TUGAS AKHIR – RE 141581

ANALISIS PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN MENGGUNAKAN *TRAY AERATOR* DAN *DIFFUSER AERATOR*

AIZAR LUTFIHANI
3311100079

DOSEN PEMBIMBING
Alfan Purnomo, ST., MT

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

FINAL PROJECT – RE 141581

ANALYSIS OF IRON (Fe) REMOVAL BY USING TRAY AERATOR AND DIFFUSER AERATOR

AIZAR LUTFIHANI
3311100079

SUPERVISOR
Alfan Purnomo, ST., MT

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN MENGGUNAKAN *TRAY AERATOR* DAN *DIFFUSER AERATOR*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AIZAR LUTFIHANI
NRP. 3311100079

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Alfan Purnomo, ST., MT
NIP. 19830304 200604 1002

SURABAYA
JANUARI 2015

ABSTRAK

Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Menggunakan *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator*

Nama Mahasiswa : Aizar Lutfihani
NRP : 3311100079
Dosen Pembimbing : Alfan Purnomo, ST.,MT

Aerasi merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk meningkatkan nilai oksigen terlarut pada pengolahan air minum. Nilai oksigen terlarut perlu ditingkatkan untuk menghilangkan atau mengurangi kadar mineral dan kadar zat-zat organik yang terdapat dalam air. Kadar mineral yang terkandung di dalam air salah satunya adalah besi (Fe). Kadar besi (Fe) yang terdapat didalam air dapat menyebabkan beberapa kerugian, diantaranya adalah dapat memberikan rasa dan warna pada air serta dapat mempercepat proses korosi didalam instalasi perpipaan.

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis aerator untuk mengetahui seberapa besar penurunan kadar besi (Fe) pada air sampel yaitu, *tray aerator* dan *diffusser aerator*. Kemudian terhadap dua jenis aerator tersebut dilakukan pengujian beberapa parameter seperti nilai oksigen terlarut (DO) dan kadar besi (Fe). Untuk *tray aerator* 3 tingkat nilai rata-rata oksigen terlarutnya adalah 6,84 mg/L, untuk *tray aerator* 5 tingkat adalah sebesar 7,24 mg/L, untuk *diffuser aerator* td 12 menit sebesar 5,50 mg/L, dan untuk *diffuser aerator* td 18 menit sebesar 5,68 mg/L.

Nilai rata-rata oksigen terlarut tertinggi terjadi pada *tray aerator* 5 tingkat yaitu 7,24 mg/L dan untuk *diffuser aerator* terjadi pada td 18 menit dengan nilai 5,68 mg/L. Dari kedua jenis aerator tersebut kemudian digunakan untuk mengetahui efisiensi penyisihan kadar besi (Fe). Efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) untuk *tray aerator* 5 tingkat adalah 10% dan untuk *diffuser aerator* td 18 menit adalah 2,6%. Dengan demikian jenis *tray aerator* memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut dan efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) yang lebih tinggi dibandingkan dengan *diffuser aerator*.

Kata kunci: Diffuser aerator, kadar besi (Fe), oksigen terlarut, tray aerator

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ABSTRACT

Analysis Of Iron (Fe) Removal by Using *Tray Aerator* and *Diffuser Aerator*

Nama Mahasiswa : Aizar Lutfihani
NRP : 3311100079
Dosen Pembimbing : Alfan Purnomo, ST.,MT

Aeration is one of the common method that using to increase the value of dissolved oxygen in water treatment. The value of dissolved oxygen need to be increase to remove or decrease minerals and organics substance in the water. One of the minerals in water is iron (Fe). Iron (Fe) that contains in the water can make some of disadvantages such as, give taste and colour in the water and increasing corrosion in pipe installation.

In this research use two type of aerator to know the removals of iron (Fe) in the sample water, is tray aerator and diffuser aerator. To those type of aerator, tested some parameters such as, dissolved oxygen and iron (Fe). The average value of dissolved oxygen for 3 step of tray aerator is 6,84 mg/L, for 5 step of tray aerator is 7,24 mg/L, for diffuser aerator with detention time 12 minute is 5,50 mg/L, and for diffuser aerator with detention time 18 minute is 5,68 mg/L.

The two highest of average value from those type of aerator is 5 step of tray aerator with 7,24 mg/L and diffuser aerator with detention time 18 minute with 5,68 mg/L. From that type of aerator is use to know the efficiency removal of iron (Fe). The efficiency of iron (Fe) for 5 step of tray aerator is 10% and 2,6% for diffuser aerator with detention time 18 minute. The conclusion is tray aerator have the average value of dissolved oxygen and efficiency of removal iron (Fe) higher than diffuser aerator.

Keyword: Diffuser aerator, kadar besi (Fe), oksigen terlarut, tray aerator

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penyusunan tugas akhir yang berjudul **"Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Menggunakan *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator* "** ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Dalam penulisan laporan ini, ijinkan penulis menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia yang tiada terhingga.
2. Bapak Alfan Purnomo, ST.,MT selaku dosen pembimbing atas segala ilmu dan bimbingannya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc.,PhD, Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng, dan Bapak Dr. Ali Masduqi selaku dosen penguji, terima kasih atas saran yang telah diberikan.
4. Orang tua yang begitu banyak memberikan doa dan motivasi.
5. Teman-teman seperjuangan angkatan 2011 yang banyak memberikan semangat untuk penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulisan laporan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Definisi Aerasi 5
2.2 Proses Aerasi 5
2.3 Teori Transfer Gas 5
2.4 Metoda Transfer Gas 7
2.4.1 Transfer Gas Mekanik 8
2.4.2 Transfer Gas Difusi 8
2.4.3 Transfer Gas Gravitasi 9
2.4.4 Transfer Gas Semprot 10
2.5 Perhitungan Desain *Tray Aerator* 14
2.6 Definisi Koefisien Tranfer Gas (K_{La}) 16
2.7 Hubungan Aerasi dan Koefisien Transfer Gas (K_{La}). 17
2.8 Definisi Besi (Fe) 19
2.9 Metode Untuk Menurunkan Besi (Fe) 20
2.10 Potensi Penggunaan Aerasi di Dalam Sistem Pengolahan Air Minum 21
2.11 Penelitian Terdahulu 21
BAB 3 METODA PENELITIAN **23**
3.1 Umum 23
3.2 Kerangka Penelitian 23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian 25
3.4 Langkah Penelitian 26
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN **33**
4.1 Karakteristik Air Kran 33

4.2 Data Hasil Uji Parameter Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator* Untuk Nilai Oksigen Terlarut 33
4.2.1 Data Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 3 Tingkat 34
4.2.2 Data Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 5 Tingkat 35
4.2.3 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Tray aerator* 3 Tingkat dengan *Tray Aerator* 5 tingkat 37
4.2.4 Data Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 12 Menit 38
4.2.5 Data Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 18 Menit 39
4.2.6 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Diffuser Aerator* td 12 menit dengan *Diffuser Aerator* 18 menit 41
4.2.7 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator* 42
4.3 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Tray Aerator* 5 Tingkat dengan Penelitian Terdahulu 43
4.4 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator* 44
4.4.1 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Tray Aerator* 5 Tingkat 45
4.4.2 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Diffuser Aerator* td 18 menit 46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 49
5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN A 53
LAMPIRAN B 59
LAMPIRAN C 67
LAMPIRAN D 71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Disain dan Karakteristik Operasi Aerator **13**
Tabel 2.2 Konsentrasi Oksigen Terlarut Jenuh Pada Tekanan 760 mmHg **18**
Tabel 2.3 Tekanan Uap Air Yang Berkontak Dengan Udara **19**
Tabel 3.1 Tabel Percobaan Nilai K_{La} Dengan Pengukuran DO **29**
Tabel 3.2 Tabel Percobaan Penyisihan Kadar Besi **30**
Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Air Kran **33**
Tabel 4.2 Hasil Uji Parameter Tray Aerator 3 Tingkat **34**
Tabel 4.3 Hasil Uji Parameter Tray Aerator 5 Tingkat **36**
Tabel 4.4 Hasil Uji Parameter Diffuser Aerator td 12 Menit **38**
Tabel 4.5 Hasil Uji Parameter Diffuser Aerator td 18 Menit **40**
Tabel 4.6 Data Nilai Rata-Rata Oksigen Terlarut (DO) Setiap Jenis Aerator **42**
Tabel 4.7 Data Konsentrasi Oksigen Terlarut Tray Aerator 5 Tingkat **44**
Tabel 4.8 Data Hasil Penyisihan Kadar Besi (Fe) Tray aerator 5 Tingkat **45**
Tabel 4.9 Data Hasil Penyisihan Kadar Besi (Fe) Diffuser Aerator td 18 Menit **46**
Tabel 4.10 Data Persen Efisiensi Penyisihan Fe Setiap Aerator **47**

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Absorpsi **6**
Gambar 2.2 (a) Aerator Permukaan (b) Aerator Tenggelam **8**
Gambar 2.3 Skema Aerasi Dengan Metode Difusi..... **9**
Gambar 2.4 (a) *Cascade Aerator* **9**
Gambar 2.4 (b) *Packed Tower Counter Current* **10**
Gambar 2.4 (c) *Tray Aerator*..... **10**
Gambar 2.5 *Spray Aerator*..... **10**
Gambar 2.6 Aerator Terdifusi **11**
Gambar 2.7 Hubungan Ln (Cs – Ct) Terhadap t **17**
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian..... **25**
Gambar 3.2 Denah *Tray Aerator* **27**
Gambar 3.3 Tampak Depan *Tray Aerator* **27**
Gambar 3.4 (a) Tiga Dimensi *Diffuser Aerator* (b) Dimensi *Diffuser Aerator* **28**
Gambar 3.5 Denah *Diffuser Aerator*..... **28**
Gambar 3.6 Variasi Penelitian **29**
Gambar 4.1 Grafik Nilai DO *Tray Aerator* 3 Tingkat **35**
Gambar 4.2 Grafik Nilai DO *Tray Aerator* 5 Tingkat..... **36**
Gambar 4.3 Grafik Nilai DO *Diffuser Aerator* td 12 Menit..... **39**
Gambar 4.4 Grafik Nilai DO *Diffuser Aerator* td 18 Menit..... **41**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abuzar, S.S.2012. **Koefisien Transfer Gas (K_{La}) Pada Proses Aerasi Menggunakan Tray Aerator Bertingkat 5 (Lima)**. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.

Alaerts, G dan Santika, S.S.1984.**Metode Penelitian Air**. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.

Al-Ahmady, K.K.2006. Analysis of Oxygen Transfer Performance on Sub-surface Aeration Systems. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, ISSN 1661-7827 3(3), 303-308.

AWWA, ASCE, CSSE.1997. **Water Treatment Plant Design 3rd Edition**. McGraw-Hill Book Company.New York.

Bennefield, L.D dan Randall,C. W.1980. **Biological Process Design for Wastewater Treatment.** Prentice-Hall,Inc, Englewwod Cliffs, NJ 07632.

Eckenfelder, W.W.1991. **Principles of Water Quality Management**. Krieger Publishing Company. Florida.

Eckenfelder, W.W dan Barnhart, E.L.1963. **Designing for Oxygen Transfer**. Waste Engineering, 81.Faust, S. D., dan Aly, O. M.1996. **Chemistry of Water Treatment 2nd Edition**. Ann Arbor Press. Michigan.

Masduqi, A. dan Assomadi, A.F.2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air.** ITS Press,Surabaya.

Metcalf dan Eddy.1991.**Wastewater Engineering 4th Edition.** McGraw Hill Edition, New Delhi.

Popel, H.J.1974. **Aeration and Gas Transfer.** Delf University of Technology. Delf.

Puspitasari, S.T.2006. **Studi Literatur Aerasi Untuk Pengolahan Air Minum**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

Putra, F.Y. 2011. **Penyisihan Kandungan Besi (Fe) Pada Proses Aerasi Sistem Tray Aerator Dengan Variasi Diameter Lubang Tray dan Konsentrasi Fe**. Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang.

Qasyim, Syed R., Edward M. Motley, dan Guang Zhu.2000. **Water Works Engineering: Planning, Design, and Operation.**Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 07458.

Schmit, F.L. and Redmon, D.T.1975. Oxygen Tranfer Efficiency in Deep Tanks. **Journal Water Pollution Control Federation** Vol. 47. No.11 (Nov) pp. 2586-2598.

Sudati, K.2004. **Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Metode Aerasi, Sedimentasi dan Filtrasi Untuk Skala Rumah Tangga Di Pedesaan**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

Watiningsih, P.2004. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Tanah Di Perumahan Menganti Permai Gresik**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

BIODATA PENULIS

Aizar Lutfihani lahir di Banjarmasin pada 4 Desember 1993 adalah anak kedua dari duabersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari pendidikan dasar ditempuh dari tahun 1999-2005 di SDN Patokan 3 Situbondo. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Situbondo pada tahun 2005-2008, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Probolinggo dari tahun 2008-2011.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3311 100 079. Selama perkuliahan, penulis aktif di berbagai kegiatan baik sebagai panitia maupun sebagai peserta. Berbagai pelatihan dan seminar telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Penulis juga mempunyai pengalaman *On Job Training* (Kerja Praktek) di perusahaan Pabrik Gula Redjosarie, Magetan dan terakhir penulis melakukan penelitian dalam memenuhi Tugas akhir dengan judul *"Analisis Penurunan Kadar Besi Dengan Menggunakan Tray Aerator dan Diffuser Aerator)"* dibawah bimbingan Alfan Purnomo, ST.,MT. Untuk semua informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email aizarlutfihani@gmail.com.

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aerasi merupakan proses yang penting dalam pengolahan air minum. Aerasi menurut Faust dan Aly (1989) adalah istilah lain dari transfer gas dari fase gas ke fase cair yang lebih dikhususkan pada oksigen, sedangkan menurut Metcalf dan Eddy (1991) transfer gas didefinisikan sebagai proses dimana gas dipindahkan dari suatu fase ke fase lainnya, biasanya dari fase gas ke fase cair. Alat yang digunakan untuk proses transfer gas tersebut dinamakan aerator.

Proses aerasi dalam pengolahan air minum sangat penting karena dapat menurukan kadar mineral yang terdapat dalam air serta dapat menghilangkan gas penyebab rasa dan bau, seperti hidrogen sulfida dan beberapa senyawa organik volatil. Salah satu kadar mineral yang terdapat di dalam air adalah besi (Fe). Besi menurut Alaerts dan Santika (1984) adalah salah satu elemen kimiawi yang tidak berbahaya yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Menurut Breland dan Robinson dalam AWWA (1967), adanya jumlah tertentu dari besi (Fe) dalam suplai air dapat mengakibatkan masalah bagi masyarakat. Permasalahan yang ditimbulkan oleh keberadaan besi (Fe) pada air adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan rasa dan bau pada air, dan menyebabkan air berwarna kekuningan.
2. Dapat memudarkan warna pada produksi industri seperti kertas, tekstil, dan kulit.
3. Meninggalkan noda dan karat pada peralatan.
4. Mempercepat penyumbatan pada pipa-pipa dengan adanya bakteri pereduksi besi (Fe).
5. Mempengaruhi rasa makanan menjadi asam, manis, dan mempunyai rasa besi (Fe).

