

83/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI KINERJA DAN OPTIMASI INSTALASI  
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR (IPLC) GEDUNG  
PERKANTORAN PT PACIFIC PAINT DALAM PENURUNAN  
AMONIA**

**SKRIPSI**

**RAHAYU HANDAYANI**

**0806338834**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI KINERJA DAN OPTIMASI INSTALASI  
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR (IPLC) GEDUNG  
PERKANTORAN PT PACIFIC PAINT DALAM PENURUNAN  
AMONIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat melengkapi  
sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik**

**RAHAYU HANDAYANI**

**0806338834**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUATION AND OPTIMIZATION SEWAGE  
TREATMENT PLANT (STP) PERFORMANCE OF PT  
PACIFIC PAINT IN AMMONIA REMOVAL**

**FINAL REPORT**

**Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree**

**RAHAYU HANDAYANI**

**0806338834**

**FACULTY OF ENGINEERING  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
DEPOK  
JULY 2012**


## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Rahayu Handayani**

**NPM : 0806338834**

**Tanda tangan :**



**Tanggal : 2 Juli 2012**





## STATEMENT OF AUTHENTICITY

**I declare that this final report of one of my own research,  
and all of the references either quoted or cited here  
have been mentioned properly.**

**Name : Rahayu Handayani**

**Student ID : 0806338834**

**Signature : **

**Date : July 2, 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Rahayu Handayani  
NPM : 0806338834  
Program studi : Teknik Lingkungan  
Judul skripsi : Evaluasi Kinerja Dan Optimasi Instalasi  
Pengolahan Limbah Cair (IPLC) Gedung  
Perkantoran PT Pacific Paint Dalam Penurunan  
Amonia

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1: Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA. (  )

Pembimbing 2: Dr. Cindy Priadi, ST, MSc. (  )

Penguji : Ir. Irma Gusniani S., MSc. (  )

Penguji : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE., M.Eng (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 2 Juli 2012

## STATEMENT OF LEGITIMATION


This final report submitted by :

Name : Rahayu Handayani  
Student ID : 0806338834  
Study Program : Environmental Engineering  
Thesis Title : Evaluation and Optimization Sewage Treatment Plant  
(STP) Performance of PT Pacific Paint in Ammonia  
Removal

**Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.**

### BOARD OF EXAMINERS

Advisor 1 : Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA. (  )

Advisor 2 : Dr. Cindy Priadi, ST, MSc. (  )

Examiner 1 : Ir. Irma Gusniani S., MSc. (  )

Examiner 2 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE., M.Eng (  )

Defined in : Depok  
Date : July 2nd, 2012

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, atas segala karunia dan pertolongan-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Evaluasi Kinerja dan Optimasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC) Gedung Perkantoran PT Pacific Paint dalam Penurunan Amonia” ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi program sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Skripsi ini dapat selesai juga melalui bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Kedua Orang tua saya Ibu Kasmari dan Bapak Sudibyo, atas dukungan, kasih sayang serta doa yang selalu tercurah untuk saya, juga keluarga besar Kasan Sastro untuk segala doa dan dukungannya.
- 2) Bapak Dr. Ir Setyo Sarwanto Moersidik, DEA dan Ibu Dr. Cindy Priadi, ST, Msc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini, juga Ibu Ir. Irma Gusniani S., MSc dan Bapak Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE., M.Eng. Selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk skripsi saya
- 3) Dosen-dosen pada Program Studi Teknik Lingkungan atas ilmu, bimbingan dan motivasi yang diberikan.
- 4) Pihak PD PAL yang telah memberikan ide penelitian dan memberikan izin untuk meneliti IPLC PT Pacific Paint yakni Bapak Hendri Sitohang, Ibu Rahmawati dan Bapak Achdiyat. Pak Somadi selaku operator IPLC atas bantuan-bantuannya dan kesediaannya bersusah payah dalam pengambilan sampel.
- 5) Pihak BPLHD, Ibu Tuti yang setulus hati mengizinkan saya menggunakan laboratorium untuk menitipkan reaktor, dan Pak Ricky yang sering memberi keringanan biaya analisis lab.

- 6) Intan Rosa dan Citra Anindya, teman sesama penelitian skripsi di PD PAL atas bantuan dan kerjasama dan kesediannya untuk bolak-balik mengambil data.
- 7) Dwica Wulandari, untuk bantuan dan dukungan-dukungan selama perkuliahan dan skripsi, Rizki Ibtida untuk bantuan dan persahabatannya, teman-teman seperjuangan Syifa, Aulia, & Linna, juga teman-teman Sipil & Lingkungan atas dukungan dan kebersamaannya.
- 8) Mba Dian, Mba Fitri dan Mba Wati beserta seluruh staf DTS yang secara langsung dan tidak langsung berkontribusi untuk penyelesaian skripsi saya.
- 9) Sahabat-sahabat tercinta Novia Anjani, Retno Niken, Dyah Ayu, dan Galuh Diesti, yang selalu memberi semangat dalam kondisi apapun, untuk doa-doanya, untuk semua kebersamaan dan persahabatan selama 10 tahun terakhir. Saya merasa bersyukur memiliki sahabat seperti kalian.

Serta semua pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah membantu saya dalam pengerjaan skripsi ini.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki. Untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Besar harapan saya skripsi ini dapat menjadi masukan yang membangun bagi PD PAL untuk perbaikan kinerja IPLC/STP PT Pacific Paint, sekaligus memberikan manfaat serta informasi bagi pembaca dan pengembangan studi dan kajian pengolahan limbah cair domestik terutama pada skala perkantoran.

Depok, Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahayu Handayani  
NPM : 0806338834  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

EVALUASI KINERJA DAN OPTIMASI INSTALASI PENGOLAHAN  
LIMBAH CAIR (IPLC) GEDUNG PERKANTORAN PT PACIFIC PAINT  
DALAM PENURUNAN AMONIA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 2 Juli 2012

Yang menyatakan



(Rahayu Handayani)

**STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT PUBLICATION  
FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Rahayu Handayani  
Sutudent ID : 0806338834  
Study Program: Environmental Engineering  
Department : Civil Engineering  
Faculty : Engineering  
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

EVALUATION AND OPTIMIZATION SEWAGE TREATMENT PLANT (STP)  
PERFORMANCE OF PT PACIFIC PAINT IN AMMONIA REMOVAL


together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish mu final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certifythat the above statement is true.

Signed at : Depok

Date this : July 2, 2012

The Declarer



(Rahayu Handayani)

## ABSTRAK

Nama : Rahayu Handayani  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Evaluasi Kinerja Dan Optimasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC) Gedung Perkantoran PT Pacific Paint Dalam Penurunan Amonia.

Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor. 122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Air Limbah Domestik memiliki batasan konsentrasi amonia pada air buangan sebesar 10 mg/l. Namun, beberapa instalasi pengolahan limbah cair (IPLC) belum mampu mencapai angka tersebut karena nitrifikasi terhambat jika konsentrasi oksigen terlarut tidak mencukupi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja IPLC terkait masalah amonia pada efluen yang masih melebihi baku mutu dengan mengoptimalkan konsentrasi oksigen pada unit aerasi hingga 2- 4 mg/l melalui reaktor aerasi skala laboratorium. Hasil dari evaluasi IPLC adalah beban hidrolis masih memenuhi desain awal sebesar 10,7 m<sup>3</sup>/ hari, sedangkan beban organik yang masuk ke IPLC adalah 34 g/m<sup>3</sup>/hari. Hasil penelitian dengan reaktor aerasi skala laboratorium menunjukkan optimasi dengan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut mampu menurunkan amonia pada hari ke-0 sebesar 77,4 mg/l dengan efisiensi penurunan hingga 70%, dengan hasil pada hari ke-14 mencapai 21,4 mg/l. Agar amonia pada efluen memenuhi baku mutu, optimasi menggunakan pengolahan tambahan seperti unit klorinasi atau penambahan unit *ion exchange*, dapat dijadikan sebagai salah satu pilihan pengolahan.

Kata Kunci :  
amonia, aerasi, evaluasi, optimasi, klorinasi, *ion exchange*, reaktor skala laboratorium



## ABSTRACT

Name : Rahayu Handayani  
Study Programme : Environmental Engineering  
Title : Evaluation and Optimization Sewage Treatment Plant (STP)  
Performance of PT Pacific Paint in Ammonia Removal.

