6.76	0.178	66.22
3	Tray 2	6.62	0.145	18.64
4	Tray 3	6.5	0.122	15.77
5	Tray 4	6.4	0.113	7.60
6	Tray 5	6.28	0.112	0.63
7	Outlet Aerator	6.18	0.089	20.71
8	Outlet Filtrasi	6.02	0.078	12.05

Sumber : hasil pemeriksaan dilaboratorium

Dari tabel 5.9 terlihat bahwa pH yang dihasilkan masih dibawah 8,5, maka kecepatan oksidasi Fe^{2+} oleh oksigen berjalan lambat, yang menyebabkan efisiensi penurunan Fe^{2+} pada tiap-tiap tray aerator tidak optimal.

5.2.6 Pengaruh konsentrasi asiditas terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}

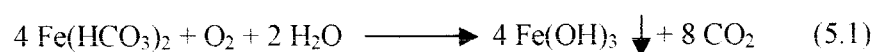
Asiditas merupakan kondisi air berada pada pH dibawah 7, sedangkan alkalinitas berada pada pH di atas 7. Pemeriksaan asidi-alkalinitas berpengaruh pada pH yang diperoleh. Seperti terlihat pada hasil pemeriksaan dilaboratorium, ternyata untuk parameter alkalinitas tidak terdeteksi. Dan di lihat pada tabel 5.10, pH yang diperoleh yaitu berkisar antara 6,02 sampai 6,92. Sehingga dengan pH dibawah 7, maka kondisi air di PDAM tersebut adalah asiditas.

Proses yang terjadi pada aerasi dapat menghilangkan sebagian CO_2 dan akan meningkatkan pH dalam larutan, sehingga dapat membantu proses pengendapan besi. Seperti yang terlihat pada tabel 5.10, terjadi penurunan CO_2 & HCO_3^- yang besar.

Tabel 5.10 Hasil pemeriksaan konsentrasi asiditas, pH, konsentrasi Fe^{2+} dan efisiensi penurunan Fe^{2+}

No	Titik Sampling	Konsentrasi asiditas (mg/L)		pH	Konsentrasi Fe^{2+} (mg/L)	Hasil perhitungan efisiensi penurunan Fe^{2+} (%)
		(CO_2)	(HCO_3^-)			
1	Inlet	68.256	665.618	6.92	0.527	-
2	Tray 1	51.333	583.594	6.76	0.178	66.22
3	Tray 2	42.590	573.083	6.62	0.145	18.64
4	Tray 3	35.821	567.562	6.5	0.122	15.77
5	Tray 4	33.846	526.252	6.4	0.113	7.60
6	Tray 5	26.795	507.965	6.28	0.112	0.63
7	Outlet Aerator	24.821	488.368	6.18	0.089	20.71
8	Outlet Filtrasi	15.795	448.368	6.02	0.078	12.05

Sumber : hasil pemeriksaan di laboratorium



Dari hasil reaksi tersebut di atas akan membentuk senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan tertahan pada tray. Air baku yang berasal dari tanah telah memiliki konsentrasi bikarbonat, sehingga terlihat pada tabel 5.10, di inlet konsentrasi bikarbonatnya relatif tinggi. Dan pada tiap-tiap tray, konsentrasinya terjadi penurunan. Hal ini diduga dari oksidasi pada ferro bikarbonat, CO_2 akan dibebaskan. Dan terlihat pada tabel 5.10, dengan terjadinya penurunan konsentrasi asiditas (CO_2 & HCO_3^-) yang besar, maka penurunan ferro yang terjadi untuk tray 1 sampai tray 5 efisiensinya sebesar 66,22 %, 18,64 %, 15,77 %, 7,60%, 0,63%.

Air pada proses aerasi dalam kondisi alkalinitas dapat menghilangkan parameter-parameter tertentu dengan optimal yaitu pada pH sekitar di atas 8,5. Tetapi yang terlihat pada tabel 5.10, pHnya rata-rata dibawah 7. Untuk meningkatkan pH tersebut dapat dilakukan penambahan kapur sebelum aerator. Kapur ini sebagai katalis dalam mempercepat reaksi oksidasi.

5.2.7 Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}

Semakin lama waktu kontak air dengan udara pada aerator maka konsentrasi besi semakin kecil. Dan ketinggian dari tiap tray akan berhubungan dengan waktu kontak antara larutan dengan tray.

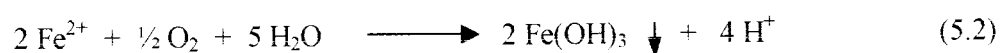
Untuk contoh perhitungan dari tabel 5.11 dapat dilihat dibawah ini :

Dia lubang = 1 cm = 0,01 m

h = 0,5 m, BM O = 32 g/mol, BM Fe = 55,8 g/mol

Ditanyakan : K_{La} & OC

Jawab :



2 mol $\frac{1}{2}$ mol

Selisih ferro = konsentrasi ferro di tray 1 – konsentrasi ferro di tray 2

$$= 0,178 \text{ mg/L} - 0,145 \text{ mg/L} = 0,033 \text{ mg/L}$$

Untuk menurunkan ferro sebanyak 0,033 mg/L, maka oksigen yang dibutuhkan :

$$O_2 = \frac{1}{4} \times \frac{32 \text{ g/mol}}{55,8 \text{ g/mol}} \times 0,033 \text{ mg/L}$$

$$= 0,005 \text{ mg/L}$$

C_t = oksigen terlarut awal + oksigen yang dibutuhkan

$$C_t = 2,840 \text{ mg/L} + 0,005 \text{ mg/L} = 2,845 \text{ mg/L}$$

Waktu kontak untuk tiap-tiap tray :

$$\begin{aligned} \text{waktu kontak } (t_c) &= \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times (0,5 \text{ m})}{9,81 \text{ m/s}^2}} \\ &= 0,319 \text{ s} \end{aligned}$$

$$(C_s - C_t) = (C_s - C_0) e^{-K_{La} \cdot t}$$

$$(7,9 \text{ mg/L} - 2,845 \text{ mg/L}) = (7,9 \text{ mg/L} - 2,840 \text{ mg/L}) e^{-K_{La} \cdot 0,319 \text{ s}}$$

$$5,055 \text{ mg/L} = 5,5 \text{ mg/L} \times e^{-K_{La} \cdot 0,319 \text{ s}}$$

$$0,926 = e^{-K_{La} \cdot 0,319 \text{ m/s}}$$

$$\ln(0,926) = -K_{La} \cdot 0,319 \text{ m/s}$$

$$K_{La} = 0,241 \text{ /s}$$

$$OC = \text{Volume} \times oc$$

$$= (\text{luas alas} \times \text{tinggi}) \times K_{La} \times C_s$$

$$= (\pi \times r^2 \times \text{tinggi}) \times 0,241 \text{ /s} \times 7,9 \text{ g/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 OC &= \left(\pi x \left(\frac{0.1m}{2} \right)^2 x 0.5m \right) x 0,241 /s x 7,9 g/m^3 \\
 &= 0,00007 g O_2/s
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Hasil analisa K_{La} dan OC pada tiap-tiap tray

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	Co mg/L	Suhu °C	C _i mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	K _{La} /s	OC g O ₂ /s
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Inlet	0.527	-	-	1.200	26.6	-	-	-	-	-
2	Tray 1	0.178	0.349	0.050	2.440	27.0	2.490	7.9	0.319	0.670	0.00021
3	Tray 2	0.145	0.033	0.005	2.840	27.0	2.845	7.9	0.319	0.241	0.00007
4	Tray 3	0.122	0.023	0.003	3.140	27.0	3.143	7.9	0.319	0.194	0.00006
5	Tray 4	0.113	0.009	0.001	3.540	27.1	3.541	7.9	0.319	0.276	0.00009
6	Tray 5	0.112	0.001	0.0001	3.860	27.0	3.860	7.9	0.319	0.239	0.00007

Sumber : hasil perhitungan

Contoh perhitungan waktu kontak tabel 5.12.