Berdasarkan permasalahan-permasalahan diatas, maka disarankan agar kadar besi (Fe) untuk air minum tidak lebih dari 0,3 mg/L (Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010). Oleh karena itu, air baku yang diolah untuk air minum harus melakukan

pengolahan terlebih dahulu sehingga bisa bisa mencapai kadar minimum yang telah ditetapkan pemerintah.

Sehubungan dengan pernyataan-pernyataan tersebut, perlu dilakukan penelitian menggunakan aerator untuk mengetahui seberapa besar nilai oksigen terlarut yang dapat dihasilkan dalam upaya penurunan kadar besi (Fe) yang terdapat didalam air. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis aerator untuk mengetahui dan membandingkan nilai oksigen terlarut yang dapat dihasilkan pada setiap aerator. Nilai oksigen terlarut yang dihasilkan digunakan untuk melakukan analisis terhadap penurunan kadar besi (Fe) dalam air hingga mencapai konsentrasi tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh jenis aerator terhadap penurunan kadar besi (Fe) dalam air. Berikut adalah rumusan masalah yang akan diangkat:

1. Bagaimana pengaruh jenis aerator terhadap nilai oksigen terlarut (DO) ?
2. Bagaimana pengaruh jenis aerator terhadap penurunan kadar besi (Fe) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang hendak dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Menghitung nilai oksigen terlarut pada setiap jenis aerator yang berbeda.
2. Menghitung efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) pada reaktor dengan jenis aerator yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, manfaat yang dapat diperoleh dengan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi bagi kalangan akademisi dan penelitian lanjutan mengenai nilai oksigen terlarut dengan jenis aerator yang berbeda.

2. Memberikan informasi bagi kalangan akademisi dan penelitian lanjutan mengenai efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) dengan jenis aerator yang berbeda.

3. Memberikan informasi mengenai jenis aerator yang paling efektif untuk melakukan proses penurunan kadar besi (Fe) dalam air.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup merupakan batasan-batasan dalam melaksanakan penelitian yang memaparkan keluasan cakupan penelitian. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini berskala laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS.
2. Sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem *continue*.
3. Sampel air yang digunakan adalah air kran dan sampel air besi buatan.
4. Jenis aerator yang digunakan adalah *tray aerator* dan *diffuser aerator.*
5. Parameter yang diteliti adalah temperatur air, nilai *dissolved oxygen*, kadar besi (Fe) dan nilai PV.
7. Variasi yang digunakan pada *tray aerator* adalah jumlah *tray* sedangkan pada *diffuser aerator* adalah perbedaan waktu detensi.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Aerasi

Dalam berbagai literatur dituliskan pengertian dari aerasi yang memiliki istilah yang berbeda-beda antara satu dengan lainnya.

- Menurut Benefield (1982):

  Aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas, lebih dikhususkan pada transfer gas oksigen atau proses penambahan oksigen ke dalam air.

- Menurut Eckenfelder (1991):

  Transfer oksigen adalah salah satu jenis transfer gas dimana dalam hal ini gas yang ditransfer adalah oksigen. Sedangkan aerasi adalah salah satu metode transfer oksigen yang dilakukan secara fisik.

2.2 Proses Aerasi

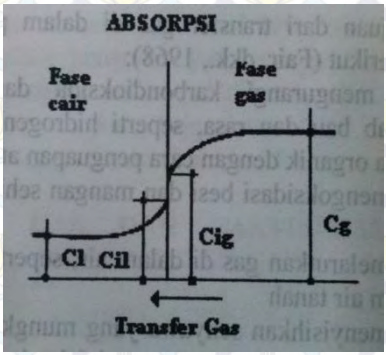
Menurut Eckenfelder (1991), proses transfer oksigen terjadi dalam tiga fase. Pada fase pertama molekul-molekul oksigen ditransfer pada permukaan zat cair yang disusun oleh molekul-molekul air hingga terjadi kesetimbangan pada kedua interfase. Interfase adalah suatu lapisan batas gas-cair dengan ketebalan tertentu yang jenuh dengan gas. Pada fase kedua, molekul-molekul oksigen dipaksa melewati lapisan interfase ini dengan proses difusi molekuler. Dan pada fase ketiga, oksigen bercampur dengan seluruh air. Jika proses ini terjadi pada kondisi laminer, maka kecepatan absorpsi oksigen tergantung pada kecepatan difusi molekuler melalui lapisan air (fase dua). Dengan meningkatnya turbulensi air, maka lapisan yang baru (*renewal*) maka oksigen dapat terdistribusi ke seluruh cairan.

2.3 Teori Transfer Gas

Transfer gas adalah proses fisik dimana molekul-molekul gas berpindah antara fase cair dan fase gas pada interfase cair-gas (Popel, 1974). Transfer gas yang melibatkan kontak antara udara atau gas lain dengan air yang menyebabkan berpindahnya suatu senyawa dari fase cair (dalam bentuk terlarut) menjadi fase

gas (lepas ke udara) (Masduqi dan Slamet, 2002). Perpindahan dari fase gas ke fase cair ini menyebabkan peningkatan konsentrasi gas pada fase cair selama fase ini tidak jenuh dengan udara pada kondisi tertentu, dan penurunan konsentrasi gas saat fase cair lewat jenuh (absorpsi, desorpsi, presipitasi, atau *gas stripping*). Di dalam ilmu teknik lingkungan, fase gas ini didefinisikan sebagai udara dan fase cair didefinisikan sebagai air.

Absorpsi adalah suatu operasi yang menciptakan kondisi optimum untuk melarutkan gas-gas di udara ke dalam fase cair sedangkan, desorpsi memiliki prinsip operasi yang berlawanan , dimana gas-gas yang terlarut di dalam air ditransfer ke fase gas (Degremont,1979). Mekanisme proses absorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme Absorpsi
(Eckenfelder,1991)

Cl dan Cg pada gambar tersebut memiliki konsentrasi gas pada fase gas dan cair. Cl dan Cg memiliki konsentrasi yang sama pada interfase.

Transfer gas adalah suatu faktor penting berkenaan dengan reaerasi air dan pemeliharaan oksigen terlarut yang cukup untuk mendukung keseimbangan ekologi yang diinginkan pada suatu perairan tertentu.

Proses-proses transfer gas juga banyak dioperasikan dalam sistem pengolahan air bersih dan air buangan. Dalam pengolahan untuk air bersih, air baku di aerasi untuk

menghilangkan zat-zat organik maupun anorganik terlarut yang tidak diinginkan seperti besi.

Transfer gas secara alamiah dapat mendukung proses-proses biologis secara normal dalam air yang relatif tidak terpolusi, akan tetapi dengan adanya zat-zat organik dalam konsentrasi yang cukup tinggi maka proses oksidasi biologis secara aerobik dapat terhambat kecepatannya.

Perpindahan massa zat dari fase gas ke fase cair atau sebaliknya terjadi bila ada kontak antara permukaan cair dengan gas atau udara. Mekanisme ini terjadi secara difusi. Gaya penggerak perpindahan massa dariudara ke dalam air atau sebaliknya dikendalikan oleh perbedaan konsentrasi zat dalam larutan dan kelarutan gas pada kondisi tertentu.

Faktor utama yang mempengaruhi transfer gas dalam air adalah suhu air, tekanan parsial gas dalam fase gas, konsentrasi padatan terlarut dalam fase air dan komposisi kimia gas.

Tujuan dari transfer gas didalam pengolahan air adalah sebagai berikut (Fair, dkk.,1968):

1. Untuk mengurangi karbondioksida dan konsentrasi bahan penyebab bau dan rasa, seperti hidrogen sulfida dan beberapa senyawa organik dengan cara penguapan atau oksidasi.
2. Untuk mengoksidasi besi dan mangan sehingga dapat dipisahkan dari air.
3. Untuk melarutkan gas di dalam air, seperti penambahan oksigen kedalam air tanah.
4. Untuk menyisihkan senyawa yang mungkin dapat meningkatkan biaya pengolahan, misalnya adalah dengan adanya hidrogen sulfida maka akan meningkatkan kebutuhan klor pada proses deklorinasi.
5. Rekarbonasi air yang telah dilunakkan.

2.4 Metoda Transfer Gas

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), peralatan untuk perpindahan massa dari fase gas ke fase cair atau sebaliknya dapat dibedakan dalam beberapa jenis sesuai dengan metodanya, yaitu :

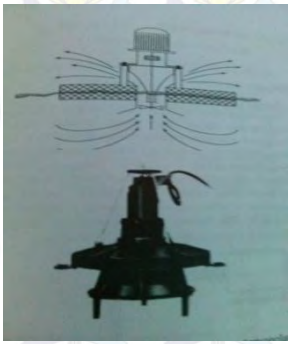
1) Mekanik
2) Diffusi

3) Gravitasi/jatuhan
4) Semprotan

2.4.1 Transfer Gas Mekanik

Transfer gas secara mekanik dilakukan dengan menggunakan alat pengaduk yang menyebabkan air bergerak. Ada beberapa tipe alat pengaduk, yaitu *paddle* tenggelam, *paddle* permukaan, *propeller*, *turbine*, dan aerator *draft – tube*. Gambar aerator permukaan dan aerator tenggelam ditunjukkan pada Gambar 2.2. Untuk mendisain aerator mekanik, maka diperlukan leaflet/brosur yang dikeluarkan oleh pabrik aerator yang berisi spesifikasi teknis dari aerator tersebut. Berdasarkan spesifikasi inilah, dapat dipilih jenis dan kapasitas aerator yang akan digunakan disain sistem aerasi. Spesifikasi teknis minimum mencakup hal-hal sebagai berikut :

- Dimensi alat
- Daya motor
- Kecepatan putaran
- Kedalaman peletakan aerator
- Kecepatan transfer gas

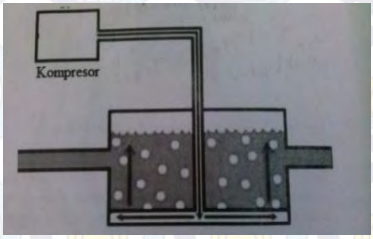


Gambar 2.2 (a) Aerator Permukaan (b) Aerator Tenggelam

2.4.2 Transfer Gas Difusi

Metode difusi adalah transfer gas dari udara bertekanan yang dinjeksikan ke dalam air (Gambar 2.3). Injeksi udara berlangsung dalam bak besar melalui difuser berpori berbentuk plat atau tabung. Udara yang keluar dari difuser biasa berbentuk gelembung udara yang akan menyebabkan peningkatan turbulensi air. Gelembung yang dihasilkan oleh *diffuser*

diklasifikasikan menjadi *fine* dan *coarse bubble*. Efisiensi yang dapat dicapai dengan *fine diffuser aerator* adalah 8-12%, sementara untuk *coarse diffuser aerator* adalah 4-8%. Periode aerasi berkisar 10-30 menit, suplai udara 0,1-1 m^3/menit volume tangki.



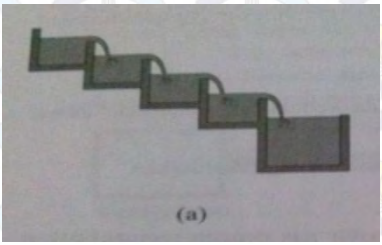
Gambar 2.3 Skema Aerasi Dengan Metode Difusi

2.4.3 Transfer Gas Gravitasi

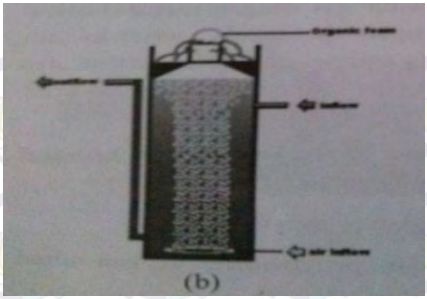
Metode gravitasi adalah transfer gas dengan memanfaatkan aliran gravitasi yang meliputi pelimpah, terjunan air, *cascade*, aliran di atas bidang miring, dan menara (*tray* atau *packed*). Kontak antara air dan udara terjadi ketika air dijatuhkan atau dialirkan dari ketinggian tertentu.

Aerasi metoda gravitasi dapat dilakukan dengan berbagai jenis operasi antara lain (Gambar 2.4) :

1. Aerasi jatuhan bertingkat (*cascade aerator*)
2. Kombinasi jatuhan dan pengudaraan dengan aliran berlawanan
3. *Tray aeration*



Gambar 2.4(a) *Cascade Aerator*



Gambar 2.4 (b) *Packed Tower Counter-Current*

Gambar 2.4 (c) *Tray Aerator*

2.4.4 Transfer Gas Semprot

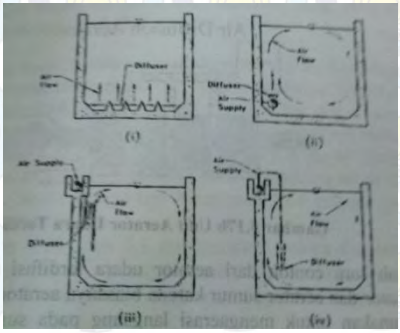
Metoda semprot adalah menyemprotkan butiran air ke udara melalui lubang atau *nozzle*, baik yang bergerak maupun diam. Bentuk aerator semprot dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.

Gambar 2.5 *Spray Aerator*

Pada penelitian ini salah satunya direncanakan menggunakan *diffuser aerator*. Pada Gambar 2.6 berikut, udara yang terkompersi dimasukkan ke dalam tangki untuk menghasikan gelembung-gelembung udara yang kemudian akan bergerak naik ke permukaan air, dan menyebabkan turbulensi sehingga dapat terjadi pertukaran senyawa-senyawa volatil dari gelembung udara ke air dan sebaliknya (AWWA, ASCE, CSSE, 1997).

Pada saat udara yang terkompresi ini bergerak dari *orifice* naik ke atas dan mencapai permukaan dan membawa suatu lapisan yang jenuh dengan oksigen maka proses transfer oksigen terjadi (Popel, 1974). Pada permukaan air juga terjadi proses aerasi, yaitu dengan terbentuknya turbulensi yang pada saat gelembung udara naik menuju ke permukaan. *Aerator diffuser* biasanya memiliki waktu aerasi yang lebih lama dibandingkan dengan aerator terjunan. Ini merupakan salah satu keuntungan dari aerator terdifusi.

Aerator udara terdifusi adalah aerator yang paling efisiensi untuk proses transfer oksigen. Di dalam *diffuser* ini, udara yang bertekanan dihasilkan dari kompressor dan dimasukkan ke dalam air dari dasar tangki melalui *orifice* atau *nozzle* dari sistem perpipaan sehingga terjadi distribusi yang seragam pada seluruh air. Gelembung-gelembung udara yang naik menuju ke permukaan air menghasilkan turbulensi sehingga terjadi transfer gas antara gelembung udara dengan air dan antara air dengan udara pada interfase (Faust dan Aly, 1989).



Gambar 2.6 Aerator Terdifusi

Kecepatan transfer oksigen dengan menggunakan aerator udara terdifusi juga dipengaruhi oleh (Popel, 1974):

- Ukuran dan bentuk tangki aerasi

  Ukuran dan bentuk tangki aerasi serta peletakan *diffuser* di dalam tangki aerasi mempengaruhi pola aliran air di dalam tangki dan V_w.

- Letak *diffuser* di dalam tangki aerasi

  Letak *diffuser* dalam tangki aerasi pada prinsipnya menentukan efisiensi aerasi, dimana proses aerasi dianggap paling efisien jika mampu menghasilkan nilai V_w paling kecil.