Regulation of DKI Jakarta Province Government No. 122 in 2005, concerning treatment of domestic wastewater, has an ammonia discharge limit of 10 mg/l. However, some sewage treatment plants (STP) do not meet this regulation yet, since nitrification process is inhibited when the presence of dissolved oxygen (DO) is in inadequate amount. The purpose of this study is to evaluate the performance of STP in case of the ammonia concentration still higher than the discharge limit and to optimize the DO concentration in aeration tank about 2 to 4 mg/l through a laboratory scale reactor. The evaluation result indicates that hydraulic loading is about 10,7 m<sup>3</sup>/day which still meets the design criteria, while the organic loading is about 34 g/m<sup>3</sup>/day. On the other hand, the result from lab-scale aeration reactor shows the reduction of ammonia from day-0 (77,4 mg/l) up to day-14 (21,4 mg/l) with the efficiency of ammonia removal of 70%. In order for the discharge of ammonia to meet the discharge limit, optimization through additional treatments such as chlorination unit or ion exchange unit can be one of wastewater treatment alternative.

Keywords :

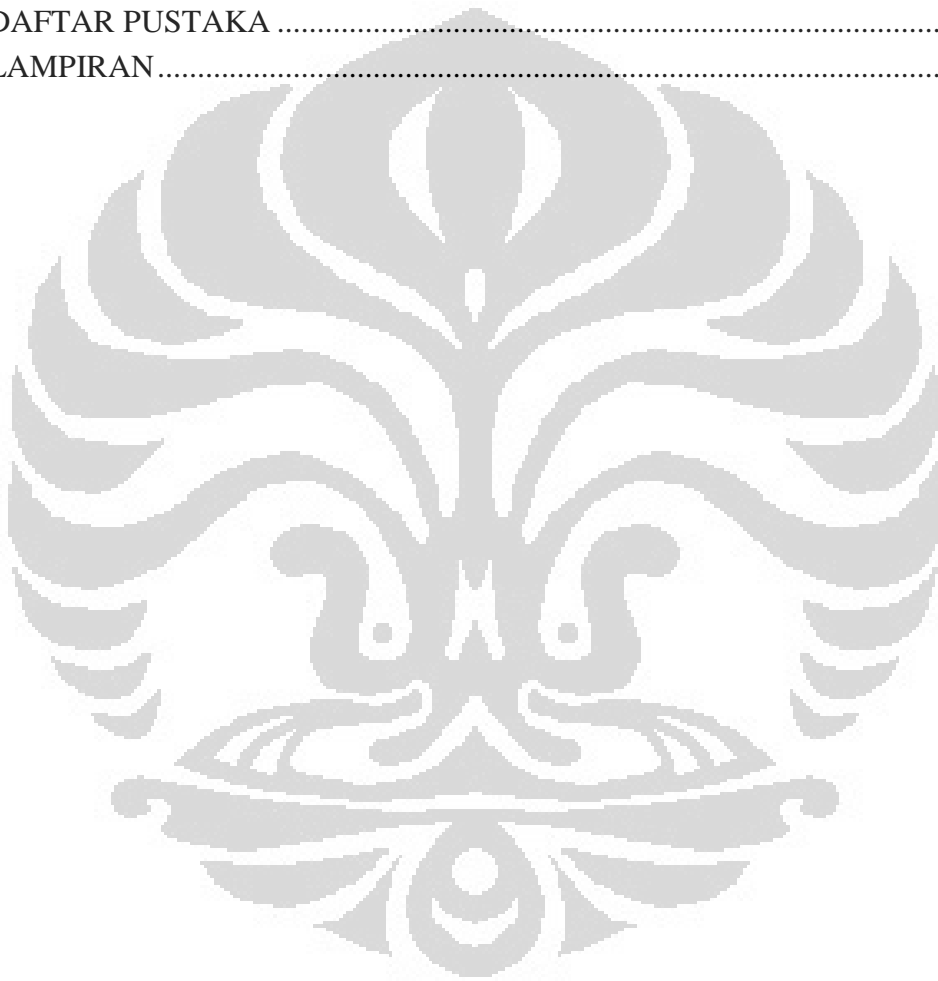
ammonia, aeration, evaluation, optimization, chlorination, ion exchange, lab-scale reactor

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	x
ABSTRAK .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR PERSAMAAN .....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
<b>1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Batasan Penelitian.....	5
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Air Limbah Domestik .....	6
2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	6
2.2.1 Karakteristik Fisik .....	7
2.2.2 Senyawa Non-Metal Inorganik.....	10
2.2.3 Kandungan Agregat Organik.....	17
2.2.4 Karakteristik Biologis.....	18
2.3 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	21
2.3.1 Standar Efluen .....	21
2.3.2 Standar Badan Air Penerima ( <i>Stream Standard</i> ).....	22
2.4 Estimasi Timbulan Air Limbah Domestik Perkantoran .....	22
2.5 Pengolahan Air Limbah Domestik .....	24
2.5.1 Pengolahan Berdasarkan Tingkat Pengolahan .....	25
2.5.1.1 Pengolahan Pendahuluan ( <i>Pretreatment</i> ).....	25
2.5.1.2 Pengolahan Awal ( <i>Primary Treatment</i> ).....	25
2.5.1.3 Pengolahan Sekunder ( <i>Secondary Treatment</i> ).....	26
2.5.1.4 Pengolahan Tersier ( <i>Tertiary treatment</i> ).....	37

2.6	Teknologi Penurunan Amonia .....	37
2.6.1	<i>Air stripping</i> .....	37
2.6.2	<i>Break-point Chlorination.</i> ....	38
2.6.3	Pertukaran Ion ( <i>Ion Exchange</i> ) dengan penambahan Zeolit .....	40
2.6.4	<i>Electrodialysis</i> .....	41
2.6.5	<i>Reverse Osmosis</i> .....	42
2.6.6	Nitrifikasi dan Denitrifikasi Biologis ( <i>Biological nitrification and denitrification</i> ) .....	43
2.6.7	Bardenpho.....	43
<b>3</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>49</b>
3.1	Kerangka Berpikir.....	50
3.2	Metode Pelaksanaan Penelitian .....	51
3.3	Variabel Penelitian.....	52
3.4	Metode Pengambilan Sampel .....	54
3.5	Metode Pengujian Parameter .....	54
3.6	Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data .....	55
3.6.1	Pengumpulan Data.....	55
3.6.2	Metode pengolahan data Analisis data .....	57
3.6.2.1	Analisis input limbah .....	57
3.6.2.2	Analisis Kinerja STP .....	57
3.6.2.3	Analisis <i>Output</i> Limbah .....	58
3.6.3	Teknik pengolahan data.....	58
3.7	Lokasi Penelitian & Jadwal Penelitian .....	58
<b>4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1	Gambaran Umum.....	62
4.2	Perhitungan Debit Timbulan Air Limbah .....	64
4.2.1	Perhitungan Berdasarkan Pemakaian Air Bersih.....	65
4.2.2	Perhitungan Langsung Pada Saluran <i>Inlet</i> STP .....	67
4.2.3	Perhitungan Debit Air Limbah Secara Teoretis .....	69
4.3	STP (Sewage Treatment Plant).....	69
4.4	Kriteria Desain STP Gedung Redha .....	73
4.5	Analisis Input Air Limbah .....	74
4.5.1	Analisis Debit Air Limbah .....	74
4.5.2	Analisis Karakteristik Influen Air Limbah.....	76
4.5.3	Analisis Beban Organik.....	82
4.5.4	Analisis Waktu Tinggal Bakteri .....	83
4.5.5	Analisis Perhitungan Kandungan Nutrien BOD : N : P .....	83
4.6	Analisis Proses Pengolahan Air Limbah .....	85
4.6.1	Analisis Proses Pada Sum-Pit (Tangki Septik) .....	85
4.6.2	Analisis Proses Pada Tangki Separasi ( <i>Separation Tank</i> ).....	86
4.6.3	Analisis Tangki Aerasi .....	88
4.6.4	Analisis Output Air Limbah .....	92