Untuk perhitungan lainnya sama dengan contoh perhitungan untuk tabel 5.11

Waktu kontak keseluruhan dari tray 1 sampai tray 5 :

$$\begin{aligned}
 \text{waktu kontak (t}_c\text{)} &= \sqrt{\frac{2nh}{g}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 5 \times (0,5 m)}{9,81 m/s^2}} \\
 &= 0,714 s
 \end{aligned}$$

Tabel 5.12 Hasil analisa K_{La} & OC keseluruhan dari tray 1 sampai tray 5

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	Co mg/L	Suhu °C	C _i mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	K _{La} /s	OC g O ₂ /s
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tray 1	0.178	0.066	0.009	2.440	-	-	-	0.714	-	-
2	Tray 5	0.112			3.860	27.0	3.869	7.9		0.425	0.00013

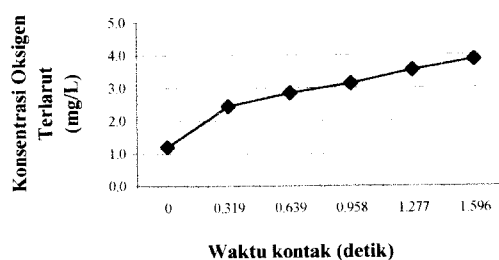
Sumber : hasil perhitungan

Temperatur air mempengaruhi proses yang terjadi di dalam aerator. Seperti terlihat dalam tabel 5.11 dan 5.12, dengan naiknya temperatur air maka konsentrasi Fe^{2+} dalam air semakin turun. Hal ini disebabkan karena jumlah oksigen jenuh (C_s) dalam air dipengaruhi oleh suhu yang apabila nilainya lebih besar dari C_l maka akan terjadi reaksi absorpsi (penyerapan) dan menyebabkan transfer gas lambat. Dan agar proses transfer gas cepat maka konsentrasi oksigen yang terlarut dalam air perlu ditingkatkan dengan cara menurunkan temperatur air. Namun untuk menurunkan temperatur air sangat sulit, maka cara lain yang dapat dilakukan yaitu dengan cara menaikkan pH.

Pada tabel 5.11, di cari selisih konsentrasi ferro, yang dapat berguna untuk mencari kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam proses transfer gas pada tiap-tiap tray. Kemudian dari hasil kebutuhan oksigen yang diperoleh dijumlahkan dengan oksigen terlarut (kolom C_o) yang didapat pada hasil pengujian sehingga akan diperoleh nilai konsentrasi oksigen pada tiap-tiap tray (C_l). Untuk nilai oksigen jenuh dalam air (C_s) diperoleh dari tabel 2.1 yang tergantung dari temperatur air. Kolom t_c merupakan waktu kontak air dengan udara yang dipengaruhi oleh tinggi dari tiap-tiap tray serta nilai gravitasi dan akan berpengaruh pada volume gelembung udara yang dihasil

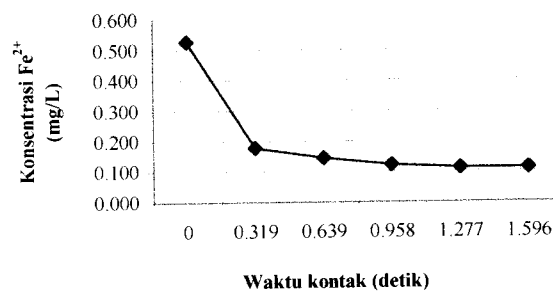
Koefisien transfer gas ($K_L a$) adalah nilai variabel yang bergantung pada hubungan yang kompleks, termasuk temperatur, area melalui gas yang dipencar, volume zat cair yang bersentuhan, dan koefisien pemencaran gas. Nilai $K_L a$ bergantung kepada temperatur, yaitu nilai $K_L a$ akan meningkat jika suhu dinaikkan. Nilai $K_L a$ yang besar akan memberikan efisiensi yang lebih baik serta

nilai oksigen terlarut pun besar. Selain itu, nilai K_{La} dipengaruhi oleh kekeruhan air. Semakin banyak ferro yang berubah bentuk menjadi ferri dan mengendap, maka air di instalasi semakin keruh dan menyebabkan nilai K_{La} semakin turun. Nilai K_{La} juga dipengaruhi oleh waktu kontak oksigen pada media yaitu semakin lama waktu kontakannya maka oksigen yang masuk semakin banyak dan nilai K_{La} nya besar. Dan nilai K_{La} yang besar akan memberikan efisiensi penurunan besi yang lebih baik dengan oksigen terlarutnya juga besar. Nilai K_{La} menunjukkan laju transfer oksigen per unit waktu dan per unit volume. Kapasitas aerator dalam berbagai jenis mempunyai nilai K_{La} dalam rentang $0,08 - 1,0 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ jam}$. Pada tabel 5.11 diperoleh nilai K_{La} pada tiap-tiap tray yaitu $0,670/\text{s}$, $0,241/\text{s}$, $0,194/\text{s}$, $0,276/\text{s}$, $0,239/\text{s}$, dan jika dirata-rata nilainya adalah $0,324/\text{s}$. Sedangkan nilai K_{La} untuk keseluruhan dari tray 1 sampai tray 5 yaitu $0,425/\text{s}$. Jadi untuk nilai K_{La} pada tray dengan ketinggian tray 2,5 m akan sebanding dengan nilai K_{La} pada tray dengan ketinggian tiap-tiap tray 0,5 m. Perbedaan nilai K_{La} tersebut dikarenakan waktu kontak pada tiap-tiap tray lebih efisien dibandingkan dengan waktu kontak yang tidak menggunakan tray.



Gambar 5.4 Grafik hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut terhadap waktu kontak

Tetapi pada gambar 5.4 terlihat bahwa grafik hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut terhadap waktu kontak mengalami kenaikan, ini disebabkan oleh lamanya waktu kontak. Tetapi kenaikan oksigen terlarut sangat kecil, hal ini dipengaruhi oleh kekeruhan yang tinggi. Menyebabkan oksigen yang masuk sedikit, dan penurunan konsentrasi ferro pun sedikit (lihat gambar 5.5). Untuk meningkatkan nilai oksigen terlarut, yaitu dengan menaikkan nilai $K_{1,a}$, memperbesar waktu kontak dan menurunkan temperatur air. Tetapi untuk memperbesar waktu kontak sulit dilakukan karena tidak dapat lagi menambah tray pada bangunan aerator dan temperatur air cenderung dipengaruhi oleh udara disekitar.



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara konsentrasi ferro terhadap waktu kontak

Dari gambar 5.5 terlihat bahwa penurunan konsentrasi ferro pada 0,319 detik pertama sangat tinggi, hal ini kemungkinan telah terjadi proses aerasi. Sedangkan pada 0,319 detik selanjutnya penurunan konsentrasi ferro relatif konstan.

Kapasitas oksigenasi (OC) yaitu sejumlah oksigen yang masuk ke dalam suatu sistem aerasi. Besarnya nilai OC dipengaruhi oleh nilai $K_{1,a}$, semakin kecil

nilai K_{La} yang diperoleh maka semakin kecil nilai OC yang didapat dan sebaliknya. Dari tabel 5.11 dan 5.12 untuk nilai OC pada tiap-tiap tray diperoleh nilai sebesar 0,00021 g O_2/s , 0,00007 g O_2/s , 0,00006 g O_2/s , 0,00009 g O_2/s , 0,00007 g O_2/s , dan jika dirata-rata nilainya adalah 0,000100 g O_2/s . Sedangkan nilai OC untuk keseluruhan dari tray 1 sampai tray 5 yaitu 0,00013 g O_2/s . Perbedaan nilai OC tersebut dikarenakan kebutuhan oksigen pada tiap-tiap tray lebih banyak dibandingkan dengan yang tidak menggunakan tray.

5.2.8 Pengaruh jumlah tray terhadap efisiensi penurunan konsentrasi Fe^{2+}

Semakin banyaknya tray pada aerator maka konsentrasi besi semakin kecil. Dan ketinggian dari tiap tray akan berhubungan dengan waktu kontak antara larutan dengan tray. Selain akan mempengaruhi waktu kontak, ketinggian tiap tray juga akan mempengaruhi terhadap luas permukaan tray. Pada gambar 5.1 terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi ferro pada tiap-tiap tray. Walaupun penurunannya kecil, hal ini disebabkan konsentrasi oksigen terlarut yang masuk kecil. Selain itu waktu kontak yang kecil dan pH yang relatif rendah, menyebabkan reaksi ferro yang teroksidasi menjadi ferri berjalan lambat.