- Kecepatan transfer gas oksigen per unit *diffuser*

  Kecepatan transfer oksigen per unit *diffuser* mempengaruhi kecepatan transfer oksigen di dalam tangki. Kecepatan udara per unit *diffuser* harus sekecil mungkin agar dapat menghasilkan gelembung-gelembung dengan ukuran yang kecil sehingga memberikan efisiensi yang besar. Kecepatan transfer oksigen ini dapat ditentukan dari tekanan udara yang dibutuhkan *orifice* untuk menghasilkan gelembung udara. Sehingga hal ini tergantung pada struktur *diffuser* dan tipe *diffuser* yang ada.

  Diameter gelembung udara yang dihasilkan pada *diffuser* bermacam-macam,yaitu (Degremont, 1979):

  1. *Coarse bubble* (diameter >6 mm), udara diinjeksikan secara langsung melalui pipa ataupun melalui *diffuser* dengan lubang yang besar.
  2. *Medium bubble* (diameter 4 hingga 6 mm), ukuran gelembung udara diperkecil dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan *orifice.*
  3. *Fine bubble* (diameter < 3mm), dihasilkan dengan mengalirkan udara melalui media berpori (pori berukuran 50 mikron).

  Efisiensi yang dapat dicapai dengan *fine bubble* aerator adalah 8-12%, sedangkan untuk *coarse bubble* aerator adalah 4-8%. Periode aerasi berkisar antara 10-30 menit dengan suplai udara 0,1-1 m^3/menit per m^3 volume tangki (Masduqi dan Slamet, 2001).

Dari beberapa jenis aerator yang telah dijelaskan diatas, dapat dibuat suatu tabel perbandingan kemampuan penyisihan dari masing-masing aerator tersebut. Macam-macam jenis

aerator beserta disainnya juga telah dirangkum menurut Qasim dkk (2000) pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Disain dan Karakteristik Operasi Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Mekanik	50-80 % CO_2	Waktu detensi = 10-30 menit Kedalaman tangki = 2-4 m
Aerator Difusi	80% VOC	Waktu detensi = 10-30 menit Udara = 0,7-1,1 m^3/m^3 air Tangki = Kedalaman 2,7-4,5 m, lebar 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum = 150 m^3 Diameter lubang diffuser = 2-5 mm diameter
Aerator Gravitasi		
Cascade	20-45 % CO_2	Tinggi = 1,0-3,0 m Luas = 85-105 m^2/m^2.detik Kecepatan aliran 0,3 m/detik
Packing Tower	> 95% VOC	Diameter kolom maksimum 3 m
	>90% CO_2	Beban hidrolik = 2000 m^3/m^2.hari
Tray	>90% CO_2	Kecepatan = 0,8-1,5 m^3/m^2/menit Kebutuhan udara 7,5 m^3/m^3 air Jarak rak (tray) = 30-75 cm Luas = 50-160 m^2/m^3 detik
Spray	70-90% CO_2 25-40 H_2S	Tinggi = 1,2-9 m Diameter nozzle = 2,5-4,0 cm Jarak nozzle = 0,6-3,6 m Debit nozzle = 5-10 L/detik

Lanjutan Tabel 2.1 Disain dan Karakteristik Operasi Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Spray		Luas bak = 105-320 m2/m3 detik Tekanan semprot = 70 kPa

2.5 Perhitungan Desain *Tray Aerator*

Tray aerator terdiri dari beberapa rak (tray) yang berlubang yang akan meloloskan air ke tray berikutnya sampai ke bak pengumpul. Pemerataan distribusi air di atas tray sangat penting untuk meningkatkan efisiensi. Beberapa tray aerator menggunakan media kasar seperti arang, batu, atau bola keramik dengan diameter 2-6 inch. Media kasar diletakkan di atas tray untuk meningkatkan efisiensi pertukaran dan distribusi gas.

Penumpukan oksigen dapat mempercepat proses oksidasi dalam air. Jarak antara masing-masing rak biasanya adalah antara 30 hingga 75 cm dan debit air yang dialirkan antara 50-75 m^3/hari (ASCE dan AWWA, 1990). Sedangkan menurut Popel 1974, jarak antara rak bervariasi antara 30 hingga 45 cm dan ukuran media antara 2,5 hingga 15 cm. Meskipun media dengan ukuran yang lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaan dan frekuensi terjadinya pembaruan pada permukaan (*surface renewal*), namun tidak digunakan. Hal ini disebabkan karena media dengan ukuran kecil sering menyebabkan terjadinya penyumbatan, misalnya akibat terjadinya endapan besi atau zat pengotor lainnya, dan lebih jauh lagi itu dapat menghambat terjadinya pertukaran gas pada ventilasi. Seluruh rak dalam menara harus diisi dengan media kontak.

Pada prinsipnya rancangan *multiple tray aerator* adalah sebagai berikut (Popel, 1974):

1. Menara diisi dengan pipa-pipa plastik yang disusun secara menyilang dengan diameter 2,5 hingga 6 cm untuk menyisihkan karbondioksida dari dalam air.
2. Untuk menyisihkan amoniak, maka menara diisi dengan kayu merah (*red wood*), cemara, atau potongan-potongan plastik.
3. Untuk desorpsi karbondioksida atau absorpsi ozon untuk oksidasi senyawa-senyawa organik dalam pengolahan air minum, maka digunakan suatu tangki tertutup diisi dengan keramik atau

potongan-potongan plastik dengan ukuran 0,1 hingga 5 cm atau dengan menggunakan pasir kwarsa.

Transfer gas dalam *multiple tray aerator* dilakukan dengan cara alami, juga dengan menggunakan rumahan atau dengan cara buatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi transfer gas dalam multiple tray aerator adalah (Popel, 1974):

- Tipe, ukuran, pembirian jarak pada media yang sangat berpengaruh terhadap luas permukaan (A/V).
- Ketinggian menara yang berpengaruh terhadap waktu kontak pada interfase.
- Debit air dan udara yang dialirkan per m^2 luas, waktu, dan arah aliran air dan udara.

Menurut Popel (1974), tujuan konstruksi *multiple tray aerator* adalah untuk menciptakan pembaruan (*renewal*) area interfase antara fase air dengan gas sesering mungkin agar:

a. Menghasilkan area permukaan yang luas dan frekuensi pembaruan permukaan.

b. Memungkinkan terjadinya pertukaran yang intensif pada fase gas. Oleh karena itu *multiple tray aerator* biasanya digunakan untuk desorpsi gas-gas dengan kelarutan yang rendah dari dalam air.

Aerator jenis ini pada umumnya digunakan untuk transfer gas, yang biasanya digunakan untuk menyisihkan karbondioksida, penyisihan hidrogen sulfida, dan penambahan oksigen untuk penyisihan besi dan mangan. Beberapa digunakan untuk menyisihkan VOCs. Efisiensi transfer gas berkisar antara 50-80% (Faust dan Aly, 1989).

Perhitungan transfer massa pada aerator ini tidak ada. Hal ini disebabkan karena tidak adanya pengaturan perbandingan antara air dan udara. Perencanaan aerator ini lebih didasarkan pada pengalaman (Faust dan Aly, 1989).

Perencanaan multiple tray aerator dapat dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus berikut (AWWA, 1990):

Rumus perhitungan untuk merencanakan tray aerator adalah:

1. Jumlah tray yang dibutuhkan (n)

$$Cn = Cs-((Cs-Cn)xe^{-Klaxt}) \quad \text{.....(2.1)}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana : t = waktu kontak (det)

H = jarak antar tray (m)
G = percepatan gravitasi (m/det^2)
Cn = konsentrasi oksigen pada tray ke-n (mg/L)
K_{La} = koefisien transfer gas (det^{-1})
(Sumber: AWWA, 1990)

2. Luas lubang total tiap tray

$$A = \text{Luas} \times Q \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana: Q = debit (m^3/det)
A = luas lubang total (m^2)
Luas = 50-160 m^2/m^3/det

3. Jumlah lubang tiap tray

* Jumlah lubang

$$\frac{\text{Luas lubang total (AL)}}{\text{Luas tiap lubang}} \quad \text{.....(2.4)}$$

* Jumlah lubang pada sisi lebar tray (n_B)

$$n_B = \sqrt{\frac{\text{Jumlah lubang total}}{2}} \quad \text{.....(2.5)}$$

* Jumlah lubang pada sisi lebar tray (n_L)

$$n_L = \sqrt{\frac{\text{Jumlah lubang total}}{n_B}} \quad \text{.....(2.6)}$$

4. Dimensi luas tiap tray

*Panjang (L_t)

$$(n_L * d) + ((n_L+1)*x) \quad \text{.....(2.7)}$$

*Lebar (Bt)

$$(n_B * d)+((n_B+1)*x) \quad \text{.....(2.8)}$$

*Luas tray (A)

$$P \times L \quad \text{.....(2.9)}$$

Dimana x adalah jarak antar lubang

2.6 Definisi Koefisien Tranfer Gas (K_{La})

K_{La} merupakan koefisien transfer gas secara keseluruhan dan memiliki satuan per watu (time $^{-1}$). Nilai K_{La} dapat ditentukan dalam skala percobaan dengan melakukan integrasi terhadap persamaan :

$$\frac{dc}{dt} = -K_{La}(C_s - C) \quad \text{.....(2.10)}$$

Dimana :

K_{La} = Koefisien transfer gas, jam^{-1}

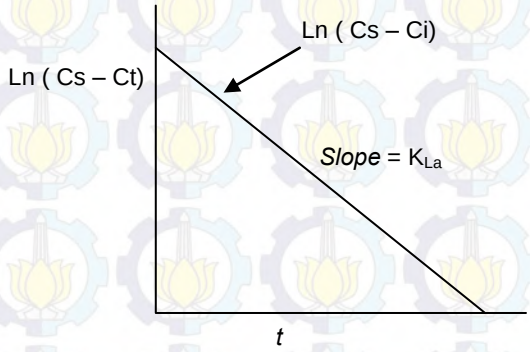
C_s = Konsentrasi gas jenuh, mg/l

C = Konsentrasi gas di cairan, mg/l

Dari persamaan 2.1 diatas maka diperoleh persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$Ln(Cs - Ct) = Ln (Cs - Ci) - K_{La}.t \quad .....(2.11)$$

Dari data percobaan dengan konsentrasi awal oksigen Cs dan konsentrasi oksigen dalam interval waktu percobaan C, kemudian dapat di *plot* ke dalam grafik ln (Cs –C) *Vs time* (t), maka diperoleh garis lurus dengan besarnya sudut arah (*slope*) adalah K_{La} (Benefield, 1980). Untuk lebih jelasnya hubungan antara Ln (Cs-C) terhadap waktu, untuk mendapakan nilai koefisien transfer gas ($K_{La)}$ dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Hubungan Ln (Cs – Ct) Terhadap *t*

2.7 Hubungan Aerasi dan Koefisien Transfer Gas (K_{La})

Dalam proses aerasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perpindahan oksigen, diantaranya sebagai berikut (Benefield, 1980):

1. Suhu

Koefisien transfer gas (K_{La}) meningkat seiring dengan kenaikan suhu, karena suhu dalam air akan mempengaruhi

tingkat difusi, tegangan permukaan dan kekentalan air. Kemampuan difusi oksigen meningkat dengan peningkatan suhu, sedang tegangan permukaan dan kekentalan menurun seiring dengan kenaikan suhu.

2. Kejenuhan oksigen

Konsentrasi jenuh oksigen (Cs) dalam air tergantung pada suhu dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air. Secara teoritis konsentrasi oksigen terlarut dalam air pada tekanan 760 mmHg dapat diketahui melalui Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Konsentrasi Oksigen Terlarut Jenuh Pada Tekanan 760 mmHg

No	Suhu (^oC)	DO (mg/L)
1	23	8,68
2	24	8,53
3	25	8,38
4	26	8,22
5	27	8,07
6	28	7,92
7	29	7,77
8	30	7,63

Sumber : Benefield, 1980

Dan nilai Cs pada tekanan barometrik dapat ditentukan persamaan berikut (Benefield, 1980):

$$Cs = (Cs)_{760} \quad \frac{P - \overline{P}}{760 - \overline{P}} \qquad \text{.....(2.12)}$$

P menyatakan tekanan barometrik dalam mmHg dan menyatakan tekanan jenuh uap air pada suhu air yang diaerasi. Tekanan jenuh uap air pada suhu air yang diaerasi. Tekanan jenuh uap air pada berbagai suhu ditampilkan selengkapnya pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Tekanan Uap Air yang Berkontak Dengan Udara

No	Suhu(^oC)	Tekanan Uap Jenuh (mmHg)
1	0	4,5
2	5	6,5
3	10	9,2
4	15	12,8
5	20	17,5
6	25	23,8
7	30	31,8

Sumber : Benefield L.D dan Randall, 1980

3. Karakteristik Air

Dalam praktik ada perbedaan nilai K_{La} untuk air bersih dengan K_{La} untuk air limbah yang mengandung materi tersuspensi, surfaktan (detergen) dalam larutan dan perbedaan temperatur. Faktor-faktor ini juga mempengaruhi nilai Cs.

4. Turbulensi air

Turbulensi akan menurunkan derajat tahanan *liquid – film*, laju perpindahan massa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat pada defisit oksigen tetap terjaga konstan, serta akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen (K_{La}).

2.8 Definisi Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang tidak berbahaya yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air (Alaerts dan Santika, 1984).

Besi biasanya ada di dalam tanah maupun perairan dalam dua bentuk, yaitu sebagai Fe^{2+} (*ferro*) yang terlarut dan sebagai Fe^{3+} (*ferri*) yang tidak terlarut. Di dalam tanah biasanya ada dalam bentuk besi oksida ($Fe(OH)_3$) yang tidak larut dan sebagai besi sulfida (*pyrit*), sedangkan bentuk yang lebih mudah terlarut adalah pada kedudukan oksidasinya yang rendah yaitu

Fe(II) (Droste, 1997 dalam Puspitasari, S.T 2006). Pada sumur dalam, dimana kandungan oksigennya rendah, air yang mengandung besi terlarut akan tampak jernih, namun apabila telah terjadi kontak dengan udara, besi tersebut akan teroksidasi dan berubah menjadi berwarna dan dalam bentuk padat. Hal ini disebabkan ketika Fe^{2+} kontak dengan udara maka Fe^{2+} akan bereaksi dengan oksigen di udara sehingga teroksidasi menjadi Fe^{3+} yang berwujud padat. Fe^{3+} ini kemudian diendapkan dan disaring dalam unit sedimentasi dan filtrasi. Oksidasi dari besi yang terlarut dalam air menyebabkan perubahan warna besi menjadi putih, lalu menjadi kuning dan akhirnya menjadi partikel yang berwarna merah kecoklatan yang mengendap dalam air (Varner dkk, 1996 dalam Puspitasari, S.T 2006).