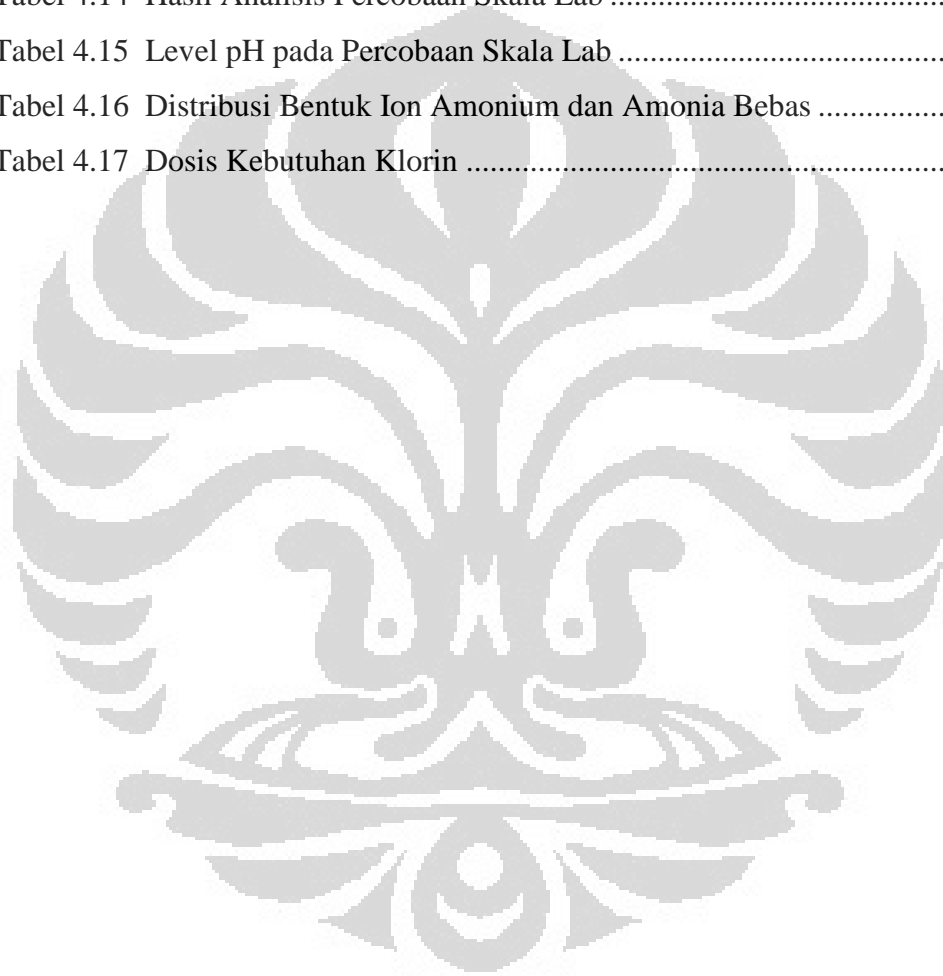
4.7 Percobaan Skala Lab.....	93
4.7.1 Analisis Hasil Percobaan Skala Lab.....	96
4.8 Usulan Perbaikan Pengolahan Limbah yang Ditawarkan.....	103
4.8.1 Optimasi Kapasitas <i>Blower</i> .....	104
4.8.2 <i>Breakpoint-Chlorination</i> .....	105
4.8.3 <i>Ion Exchange</i> dengan Penambahan Zeolite.....	108
<b>5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>112</b>
5.1 Kesimpulan .....	112
5.2 Saran .....	113
DAFTAR PUSTAKA .....	115
LAMPIRAN.....	118



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil Uji Air Limbah STP Gedung Redha oleh BPLHD.....	3
Tabel 2.1 Definisi Padatan yang Terkandung dalam Air Limbah .....	7
Tabel 2.2 Istilah yang Digunakan untuk Menentukan Bentuk-bentuk Nitrogen .	13
Tabel 2.3 Tabel Jenis-Jenis Bakteri Nitrifikasi.....	20
Tabel 2.4 KepMen Nomor 112 Tahun 2003 .....	21
Tabel 2.5 Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005....	22
Tabel 2.6 Tipe Besaran Population <i>Equivalent</i> (Pe) untuk Perancangan IPAL Berdasarkan Jenis Peruntukan Bangunan.....	23
Tabel 2.7 Tipe Sumber Aliran Air Limbah dari Sumber Komersial di AS .....	23
Tabel 2.8 Pemakaian Air dan Frekuensi Penggunaan per Jam Tiap Alat Plambing .....	24
Tabel 2.9 Suhu dan <i>Nitrification</i> .....	29
Tabel 2.10 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Proses Nitrifikasi.....	30
Tabel 2.11 Kriteria Desain <i>Activated Sludge</i> .....	35
Tabel 2.12 Kriteria Desain <i>Air Stripping</i> .....	38
Tabel 2.13 Kriteria Desain <i>Breakpoint Chlorination</i> .....	40
Tabel 2.14 Kriteria Desain <i>Breakpoint Chlorination</i> .....	40
Tabel 2.15 Kualitas Efluen Hasil Pengolahan Dengan Sistem Bardenpho.....	44
Tabel 2.16 Keuntungan dan Kerugian Tiap Proses <i>Ammonia Removal</i> .....	45
Tabel 3.1 Parameter-Parameter yang Diperiksa.....	52
Tabel 3.2 Metode dan Prinsip Pemeriksaan Parameter Air Limbah.....	55
Tabel 3.3 Data Primer dan Sekunder Penelitian .....	56
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian (Tahun 2012).....	60
Tabel 4.1 Pemantauan Penggunaan Air Bersih Berdasarkan Alat Ukur PAM....	66
Tabel 4.2 Jumlah Tenaga Kerja PT Pacific Paint Tahun 2011 .....	67
Tabel 4.3 Pengukuran Debit Air Limbah (7 Februari 2012).....	68
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Debit Timbulan Air Limbah Gedung Redha.....	74
Tabel 4.5 Karakteristik Efluen Tangki Septik.....	76
Tabel 4.6 Analisis Parameter Inlet Limbah SATS MA-1126.....	77
Tabel 4.7 BOD:COD Rasio Pada Influen Limbah.....	80

Tabel 4.8	Konsentrasi Total Nitrogen dan Amonia Pada <i>Inlet</i> .....	82
Tabel 4.9	Rasio BOD : N : P Pada Sampel Air Limbah .....	84
Tabel 4.10	Persentase Penurunan Parameter pada Tangki Separasi .....	87
Tabel 4.11	Konsentrasi Amonia, Nitrit, Nitrat dan Total Nitrogen pada <i>Inlet</i> Tangki Aerasi .....	91
Tabel 4.12	Analisis Output Limbah pada Unit SATS MA-1126.....	93
Tabel 4.13	Efisiensi Removal pada Unit SATS MA-1126.....	93
Tabel 4.14	Hasil Analisis Percobaan Skala Lab .....	97
Tabel 4.15	Level pH pada Percobaan Skala Lab .....	103
Tabel 4.16	Distribusi Bentuk Ion Amonium dan Amonia Bebas .....	106
Tabel 4.17	Dosis Kebutuhan Klorin .....	108



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 STP Gedung Redha .....	2
Gambar 1.2 STP Gedung Locker .....	2
Gambar 2.1 Siklus Nitrogen pada Air Limbah .....	12
Gambar 2.2 Perubahan Bentuk-Bentuk Nitrogen Pada Air Terpolusi Dalam Kondisi Aerob .....	13
Gambar 2.3 pH dan Konversi dari Amonia dan Ion Amonium .....	15
Gambar 2.4 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Laju Nitrifikasi .....	30
Gambar 2.5 Proses Nitrifikasi Secara Biologis.....	31
Gambar 2.6 Desain Kolom <i>Ion Exchange</i> .....	41
Gambar 2.7 Skema <i>continuous flow electro dialysis</i> .....	42
Gambar 2.8 Diagram Proses Bardenpho .....	44
Gambar 3.1 Skema Kerangka Berpikir .....	50
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Penelitian .....	51
Gambar 3.3 Skema Analisis Kinerja STP .....	57
Gambar 4.1 Lokasi PD PAL Setiabudi .....	62
Gambar 4.2 Lokasi PT Pacific Paint .....	62
Gambar 4.3. Denah Situasi PT Pacific Paint .....	63
Gambar 4.4 Tampak Depan Gedung Redha PT Pacific Paint .....	64
Gambar 4.5 Lokasi Meteran PDAM .....	65
Gambar 4.6 Diagram Penggunaan Air Bersih PT Pabrik Cat Pacific Paint.....	66
Gambar 4.7 Proses Perhitungan Debit pada Inlet Tangki <i>Septic</i> .....	69
Gambar 4.8 Skema ( <i>Flowchart</i> ) Air Limbah Gedung Redha .....	70
Gambar 4.9 Gambar unit SATS MA-1126 .....	71
Gambar 4.10. Pompa Submersibel ‘EBARA’ .....	71
Gambar 4.11 Gambar Potongan SATS .....	72
Gambar 4.12 Phospat Pada Inlet .....	78
Gambar 4.13 Grafik Konsentrasi BOD pada <i>Inlet</i> vs Kriteria Desain .....	79
Gambar 4.14 Grafik Konsentrasi COD pada <i>Inlet</i> Vs Kriteria Desain .....	80
Gambar 4.15 Skema/ <i>Flowchart</i> Air Limbah Gedung Redha .....	85
Gambar 4.16 (a) Lokasi <i>Sum-pit</i> (b) Kondisi Permukaan <i>Sum-pit</i> .....	86