Tabel 5.13 Perbandingan nilai K_{La} dan OC untuk tray 4 dan tray 5

No	Titik Sampling	5 tray			4 tray		
		t_c s	K_{La} /s	OC g O_2/s	t_c s	K_{La} /s	OC g O_2/s
1	Inlet	-	0.324	0.000100	-	0.309	0.000096
2	Tray 1	0.319			0.357		
3	Tray 2	0.319			0.357		
4	Tray 3	0.319			0.357		
5	Tray 4	0.319			0.357		
6	Tray 5	0.319			-		

Sumber : hasil perhitungan

Tray aerator efisien dalam menurunkan besi (terutama ferro) yaitu semakin tinggi tray maka konsentrasi besi semakin kecil. Dan semakin banyak jumlah tray aerator maka semakin optimal dalam menurunkan besi. Seperti terlihat pada tabel 5.13 bahwa dengan ketinggian tray 0,5 m (5 tray), nilai $K_L a$ dan OC pada aerator lebih besar dibandingkan 4 tray yang ketinggian tiap tray nya 0,625 m.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Tray aerator di daerah Prambanan terdiri dari 5 tray dengan efisiensi terhadap penurunan konsentrasi Fe^{2+} pada masing-masing tray yaitu 66,22 %, 18,64 %, 15,77 %, 7,60 %, 0,63 %, dan efisiensi di outlet aerator sebesar 20,71 % bila dibandingkan efisiensi di filtrasi yaitu 12,05 %. Dengan konsentrasi besi total, Ferro, dan Ferri di akhir sistem yaitu 0,726 mg/L, 0,078 mg/L, dan 0,648 mg/L.
2. Kinerja aerator PDAM Sleman yang terdapat di daerah Prambanan dilihat dari parameter Fe^{2+} , oksigen terlarut, pH dan kekeruhan yaitu dapat menurunkan konsentrasi Fe^{2+} sebesar 0,013 mg/L dan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut sebesar 0,328 mg/L, hanya saja dari proses ini dapat menurunkan pH sebesar 0.12 dan menaikkan konsentrasi kekeruhan sebesar 1,05 mg/L.

6.2 Saran

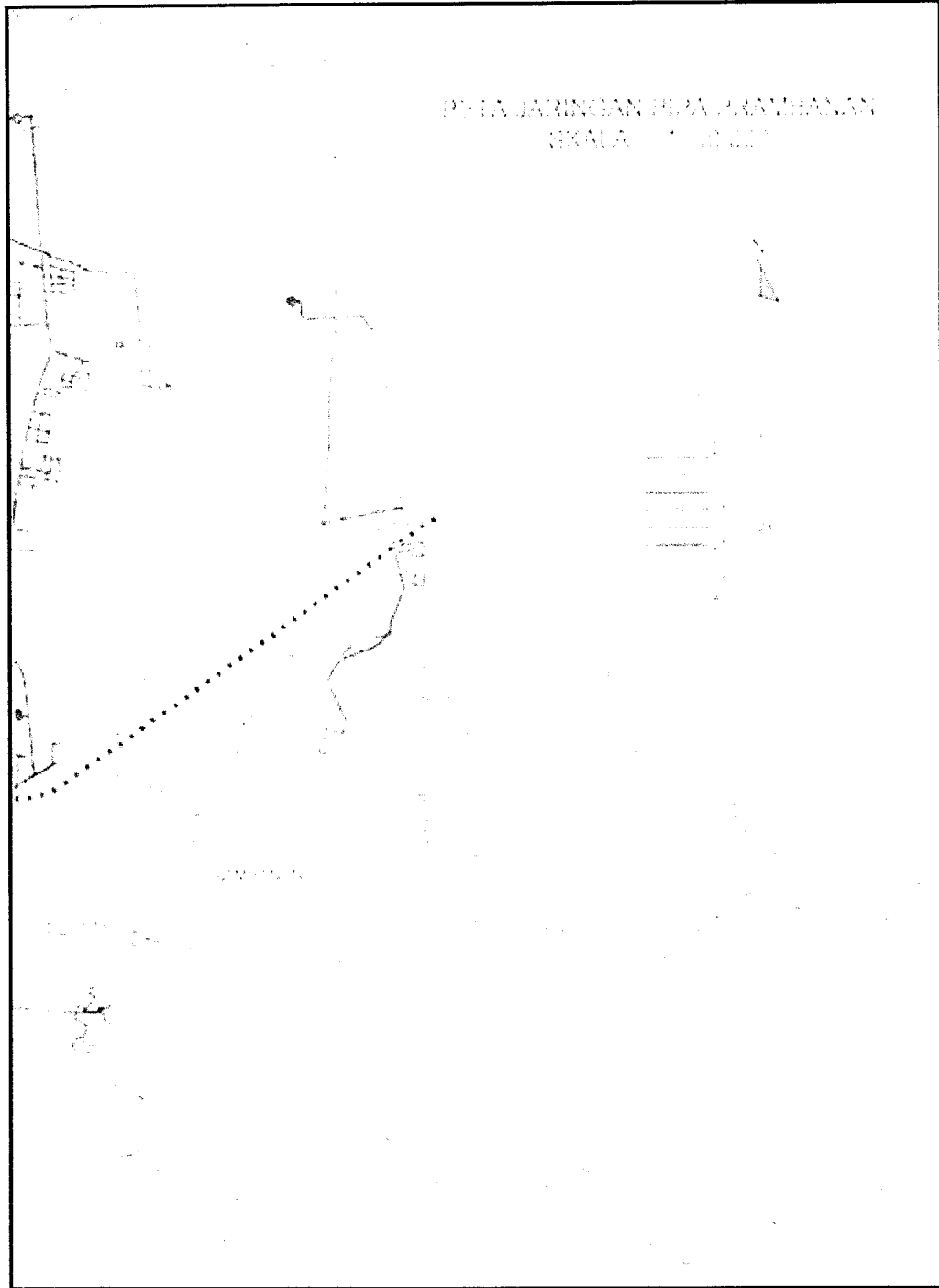
1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjutan tentang tray aerator dan unit lainnya (sedimentasi dan filtrasi) terhadap Fe^{2+} , temperatur, pH, alkali-asiditas, oksigen terlarut dan kekeruhan. Dan perlu dilakukannya pengawasan & pembersihan unit pengolahan yang rutin agar beroperasi dengan optimal.
2. Perlu penambahan koagulasi-flokulasi dan atau unit sedimentasi serta memperbaiki kerusakan pada unit filtrasi agar lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