2.9 Metode Untuk Menurunkan Besi (Fe)

Menurut Breland dan Robinson dalam AWWA (1967), bahwa proses yang banyak digunakan untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air adalah:

1. Oksidasi dengan oksigen, klor, atau potassium permanganat yang diikuti dengan sedimentasi dan filtrasi. Pada prinsipnya oksidasi, yaitu proses penurunan kadar besi (Fe) dilakukan melalui presipitasi $Fe(OH)_3$. $Fe(OH)_3$ terbentuk akibat oksidasi terhadap ion-ion Fe^{2+} sehingga dapat diendapkan, sesuai dengan reaksi berikut :

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$$

Fungsi oksigen pada reaksi di atas terutama untuk menaikkan angka valensi ion Fe^{2+} menjadi Fe^{3+}. Selain itu proses oksidasi dapat menggunakan bahan kimia sebagai oksidator. Proses aerasi dilakukan dengan mengkontakkan udara yang mengandung oksigen agar kadar oksigen terlarut naik sehingga ion Fe^{2+} dapat menjadi ion Fe^{3+}. pH berperan penting pada kelarutan ion-ion besi (Fe), pada pH rendah sekitar 3 sampai 4 ion Fe^{3+} cukup terlarut dan sulit diendapkan, sedangkan pada pH tinggi diatas 7,5 ion Fe^{3+} berada pada bentuk zat padat yang mudah diendapkan.

Secara teoritis, 1 mg/L oksigen mengoksidasi 7 mg/L Fe^{2+} atau 1 mg/L Fe^{2+} memerlukan 0,14 mg/L oksigen untuk mengoksidasi besi. Oksidasi besi dapat berjalan dengan baik pada pH 7,5-8 dalam waktu 15 menit.

2. *Ion Exchange,* yaitu proses pemisahan ion dengan menggunakan media pemisah. Proses *ion exchange* hanya dapat dilakukan pada air berkadar besi (Fe) kurang dari 0,5 mg/L. Hal ini disebabkan apabila kadar besi (Fe) tinggi maka keaktifan media pemisah cepat menurun sebagai akibat tertutupnya permukaan media pemisah dengan ion-ion besi (Fe).

3. Stabilisasi, bertujuan untuk mengikat ion-ion besi (Fe) menjadi ion-ion kompleks yang terdispersi pada air. Proses stabilisasi dilakukan pada air berkadar besi (Fe) tidak lebih dari 1 mg/L.

2.10 Potensi Penggunaan Aerasi di Dalam Sistem Pengolahan Air Minum

Didalam proses pengolahan air minum, unit aerasi biasanya terletak sebelum unit sedimentasi dan filtrasi. Terutama untuk pengolahan air dengan air baku yang berasal dari air tanah. Hal ini dikarenakan air tanah biasanya mengandung senyawa organik dalam konsentrasi yang cukup rendah, namun konsentrasi gas-gas terlarut yang cukup tinggi serta besi dan mangan sehingga perlu untuk disisihkan dari dalam air. Aerasi sangatlah efektif digunakan untuk menyisihkan gas-gas terlarut dengan proses *gas stripping* dimana gas-gas ini kemudian akan lepas ke udara. Aerasi juga sering digunakan untuk mengoksidasi besi dan mangan yang terlarut didalam air. Proses oksidasi ini akan merubah besi terlarut (Fe^{2+}) menjadi besi yang tidak terlarut (Fe^{3+}). Endapan besi ini kemudian diendapkan dalam unit sedimentasi dan disaring dalam unit filtrasi. Oleh karena itu proses aerasi biasanya dilakukan sebelum unit sedimentasi dan filtrasi.

Selain terletak sebelum unit sedimentasi dan filtrasi, aerasi dapat juga dilakukan pada reservoir yang merupakan tempat penampungan air yang telah diolah sebelum didistribusikan kepada konsumen. Untuk aerasi pada reservoir ini biasanya digunakan aerator udara terdifusi dimana udara diinjeksikan ke dalam air. Digunakan aerator udara terdifusi karena aerator ini mampu menghemat biaya yang dikeluarkan untuk konstruksi bangunan aerasi.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terkait dengan proses aerasi untuk transfer oksigen adalah :

1. Penelitian Al-Ahmady (2006) menggunakan *diffuser aerator*. Hasil penelitian bahwa kedalamam air dan luas area permukaan pada diffuser berpengaruh signifikan. Nilai kapasitas transfer oksigen (OC) dan efisiensi (E) berada dalam rentang dari 18-170 gr/m^3 dan 2-17 gr/m^3.

2. Penelitian Abuzar (2012) menggunakan *tray aerator*. Hasil penelitian memiliki hasil bahwasannya nilai K_{La} tertinggi diperoleh pada *tray aerator* bertingkat lima yaitu 0,045/menit dan pada penelitian dengan *tray aerator* satu tingkat yaitu 0,040/menit. Hasil tersebut menandakan bahwa jumlah tray mempengaruhi besarnya transfer oksigen pada proses aerasi.

3. Penelitian Putra F.Y (2011) menggunakan *tray aerator.* Pada tray aerator satu tingkat diperoleh lubang tray optimum sebesar 9 mm dari variasi diameter lubang tray 9 mm, 10 mm, 11 mm, 12 mm, dan 13 mm. Nilai KLa untuk variasi konsentrasi 1 mg/l, 3 mg/l, 5 mg/l, 7 mg/l dan 10 mg/l berkisar antara 0,037/menit hingga 0,807/menit.

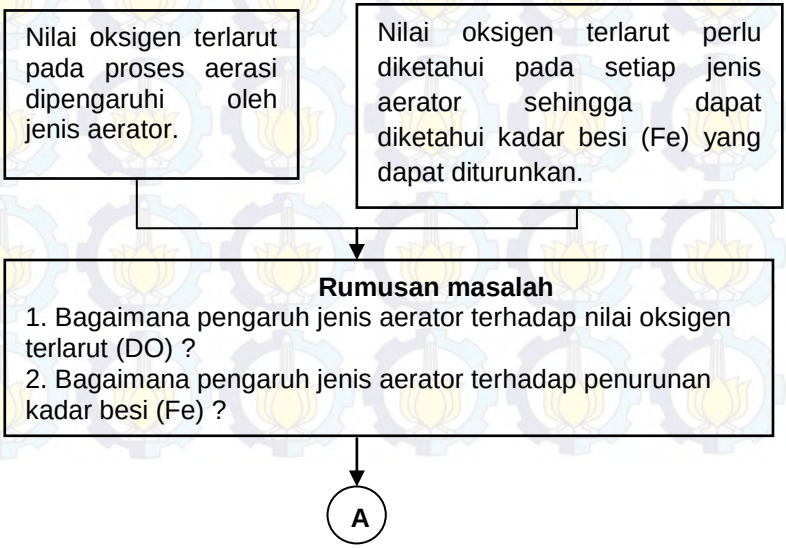
BAB 3
METODA PENELITIAN

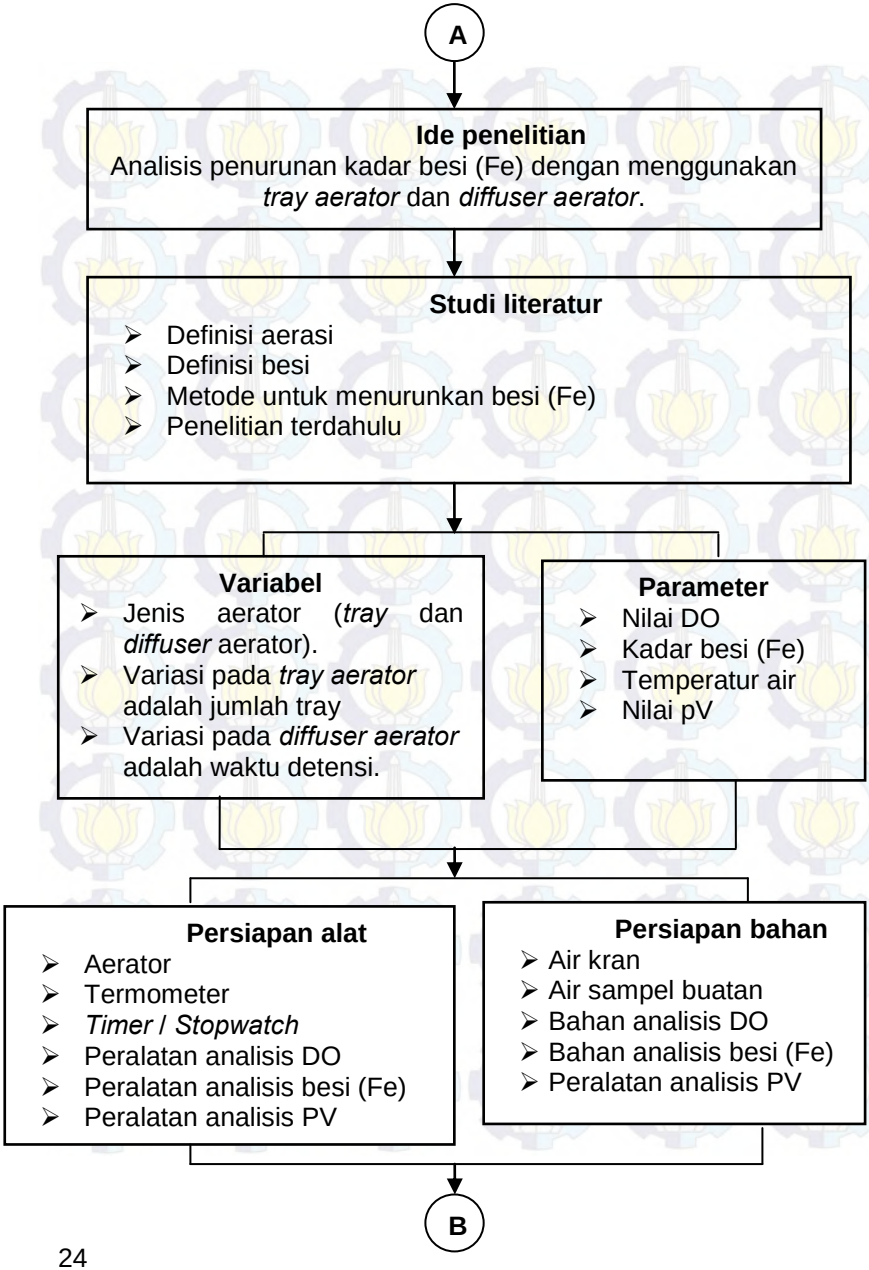
3.1 Umum

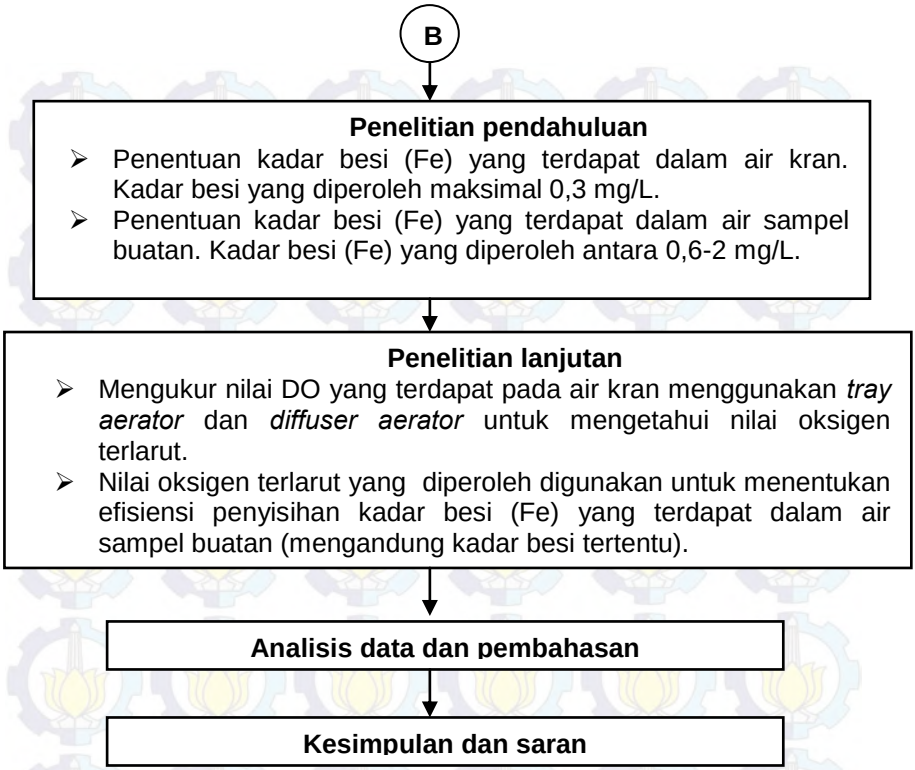
Metode penelitian ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Penelitian ini menggunakan dua jenis aerator yaitu, *tray aerator* dan *diffuser aerator* untuk menentukan peningkatan nilai oksigen terlarut yang dapat dihasilkan . Setelah peningkatan nilai oksigen terlarut pada setiap aerator tersebut diketahui, maka dapat digunakan untuk menentukan penurunan kadar besi (Fe) yang terdapat dalam air sampel. Variasi yang dilakukan pada *tray aerator* adalah perbedaan jumlah tray, sedangkan pada *diffuser aerator* adalah perbedaan waktu detensi. Dengan adanya variasi tersebut, maka akan diketahui peningkatan nilai oksigen terlarut yang paling besar yang dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam air sampel.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini sebagai gambaran awal tahapan penelitian untuk memudahkan dalam penelitian dan penulisan laporan. Kerangka penelitian diuraikan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.




A
Ide penelitian
Analisis penurunan kadar besi (Fe) dengan menggunakan *tray aerator* dan *diffuser aerator*.
Studi literatur
Definisi aerasi
Definisi besi
Metode untuk menurunkan besi (Fe)
Penelitian terdahulu
Variabel
Jenis aerator (*tray* dan *diffuser* aerator).
Variasi pada *tray aerator* adalah jumlah tray
Variasi pada *diffuser aerator* adalah waktu detensi.
Parameter
Nilai DO
Kadar besi (Fe)
Temperatur air
Nilai pV
Persiapan alat
Aerator
Termometer
Timer / *Stopwatch*
Peralatan analisis DO
Peralatan analisis besi (Fe)
Peralatan analisis PV
Persiapan bahan
Air kran
Air sampel buatan
Bahan analisis DO
Bahan analisis besi (Fe)
Peralatan analisis PV
B



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini membutuhkan waktu sekitar 6-8 minggu dimulai dari pembuatan reaktor, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, hingga analisis dan pembahasan data. Kemudian tempat penelitian yang digunakan adalah di teknik lingkungan ITS untuk penentuan nilai oksigen terlarut dan perhitungan efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) . Selain itu juga digunakan *workshop* sebagai tempat penyimpanan barang-barang dan laboratorium pemulihan air jurusan teknik lingkungan ITS Surabaya sebagai tempat untuk melakukan analisis parameter uji.