Gambar 4.17 Kondisi Permukaan Tangki Separasi .....	87
Gambar 4.18 Amonia Pada Inlet dan Outlet di Tangki Separasi .....	88
Gambar 4.19 <i>Air pump</i> Yasunaga ( <i>blower</i> udara) .....	89
Gambar 4.20. Kondisi Permukaan Tangki Aerasi .....	89
Gambar 4.21 Grafik Konsentrasi DO pada tangki Aerasi.....	90
Gambar 4.22 Grafik Bentuk Senyawa Nitrogen pada <i>Inlet &amp; Outlet</i> Tangki Aerasi .....	91
Gambar 4.23 Ilustrasi Percobaan Skala Lab .....	94
Gambar 4.24 Percobaan Skala Lab .....	94
Gambar 4.25 (a) <i>Bubble soap</i> , (b) Pengukuran DO dengan DO-meter .....	96
Gambar 4.26 Grafik Parameter Total Amonia.....	97
Gambar 4.27 Distribusi Senyawa Amonia Bebas Dalam Total Amonia.....	98
Gambar 4.28 Grafik Prosentase Penurunan Amonia .....	98
Gambar 4.29 Grafik Konsentrasi Nitrit dan Nitrat.....	99
Gambar 4.30 Grafik Konsentrasi Nitrogen Total.....	100
Gambar 4.31 Grafik Konsentrasi Oksigen Terlarut .....	101
Gambar 4.32 Grafik Suhu .....	102
Gambar 4.33 Grafik Amonia Berdasarkan Perhitungan <i>Trendline</i> .....	105

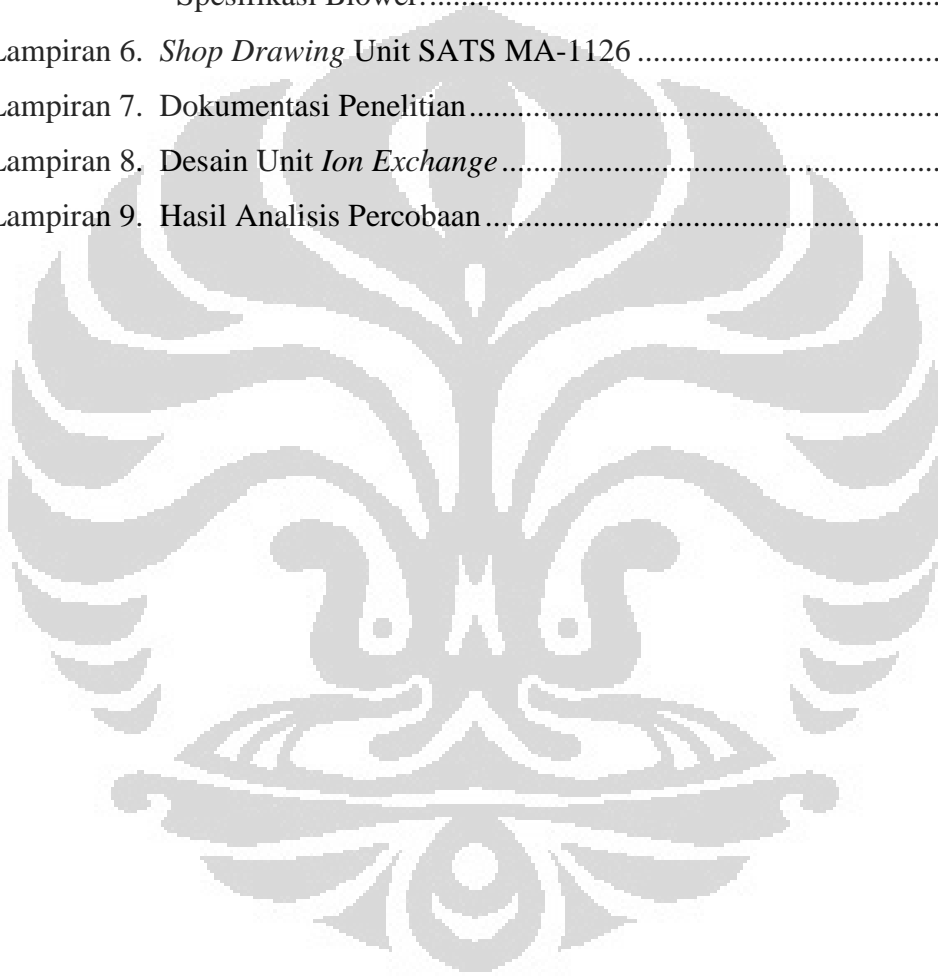


## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Reaksi kesetimbangan amonium.....	15
Persamaan (2.2) Reaksi oksidasi amonium.....	19
Persamaan (2.3) Reaksi oksidasi nitrit.....	19
Persamaan (2.4) Proses denitritifikasi.....	21
Persamaan (2.5) Perhitungan beban organik.....	31
Persamaan (2.6) Perhitungan massa MLSS .....	32
Persamaan (2.7) Perhitungan massa MLVSS .....	32
Persamaan (2.8) Perhitungan rasio F/M.....	33
Persamaan (2.9) Perhitungan <i>Hydraulic retention time</i> .....	33
Persamaan (2.10) Perhitungan umur lumpur .....	34
Persamaan (2.11) Reaksi pembentukan asam hipoklorit .....	39
Persamaan (2.12) Fluks air yang melalui membran semipermeabel.....	42
Persamaan (4.1) Proses nitrifikasi .....	100
Persamaan (4.2) Penyederhanaan stoikiometri reaksi <i>breakpoint</i> .....	105

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Konversi Amonia Berdasarkan pH dan Suhu.....	118
Lampiran 2. Denah Situasi Pabrik PT Pacific Paint .....	119
Lampiran 3. Jumlah Tenaga Kerja PT Pacific Paint .....	120
Lampiran 4. Data Penggunaan Air Bersih PT Pacific Paint .....	121
Lampiran 5. Spesifikasi Unit SATS MA-1126, Spesifikasi Pompa, dan Spesifikasi Blower.....	122
Lampiran 6. <i>Shop Drawing</i> Unit SATS MA-1126 .....	123
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	126
Lampiran 8. Desain Unit <i>Ion Exchange</i> .....	129
Lampiran 9. Hasil Analisis Percobaan.....	131



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Permasalahan**

Pemenuhan kebutuhan dan aspirasi manusia adalah tujuan utama pembangunan. Pembangunan berkelanjutan mengharuskan dipenuhinya kebutuhan-kebutuhan dasar bagi semuanya dan diberinya kesempatan kepada semua untuk mengejar cita-cita kehidupan yang lebih baik (Mahdiati, 2003). Perkembangan perekonomian dan pemenuhan kebutuhan manusia tentunya mempengaruhi perkembangan aktivitas pembangunan perkantoran khususnya di kota-kota besar seperti Jakarta. Seiring perkembangan aktivitas perkantoran tersebut, tentunya dibutuhkan tenaga kerja yang semakin banyak pula. Akibat kenaikan jumlah tenaga kerja dalam jumlah yang signifikan, air limbah domestik perkantoran yang dihasilkan tentunya juga semakin bertambah.

Air limbah domestik menjadi permasalahan yang cukup dominan dalam pencemaran lingkungan. Limbah domestik yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak pada badan air penerima, terlebih jika dalam jumlah yang cukup besar akan menimbulkan dampak negatif terhadap alam karena dapat mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan sehingga limbah tersebut dikatakan telah mencemari lingkungan. Hal ini dapat dicegah dengan mengolah limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke badan air. Limbah yang dibuang ke sungai harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, karena sungai merupakan salah satu sumber air bersih bagi masyarakat, sehingga diharapkan tidak tercemar dan bisa digunakan untuk keperluan lainnya.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, dan rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Jenis air ini mengandung banyak sabun atau deterjen, dan mikroorganisme. Jumlah air buangan yang dihasilkan oleh suatu kawasan berbeda dengan kawasan yang lain, tergantung pada jumlah air bersih yang digunakan setiap harinya. Debit air buangan biasanya bervariasi antara 50% sampai 100% dari kebutuhan air bersih total (Reynold dan Richards, 1996).