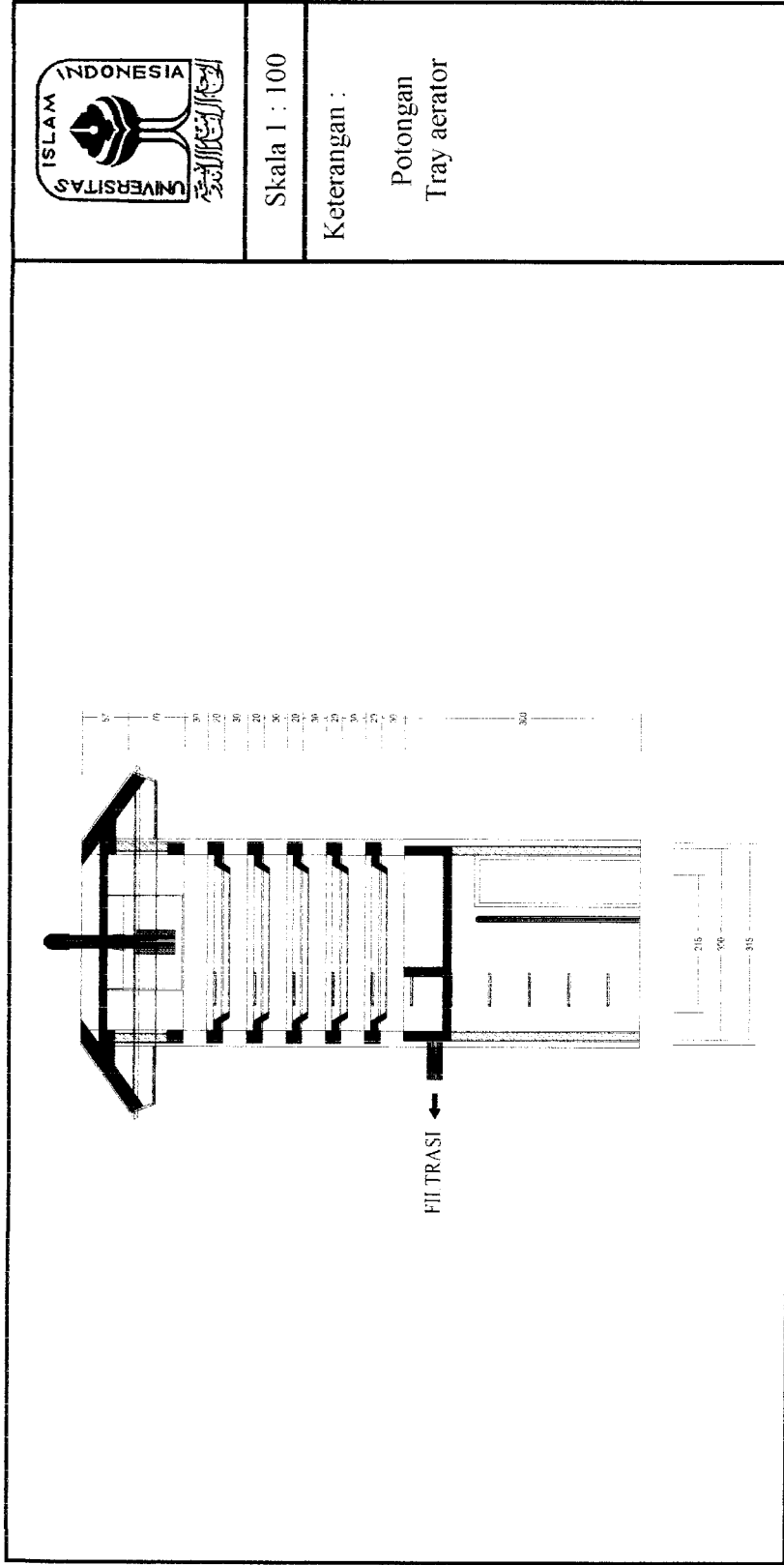
1. **Alaerts.G dan S.S Santika**, 1982, "Metode Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya.
2. **Anonim**, 2004 "Profil Perusahaan PDAM Sleman", Sleman, Jogjakarta.
3. **Degremont, Gilbert**, 1991, "Water Treatment Handbook", Sixth Edition, Vol 1 & 2, Halsted Press, New York.
4. **Djajadiningrat A, Prof. Dr. Ir. H. Dipl. SE. DEA, dkk.**, "Satuan Operasi" Departemen Teknik Lingkungan ITB.
5. **Fair G. M : Geyer J.C dan Okun D. A**, 1986 "Waste Water Engineering, Water Purification and Waste Water Treatment and disposal", volume 2, John Wiley and Sons, New York.
6. **Holden W.S**, 1970, "Water Treatment and Examination" J & A Churchill, London.
7. **Kawamura, Susumu**, 1991, "Integrated Design of Water Treatment Facilities", John Wiley and Sons, New York.
8. **Marsono B D, Ir.**, "Unit Operasi", Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan ITS.
9. **Montgomery, James M.**, 1985, "Water Treatment Principles and Design", A Wiley-Interscience Publication, Jhon Wiley & Sons, New York.
10. **O'Connor, Jhon T.**, (1971), "iron and Manganese, Water Quality and Treatment", (Harold B. Crawford & Daniel N. Fischel, Editors), McGraw-Hill Book Company.
11. **Popel, Prof. dr. Ing. H. J.**, 1986, "Aeration and Gas Transfer", Technische Universitiet Delft.
12. **Qasim, R.S., Motley M E., Guang Zhu**, 2000, "Water Works Engineering: Planning, Design, and Operation", Prentice Hall PTR
13. **Sugiharto**, 1985, "Penyediaan Air Bersih Bagi Masyarakat", Pusat Pendidikan dan Pelatihan Pegawai, Departemen Kesehatan RI.
14. **Sutrisno dan Suciastuti**, 1987, "Teknologi Penyediaan Air Bersih", Bina Aksara, Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran I



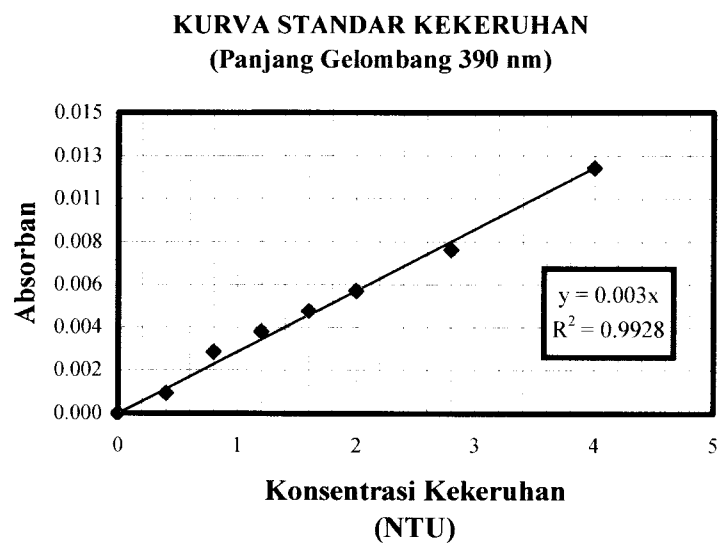
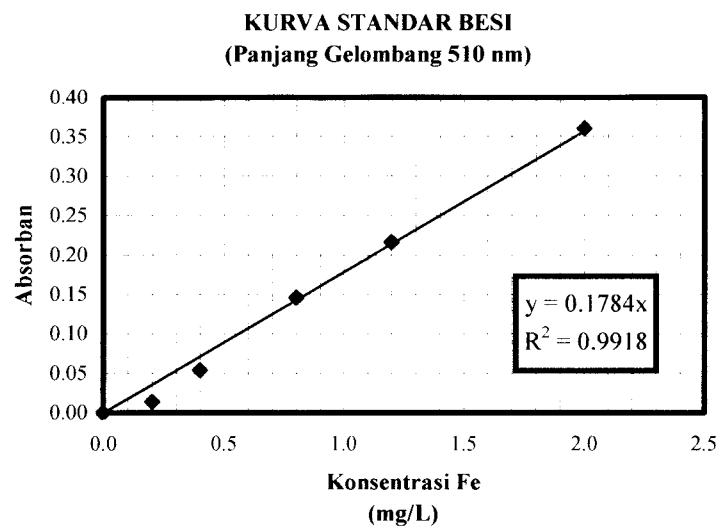
Gambar 1 Peta jaringan pipa prambanan



Gambar 2. Tray Aerator di Daerah Prambanan

Lampiran 3

Kurva standar besi dan kekeruhan



Lampiran 4

Hasil Pemeriksaan dilaboratorium dan hasil perhitungan

Sumber : Sumur bor
 Tanggal : 15 September 2004
 Temperatur udara : 33 °C
 Debit : 7.854 L/dtk