3.4 Langkah Penelitian

Langkah penelitian ini menjelaskan mengenai tahapan atau urutan kerja yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Langkah penelitian ini bersifat sistematis sehingga urutan kerja dalam penelitian dapat dipahami dengan baik. Tujuan dari pembuatan tahapan penelitian ini adalah untuk memudahkan pemahaman dan menjelaskan melalui deskripsi tiap tahapan sehingga pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik dan benar. Berikut merupakan langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian yaitu:

1. Ide penelitian

Ide penelitian ini adalah analisis penurunan kadar besi (Fe) dengan menggunakan *tray aerator* dan *diffuser aerator*. Ide penelitian tersebut didapatkan sebagai upaya untuk menurunkan kadar besi (Fe) yang terdapat dalam pengolahan air minum dengan mengetahui jenis aerator yang menghasilkan nilai oksigen terlarut paling besar. Sehubungan dengan hal tersebut maka diperlukan penelitian dengan menggunakan dua jenis aerator yang berbeda yaitu, *tray aerator* dan *diffuser aerator.*

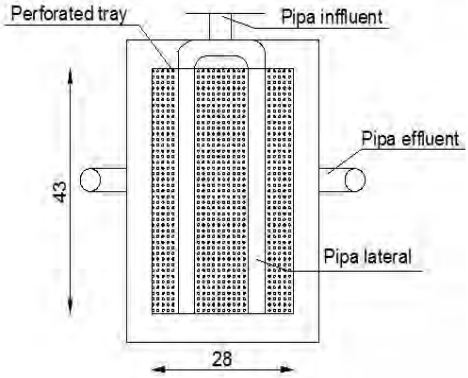
2. Studi literatur

Dalam studi literatur ini bertujuan untuk membantu dan mendukung ide studi serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang akan diteliti. Literatur juga harus mendapat *feedback* dari analisa data dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal internasional dan jurnal Indonesia,peraturan,*text book*, serta tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian.

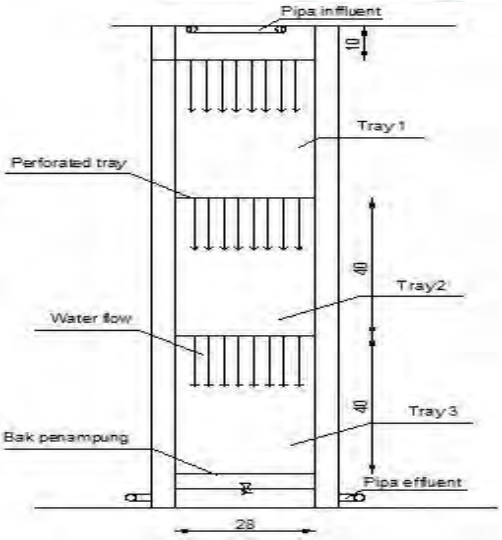
3. Variabel dan parameter

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis aerator yaitu *tray aerator* dan *diffuser aerator*. Dimensi tray yang digunakan adalah 43 cm x 28 cm x 14 cm, sedangkan pada *diffuser aerator* adalah 70 cm x 70 cm x 80 cm (perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran).

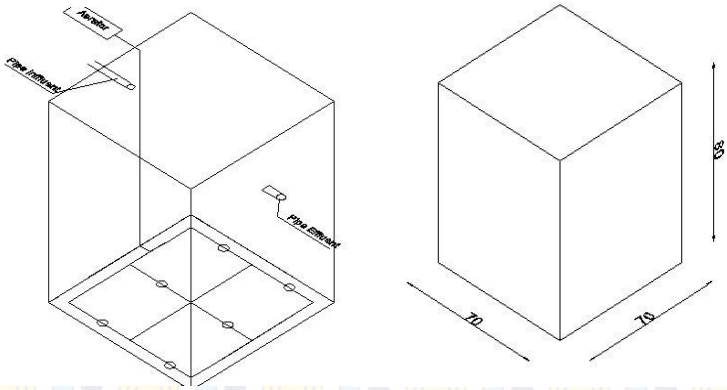
Untuk lebih jelasnya, berikut adalah Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 untuk denah dan tampak depan *tray aerator*. Kemudian Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 untuk denah dan tiga dimensi gambar *diffuser aerator*.



Gambar 3.2 Denah *Tray Aerator*

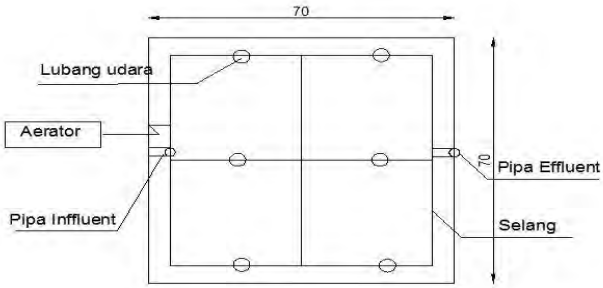


Gambar 3.3 Tampak Depan *Tray Aerator*



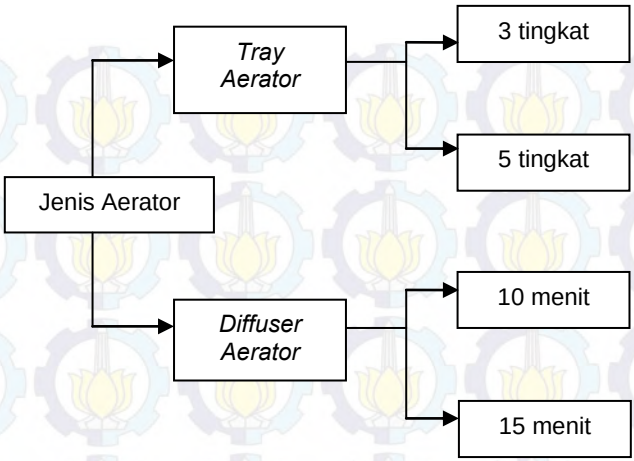
(a) **(b)**

Gambar 3.4 (a) Tiga Dimensi *Diffuser Aerator* **(b)** Dimensi *Diffuser Aerator*



Gambar 3.5 Denah *Diffuser Aerator*

Kemudian pada *tray aerator* yang divariasikan adalah jumlah tray. Untuk *diffuser aerator* yang divariasikan adalah waktu detensi. Berikut adalah Gambar 3.6 untuk skema variasi lebih jelasnya dan Tabel 3.1 untuk tabel variasi penelitiannya.



Gambar 3.6 Variasi Penelitian

Tabel 3.1 Tabel Percobaan Nilai K_{La} Dengan Pengukuran DO

Jenis Aerator	**Menit Ke-**					
	0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
Tray aerator 3 tingkat						
Tray aerator 5 tingkat						
Diffuser aerator td 12 menit						
Diffuser aerator td 18 menit						

Tabel percobaan 3.1 digunakan untuk mengetahui nilai oksigen terlarut yang dihasilkjan dari masing-masing jenis aerator. Kemudian dari Tabel percobaan 3.1 akan didapatkan nilai oksigen terlarut yang paling besar dari masing-masing jenis aerator. Nilai oksigen terlarut yang paling besar dari masing-masing jenis aerator akan digunakan untuk menghitung efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) yang terdapat dalam air sampel buatan. Berikut adalah Tabel 3.2 untuk tabel percobaan dengan kadar besi (Fe).

Tabel 3.2 Tabel Percobaan Penyisihan Kadar Besi (Fe)

Jenis Aerator	Menit Ke-		
	0	2	4
Tray aerator			
Diffuser aerator			

Parameter uji yang diukur adalah temperatur air, nilai DO, kadar besi (Fe) dan nilai pV yang terkandung dalam air tersebut. Parameter-parameter yang diukur tersebut merupakan bagian dari penelitian .

4. Persiapan alat dan bahan

Alat-alat yang dibutuhkan adalah rangkaian aerator, termometer, *timer*, peralatan analisis nilai DO, dan kadar besi (Fe). Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah air yang mengandung kadar besi buatan sebagai sampel dan bahan-bahan untuk analisis nilai DO, besi (Fe), dan nilai PV seperti larutan mangan sulfat, larutan pereaksi oksigen, indikator amilum, larutan natrium tiosulfat, dan lain sebagainya.

5. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah untuk mengetahui kadar besi (Fe) total yang terdapat dalam air kran dan air sumur. Analisis kadar besi dilakukan dengan cara mengambil sampel pada air kran dan air sumur, kemudian melakukan analisis terhadap kadar besi (Fe) total di laboratorium. Hasil kadar besi (Fe) yang diperoleh dari air kran memiliki nilai maksimal 0,3 mg/L dan kadar besi (Fe) yang diperoleh dari air sampel buatan memiliki rentang nilai antara 0,6-2 mg/L untuk mengetahui efisiensi penurunan yang dapat dilakukan oleh aerator.

6. Penelitian Lanjutan

Penelitian lanjutan dilakukan setelah kadar besi (Fe) yang terdapat dalam air kran dan air buatan

diketahui. Jika air kran dan air sampel buatan telah memenuhi kriteria kadar besi (Fe) yang diinginkan, maka penelitian dapat dilanjutkan. Jika kadar besi yang dilarutkan bernilai besar, maka dapat dilakukan pengenceran, dan sebaliknya. Selanjutnya percobaan pertama yaitu menggunakan air kran sebagai sampel untuk menghitung nilai oksigen terlarut yang dapat dihasilkan pada setiap jenis aerator dengan pengukuran nilai DO. Setelah didapatkan nilai oksigen terlarut untuk setiap jenis aerator dengan variasi waktu detensi pada Tabel 3.1, dipilih pada setiap jenis aerator dengan waktu detensi yang menghasilkan nilai oksigen terlarut paling besar. Kemudian setelah dipilih, maka dilanjutkan dengan percobaan kedua menggunakan air sampel buatan (dengan kadar besi tertentu) sebagai sampel untuk mengetahui efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) sesuai dengan Tabel 3.2.

7. Analisis Data dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data, perlu dilakukan analisis data dan pembahasan. Dalam melakukan analisis data dan pembahasan diperlukan literatur yang akurat untuk mendukung hasil penelitian, sehingga dalam membuat pembahasan dapat dipertanggungjawabkan dengan baik. Dalam pembahasan dilakukan penjabaran secara detail dan rinci serta menjawab rumusan masalah yang ada. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel agar memudahkan pemahaman.

8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data penelitian serta pembahasan. Dalam kesimpulan, bagian tersebut harus menjawab rumusan masalah dan sebanding dengan tujuan yang diharapkan dalam penelitian. Kesimpulan merupakan point-point yang dapat dibuat secara ringkas dari pembahasan yang dibuat. Saran juga diperlukan untuk menyempurnakan penelitian yang dilakukan saat ini dengan membuat rekomendasi apabila dilakukan penelitian yang sejenis dengan

penelitian saat ini. Pada umumnya, kesimpulan yang dibuat bersifat sementara.

BAB 4
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Kran

Air sampel yang digunakan pada penelitian awal ini adalah air kran. Air kran digunakan untuk mengetahui nilai oksigen terlarut yang dapat dihasilkan dari *tray aerator* dan *diffuser aerator*. Air kran digunakan karena memiliki kadar besi yang rendah (memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah). Berikut adalah Tabel 4.1 mengenai hasil uji parameter pada air kran dan air sampel buatan.

Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Air Kran

Jenis Air	Parameter	
	Kadar Fe (mg/l)	Kadar DO (mg/l)
Air Kran	0,15	3,48

Berdasarkan hasil uji parameter diatas, maka sampel air kran (air PDAM) dapat digunakan untuk penelitian ini.

4.2 Data Hasil Uji Parameter Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator* Untuk Nilai Oksigen Terlarut

Penelitian pertama dilakukan dengan menggunakan air kran (air PDAM) untuk mengetahui nilai DO setelah dilakukan proses aerasi. Pada Tabel 4.1 telah diketahui bahwasannya nilai oksigen terlarut yang dihasilkan adalah 3,48 mg/L sebelum dilakukannya proses aerasi. Selain mengukur nilai DO, diukur juga temperatur air dengan menggunakan termometer. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui sejauh mana hubungan temperatur air dengan nilai oksigen terlarut yang dihasilkan oleh masing-masing aerator. Nilai DO yang diukur adalah pada outlet masing-masing aerator. Untuk *tray aerator* dilakukan variasi tingkat *tray* yaitu tiga tingkat dan lima tingkat. Kemudian untuk *diffuser aerator* dilakukan variasi terhadap waktu detensi, yaitu 12 menit dan 18 menit. Dari hasil penelitian tersebut akan didapatkan nilai oksigen terlarut dari masing-masing aerator, yang akan digunakan untuk penyisihan kadar besi (Fe) pada air sampel buatan untuk mengetahui efisiensinya.

4.2.1 Data Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 3 Tingkat

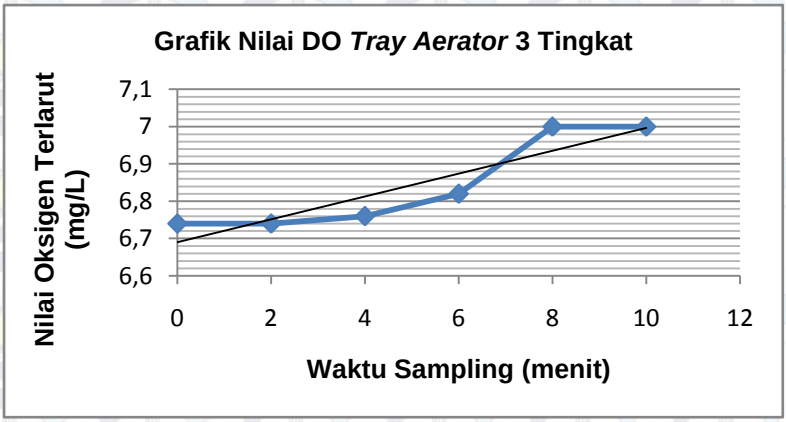
Pada penelitian pertama ini akan dilakukan pada *tray aerator* dengan 3 tingkat. *Tray aerator* ini dibuat dengan menggunakan bak plastik yang memiliki lubang dan desain kriteria yang telah dihitung sebelumnya (dapat dilihat pada lampiran) dan penyangga berupa kayu. *Tray aerator* yang digunakan memiliki jarak 40 cm antar tray (gambar dapat dilihat di lampiran). Waktu penelitian untuk *tray aerator* 3 tingkat ini adalah pada tanggal 14 Oktober 2014, dengan rentang waktu jam 8-9 pagi. Parameter yang diukur adalah suhu (temperatur air), dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Untuk pengukuran nilai suhu menggunakan termometer yang dipasang di dekat outlet. Selanjutnya untuk mengukur konsentrasi DO dilakukan dengan metode titrasi winkler. Waktu penelitian adalah 10 menit dengan pengambilan sampel setiap 2 menit satu kali pada pipa outlet. Perhitungan waktu sampling dimulai pada saat air keluar pertama kali pada outlet dan kemudian dihitung selama 10 menit. Berikut adalah Tabel 4.2 mengenai hasil uji ketiga parameter tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 3 Tingkat

Jenis Aerator	Menit Ke-	Suhu (^oC)	Konsentrasi DO (mg/l)
Tray aerator	0	28	6,74
	2	28	6,74
	4	28	6,76
	6	28	6,82
	8	27	7,00
	10	27	7,00

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk suhu mengalami penurunan mulai dari 28^{o}C sampai 27^{o}C. Kemudian untuk nilai DO yang dihasilkan mengalami peningkatan dari 6,74 mg/L hingga 7,00 mg/L pada menit ke-10. Namun selama penelitian berlangsung, juga ada yang memiliki nilai DO tetap yaitu pada menit ke-2, 6,74 mg/L dan menit ke-10, 7,00 mg/L. Sebelum

proses aerasi, nilai DO air kran adalah 3,48 mg/L. Berikut adalah Gambar 4.1 mengenai data oksigen terlarut yang dihasilkan.



Gambar 4.1 Grafik Nilai DO *Tray Aerator* 3 Tingkat

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas, dapat dikatakan nilai DO pada air kran meningkat setelah mengalami proses aerasi dan dari Tabel 4.2 dapat diketahui nilai oksigen terlarut rata-ratanya adalah sebesar 6,84 mg/L.