Gedung PT Pacific Paint sebagai salah satu gedung perkantoran, berlokasi di Tanjung Priok Jakarta Utara. Pengelola gedung berupaya mengolah limbah cair yang dikeluarkannya ke dalam suatu instalasi pengolah limbah yaitu *Sewage Treatment Plant* (STP), yang berada di bawah pengelolaan PD PAL Jaya. PT Pacific Paint memiliki dua buah STP, salah satu STP digunakan untuk mengolah air limbah domestik yang berasal dari Gedung Redha (gedung redaktur) dan STP yang lain digunakan untuk mengolah limbah domestik dari Gedung Locker atau gedung yang ditempati oleh para pekerja.



Gambar 1.1 STP Gedung Redha

Sumber : Dokumentasi Peneliti



Gambar 1.2 STP Gedung Locker

Sumber : Dokumentasi Peneliti

Sistem pengolahan limbah cair domestik yang digunakan adalah proses lumpur aktif (*Activated Sludge*) dengan menggunakan tangki *Sewage Aeration Treatment System* (SATS). Tangki SATS merupakan rakitan unit pengolahan limbah yang dibuat dari bahan *Fibre Reinforced Plastic* (FRP) yang diproduksi

oleh PT PAL Jayabumi Utama. Tahapan pengolahan limbah cair domestik ini adalah unit bak pengumpul (*sum-pit*) dan pengolahan utama (*main treatment*) yang berupa tangki SATS MA-1126, pada tangki tersebut terdapat tangki pemisah (*separation tank*) dan tangki aerasi (aerasi, sedimentasi, klorinasi). Dari upaya tersebut diharapkan dapat mengurangi beban pencemaran terhadap lingkungan sehingga memenuhi baku mutu yang dijadikan acuan yaitu Keputusan Gubernur daerah DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 Tentang Pengelolaan Air Limbah domestik di Provinsi DKI Jakarta.

Walaupun gedung perkantoran PT Pacific Paint sudah memiliki STP, pada kenyataannya masih terdapat parameter yang masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan. Salah satu parameter air buangan yang masih berada di atas baku mutu adalah amonia.

Tabel 1.1 Hasil Uji Air Limbah STP Gedung Redha oleh BPLHD

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu
			Influent	Effluent	
1	pH	-	7,50	7,50	6 – 9
2	Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	175,56	12,93	85
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/l	169,00	6,00	50
4	Ammonia	mg/l	55,72	14,81	10
5	Minyak dan lemak	mg/l	< 1,13	< 1,13	10
6	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	0,88	0,05	2
7	COD	mg/l	298,33	<40	80
8	BOD ( 20°C,5 hari )	mg/l	132,10	6,10	50

Sumber : Data BPLHD (2011)

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari data sekunder diatas, parameter amonia pada efluen masih berada di atas baku mutu lingkungan. Adanya amonia dalam *effluent* air limbah dapat menjadi indikasi adanya pencemaran senyawa organik yang mengandung nitrogen dalam buangan limbah cair yang berarti terjadi gangguan proses dalam pengolahan air limbah. Amonia baik yang berasal dari limbah domestik merupakan salah satu polutan yang bersifat berbahaya

(*hazardous*) apabila masuk ke badan air. Amonia juga memberikan dampak buruk terhadap lingkungan seperti peningkatan laju eutrofikasi, pencemaran air, dan bahaya terhadap komponen akuatik (Siregar, 2005).

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa rumusan masalah yang harus diketahui, diantaranya adalah :

1. Pembebanan air limbah yang masuk ke STP dan kapasitas STP.
2. Kinerja STP dalam proses pengolahan air limbah.

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Berapa debit limbah STP Gedung PT Pacific Paint per harinya?
2. Bagaimana kinerja pengolahan air limbah pada STP?
3. Bagaimana parameter amonia pada influen dan efluen STP?
4. Bagaimana usulan pengembangan desain dan operasional yang dapat diaplikasikan pada STP Gedung PT Pacific Paint?

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan:

1. Mengetahui debit air limbah yang masuk ke dalam STP.
2. Mengevaluasi kinerja unit operasi dan proses pada STP dalam rangka mengurangi kadar amonia pada efluen limbah.
3. Menurunkan kadar amonia pada efluen limbah, agar sesuai dengan baku mutu air buangan yang diterapkan.
4. Memberikan usulan pengembangan desain STP Gedung PT Pacific Paint berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Identifikasi kondisi *existing* STP Gedung PT Pacific Paint.

2. Memberikan usulan kepada pengelola gedung sebagai referensi dalam mengambil kebijakan dan keputusan mengenai pengelolaan limbah cair yang dihasilkan pada Gedung PT Pacific Paint.
3. Aplikasi dari ilmu pengetahuan yang didapat oleh peneliti pada masa perkuliahan untuk studi kasus lapangan.
4. Sebagai referensi maupun data pembandingan atau dasar pertimbangan bagi penelitian serupa terutama penelitian terkait teknologi penurunan kadar amonia pada limbah domestik perkantoran.

### 1.6 Batasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan meliputi batasan-batasan sebagai berikut :

1. Evaluasi akan dilakukan pada unit-unit pengolahan pada STP.
2. Parameter utama yang diukur adalah parameter yang masih berada diatas baku mutu air limbah domestik (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor. 122 Tahun 2005) yang diukur pada *inlet* dan *outlet* tiap unit STP.
3. Usulan pengembangan desain dapat berupa desain ulang STP, perbaikan proses, penambahan unit pengolahan baru, atau penggunaan teknologi yang sesuai dengan studi evaluasi awal.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (KepMenLH no 112 tahun 2003). Limbah perkantoran, umumnya memiliki karakteristik yang menyerupai limbah rumah tangga. Penyumbang limbah ini adalah kawasan perkantoran, perdagangan, hotel, restoran, dan tempat-tempat umum lainnya. Menurut Metcalf & Eddy (2003) limbah cair adalah kombinasi cairan dan sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri-industri yang terkadang hadir bersama air tanah, air permukaan, dan air hujan.

Air limbah domestik ini dapat dibagi dua yaitu limbah cair kakus yang umum disebut *black water* dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut *grey water*. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui *septic tank*, namun sebagian dibuang langsung ke sungai. Sedangkan *gray water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran. Perkembangan penduduk kota-kota besar tersebut semakin meningkat pesat, seiring dengan pesatnya laju pembangunan, sehingga jumlah limbah domestik yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan daya dukung sungai atau badan air penerima limbah domestik yang ada justru cenderung menurun dilihat dari terus menurunnya debit sungai tersebut (Puji & Rahmi, 2010).

### 2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Parameter-parameter air limbah domestik menunjukkan tolok ukur yang digunakan untuk menilai karakteristik fisik, kimia dan biologis dari air limbah. Parameter tersebut harus terpenuhi sebelum dilepaskan ke badan air, guna memastikan air limbah yang dibuang ke badan air tidak merugikan dan membahayakan lingkungan atau manusia dalam berbagai kemungkinan penggunaan air (Drinan, 2001).



### 2.2.1 Karakteristik Fisik

#### a. Padatan

Padatan (*solid*) merupakan material yang bervariasi dari butiran hingga materi koloid yang terkandung dalam air limbah. Terdapat beberapa klasifikasi padatan yang ditemukan dalam air limbah seperti padatan total (*total solid*), padatan total tersuspensi (*total suspended solid*), padatan total terlarut (*total dissolved solid*) dan lain-lain yang dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Definisi Padatan yang Terkandung dalam Air Limbah

<b>Jenis Padatan</b>	<b>Deskripsi</b>
<i>Total Solids (TS)</i>	Residu yang tetap ada setelah sampel air limbah melalui proses penguapan dan pengeringan pada suhu 103°C - 105°C
<i>Total Volatile Solids (TVS)</i>	Padatan yang dapat diuapkan dan terbakar saat TS dipanaskan pada suhu 500 ± 50°C
<i>Total fixed solids (TFS)</i>	Residu yang terdapat setelah TS dipanaskan pada suhu 500 ± 50°C
<i>Total suspended solid (TSS)</i>	Porsi dari TS yang tertahan pada filter/kertas saring dengan ukuran pori tertentu, yang diukur setelah dikeringkan pada suhu 105°C.
<i>Volatile suspended solid</i>	Padatan yang dapat diuapkan dan terbakar saat TSS dipanaskan pada suhu 500 ± 50°C
<i>Fixed suspended solids (FSS)</i>	Residu yang terdapat setelah TSS dipanaskan pada suhu 500 ± 50°C

Tabel 2.1 (lanjutan) Definisi Padatan yang Terkandung dalam Air Limbah

<i>Total dissolved solids</i> (TDS) (TS – TSS)	Merupakan padatan yang lolos filter/kertas saring, kemudian di uapkan dan dikeringkat pada temperatur tertentu. Perlu diperhatikan bahwa yang diukur sebagai TDS adalah koloid dan padatan terlarut. Koloid umumnya berukuran antara 0,001 – 1 $\mu\text{m}$
<i>Total volatile dissolved solids</i> (VDS)	Padatan yang dapat diuapkan dan terbakar saat TDS dipanaskan pada suhu $500 \pm 50^\circ\text{C}$
<i>Fixed dissolved solids</i> (FDS)	Residu yang terdapat setelah TDS dipanaskan pada suhu $500 \pm 50^\circ\text{C}$
<i>Settleable solids</i>	Padatan terlarut yang muncul dalam ml/l, yang akan mengendap dari larutan pada satu periode waktu.