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)		Ferri (mg/L)	Hasil perhitungan			Konsentrasi oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)	Konsentrasi asiditas (mg/L)	
		Total	Ferro		Efisiensi penurunan besi (%)	Total	Ferro					Ferri	(CO ₂)
1	Inlet	1.908	0.549	1.359	0.00	0.00	0.00	1.2	28.0	7.0	6.766	84.615	717.647
2	Tray 1	1.539	0.121	1.417	19.35	77.93	-4.33	2.2	27.0	7.0	7.449	67.692	574.118
3	Tray 2	0.875	0.078	0.797	54.11	85.72	41.34	2.7	26.8	6.8	8.133	50.769	645.882
4	Tray 3	0.966	0.105	0.861	49.35	80.85	36.61	3.1	26.3	6.5	8.474	42.308	538.235
5	Tray 4	0.854	0.094	0.760	55.23	82.80	44.09	3.3	26.2	6.5	9.499	33.846	574.118
6	Tray 5	0.790	0.100	0.690	58.60	81.82	49.21	3.5	26.2	6.5	10.865	25.385	502.353
7	Outlet Aerator	0.726	0.084	0.642	61.96	84.74	52.76	3.7	27.0	6.5	11.207	33.846	466.471
8	Outlet Filtrasi	0.651	0.073	0.578	65.89	86.69	57.48	4.2	27.0	6.0	7.108	16.923	430.588
Rata-rata					52.07	82.94	39.60						

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil perhitungan

Tanggal : 27 September 2004
 Temperatur udara : 33 °C
 Debit : 7,272 L/dtk

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)		Hasil perhitungan			Konsentrasi oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)	Konsentrasi asiditas (mg/L)	
		Total	Ferro	Ferro (mg/L)	Efisiensi penurunan besi (%)						(CO ₂)	(HCO ₃ ⁻)
					Total	Ferro						
1	Inlet	1.838	0.501	1.337	0.00	0.00	0.00	25.4	7.0	5.742	84.615	707.986
2	Tray 1	1.335	0.234	1.102	27.35	53.38	17.60	26.6	6.8	7.449	67.692	610.000
3	Tray 2	0.972	0.084	0.888	47.14	83.28	33.60	26.7	6.8	8.133	42.308	574.118
4	Tray 3	0.891	0.116	0.776	51.50	76.87	42.00	27.0	6.5	9.499	33.846	645.882
5	Tray 4	0.945	0.089	0.856	48.59	82.21	36.00	27.3	6.5	10.182	59.231	538.235
6	Tray 5	0.827	0.105	0.722	55.00	79.01	46.00	27.0	6.5	10.865	33.846	502.353
7	Outlet Aerator	0.768	0.078	0.690	58.20	84.35	48.40	27.5	6.0	12.573	25.385	466.471
8	Outlet Filtrasi	0.661	0.068	0.594	64.02	86.48	55.60	27.8	6.0	6.766	16.923	430.588
Rata-rata				50.26		77.94	39.89					

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil perhitungan

Tanggal : 11 Januari 2005
 Temperatur udara : 33 °C
 Debit : 6,690 L/dtk

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)									Hasil perhitungan (mg/L)																	
		Total			Ferro			Ferri			Total			Efisiensi penurunan besi			Ferro			Ferri								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	Inlet	1.539	1.539	1.539	0.560	0.554	0.554	0.979	0.984	0.984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
2	Tray 1	1.041	1.041	1.036	0.164	0.164	0.169	0.877	0.877	0.867	32.33	32.33	32.68	70.70	70.42	69.46	10.38	10.87	11.96	3.83	4.35	3.80						
3	Tray 2	1.154	1.154	1.159	0.212	0.212	0.212	0.941	0.941	0.947	25.03	25.03	25.03	24.68	24.68	24.68	62.11	61.74	61.74	3.83	4.35	3.80						
4	Tray 3	0.924	0.924	0.924	0.132	0.132	0.127	0.792	0.792	0.797	39.98	39.98	39.98	39.98	39.98	39.98	76.44	76.21	77.17	19.13	19.57	19.02						
5	Tray 4	0.801	0.801	0.801	0.116	0.116	0.121	0.685	0.685	0.679	47.97	47.97	47.97	47.97	47.97	47.97	79.30	79.10	78.14	30.05	30.43	30.98						
6	Tray 5	0.865	0.870	0.865	0.127	0.127	0.127	0.738	0.744	0.738	43.80	43.45	43.80	43.80	43.80	43.80	77.39	77.17	77.17	24.59	24.46	25.00						
7	Outlet Aerator	0.736	0.736	0.731	0.094	0.094	0.089	0.642	0.642	0.642	52.14	52.14	52.49	83.13	82.96	83.93	34.43	34.78	34.78	43.72	45.11	45.65						
8	Outlet Filtrasi	0.629	0.629	0.624	0.078	0.078	0.089	0.551	0.540	0.535	59.10	59.10	59.44	85.99	83.93	83.93	43.72	45.11	45.65	23.73	24.22	24.46						
Rata-rata											42.91 42.86 43.01									76.44 75.93 75.93								

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil perhitungan

No	Titik Sampling	Konsentrasi oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)			Konsentrasi asiditas (mg/L)					
					Konsentrasi			CO ₂			HCO ₃ ⁻		
					1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	1.2	25.8	6.8	5.742	5.742	7.108	67.692	67.692	67.692	767.330	767.330	767.330
2	Tray 1	2.4	26.2	6.5	7.108	7.108	9.499	50.769	50.769	50.769	719.027	683.145	719.027
3	Tray 2	2.8	26.3	6.5	8.816	8.816	8.816	50.769	42.308	42.308	683.145	658.993	694.876
4	Tray 3	3.2	26.5	6.5	9.840	9.840	10.865	42.308	42.308	42.308	683.145	658.993	658.993
5	Tray 4	3.8	26.6	6.0	10.865	10.865	10.865	33.846	33.846	33.846	610.690	610.690	610.690
6	Tray 5	4.0	26.3	6.0	12.573	12.573	12.915	25.385	25.385	25.385	634.842	634.842	634.842
7	Outlet Aerator	4.2	27.0	6.0	13.939	13.939	13.939	33.846	33.846	33.846	634.842	634.842	634.842
8	Outlet Filtrasi	4.6	27.0	6.0	7.449	7.449	6.766	25.385	16.923	25.385	610.690	586.538	574.808

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium

Tanggal : 14 Januari 2005
 Temperatur udara : 30 °C
 Debit : 7,563L/dtk

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)									Hasil perhitungan (mg/L)									
		Total			Ferro			Ferri			Total			Ferro			Ferri			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Inlet	1.747	1.747	1.747	0.522	0.522	0.522	1.225	1.225	1.225	1.225	1.225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Tray 1	1.031	1.025	1.031	0.137	0.137	0.137	0.893	0.893	0.893	0.888	0.899	41.02	41.33	41.02	73.72	73.72	74.75	27.07	27.51
3	Tray 2	1.068	1.068	1.068	0.159	0.159	0.159	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	38.88	38.88	38.88	69.63	69.63	69.63	25.76	25.76
4	Tray 3	0.982	0.988	0.982	0.121	0.121	0.121	0.861	0.861	0.861	0.867	0.861	43.78	43.47	43.78	76.80	76.80	76.80	29.69	29.69
5	Tray 4	0.956	0.956	0.945	0.105	0.105	0.105	0.850	0.850	0.850	0.845	0.845	45.31	45.31	45.92	79.87	79.87	80.89	30.57	31.00
6	Tray 5	0.972	0.977	0.977	0.116	0.116	0.116	0.856	0.861	0.856	0.861	0.856	44.08	44.08	44.08	77.82	77.82	76.80	30.13	29.69
7	Outlet Aerator	0.929	0.929	0.934	0.094	0.094	0.094	0.834	0.834	0.834	0.834	0.840	46.84	46.84	46.53	81.92	81.92	81.92	31.88	31.44
8	Outlet Filtrasi	0.891	0.891	0.886	0.084	0.084	0.084	0.808	0.808	0.808	0.802	0.802	48.98	48.98	49.29	83.96	83.96	83.96	34.06	34.50
Rata-rata		44.1744.13									44.2177.6777.8229.88									