4.2.2 Data Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 5 Tingkat

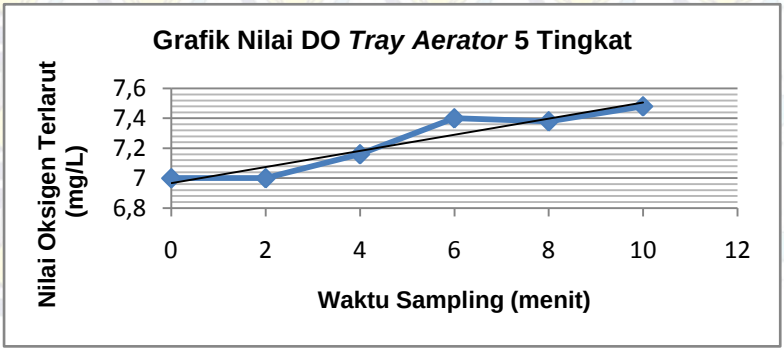
Pada penelitian pertama ini akan dilakukan pada *tray aerator* dengan 5 tingkat. *Tray aerator* ini dibuat dengan menggunakan bak plastik yang memiliki lubang dan desain kriteria yang telah dihitung sebelumnya (dapat dilihat pada lampiran) dan penyangga berupa kayu. *Tray aerator* yang digunakan memiliki jarak 40 cm antar tray (gambar dapat dilihat di lampiran). Waktu penelitian untuk *tray aerator* 5 tingkat ini adalah pada tanggal 14 Oktober 2014, dengan rentang waktu jam 8-9 pagi. Parameter yang diukur adalah suhu (temperatur air), dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Untuk pengukuran nilai suhu menggunakan termometer yang dipasang di dekat outlet. Selanjutnya untuk mengukur konsentrasi DO dilakukan dengan metode titrasi winkler. Waktu penelitian adalah 10 menit dengan pengambilan

sampel setiap 2 menit satu kali pada pipa outlet. Berikut adalah Tabel 4.3 mengenai hasil uji ketiga parameter tersebut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Parameter *Tray Aerator* 5 Tingkat

Jenis Aerator	Menit Ke-	Suhu (^{o}C)	Konsentrasi DO (mg/l)
Tray aerator	0	27	7,00
	2	27	7,00
	4	28	7,16
	6	28	7,40
	8	28	7,38
	10	28	7,48

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa untuk suhu mengalami peningkatan mulai dari 27^{o}C sampai 28^{o}C. Kemudian untuk nilai DO yang dihasilkan mengalami peningkatan dari 7,00 mg/L hingga 7,48 mg/L. Namun selama penelitian berlangsung, juga ada yang memiliki nilai DO tetap yaitu pada menit ke-2, 7,00 mg/L. Pada menit ke-4 menuju menit ke-6 mengalami kenaikan DO yang cukup signifikan sebanyak 0,24 mg/L .Selain nilai DO tetap pada menit ke-2, juga ada yg mengalami penurunan, dari menit ke-6 ke menit ke-8 sebanyak 0,02 mg/L.Sebelum proses aerasi, nilai DO air kran adalah 3,48 mg/L. Berikut adalah Gambar 4.2 mengenai data oksigen terlarut yang dihasilkan.



Gambar 4.2 Grafik Nilai DO *Tray Aerator* 5 Tingkat

Sehingga dapat dikatakan nilai DO pada air kran meningkat setelah mengalami proses aerasi. Dari Tabel 4.2 dapat diketahui nilai oksigen terlarut rata-ratanya adalah sebesar 7,24 mg/L.

4.2.3 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Tray aerator* 3 Tingkat dengan *Tray Aerator* 5 tingkat

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka didapatkan bahwa nilai rata-rata oksigen terlarut untuk *tray aerator* 3 tingkat adalah 6,84 mg/L, sedangkan nilai rata-rata oksigen terlarut untuk *tray aerator* 5 tingkat adalah 7,24 mg/L. Dengan demikian nilai rata-rata oksigen terlarut *tray aerator* 5 tingkat lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata oksigen terlarut *tray aerator* 3 tingkat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Benefield (1980) bahwa turbulensi akan menurunkan derajat tahanan *liquid – film*, laju perpindahan massa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat pada defisit oksigen tetap terjaga konstan, serta akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen.

Pada *tray aerator* 5 tingkat, memiliki turbulensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *tray aerator* 3 tingkat. Hal tersebut terjadi karena proses aerasi berjalan lebih lama, sehingga turbulensi juga semakin tinggi. Turbulensi adalah gerak bergolak tidak teratur yang merupakan ciri gerak zat alir.

Selain itu menurut Popel (1974), efisiensi transfer gas dipengaruhi oleh ketinggian menara yang berpengaruh terhadap waktu kontak pada interfase. *Tray aerator* 5 tingkat memiliki tinggi menara yang lebih tinggi dibandingkan dengan *tray aerator* 3 tingkat, sehingga waktu kontak pada interfase *tray aerator* 5 tingkat lebih lama dibandingkan dengan *tray aerator* 3 tingkat. Tinggi menara *tray aerator* 5 tingkat adalah 200 cm atau 2 m, sedangkan tinggi menara *tray aerator* 3 tingkat adalah 120 cm atau 1,2 m. Dengan perbedaan ketinggian tersebut, maka mengakibatkan waktu kontak yang dihasilkan dari kedua variasi *tray aerator* tersebut berbeda.

Berdasarkan persamaan 2.2, maka Untuk *tray aerator* 5 tingkat memiliki waktu kontak sebesar 1,45 detik, sedangkan *tray aerator* 3 tingkat sebesar 0,87 detik. Perbedaan waktu kontak ini mengakibatkan waktu kontak udara dengan air lebih lama terjadi

pada *tray aerator* 5 tingkat sehingga nilai rata-rata oksigen terlarutnya besar dibandingkan *tray aerator* 3 tingkat.

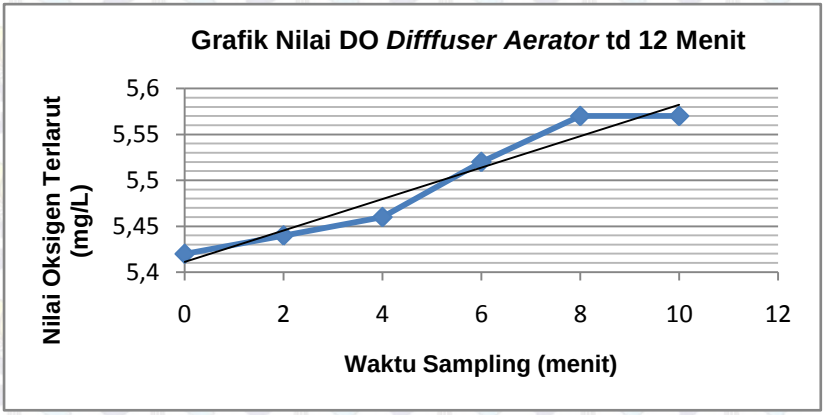
4.2.4 Data Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 12 Menit

Pada penelitian ketiga ini akan dilakukan pada *diffuser aerator* dengan td 12 menit. *Diffuser aerator* ini dibuat dengan menggunakan bahan kaca yang memiliki dimensi panjang, lebar, dan tingginya adalah 70 cm x 70 cm x 80 cm. Dimensi tersebut telah sesuai dengan kriteria desain. Kemudian didalam bak *diffuser aerator* dipasang *fine bubble diffuser* sebagai tempat keluarnya udara yang berasal dari aerator. *Fine bubble* tersebut kemudian dihubungkan dengan aerator menggunakan selang kecil. Aerator yang digunakan memiliki debit udara 3,5 L/menit. Waktu penelitian untuk *diffuser aerator* td 12 menit ini adalah pada tanggal 16 Oktober 2014, dengan rentang waktu jam 2-3 siang. Parameter yang diukur adalah suhu (temperatur air) dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Untuk pengukuran nilai suhu menggunakan termometer yang dipasang di dalam bak aerator. Selanjutnya untuk mengukur konsentrasi DO dilakukan dengan metode titrasi winkler. Waktu penelitian adalah 10 menit dengan pengambilan sampel setiap 2 menit satu kali pada pipa outlet. Perhitungan waktu sampling dimulai pada saat air keluar pertama kali pada outlet dan kemudian dihitung selama 10 menit. Berikut adalah Tabel 4.4 mengenai hasil uji ketiga parameter tersebut.

Tabel 4.4 Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 12 Menit

Jenis Aerator	Menit Ke-	Suhu (^oC)	Konsentrasi DO (mg/l)
Diffuser aerator	0	29	5,42
	2	29	5,44
	4	29	5,46
	6	29	5,52
	8	29	5,57
	10	29	5,57

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa untuk suhu tidak mengalami peningkatan atau penurunan. Suhu air tetap mulai dari menit ke-0 hingga menit ke-10, yaitu 29^{o}C. Kemudian untuk nilai DO yang dihasilkan mengalami peningkatan dari 5,42 mg/L hingga 5,57 mg/L pada menit ke-10. Namun selama penelitian berlangsung, juga ada yang memiliki nilai DO tetap yaitu pada menit ke-10, 5,57 mg/L. Peningkatan nilai DO setiap menit nya tidak terlalu mengalami perbedaan yang signifikan. Dari tabel 4.6 tersebut dapat dikatakan bahwa nilai DO pada air kran meningkat setelah mengalami proses aerasi. Berikut adalah Gambar 4.3 mengenai data oksigen terlarut yang dihasilkan.



Gambar 4.3 Grafik Nilai DO *Diffuser Aerator* td 12 Menit

Dari Gambar 4.3 diatas, dapat diketahui bahwa nilai oksigen terlarut yang dihasilkan mengalami kenaikan. Dari Tabel 4.4 dapat diketahui nilai oksigen terlarut rata-ratanya adalah sebesar 5,50 mg/L.

4.2.5 Data Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 18 Menit

Pada penelitian keempat ini akan dilakukan pada *diffuser aerator* dengan td 18 menit. *Diffuser aerator* ini dibuat dengan menggunakan bahan kaca yang memiliki dimensi panjang, lebar,

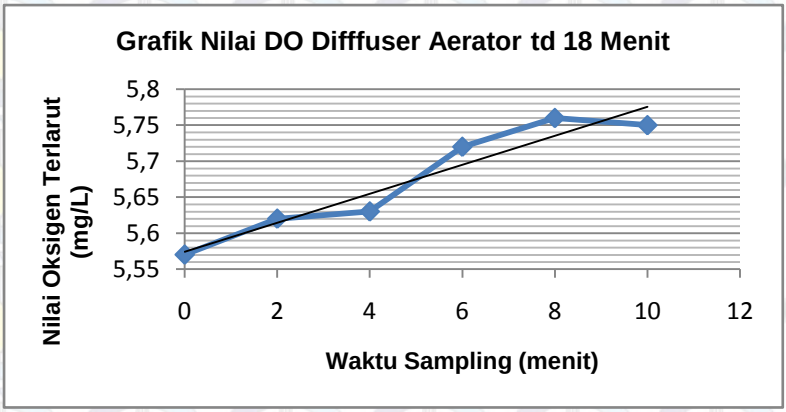
dan tingginya adalah 70 cm x 70 cm x 80cm. Dimensi tersebut telah sesuai dengan kriteria desain. Kemudian didalam bak *diffuser aerator* dipasang *fine bubble diffuser* sebagai tempat keluarnya udara yang berasal dari aerator. *Fine bubble* tersebut kemudian dihubungkan dengan aerator menggunakan selang kecil. Aerator yang digunakan memiliki debit udara 3,5 L/menit. Waktu penelitian untuk *diffuser aerator* td 18 menit ini adalah pada tanggal 16 Oktober 2014, dengan rentang waktu jam 2-3 siang.Parameter yang diukur adalah suhu (temperatur air) dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Untuk pengukuran nilai suhu menggunakan termometer yang dipasang di dalam bak aerator. Selanjutnya untuk mengukur konsentrasi DO dilakukan dengan metode titrasi winkler. Waktu penelitian adalah 10 menit dengan pengambilan sampel setiap 2 menit satu kali pada pipa outlet. Perhitungan waktu sampling dimulai pada saat air keluar pertama kali pada outlet dan kemudian dihitung selama 10 menit. Berikut adalah Tabel 4.5 mengenai hasil uji ketiga parameter tersebut.

Tabel 4.5 Hasil Uji Parameter *Diffuser Aerator* td 18 Menit

Jenis Aerator	Menit Ke-	Suhu (^{o}C)	Konsentrasi DO (mg/L)
Diffuser aerator	0	30	5,57
	2	30	5,62
	4	30	5,63
	6	30	5,72
	8	30	5,76
	10	30	5,75

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa untuk suhu tidak mengalami peningkatan atau penurunan. Suhu air tetap mulai dari menit ke-0 hingga menit ke-10, yaitu 30^{o}C. Kemudian untuk nilai DO yang dihasilkan mengalami peningkatan dari 5,57 mg/L hingga 5,75 mg/L pada menit ke-10. Namun selama penelitian berlangsung, juga ada yang mengalami penurunan nilai DO dari menit ke-8 ke menit ke-10, yaitu dari 5,76 mg/L ke 5,75 mg/L. Peningkatan nilai DO setiap menit nya tidak terlalu mengalami

perbedaan yang signifikan. Berikut adalah Gambar 4.4 mengenai data oksigen terlarut yang dihasilkan.



Gambar 4.4 Grafik Nilai DO *Diffuser Aerator* td 12 Menit

Dari Gambar 4.4 tersebut dapat dikatakan bahwa nilai DO pada air kran meningkat setelah mengalami proses aerasi. Dari Tabel 4.5 dapat diketahui nilai oksigen terlarut rata-ratanya adalah sebesar 5,68 mg/L.

4.2.6 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Diffuser Aerator* td 12 menit dengan *Diffuser Aerator* 18 menit

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka didapatkan bahwa nilai rata-rata oksigen terlarut untuk *diffuser aerator* td 12 menit adalah 5,50 mg/L, sedangkan nilai rata-rata oksigen untuk *diffuser aerator* td 18 menit adalah 5,68 mg/L. Dengan demikian nilai rata-rata oksigen terlarut *diffuser aerator* td 12 menit lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata oksigen terlarut *diffuser aerator* td 18 menit. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Benefield (1980) bahwa turbulensi akan menurunkan derajat tahanan *liquid – film*, laju perpindahan massa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat pada defisit oksigen tetap terjaga konstan, serta akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen (K_{La}).

Menurut Popel (1974) kecepatan transfer oksigen dengan menggunakan aerator udara terdifusi juga dipengaruhi oleh penggunaan *fine* atau *coarse bubbl*e aerator. Efisiensi yang dapat dicapai dengan *fine bubble* aerator adalah 8-12%, sedangkan untuk *coarse bubble* aerator adalah 4-8%.

Selain itu menurut Al-Ahmady (2006), dengan bertambahnya ketinggian air didalam suatu tangki, salah satu parameter seperti waktu berpengaruh. Pengaruh yang besar adalah jalan gelembung semakin panjang didalam tangki. Sejak kecepatan gelembung relatif konstan, secara umum bertambahnya ketinggian air akan meningkatkan waktu detensi gelembung didalam tangki, yang pada akhirnya akan meningkatkan waktu kontak antara air dan gelembung.