Sumber : Metcalf & Eddy (2004).

Padatan tersuspensi di air dapat terdiri dari partikel organik maupun inorganik. Pada air permukaan padatan inorganik dapat berupa tanah liat (*clay*) dan konstituen tanah lain sementara material yang tergolong organik di antaranya jaringan tanaman dan padatan biologis seperti sel alga dan bakteri (Tchobanoglous, 1987). Material ini merupakan kontaminan alami yang berasal dari erosi air saat mengalir pada suatu permukaan

#### b. Distribusi Ukuran Partikel

TSS merupakan parameter yang bersifat *lumped* atau menggumpal. Untuk lebih memahami mengenai partikel yang mempengaruhi TSS di dalam air limbah, pengukuran tentang ukuran partikel dan analisis mengenai distribusi ukuran partikel harus dilakukan (Tchobanoglous, 1995 dalam Metcalf, 2003). Informasi tentang partikel distribusi penting untuk memperkirakan efektivitas dari proses

pengolahan (contohnya *secondary sedimentation*, filtrasi efluen, dan desinfeksi efluen). Karena efektivitas dari klorin dan desinfeksi ultra violet bergantung dari ukuran partikel, penentuan ukuran partikel menjadi hal yang penting (Metcalf & Eddy, 2004)

c. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan ukuran jumlah bahan tersuspensi dalam air (Metcalf & Eddy, 2004). Kekeruhan pada air limbah umumnya disebabkan oleh padatan organik terlarut, yang ukurannya berkisar antara koloid hingga suspensi kerikil. Air limbah domestik terdiri dari air sebanyak 99,95 %, namun keberadaan padatan organik membutuhkan BOD (Reynolds and Richard, 1996).

d. Warna

Warna dibedakan menjadi *true color* dan *apparent color*. Warna yang bisa diukur adalah *true color*, yaitu warna yang disebabkan oleh buangan terlarut pada air limbah tersebut. Sedangkan *apparent color* disebabkan oleh warna-warna bahan yang terlarut maupun yang tersuspensi. Secara kualitatif, keadaan limbah dapat ditandai dari warna-warnanya. Air buangan yang baru biasanya berwarna keabu-abuan. Jika senyawa organik yang ada mulai pecah oleh aktivitas bakteri dan adanya oksigen terlarut direduksi menjadi nol, biasanya warna berubah menjadi semakin gelap. Standar warna sebagai perbandingan untuk contoh air adalah standar Pt-Co, dan satuan warna yang digunakan adalah satuan Hazen. Untuk air minum warnanya tidak boleh lebih dari 50 satuan Hazen (Sawyer, 2003).

e. Temperatur/suhu

Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterangkan ke dalam skala-skala. Skala temperatur yang biasa digunakan adalah Fahrenheit (F) dan skala Celcius (C). Temperatur merupakan parameter yang penting dalam pengoperasian unit pengolahan limbah karena berpengaruh terhadap proses biologis dan fisika (Siregar, 2005). Peningkatan temperatur dalam air akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air dan membuat

organisme akuatik lebih rentan untuk terserang penyakit, parasit dan bahan-bahan kimia berbahaya.

f. Konduktivitas

Konduktivitas digunakan untuk mengukur konsentrasi garam terlarut, yang merepresentasikan tingkat salinitas. Air limbah mengandung garam lebih banyak dibanding air minum yang kita konsumsi dalam bentuk garam dapur (Mara, 2003). Konduktivitas elektrik diukur untuk mengetahui kemampuan suatu larutan sebagai alat pengukur arus listrik. Karena arus listrik ditransportasikan oleh ion-ion dalam larutan, konduktivitas meningkat seiring meningkatnya konsentrasi dari ion-ion tersebut. Hasilnya, pengukuran nilai konduktivitas digunakan sebagai pengukuran yang mampu mewakili konsentrasi *total dissolved solids* (TDS) (Metcalf & Eddy, 2004).

### 2.2.2 Senyawa Non-Metal Inorganik

a. pH

pH merupakan salah satu cara untuk menunjukkan konsentrasi ion hidrogen atau lebih tepatnya aktivitas ion hidrogen. Pada pengolahan air limbah yang menggunakan proses-proses biologis, pH harus dikontrol dalam *range* yang sesuai untuk organisme-organisme yang terkait. (Sawyer, 2003).

pH digunakan terutama untuk menilai kesesuaian dalam penggunaan kembali (*reuse*) air limbah yang telah diolah. Nilai pH juga sangat berguna dalam mengontrol beberapa proses pengolahan. pH air limbah yang belum diolah berada di antara 6.5 dan 9 sehingga memerlukan pengolahan biologis yang dapat berlangsung pada *range* pH yang terbatas (Reynolds, 1996). Beberapa proses lain yang tergantung pada pH adalah desinfeksi, *digestion*, dan *sludge preparation/conditioning* (Siregar, 2005). Reynolds dan Richards (1996) menyebutkan bahwa pH lebih besar dari 10,8 ammonia berada dalam bentuk gas.

b. Klorida

Klorida adalah unsur yang diperhatikan dalam air limbah karena klorida dapat memberi dampak hasil akhir dari aplikasi yang digunakan dalam air limbah yang telah diolah. Klorida di air alami berasal dari bebatuan dan tanah yang

mengandung klorida yang kontak langsung dengan air. Di aera pesisir, klorida berasal dari intrusi air laut. Terlebih lagi, air limbah yang berasal dari pertanian, industri dan domestik yang masuk ke badan air juga merupakan sumber dari klorida (Metcalf & Eddy, 2004).