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil perhitungan

No	Titik Sampling	Konsentrasi oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)			Konsentrasi asiditas (mg/L)					
					Konsentrasi			CO ₂			HCO ₃ ⁻		
					1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Inlet	1.2	26.2	7	4.034	6.766	5.742	29.615	29.615	33.846	371.589	353.648	365.724
2	Tray 1	2.6	27.1	6.8	5.742	7.108	7.108	21.154	21.154	25.385	347.438	329.497	341.572
3	Tray 2	3.0	27.0	6.8	7.108	8.474	8.474	16.923	16.923	21.154	335.362	317.421	329.497
4	Tray 3	3.1	27.1	6.5	8.474	9.157	9.157	21.154	21.154	21.154	347.438	329.497	329.497
5	Tray 4	3.5	27.1	6.5	9.157	9.499	9.499	12.692	16.923	12.692	335.362	317.421	323.286
6	Tray 5	4.0	27.1	6.5	10.182	10.865	10.865	16.923	16.923	12.692	287.404	287.404	293.269
7	Outlet Aerator	4.1	27.5	6.0	12.915	12.915	12.915	12.692	12.692	8.462	323.286	299.480	323.286
8	Outlet Filtrasi	4.3	27.6	6.0	7.449	7.449	7.791	8.462	8.462	8.462	281.193	275.328	293.269

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium

Tanggal : 18 Januari 2005
 Temperatur udara : 30 °C
 Debit : 6,109 L/dtk

No	Titik Sampling	Konsentrasi besi (mg/L)									Hasil Perhitungan (mg/L)																	
		Total			Ferro			Ferri			Total			Efsiensi penurunan besi			Ferro			Ferri								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	Inlet	1.860	1.860	1.860	0.501	0.512	0.501	1.359	1.348	1.359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
2	Tray 1	0.982	0.982	0.982	0.234	0.234	0.234	0.749	0.749	0.749	47.17	47.17	47.17	53.38	54.36	53.38	44.88	44.44	44.88	44.44	44.88	44.44	44.88					
3	Tray 2	1.031	1.031	1.031	0.191	0.191	0.191	0.840	0.840	0.840	44.58	44.58	44.58	61.93	62.72	61.93	38.19	37.70	38.19	37.70	38.19	37.70	38.19					
4	Tray 3	0.908	0.908	0.908	0.137	0.137	0.137	0.770	0.770	0.770	51.20	51.20	51.20	72.60	73.18	72.60	43.31	42.86	43.31	42.86	43.31	42.86	43.31					
5	Tray 4	0.945	0.945	0.945	0.159	0.159	0.159	0.786	0.786	0.786	49.19	49.19	49.19	68.33	68.99	68.33	42.13	41.67	42.13	41.67	42.13	41.67	42.13					
6	Tray 5	0.870	0.870	0.870	0.111	0.111	0.111	0.760	0.760	0.760	53.21	53.21	53.21	77.94	78.40	77.94	44.09	43.65	44.09	43.65	44.49	43.65	44.49					
7	Outlet Aerator	0.838	0.838	0.838	0.094	0.094	0.094	0.744	0.744	0.744	54.94	54.94	54.94	81.14	81.54	81.14	45.28	44.84	45.28	44.84	45.28	44.84	45.28					
8	Outlet Filtrasi	0.801	0.801	0.801	0.078	0.078	0.084	0.722	0.722	0.717	56.95	56.95	56.95	84.35	84.67	83.28	46.85	46.43	47.24	46.85	46.43	47.24	46.43	47.24				
Rata-rata		51.03			51.08			51.03			51.03			51.08			51.03			51.08			51.03			51.08		

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium dan hasil perhitungan

No	Titik Sampling	Konsentrasi oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Suhu air (°C)	pH	Konsentrasi kekeruhan (NTU)			Konsentrasi asiditas (mg/L)						
					Konsentrasi			CO ₂			HCO ₃ ⁻			
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Inlet	1.2	27.8	6.8	5.742	6.766	6.766	76.154	76.154	67.692	791.482	791.482	791.482	731.448
2	Tray 1	2.4	27.9	6.8	6.766	7.108	8.474	50.769	50.769	42.308	671.414	719.027	671.414	671.414
3	Tray 2	2.7	28.0	6.5	7.449	8.474	8.816	59.231	50.769	59.231	634.842	623.111	658.993	658.993
4	Tray 3	3.0	28.2	6.5	8.133	8.133	8.816	33.846	42.308	42.308	647.262	647.262	658.993	658.993
5	Tray 4	3.4	28.4	6.5	9.499	9.499	9.157	25.385	33.846	25.385	574.808	563.077	610.690	610.690
6	Tray 5	3.8	28.3	6.0	10.182	9.499	10.182	33.846	33.846	33.846	598.959	598.959	634.842	634.842
7	Outlet Aerator	4.2	28.6	6.0	12.231	12.915	12.231	16.923	25.385	16.923	550.656	538.925	586.538	586.538
8	Outlet Filtrasi	4.5	28.6	6.0	7.791	5.742	5.742	8.462	16.923	16.923	526.505	478.891	514.774	514.774

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium

Lampiran 5

Hasil perhitungan $K_{1,a}$ dan OC

15 September 2004

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	C ₀ mg/L	Suhu °C	C _t mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	C _s -C _t	C _s -C ₀	K _{1,a} /s	volume m ³	oc g/m ³ .s	OC g O ₂ /s
1	Inlet	0.549	-	-	1.2	28.0						-	-	-	-
3	Tray 1	0.121	0.428	0.061	2.2	27.0	2.261	7.9	0.319	5.639	6.7	0.540	0.00004	4.267	0.00017
4	Tray 2	0.078	0.043	0.006	2.7	26.8	2.706	7.9	0.319	5.194	5.7	0.291	0.00004	2.301	0.000090
5	Tray 3	0.105	-0.027	-0.004	3.1	26.3	3.096	8.0	0.319	4.904	5.3	0.243	0.00004	1.947	0.000076
6	Tray 4	0.094	0.011	0.002	3.3	26.2	3.302	8.0	0.319	4.698	4.9	0.132	0.00004	1.052	0.000041
7	Tray 5	0.100	-0.005	-0.001	3.5	26.2	3.499	8.0	0.319	4.501	4.7	0.136	0.00004	1.085	0.00004

27 September 2004

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	C ₀ mg/L	Suhu °C	C _t mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	C _s -C _t	C _s -C ₀	K _{1,a} /s	volume m ³	oc g/m ³ .s	OC g O ₂ /s
1	Inlet	0.501	-	-	1.2	25.4						-	-	-	-
3	Tray 1	0.234	0.267	0.038	2.6	26.6	2.638	7.9	0.319	5.262	6.7	0.757	0.00004	8.553	0.000336
4	Tray 2	0.084	0.150	0.021	3.0	26.7	3.021	7.9	0.319	4.879	5.3	0.260	0.00004	2.933	0.000115
5	Tray 3	0.116	-0.032	-0.005	3.3	27.0	3.295	7.9	0.319	4.605	4.9	0.195	0.00004	2.201	0.000086
6	Tray 4	0.089	0.027	0.004	3.7	27.3	3.704	7.9	0.319	4.196	4.6	0.288	0.00004	3.252	0.000128
7	Tray 5	0.105	-0.016	-0.002	4.0	27.0	3.998	7.9	0.319	3.902	4.2	0.230	0.00004	2.602	0.000102

11 Januari 2005

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	C ₀ mg/L	Suhu °C	C _t mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	C _s -C _t	C _s -C ₀	K _{L,a} /s	volume m ³	oc g/m ³ .s	OC g O ₂ /s
1	Inlet	0.556	-	-	1.2	25.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Tray 1	0.166	0.390	0.056	2.4	26.2	2.456	8.0	0.319	5.544	6.8	0.640	0.00004	5.117	0.000201
4	Tray 2	0.212	-0.046	-0.007	2.8	26.3	2.793	8.0	0.319	5.207	5.6	0.228	0.00004	1.825	0.000072
5	Tray 3	0.130	0.082	0.012	3.2	26.5	3.212	7.9	0.319	4.688	5.1	0.264	0.00004	2.083	0.000082
6	Tray 4	0.118	0.012	0.002	3.8	26.6	3.802	7.9	0.319	4.098	4.7	0.429	0.00004	3.390	0.000133
7	Tray 5	0.127	-0.009	-0.001	4.0	26.3	3.999	8.0	0.319	4.001	4.2	0.152	0.00004	1.215	0.000048