Hasil nilai rata-rata oksigen terlarut untuk *diffuser aerator* td 12 menit dan *diffuser aerator* td 18 menit tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan perbedaan ketinggian air antara keduanya tidak berbeda jauh, hanya selisih 15 cm. Walaupun waktu kontak antara keduanya cukup lama, tetapi karena ketinggian air tidak terlalu jauh berbeda maka nilai rata-rata oksigen terlarut yang dihasilkan tidak jauh berbeda.

4.2.7 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator*

Berdasarkan percobaan penelitian diatas, maka nilai rata-rata oksigen terlarut untuk setiap jenis aerator dapat diketahui. Adapun keempat hasil penelitian tersebut adalah jenis *tray aerator* 3 tingkat dan 5 tingkat serta jenis *diffuser aerator* dengan td 12 menit dan 18 menit. Untuk memudahkan proses analisis, berikut adalah perbandingan hasil nilai rata-rata oksigen terlarut pada setiap jenis aerator pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Nilai Rata-Rata Oksigen Terlarut (DO) Setiap Jenis Aerator

Jenis Aerator	Nilai Rata-Rata Oksigen Terlarut (mg/L)
Tray aerator 3 tingkat	6,84
Tray aerator 5 tingkat	7,24
Diffuser aerator td 12 menit	5,50
Diffuser aerator td 18 menit	5,68

Pada Tabel 4.6 diatas, dapat diketahui bahwa *tray aerator* memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut yang lebih besar dibandingkan dengan *diffuser aerator* .Ada beberapa alasan yang menyebabkan nilai rata-rata oksigen terlarut yang dihasilkan oleh *tray aerator* lebih besar dibandingkan dengan *diffuser aerator.* Alasan yang pertama adalah turbulensi yang dihasilkan pada *tray aerator* lebih besar dibandingkan *diffuser aerator*. Pada *tray aerator*, turbulensi antara air yang berkontak dengan udara lebih besar. Hal tersebut dikarenakan lubang-lubang air yang terdapat pada rak *tray aerator* berukuran sangat kecil (diameter 4 mm). Dengan adanya diameter kecil (ukuran 4 mm), maka akan memperbesar luas permukaan air yang berkontak dengan udara. Peningkatan nilai oksigen terlarut (DO) selama proses aerasi berlangsung menandakan terjadi proses transfer gas secara difusi selama aerasi, sesuai dengan pernyataan Benefield (1980) bahwa terjadi difusi antara udara dan air saat butiran air jatuh dari lubang-lubang tray. Untuk *diffuser aerator*, lubang udara yang digunakan untuk mentransfer gas ke air juga berukuran kecil (ukuran 2 mm). Lubang udara didesain dengan ukuran yang sangat kecil sehingga dapat menghasilkan luas permukaan yang besar antara gelembung udara yang dihasilkan dengan air yang terdapat didalam reaktor. Meskipun lubang udara pada jenis *diffuser aerator* berukuran kecil, hal tersebut tidak sebanding dengan lubang air yang dihasilkan oleh *tray aerator*. Kemudian alasan yang kedua adalah ketinggian dari *tray aerator* lebih besar dibandingkan dengan *diffuser aerator*. Hal tersebut dikarenakan beda ketinggian antara *tray aerator* 3 tingkat dengan 5 tingkat adalah 80 cm, sedangkan untuk *diffuser aerator* td 12 menit dengan td 18 menit hanya memiliki selisisih 15 cm (tidak terlalu signifikan dibandingkan *tray aerator*). Perbedaan ketinggian pada setiap jenis aerator berpengaruh terhadap turbulensi yang dihasilkan, karena semakin tinggi perbedaan selisih muka air, maka semakin tinggi juga turbulensi yang dihasilkan.

4.3 Perbandingan Hasil Nilai Oksigen Terlarut *Tray Aerator* 5 Tingkat dengan Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini akan dibandingkan hasil oksigen terlarut yang dihasilkan dengan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah Tabel 4.7 mengenai hasil

penelitian nilai oksigen terlarut (data diambil dari jurnal teknik lingkungan milik Suarni Saidi Abuzar).

Tabel 4.7 Data Konsentrasi Oksigen Terlarut *Tray Aerator* 5 Tingkat

No	Waktu (menit)	Konsentrasi DO (mg/L)
1	0	5,97
2	0,5	6,07
3	1	6,09
4	1,5	6,12
5	2	6,24
6	2,5	6,28
7	3	6,31
8	3,5	6,32
9	4	6,34

Berdasarkan data tersebut maka nilai rata-rata oksigen terlarut adalah 6,19 mg/L. Dengan jumlah tray yang sama yaitu 5 tingkat, pada penelitian ini mendapatkan nilai rata-rata oksigen terlarut adalah 7,24 mg/L. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hal-hal yang mempengaruhi nilai rata-rata oksigen terlarut tersebut adalah yang pertama mengenai jarak antar tray. Dalam jurnal disebutkan bahwasannya jarak antar tray adalah 25 cm, sedangkan pada penelitian ini jarak antar tray adalah 40 cm. Dengan adanya perbedaan jarak antar tray, maka terjadi perbedaan waktu kontak dan tingkat turbulensi. Semakin tinggi jarak antar tray, maka tingkat turbulensi juga aka semakin besar sehingga nilai rata-rata oksigen terlarut juga meningkat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Popel (1974) bahwa ketinggian menara yang berpengaruh terhadap waktu kontak pada interfase. Waktu kontak tray aerator pada penelitian ini adalah 1,45 detik, sedangkan waktu kontak tray aerator pada penelitian Abuzar (2012) adalah 1,12 detik.

4.4 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Tray Aerator* dan *Diffuser Aerator*

Pada perhitungan nilai rata-rata oksigen pada percobaan-percobaan sebelumnya, diperoleh bahwa untuk *tray aerator* 5 tingkat dan *diffuser aerator* td 18 menit memiliki nilai rata-rata oksigen yang paling tinggi. Oleh sebab itu, kedua jenis aerator tersebut digunakan untuk pengujian parameter selanjutnya yaitu dalam hal efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) yang terdapat didalam air.

4.4.1 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Tray Aerator* 5 Tingkat

Pada penelitian ini menggunakan *tray aerator* 5 tingkat untuk mengetahui efisiensi penyisihan besi yang dapat dilakukan. Sampel air yang digunakan adalah sampel air buatan dengan konsentrasi tertentu. Untuk proses sampling dilakukan di outlet selama 4 menit. Parameter yang diuji adalah nilai kadar besi (Fe) dan nilai permangat (PV) yang mengindikasikan adanya zat organik didalam sampel air (data hasil uji analisis dapat dilihat di lampiran). Berikut adalah Tabel 4.8 mengenai tabel penyisihan kadar besi (Fe) dan nilai permanganat selengkapnya.

Tabel 4.8 Data Hasil Penyisihan Kadar Besi (Fe) *Tray Aerator* 5 Tingkat

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Kadar Fe (mg/L)	Nilai PV (mg/L)
1	*Tray aerator* 5 tingkat	Awal	0,80	24,80
2		0	0,73	18,96
3		2	0,72	16,74
4		4	0,73	16,74

Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar besi (Fe) dan nilai PV (Permanganat Value) setelah dilakukan proses aerasi. Nilai PV merupakan representasi dari zat organik yang terdapat didalam air. Salah satu metode yang dilakukan untuk menyisihkan kadar zat organik yang terdapat didalam air adalah dengan proses aerasi. Sehingga pengukuran nilai PV dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan yang dapat dilakukan oleh setiap jenis aerator. Dapat diketahui bahwasannya, nilai PV semakin menurun seiring

dengan lama nya waktu aerasi dilakukan. Dimulai dari 24,80 mg/L hingga turun menjadi 16,74 mg/L. Selanjutnya untuk kadar besi (Fe) juga mengalami penurunan selama proses aerasi. Penurunan yang terjadi adalah dari 0,80 mg/L menjadi 0,73 mg/L pada menit ke-0; 0,72 mg/L pada menit ke-2, dan 0,73 mg/L pada menit ke-4. Dari data tersebut diambil rata-rata penurunannya adalah 0,72 mg/L. Sehingga efisiensi penyisihan removalnya adalah 10%.

4.4.2 Data Hasil Uji Penyisihan Kadar Besi (Fe) Pada *Diffuser Aerator* td 18 menit

Pada penelitian ini menggunakan *diffuser aerator* td 18 menit untuk mengetahui efisiensi penyisihan besi yang dapat dilakukan. Sampel air yang digunakan adalah sampel air buatan dengan konsentrasi tertentu. Untuk proses sampling dilakukan di outlet selama 4 menit. Parameter yang diuji adalah nilai kadar besi (Fe) dan nilai permangat (PV) yang mengindikasikan adanya zat organik didalam sampel air (data hasil uji analisis dapat dilihat di lampiran). Berikut adalah Tabel 4.9 mengenai tabel penyisihan kadar besi (Fe) dan nilai permanganat selengkapnya.

Tabel 4.9 Data Hasil Penyisihan Kadar Besi (Fe) *Diffuser Aerator* td 18 Menit

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Kadar Fe (mg/L)	Nilai PV (mg/L)
1	*Diffuser Aerator* td 18 menit	Awal	1,50	11,69
2		0	1,46	8,21
3		2	1,46	10,11
4		4	1,47	8,21

Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar besi (Fe) dan nilai PV (Permanganat Value) setelah dilakukan proses aerasi. Nilai PV merupakan representasi dari zat organik yang terdapat didalam air. Salah satu metode yang dilakukan untuk menyisihkan kadar zat organik yang terdapat didalam air adalah dengan proses aerasi. Sehingga pengukuran nilai PV dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan yang dapat dilakukan oleh setiap jenis aerator. Dapat

diketahui bahwasannya, nilai PV semakin menurun seiring dengan lama nya waktu aerasi dilakukan. Dimulai dari 11,69 mg/L hingga turun menjadi 8,21 mg/L. Selanjutnya untuk kadar besi (Fe) juga mengalami penurunan selama proses aerasi. Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar besi (Fe) setelah dilakukan proses aerasi. Penurunan yang terjadi adalah dari 1,50 mg/L menjadi 1,46 mg/L pada menit ke-0; 1,46 mg/L pada menit ke-2, dan 1,47 mg/L pada menit ke-4. Dari data tersebut diambil rata-rata penurunannya adalah 1,46 mg/L. Sehingga efisiensi penyisihan removalnya adalah 2,6 %.

Setelah didapatkan kedua hasil diatas, maka efisiensi dari setiap aerator dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Data Persen Efisiensi Penyisihan Fe Setiap Aerator

No	Jenis Aerator	Efisiensi Kadar Penyisihan Besi (Fe)
1	*Tray aerator* 5 tingkat	10%
2	*Diffuser aerator* td 18 menit	2,6%

Dari Tabel 4.10 diatas, dapat dilihat bahwasannya untuk penyisihan kadar penurunan besi (Fe) menggunakan *tray aerator* 5 tingkat dan *diffuser aerator* td 18 menit memiliki persen efisiensi penyisihan yang cukup signifikan. Untuk *tray aerator* 5 tingkat memiliki persen efisiensi 10%, sedangkan untuk diffuser td 18 menit memiliki persen efisiensi sebanyak 2,6 %. Sehingga diketahui bahwasannya efisiensi kadar penyisihan besi (Fe) untuk *tray aerator* lebih tinggi daripada *diffuser aerator*. Hal tersebut sesuai karena nilai rata-rata oksigen *tray aerator* 5 tingkat lebih besar daripada *diffuser aerator* td 18 menit, yakni 7,24 mg/L dibanding 5,68 mg/L.

Dengan demikian hal tersebut sesuai dengan pernyataan Breland dan Robinson dalam AWWA (1967) bahwasannya proses oksidasi dengan oksigen dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam air. Pada penelitian ini besi (Fe^{2+}) dioksidasi dengan oksigen di udara menjadi bentuk besi (Fe^{3+}) yang tidak larut dalam air. Bentuk besi (Fe^{3+}) tersebut akan diendapkan pada bangunan pengolahan selanjutnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dan analisa data yang telah diuraikan sebelumya maka didapatkan kesimpulan:

1. *Tray aerator* 5 tingkat (td 1,45 detik) memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut sebesar 7,24 mg/L, lebih besar dibandingkan dengan *tray aerator* 3 tingkat (td 0,87 detik) yang memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut 6,84 mg/L. Sedangkan untuk *diffuser aerator* td 18 menit memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut 5,68 mg/L, lebih besar dibandingkan dengan *diffuser aerator* td 12 menit yang memiliki nilai rata-rata oksigen terlarut 5,50 mg/L.

2.*Tray aerator* 5 tingkat (td 1,45 detik) memiliki efisiensi penyisihan kadar besi (Fe) lebih besar yaitu 10% dibandingkan dengan *diffuser aerator* td 18 menit yang hanya 2,6%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan dengan aerator lainnya, yaitu jenis *cascade aerator*.

2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan air limbah untuk mengetahui efektifitas dari *tray aerator* dan *diffuser aerator* dalam peningkatan nilai oksigen terlarut.

3.Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi jarak antar *tray aerator* dan jumlah tray yang sama dengan jarak tray yang berbeda.

4. Perlu dilakukan penambahan tray diatas *diffuser* agar penyebaran gelembung merata.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

A. Data Hasil Uji Analisis Kadar DO Pada *Tray Aerator* 3 Tingkat

Tabel Data Hasil Analisis Kadar DO

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Volume Titrasi Natrium Thiosulfat (ml)
1	*Tray aerator* 3 tingkat	0	6,74
2		2	6,74
3		4	6,76
4		6	6,82
5		8	7,00
6		10	7,00

- Contoh perhitungan kadar DO menit ke-0 :

$$= \frac{a \times n \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

$$= \frac{6{,}74 \times 0{,}0125 \times 8000}{100}$$

$$= 6{,}74 \text{ mg/L}$$

- Untuk perhitungan kadar oksigen terlarut (DO) pada menit ke 0,2,4,6,8, dan 10 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

B. Data Hasil Uji Analisis Kadar DO Pada *Tray Aerator* 5 Tingkat

Tabel Data Hasil Analisis Kadar DO

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Volume Titrasi Natrium Thiosulfat (ml)
1	*Tray aerator* 5 tingkat	0	7,00
2		2	7,00
3		4	7,16
4		6	7,40
5		8	7,38
6		10	7,48

- Contoh perhitungan kadar DO menit ke-0 :

$$= \frac{a \times n \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

$$= \frac{7{,}00 \times 0{,}0125 \times 8000}{100}$$

$$= 7{,}00 \text{ mg/L}$$

- Untuk perhitungan kadar oksigen terlarut (DO) pada menit ke 0,2,4,6,8, dan 10 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

C. Data Hasil Uji Analisis Kadar DO Pada *Diffuser Aerator* td 12 menit

Tabel Data Hasil Analisis Kadar DO

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Volume Titrasi Natrium Thiosulfat (ml)
1	*Diffuser aerator* td 12 menit	0	5,42
2		2	5,44
3		4	5,46
4		6	5,52
5		8	5,57
6		10	5,57

- Contoh perhitungan kadar DO menit ke-0 :

$$= \frac{a \times n \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

$$= \frac{5{,}42 \times 0{,}0125 \times 8000}{100}$$

$$= 5{,}42 \text{ mg/L}$$

- Untuk perhitungan kadar oksigen terlarut (DO) pada menit ke 0,2,4,6,8, dan 10 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

D. Data Hasil Uji Analisis Kadar DO Pada *Diffuser Aerator* td 18 menit

Tabel Data Hasil Analisis Kadar DO

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Volume Titrasi Natrium Thiosulfat (ml)
1	*Diffuser aerator* td 18 menit	0	5,57
2		2	5,62
3		4	5,63
4		6	5,72
5		8	5,76
6		10	5,75

- Contoh perhitungan kadar DO menit ke-0 :

$$= \frac{a \times n \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

$$= \frac{5{,}57 \times 0{,}0125 \times 8000}{100}$$

$$= 5{,}57 \text{ mg/L}$$

- Untuk perhitungan kadar oksigen terlarut (DO) pada menit ke 0,2,4,6,8, dan 10 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

E. Data Hasil Uji Analisis Kadar Besi (Fe) Pada *Tray Aerator* 5 Tingkat

Tabel Data Hasil Analisis Kadar Besi (Fe) dan Nilai PV

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Nilai Absorbansi (A)	Volume Titrasi KMnO4 (ml)
1	*Tray aerator* 5 tingkat	Awal	0,117	7,85
2		0	0,108	6,00
3		2	0,107	5,30
4		4	0,108	5,30

- Contoh perhitungan kadar besi (Fe) pada menit awal yaitu :
  Pada grafik kurva kalibrasi besi (Fe), didapatkan persamaan regresinya adalah y = 0,126x + 0,016.