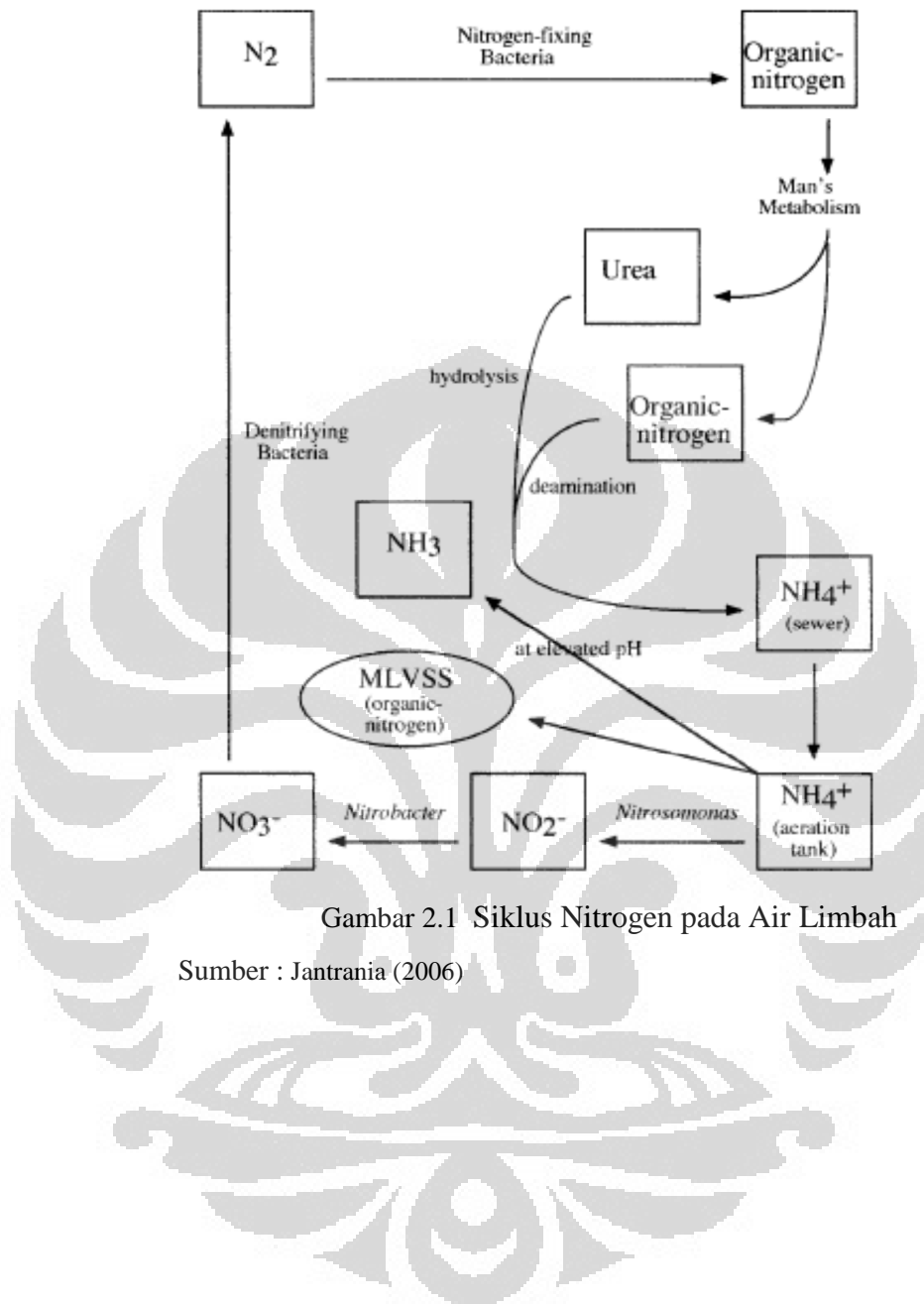
c. Alkalinitas

Salah satu parameter yang terdapat dalam air limbah adalah alkalinitas. Alkalinitas merupakan ukuran kemampuan air limbah untuk dinetralisasi. Kontributor utama alkalinitas adalah ion bikarbonat, karbonat, dan hidroksida. Meskipun demikian, borat, silikat dan fosfat juga dapat berperan sebagai kontributor alkalinitas. Penentuan tingkat alkalinitas pada beberapa titik tertentu dalam instalasi pengolahan air limbah (IPAL) akan membantu untuk memahami dan menginterpretasi unit pengolahan (Siregar, 2005). Dalam beberapa kasus, kekurangan alkalinitas dalam sumber air dapat mempengaruhi kemampuan sistem untuk menghapus nitrogen (Jantrania, 2006).

d. Nitrogen

Nitrogen hadir dalam air limbah domestik sebagai amonia dan nitrogen organik (asam amino, protein, dan nukleotida), yang terkonversi menjadi amonia karena nitrogen organik terbiodegradasi (Grady et al, 1999). Nitrogen terdapat dalam limbah organik dalam berbagai bentuk yang meliputi empat spesifikasi, yaitu nitrogen organik, dan bentuk inorganik seperti nitrogen amonia yang terdiri dari ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrogen nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrogen nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan  $\text{N}_2$ , amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) hadir dalam bentuk gas yang bersifat *insoluble*.  $\text{N}_2$  dapat terfiksasi secara biologis menjadi amonia, namun laju fiksasinya sangat lambat, hal ini yang menyebabkan  $\text{N}_2$  umumnya bersifat *inert* di alam, termasuk pada instalasi pengolahan limbah cair konvensional (WEF, 2010)

Dalam air limbah yang dingin dan masih dalam kondisi segar, biasanya kandungan nitrogen organik relatif lebih tinggi daripada nitrogen amonia. Sebaliknya, dalam air limbah yang hangat kandungan nitrogen organik relatif lebih rendah daripada nitrogen amonia. Nitrit dan nitrat terdapat dalam air limbah dalam konsentrasi yang sangat rendah (Siregar, 2005).



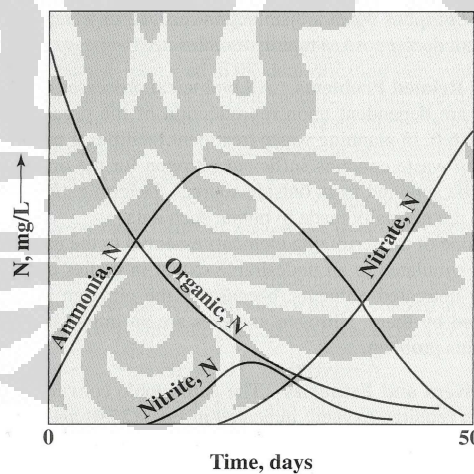
Gambar 2.1 Siklus Nitrogen pada Air Limbah

Sumber : Jantrania (2006)

Tabel 2.2 Istilah yang Digunakan untuk Menentukan Bentuk-bentuk Nitrogen

Bentuk nitrogen	Singkatan	Definisi
Gas amonia	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_3$
Ion amonium	$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_4^+$
Total nitrogen amonia	TAN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Nitrit	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_2^-$
Nitrat	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$
Total nitrogen inorganik	TIN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
Total nitrogen Kjeldahl	TKN	$\text{N}_{\text{organik}} + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Nitrogen organik	$\text{N}_{\text{organik}}$	$\text{TKN} - (\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)$
Total nitrogen	TN	$\text{N}_{\text{organik}} + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$

Sumber : Metcalf & Eddy (2004)



Gambar 2.2 Perubahan Bentuk-Bentuk Nitrogen Pada Air Terpolusi Dalam Kondisi Aerob

Sumber : Sawyer (2003)

Umumnya sumber-sumber senyawa nitrogen adalah (1) senyawa nitrogen yang berasal dari tumbuhan dan hewan, (2) sodium nitrat, dan (3) nitrogen yang berasal dari atmosfer. Pada sistem perairan senyawa nitrogen dapat berupa

nitrogen organik dan anorganik. Nitrogen terdiri atas amonia ( $\text{NH}_3$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), jumlah secara kuantitas dari nitrogen yang terakumulasi oleh tiap makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan bervariasi 1 sampai 10 persen dari total berat kering (*dry weight*) (Metcalf dan Eddy 1991).

- Nitrogen organik

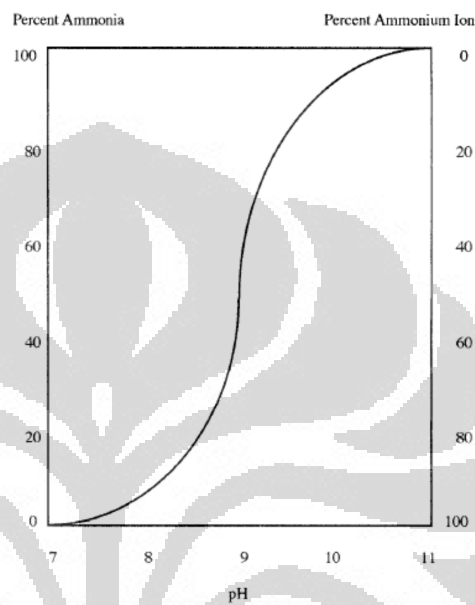
Semua nitrogen yang terdapat di dalam campuran organik dianggap sebagai nitrogen organik. Dalam air limbah domestik kebanyakan dari nitrogen organik berada dalam bentuk protein-protein yang disebabkan oleh degradasi. Nitrogen menjadi amonia dalam pembusukan anaerobik sedangkan nitrit dan nitrat dalam pembusukan aerobik (Rahmi, 2010). Gerardi (2002) menjelaskan bahwa senyawa organik yang mengandung nitrogen dianggap senyawa nitrogen organik. Sebuah contoh dari senyawa organik-nitrogen adalah urea ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ). Urea adalah komponen kimia utama dari urin. Senyawa organik seperti asam amino, protein, dan urea adalah senyawa utama nitrogen organik dalam air limbah domestik, sementara ion amonium adalah senyawa utama anorganik dalam air limbah domestik. Sawyer (2003) menyebutkan bahwa protein merupakan nitrogen yang berada dalam bentuk organik (nitrogen organik). Sumber yang sama juga menyebutkan bahwa feses dari hewan mengandung sejumlah bahan protein yang tidak terasimilasi (nitrogen organik). Nitrogen organik pada proses aerobik akan dikonversi menjadi nitrat (Jantrania, 2006).