14 Januari 2005

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	C ₀ mg/L	Suhu °C	C _t mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	C _s -C _t	C _s -C ₀	K _{L,a} /s	volume m ³	oc g/m ³ .s	OC g O ₂ /s
1	Inlet	0.522	-	-	1.2	26.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Tray 1	0.135	0.387	0.055	2.6	27.1	2.655	7.9	0.319	5.245	6.7	0.767	0.00004	6.060	0.000238
4	Tray 2	0.159	-0.023	-0.003	3.0	27.0	2.997	7.9	0.319	4.903	5.3	0.244	0.00004	1.925	0.000076
5	Tray 3	0.121	0.037	0.005	3.1	27.1	3.105	7.9	0.319	4.795	4.9	0.068	0.00004	0.538	0.000021
6	Tray 4	0.103	0.018	0.003	3.5	27.1	3.503	7.9	0.319	4.397	4.8	0.274	0.00004	2.167	0.000085
7	Tray 5	0.118	-0.014	-0.002	4.0	27.1	3.998	7.9	0.319	3.902	4.4	0.376	0.00004	2.972	0.000117

18 Januari 2005

No	Titik Sampling	Ferro mg/L	Selisih Ferro mg/L	O ₂ yang dibutuhkan mg/L	C ₀ mg/L	Suhu °C	C _t mg/L	C _s mg/L	t _c m/s	C _s -C _t	C _s -C ₀	K _{1a} /s	volume m ³	oc g/m ³ .s	OC g O ₂ /s
1	Inlet	0.505	-		1.2	27.8									
3	Tray 1	0.234	0.271	0.039	2.4	27.9	2.439	7.7	0.319	5.261	6.5	0.662	0.00004	5.100	0.00020
4	Tray 2	0.191	0.043	0.006	2.7	28.0	2.706	7.7	0.319	4.994	5.3	0.186	0.00004	1.435	0.00006
5	Tray 3	0.137	0.053	0.008	3.0	28.2	3.008	7.7	0.319	4.692	5.0	0.199	0.00004	1.532	0.00006
6	Tray 4	0.159	-0.021	-0.003	3.4	28.4	3.397	7.7	0.319	4.303	4.7	0.276	0.00004	2.128	0.000084
7	Tray 5	0.111	0.048	0.007	3.8	28.3	3.807	7.7	0.319	3.893	4.3	0.311	0.00004	2.397	0.000094

Sumber: Hasil perhitungan

Keterangan : konsentrasi ferro dan konsentrasi DO (C₀), suhu diperoleh dari hasil pengujian.

Lampiran 6

Standar kualitas air minum

**KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002
Tanggal : 29 Juli 2002**

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

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

2. KIMIAWI

2.1. Bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan.

A. Bahan Anorganik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Antimon	(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	
Kadmium	(mg/liter)	0,003	
Kromium (Valensi 6)	(mg/liter)	0,05	
Tembaga	(mg/liter)	2	
Sianida	(mg/liter)	0.07	
Fluorida	(mg/liter)	1,5	
Timbal	(mg/liter)	0.01	
Molybdenum	(mg/liter)	0.07	
Nikel	(mg/liter)	0.02	
Nitrat(sebagai N03)	(mg/liter)	50	
Nitrit(sebagai NO 2)	(mg/liter)	3	
Selenium	(mg/liter)	0.01	

B. Bahan Organik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
<i>Chlorinated alkanes</i>			
Carbon tetrachloride	(µg/liter)	2	
Dichloromethane	(µg/liter)	20	
1,2-dichloroethane	(µg/liter)	30	

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
1,1,1-trichloroethane	($\mu\text{g/liter}$)	2000	
<i>Chlorinated ethenes</i>			
Vinyl chloride	($\mu\text{g/liter}$)	5	
1,1-dichloroethene	($\mu\text{g/liter}$)	30	
1,2-dichloroethene	($\mu\text{g/liter}$)	50	
Trichloroethene	($\mu\text{g/liter}$)	70	
Tetrachloroethene	($\mu\text{g/liter}$)	40	
<i>Aromatic hydrocarbons</i>			
Benzene	($\mu\text{g/liter}$)	10	
Toluene	($\mu\text{g/liter}$)	700	
Xylenes	($\mu\text{g/liter}$)	500	
Benzo[a]pyrne	($\mu\text{g/liter}$)	0,7	
<i>Chlorinated benzenes</i>			
Monochlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	300	
1,2-dichlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	1000	
1,4-dichlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	300	
Trichlorobenzenes (total)	($\mu\text{g/liter}$)	20	
<i>Lain-lain</i>			
Di(2-ethyl hexy)adipate	($\mu\text{g/liter}$)	80	
Di(2-ethylhexyl) phthalate	($\mu\text{g/liter}$)	8	
Acrylamide	($\mu\text{g/liter}$)	0,5	
Epichlorohydrin	($\mu\text{g/liter}$)	0,4	
Hexachlorobutadiene	($\mu\text{g/liter}$)	0,6	
Edetic acid (EDTA)	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Tributyltin oxide	($\mu\text{g/liter}$)	10	

C. Pestisida

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Alachlor	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Aldicarb	($\mu\text{g/liter}$)	10	
Aldrin/dieldrin	($\mu\text{g/liter}$)	0,03	
Atrazine	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Bentazone	($\mu\text{g/liter}$)	30	
Carbofuran	($\mu\text{g/liter}$)	5	
Chlordane	($\mu\text{g/liter}$)	0,2	
Chlorotoluron	($\mu\text{g/liter}$)	30	
DDT	($\mu\text{g/liter}$)	2	
1,2-dibromo - 3-chloropropane	($\mu\text{g/liter}$)	1	
2,4-D	($\mu\text{g/liter}$)	30	
1,2-dichloropropane	($\mu\text{g/liter}$)	20	
1,3-dichloropropene	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Heptachlor and Heptachlor epoxide	($\mu\text{g/liter}$)	0,03	
Hexachlorobenzene	($\mu\text{g/liter}$)	1	
Isoproturon	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Lindane	($\mu\text{g/liter}$)	2	
MCPA	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Methoxychlor	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Metolachlor	($\mu\text{g/liter}$)	10	
Molinate	($\mu\text{g/liter}$)	6	
Pendimethalin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Pentachlorophenol	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Permethrin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Propanil	($\mu\text{g/liter}$)	20	

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Pyridate	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Simazine	($\mu\text{g/liter}$)	2	
Trifluralin	($\mu\text{g/liter}$)	20	
Chlorophenoxy	($\mu\text{g/liter}$)		
<i>Herbicides</i>	($\mu\text{g/liter}$)		
<i>selain 2,4D dan MCPA</i>	($\mu\text{g/liter}$)		
2,4-DB	($\mu\text{g/liter}$)	90	
Dichlorprop	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Fenoprop	($\mu\text{g/liter}$)	9	
Mecoprop	($\mu\text{g/liter}$)	10	
2,4,5-T	($\mu\text{g/liter}$)	9	

D. Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Monochloramine	(mg/liter)	3	
Chlorine	(mg/liter)	5	
Bromate	($\mu\text{g/liter}$)	25	
Chlorite	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Chlorophenol	($\mu\text{g/liter}$)		
2,4,6-trichlorophenol	($\mu\text{g/liter}$)	200	
Formaldehyde	($\mu\text{g/liter}$)	900	
Trihalomethanes			
Bromoform	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Dibromochloromethane	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Bromodichloromethane	($\mu\text{g/liter}$)	60	
Chloroform	($\mu\text{g/liter}$)	200	

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
<i>Chlorinated acetic acids</i>			
Dichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	50	
Trichloroacetic acid	($\mu\text{g/liter}$)	100	
<i>Chloral hydrate</i>			
(trichloroacetaldehyde)	($\mu\text{g/liter}$)	10	
<i>Halogenated acetoneitriles</i>			
Dichloroacetoneitrile	($\mu\text{g/liter}$)	90	
Dibromoacetoneitrile	($\mu\text{g/liter}$)	100	
Trichloroacetoneitrile	($\mu\text{g/liter}$)	1	
<i>Cyanogen chloride</i>			
(sebagai CN)	($\mu\text{g/liter}$)	70	