  Y = 0,126x + 0,016
  0,117 = 0,126x + 0,016
  0,80 mg/L = x

- Contoh perhitungan nilai permanganat value (PV) pada menit awal yaitu :

$$= \frac{1000}{\text{V sampel}} \text{ x } [\{10+a)\text{x N}\} - (\text{ 1 x } 0,1)\}] \text{ x } \frac{31,6 \text{ x P}}{}$$

$$= \frac{1000}{100} \text{ x } [\{10+7,85)\text{x } 0,01\}-(1\text{x}0,1)\}]\text{x } 31,6 \text{ x } 1$$

= 10 x[{17,85)x 0,01} –(0,1)}] x 31,6
= 10 x[0,0785] x 31,6
= 24,80 mg/L

- Untuk perhitungan kadar besi (Fe) dan nilai permanganat (PV) pada menit ke 0,2, dan 4 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

F. Data Hasil Uji Analisis Kadar Besi (Fe) Pada *Diffuser Aerator* td 18 Menit

Tabel Data Hasil Analisis Kadar Besi (Fe) dan Nilai PV

No	Jenis Aerator	Menit Ke-	Nilai Absorbansi (A)	Volume Titrasi KMnO4 (ml)
1	*Diffuser aerator* td 18 menit	Awal	0,206	3,70
2		0	0,201	2,60
3		2	0,202	3,20
4		4	0,201	2,60

- Contoh perhitungan kadar besi (Fe) pada menit awal yaitu :
  Pada grafik kurva kalibrasi besi (Fe), didapatkan persamaan regresinya adalah y = 0,126x + 0,016.

$$Y = 0{,}126x + 0{,}016$$
$$0{,}206 = 0{,}126x + 0{,}016$$
$$1{,}50 \text{ mg/L} = x$$

- Contoh perhitungan nilai permanganat value (PV) pada menit awal yaitu :

$$= \frac{1000}{\text{V sampel}} \text{ x } [\{10+a)\text{x N}\} - (\text{ 1 x } 0{,}1)\}] \text{ x } 31{,}6 \text{ x P}$$

$$= \frac{1000}{100} \text{ x } [\{10+3{,}7)\text{x } 0{,}01\}-(1\text{x}0{,}1)\}]\text{x } 31{,}6 \text{ x } 1$$

$$= 10 \text{ x}[\{13{,}7)\text{x } 0{,}01\} - (0{,}1)\}] \text{ x } 31{,}6$$

$$= 10 \text{ x}[0{,}037] \text{ x } 31{,}6$$

$$= 11{,}69 \text{ mg/L}$$

- Untuk perhitungan kadar besi (Fe) dan nilai permanganat (PV) pada menit ke 0,2, dan 4 menggunakan cara yang sama seperti diatas.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALISA OKSIGEN TERLARUT DENGAN METODE TITRASI WINKLER

❖ BAHAN DAN ALAT

1. Larutan Mangan Sulfat($MnSO_4$)
2. Larutan Pereaksi Oksigen
3. Indikator Amilum 0,5%
4. Larutan Natrium Tiosulfat 0,0125 N
5. Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) pekat
6. Botol winkler
7. Buret 25 ml atau 50 ml
8. Pipet 10 ml, 5 ml
9. Gelas ukur 100 ml
10. Erlenmeyer 250 ml

❖ PROSEDUR PERCOBAAN

1. Ambil sampel langsung dari lokasi sampel dengan cara memasukkan botol winkler kedalam air sampai botol penuh dan tutup.
2. Tambahkan 1 ml larutan Mangan Sulfat.
3. Tambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen.
4. Botol ditutup lagi dengan hati-hati agar tidak ada udara terperangkap dari luar, kemudian balik-balikkan botol beberapa kali.
5. Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit.
6. Tambahkan 1 ml Asam Sulfat pekat, tutup dan balik-balikkan botol beberapa kali sampai endapan hitam.
7. Tuangkan air dalam botol sebanyak 100 ml dengan menggunakan gelas ukur 100 ml, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
8. Titrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat 0,0125 N hingga warna menjadi coklat muda.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi lagi dengan Natrium Tiosulfat sampai warna biru hilang yang pertama kali (setelah beberapa menit akan timbul lagi).
10. Hitung Oksigen Terlarut dengan menggunakan rumus berikut :

$$OT\ (mg\ O2/L) = \frac{a \times N \times 8000}{100\ ml}$$

Dimana : OT = Oksigen terlarut
a = Volume titrasi Natrium Tiosulfat
N = Normalitas larutan Natrium Tiosulfat

ANALISA BESI (Fe) DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI

❖ BAHAN DAN ALAT

1. Larutan Hydroxylamine ($NH_2OH.HCl$)
2. Larutan HCl pekat
3. Larutan Ammonium Acetate Buffer ($NH_4C_2H_3O_2$)
4. Larutan Phenanthroline Monohydrate
5. Spektrofotometer dan kuvet
6. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
7. Pipet 5 ml, 10 ml, dan 25 ml
8. Pemanas listrik

❖ PROSEDUR PERCOBAAN

1. Ambil 2 erlenmeyer 100 ml dan isi masing-masing erlenmeyer dengan 25 ml sampel air dan air aquades (sebagai blanko).
2. Tambahkan masing-masing 1 ml HCl pekat.
3. Tambahkan masing-masing 0,5 ml Hydroxylamine ($NH_2OH.HCl$).
4. Panaskan hingga volume menjadi ± 15-20 ml (ini khusus untuk sampel air saja).
5. Dinginkan dan encerkan dengan air aquades hingga volume mencapai 25 ml dalam labu ukur.
6. Tambahkan 5 ml larutan Amonium Acetate Buffer pada masing-masing erlenmeyer.
7. Tambahkan pada masing-masing erlenmeyer 1 ml larutan Phenantrolin Monohydrate.

8. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 µm dan hitung hasil absorbansi pada rumus hasil kalibrasi atau kurva kalibrasi.

ANALISA NILAI PERMANGANAT (PV)

❖ BAHAN DAN ALAT

1.Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) 4N yang bebas organik
2. Larutan Asam Oksalat 0,1 N
3. Larutan Kalium Permanganat ($KMnO_4$)
4. Pemanas listrik
5. Buret 25 ml atau 50 ml
6. Erlenmeyer 250 ml 1 buah
7. Gelas ukur 100 ml
8. Pipet 10 ml, 1 ml

❖ PROSEDUR PERCOBAAN

1. Tuang sampel air sebanyak 100 ml dengan gelas ukur.
2. Tambahkan 2,5 ml Asam Sulfat 4N bebas organik.
3. Tambahkan beberapa tetes larutan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) 0,01N hingga terjadi warna merah muda.
4. Panaskan hingga mendidih selama 1 menit.
5. Tambahkan 10 ml larutan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) 0,01N.
6. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
7. Tambahkan 1 ml larutan Asam Oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih.
8. Titrasi dengan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) 0,01 N sampai timbul warna merah muda.
9. Hitung nilai permanganat dengan menggunakan rumus berikut:

$$KMnO_4/L = \frac{1000}{V\ sampel} \times [\{10+a)x\ N\} - (\ 1 \times 0,1)\}] \times \frac{31,6 \times P}{}$$

Dimana: a = ml titrasi larutan Kalium Permanganat
N =normalitas Kalium Permanganat ($KMnO_4$)
P = Pengenceran

PERHITUNGAN UNIT *TRAY AERATOR*

1. Perencanaan Dimensi *Tray Aerator*

Tray aerator terdiri dari beberapa rak (*tray*) yang berlubang. Dimana lubang tersebut berfungsi meloloskan air ke tray berikutnya sampai ke pipa *effluent.*

Direncanakan:

- Jumlah tray = 3
- Jarak antar tray (X) = 40 cm = 0,4 m
- Diameter lubang tray (d) = 4 mm = 0,004 m
- Jarak antar lubang (x) = 6 mm = 0,006 m
- Freeboard tray = 14 cm = 0,14 m
- Panjang tray = 43 cm = 0,43 m
- Lebar tray = 28 cm = 0,28 m

Berdasarkan keterangan diatas, maka dapat dihitung:

1. Jumlah lubang pada sisi panjang tray (n_L)

Panjang $= (n_L.d) + [(n_L+1).\ x)]$
0,43 $=(\ n_L.0{,}004\ m) + [(n_L+1).\ 0{,}006\ m]$
0,43 $=\ 0{,}004\ n_L + [(n_L+1).\ 0{,}006\ m]$
0,43 $= 0{,}004\ n_L + 0{,}006\ n_L + 0{,}006$
0,43 $=\ 0{,}01\ n_L + 0{,}006$
0,424 $= 0{,}01\ n_L$
42,4 $=\ n_L$
42 buah$=\ n_L$

2. Jumlah lubang pada sisi lebar tray (n_B)

Lebar $= (n_B.d) + [(n_B+1).\ x)]$
0,28 $=(\ n_B.0{,}004\ m) + [(n_B+1).\ 0{,}006\ m]$
0,28 $=\ 0{,}004\ n_B + [(n_B+1).\ 0{,}006\ m]$
0,28 $= 0{,}004\ n_B + 0{,}006\ n_B + 0{,}006$
0,28 $=\ 0{,}01\ n_B + 0{,}006$
0,274 $= 0{,}01\ n_B$
27,4 $=\ n_B$
27 buah$=\ n_B$

3. Jumlah lubang (n)

n $= n_L \times n_B$
$= 42 \times 27$
$= 1134$ buah

4. Luas lubang total (AL)

$$n = \frac{\text{Luas lubang total (AL)}}{\text{Luas tiap lubang}}$$

$$1134 = \frac{AL}{0{,}25 \times 3{,}14 \times (0{,}004m)^2}$$

$$1134 = \frac{AL}{0{,}00001256}$$

$$0{,}01424\ m^2 = AL$$

5. Surface Loading Rate / Luas

AL = Luas x Q

0,01424 = Luas x 0,00021 m^3/det

67,81 m^2/m^3.det = Luas (OK) ⟶ [50-160 m^2/m^3.det]

6. Luas bak tray (A)

A = Panjang(L) x lebar (B)

= 43 x 28

= 1204 m^2

7. Tinggi total *tray aerator* (H tray) [3 tingkat]

H tray = 3 x 40 cm = 120 cm

Jadi, dimensi *tray aerator*
- Panjang (L) = 0,43 m
- Lebar (B) = 0,28 m
- Tinggi (H) = 1,20 m

7. Tinggi total *tray aerator* (H tray) [5 tingkat]

H tray = 5 x 40 cm = 200 cm

Jadi, dimensi *tray aerator*
- Panjang (L) = 0,43 m
- Lebar (B) = 0,28 m
- Tinggi (H) = 2,00 m

8. Perhitungan waktu detensi (td)

➢ ***Tray aerator* 5 tingkat**

$$\text{Waktu kontak antar tray} = t = \sqrt{\frac{2 \times H}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0{,}4}{9{,}81}}$$

= 0,29 detik

Sehingga, td keseluruhan = 0,29 x 5 tingkat

= 1,45 detik

- ***Tray aerator* 3 tingkat**

Waktu kontak antar tray = $t = \sqrt{\frac{2 \times H}{g}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 0,4}{9,81}}$

= 0,29 detik

Sehingga, td keseluruhan = 0,29 x 3 tingkat

= 0,87 detik

9. Contoh perhitungan penurunan kadar besi

Diketahui : Kadar besi (Fe) = 10 mg/L
Standart kadar besi (Fe) = 0,3 mg/L
Efisiensi Penurunan = 10% untuk 5 tingkat

Ditanya : Berapa jumlah tingkat yang dibutuhkan hingga kadar besi (Fe) mencapai standart baku mutu yang telah ditetapkan ?

Dijawab : Tingkat penurunan dimulai dari **10 mg/L** yaitu :

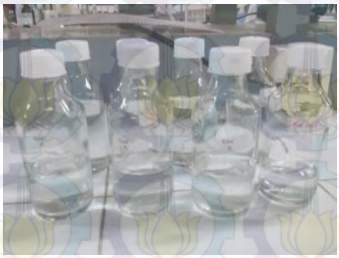
1. 9 mg/L
2. 8,1 mg/L
3. 7,29 mg/L
4. 6,56 mg/L
5. 5,9 mg/L
6. 5,31 mg/L
7. 4,78 mg/L
8. 4,30 mg/L
9. 3,87 mg/L
10. 3,42 mg/L
11. 3,01 mg/L
12. 2,71 mg/L
13. 2,44 mg/L
14. 2,20 mg/L
15. 1,98 mg/L
16. 1,78 mg/L
17. 1,60 mg/L
18. 1,44 mg/L
19. 1,30 mg/L
20. 1,17 mg/L
21. 1,05 mg/L
22. 0,95 mg/L
23. 0,86 mg/L
24. 0,77 mg/L
25. 0,69 mg/L
26. 0,62 mg/L
27. 0,56 mg/L
28. 0,50 mg/L
29. 0,45 mg/L
30. 0,41 mg/L
31. 0,37 mg/L
32. 0,33 mg/L
33. **0,30 mg/L**

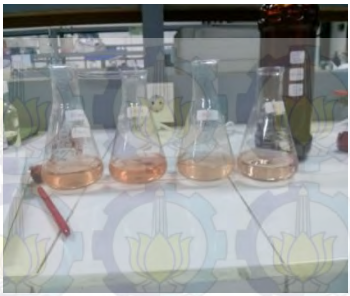
Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui kadar besi 10 mg/L membutuhkan 165 tingkat *tray aerator.*

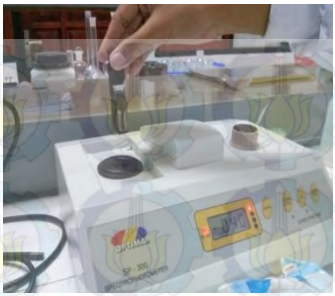
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

A. Gambar-Gambar Pada Saat Penelitian Berlangsung

B. Gambar-Gambar Pada Saat Uji Parameter







“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”