2.2 Bahan Kimia yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen

A. Bahan Anorganik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Ammonia	mg/l	1,5	
Alumunium	mg/l	0,2	
Klorida	mg/l	250	
Tembaga	mg/l	1	
Kesadahan	mg/l	500	
Hidrogen Sulfida	mg/l	0.05	
Besi	mg/l	0.3	
Mangan	mg/l	0.1	
pH	-	6,5-8,5	
Sodium	mg/l	200	
Sulfat	mg/l	250	

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Total zat padat terlarut	mg/l	1000	
Seng	mg/l	3	

B. Bahan Organik, Desinfektan dan hasil sampingannya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Organik			
Toluene	($\mu\text{g/l}$)	24-170	
Xylene	($\mu\text{g/l}$)	20-1800	
Ethylbenzene	($\mu\text{g/l}$)	2-200	
Styrene	($\mu\text{g/l}$)	4-2600	
Monochlorobenzene	($\mu\text{g/l}$)	10-120	
1,2-dichlorobenzene	($\mu\text{g/l}$)	1 -10	
1,4-dichlorobenzene	($\mu\text{g/l}$)	0,3-30	
Trichloorbenzenes (total)	($\mu\text{g/l}$)	5-50	
Deterjen	($\mu\text{g/l}$)	50	
Desinfektan dan hasil sampingannya			
Chlorine	($\mu\text{g/l}$)	600-1000	
2-chlorophenol	($\mu\text{g/l}$)	0.1 -10	
2,4-dichlorophenol	($\mu\text{g/l}$)	0,3-40	
2,4,6-trichlorophenol	($\mu\text{g/l}$)	2-300	

3. RADIOAKTIFITAS

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
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	Keterangan
1	2	3	4
<i>Parameter Fisik</i>			
Warna	TCU	15	
Rasa dan bau	--	--	tidak berbau dan berasa
Temperatur	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

(Sumber : www.google.com)

Lampiran 7

Metode pemeriksaan yang digunakan

Pemeriksaan besi

Metode Spektrofotometri

(SNI 19-1127-1989 ; AWWA 3500-Fe D)

a. Bahan-bahan yang digunakan

1. HCl pekat
2. Larutan hidroksilamin hidrokhlorida
3. Larutan penyangga ammonium asetat
4. Larutan fenatrolin
5. Larutan sediaan standar besi (1ml = 0,1 mg Fe)
6. Larutan standar siapan (larutan kerja) (1 ml = 0,01 mg Fe)

b. Alat-alat yang digunakan

1. Spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 nm
2. Kuvet
3. Gelas beker
4. Erlenmeyer
5. pipet 5 ml, 10 ml, 25 ml
6. Pemanas

c. Cara kerja

1. Besi total

1. Kocok contoh air sampai merata, masukkan 50 ml contoh yang mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe ke dalam erlenmeyer 250 ml.

2. Tambahkan 2 ml HCl pekat dan 1 ml larutan hidroksilamin hidroklorida.
 3. Panaskan dan didihkan sampai semua besi larut, volume larutan menjadi 15 - 20 ml. Jika contoh mengandung unsur-unsur pengganggu, maka dilakukan pemanasan sampai kering dan diabukan. Kemudian larutkan kembali dengan 2 ml HCl pekat dan 5 ml air suling.
 4. Dinginkan ke dalam labu ukur 50 atau 100 ml.
 5. Tambahkan 10 ml larutan penyangga ammonium asetat dan 2 ml larutan fenatrolin.
 6. Tambahkan air suling sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.
 7. Ukur setelah 10 – 15 menit dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.
2. Ion ferro (Fe^{2+})
1. 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).
 2. Masukkan 50 ml contoh air yang telah diasamkan dan mengandung tidak lebih 0,1 mg Fe ke dalam labu ukur 100 ml.
 3. Tambahkan 20 ml larutan fenatrolin dan 10 ml larutan penyangga ammonium asetat.
 4. Encerkan sampai tanda batas, kocok sampai bercampur rata.

5. Ukur setelah 10 – 15 menit dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm

d. Perhitungan

Cari kadar besi (total & ferro) dari kurva kalibrasi, sedangkan untuk ferri diperoleh dari persamaan sebagai berikut : $Fe^{3+} = Fe\text{ total} - Fe^{2+}$

Pemeriksaan Asidi-alkalinitas

Metode titrasi asam-basa

(Standar method, AWWA 2310-Acidity : 2320Alkalinity)

a. Bahan-bahan yang digunakan

1. Larutan Indikator Phenol Phtalin dan metil orange
2. Larutan HCl 0,1 N
3. Larutan NaOH 0,1 N
4. Larutan asam oxalat ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 0,1 N)
5. Larutan Natrium Tetra Borat 0,1 N
6. Larutan indikator fenatrolin 0,035%

b. Alat-alat yang digunakan

1. Buret
2. Erlenmeyer
3. pipet

c. Cara kerja

1. 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam erlenmeyer ditambahkan 20 tetes indikator fenatrolin 0,035%. Amati perubahan cairan yang terjadi.

2. jika tidak terjadi perubahan warna merah (merah muda), lakukan cara kerja untuk asiditas. Jika cairan berwarna merah (merah muda) lakukan cara kerja untuk alkalinitas.

Cara kerja asiditas

1. Dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai cairan berwarna merah muda
2. Catat banyaknya larutan NaOH 0,1 N yang digunakan (misalnya p ml).
3. Tambah 3 – 5 tetes indikator metil orange 0,1 % kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N sampai cairan berubah warna dari kuning menjadi orange (jingga).
4. Catat banyaknya larutan HCl 0,1 N yang digunakan (misalnya m ml).

Cara kerja alkalinitas

1. Dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N sampai cairan berubah warna merah atau merah muda menjadi tidak berwarna.
2. Catat banyaknya larutan HCl 0,1 N yang digunakan (misalnya p ml).
3. Tambahkan 3 – 5 tetes indikator metil orange 0,1 % kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N sampai cairan berubah warna dari kuning menjadi jingga.
4. Catat banyaknya larutan HCl 0,1 N yang digunakan (misalnya m ml).

d. Perhitungan

Untuk asiditas

1. Jika $p=m$, maka air tersebut mengandung CO_2

$$\text{CO}_2 = \frac{1000}{100} \times 2 \text{ pml} \times N.NaOH \times \frac{44}{2} = \text{mg/L}$$

2. Jika $p < m$, maka air tersebut mengandung CO_2 dan HCO_3^-

$$\text{CO}_2 = \frac{1000}{100} \times 2p \text{ ml} \times N.NaOH \times \frac{44}{2} = \text{mg/L}$$

$$\text{HCO}_3^- = \frac{1000}{100} \times [(m \text{ ml} \times N.HCl) - (p \text{ ml} \times N.NaOH)] \times 61 = \text{mg/L}$$

3. Jika $p > m$, maka air tersebut mengandung H^+ dan CO_2

$$\text{H}^+ = \frac{1000}{100} \times [(p \text{ ml} \times N.NaOH) - (m \text{ ml} \times N.HCl)] \times 1 = \text{mg/L}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{1000}{100} \times 2m \text{ ml} \times N.HCl \times \frac{44}{2} = \text{mg/L}$$

Untuk alkalinitas

1. Jika $p = m$, maka air tersebut mengandung CO_3^{2-}

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{1000}{100} \times 2p \text{ ml} \times N.HCl \times \frac{60}{2} = \text{mg/L}$$

2. Jika $p < m$, maka air tersebut mengandung CO_3^{2-} dan HCO_3^-

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{1000}{100} \times 2p \text{ ml} \times N.HCl \times \frac{60}{2} = \text{mg/L}$$

$$\text{HCO}_3^- = \frac{1000}{100} \times (m - p) \text{ ml} \times N.HCl \times 61 = \text{mg/L}$$

3. Jika $p > m$, maka air tersebut mengandung OH^- dan CO_3^{2-}

$$\text{OH}^- = \frac{1000}{100} \times (p - m) \text{ ml} \times N.HCl \times 17 = \text{mg/L}$$

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{1000}{100} \times m \text{ ml} \times N.HCl \times \frac{60}{2} = \text{mg/L}$$