- Amonia

Sorensen pada *The Removal Of Nitrogen Compounds* tahun 1993 mengemukakan bahwa amonia terbentuk dari dekomposisi materi organik. Amonia pada air limbah merupakan campuran gas amonia terlarut ( $\text{NH}_3$ ) dan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) biasanya masing-masing disebut sebagai amonia bebas dan amonia ion (Mara, 2003). Total amonia merupakan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  (Gustin dan Logar, 2010). Menurut Metcalf dan Eddy (2004) keberadaan amonia di suatu larutan dalam



bentuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan gas amonia terlarut ( $\text{NH}_3$ ) bergantung dari pH larutan, sesuai dengan reaksi kesetimbangan berikut:



Gambar 2.3 pH dan Konversi dari Amonia dan Ion Amonium  
Sumber : Gerardi 2002

Jumlah relatif amonia dan ion amonium di air dipengaruhi oleh pH dari air. Saat pH air menurun, jumlah ion amonium naik. Sebaliknya, ketika pH air meningkat, jumlah amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) naik, pada nilai pH 9,4 atau lebih tinggi amonia tersedia dalam jumlah yang banyak (Gerardi, 2002). Amonia merupakan senyawa nitrogen yang mudah larut dalam air dan bersifat basa sehingga dalam air akan membentuk amonium hidroksida. Amonia dapat bersifat racun bagi kehidupan akuatik walaupun dalam jumlah yang rendah. Amonia juga merupakan penyumbang dalam proses eutrofikasi dan menyebabkan kebutuhan oksigen yang tinggi pada badan air penerima (Siripong & Rittmann, 2007). Amonia bersifat sangat racun terhadap ikan, sedangkan amonium, bentuk amonia yang terionisasi tidak berbahaya. (Sorensen, 1993).

- Nitrit

Nitrogen nitrit, ditentukan secara *colorimetrically*, umumnya bersifat tiak stabil dan mudah teroksidasi menjadi bentuk nitrat. Nitrit adalah salah satu indikator dari pencemaran dan jarang melewati 1 mg/l di air limbah. Walaupun hadir dalam konsentrasi yang rendah, nitrit sangat penting dalam air limbah dan studi pencemaran air karena sifatnya yang toksik terhadap ikan dan spesies akuatik lainnya (Metcalf & Eddy, 2003).

- Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) adalah bentuk nitrogen yang dinamis dan merupakan bentuk yang paling dominan pada limpasan (*run-off*), sungai, keluarnya air tanah dan deposisi atmosfer ke laut. Nitrat merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan alga, nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Kirchman, 2000). Nitrat adalah bentuk paling teroksidasi nitrogen (+5). Nitrat berasal dari limpasan dari penggunaan pupuk, pencucian dari tangki septik, limbah, dan erosi deposito alam (Cheremisinoff, 2001). Sama dengan nitrit, jika mencemari sumber air bersih nitrat dapat menyebabkan penyakit methemoglobinemia pada bayi yang berusia  $\pm$  6 bulan (WEF, 2010)

e. Fosfor

Fosfor merupakan elemen penting dalam proses metabolisme organisme-organisme biologis. Pada proses biologis, diperlukan konsentrasi yang minimal untuk mencapai operasi yang optimal. Fosfor berada dalam air limbah dalam berbagai bentuk, antara lain ortofosfat, pirofosfat, polifosfat dan metafosfat, serta fosfor organik. Di antara ketiga bentuk fosfor tersebut, ortofosfat merupakan bahan metabolisme organisme yang paling baik (Siregar 2005).

f. Gas

Gas yang terdapat dalam air limbah biasanya terdiri atas oksigen, karbondioksida, hidrogen sulfida, amonia dan metana (Siregar 2005).

g. Bau

Zat-zat organik yang menghasilkan gas-gas tertentu juga karena adanya reaksi kimia yang menimbulkan gas. Standar bau dinyatakan dalam bilangan ambang bau (*Threshold Odor Number*) yang menunjukkan pengenceran maksimum dari contoh air (limbah) hingga dihasilkan campuran yang tidak berbau lagi.

### 2.2.3 Kandungan Agregat Organik

a. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) adalah jumlah oksigen terlarut di dalam air yang diperlukan untuk pengoksidaan biokimia secara aerobik terhadap bahan organik yang wujud dalam air oleh mikroorganisme tertentu dalam tempo masa yang tertentu (Nemerow, 2009). Sungai dikatakan mengalami pencemaran air serius sekiranya BOD sungai menyebabkan DO air sungai menjadi kurang daripada 4 mg/l (Vesilind et al., 1994).

Oksigen yang dikonsumsi oleh mikroba adalah oksigen terlarut (DO). kebutuhan akan oksigen inilah yang disebut dengan *biochemical oxygen demand* (BOD), jumlah oksigen pengurai aerobik diperlukan untuk pembusukan bahan organik dalam volume air tertentu selama periode inkubasi 68 °F (20 °C) (Drinan, 2001). Gerardi (2002) menambahkan, BOD adalah jumlah oksigen terlarut diukur dalam miligram per liter (mg/l) yang diperlukan oleh organisme, terutama bakteri, untuk mengoksidasi (menurunkan) limbah menjadi senyawa anorganik sederhana dan sel bakteri lebih banyak.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk (1) menentukan perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilisasi material organik secara biologis, (2) menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah, (3) mengukur efisiensi beberapa pengolahan, (4) menentukan pemenuhan batas ijin buangan yang diperbolehkan (Metcalf & Eddy, 2004)

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah ukuran jumlah oksigen dalam mg/l, secara kimiawi yang dipakai untuk oksidasi zat organik dan material inorganik dalam air yang dapat

dioksidasi. COD biasanya lebih tinggi dibandingkan BOD air. Pengujiannya jauh lebih cepat dibanding uji BOD, dan tidak mengoksidasi beberapa polutan organik (piridin, benzen, toluen) tetapi mengoksidasi senyawa inorganik yang tidak terukur pada BOD (Nemerrow et al, 2009).

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah. Metode ini memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan analisis BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen secara kimiawi dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia (Siregar, 2005)

c. *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen dalam milligram yang terdapat dalam satu liter air yang dinyatakan dengan mg/l. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi dengan permukaan air, aliran air masuk, air hujan, dan hasil dari proses fotosintesis plankton atau tumbuhan air. Oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat menjadi indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi.

Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain adalah suhu, kadar garam (salinitas), pergerakan air di permukaan, luas daerah permukaan perairan yang terbuka, tekanan atmosfer, dan persentase oksigen di sekelilingnya (Welch,1992). DO juga merupakan faktor yang menentukan apakah perubahan biologis berjalan oleh bakteri aerobik atau anaerobik.

#### 2.2.4 Karakteristik Biologis

Air limbah biasanya mengandung mikroorganisme yang memiliki peran penting dalam pengolahan air limbah secara biologi. Ada pula mikroorganisme yang membahayakan bagi kehidupan. Mikroorganisme tersebut antara lain bakteri, jamur, protozoa dan alga (Qasyim, 1985).

Kebanyakan mikroorganisme sulit untuk diisolasi dan diidentifikasi. Untuk itu diperlukan organisme indikator, dimana kehadiran organisme ini sebagai pertanda bahwa organisme patogen terdapat didalam air tersebut (Metcalf & Eddy, 2004)

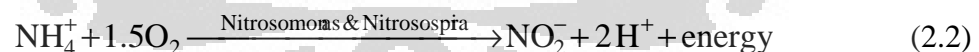
a. Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme bersel tunggal dan biasanya tidak berwarna. Memiliki berbagai bentuk seperti batang, bulat dan spiral. Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri yang dapat dijadikan indikator polusi buangan manusia (Tchobanoglous, 1991). Bakteri banyak terdapat pada unit pengolahan biologi dengan biofilter dan pada lumpur aktif. Bakteri berfungsi untuk mendegradasi zat organik. Dalam pengolahan secara biologi, bakteri inilah yang paling dominan dalam mendegradasi senyawa organik baik proses aerobik atau anaerobik.

Lebih lanjut bakteri yang terdapat pada unit pengolahan biologi antara lain:

- Bakteri Nitrifikasi.

Bakteri nitrifikasi merupakan bakteri aerob. Mereka mengoksidasi amonia terionisasi ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). *Nitrosomonas* dan *Nitrospira* termasuk bakteri yang mengoksidasi ammonia terionisasi (amonium). Bakteri yang mengoksidasi nitrit antara lain *Nitrobacter* dan *Nitrospira*. *Nitrosomonas* dan *Nitrospira* mengoksidasi amonia terionisasi menjadi nitrit, sedangkan *Nitrobacter* dan *Nitrospira* mengoksidasi nitrit menjadi nitrat (Gerardi, 2006).



Gerardi pada '*Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*' tahun 2002 menyebutkan bakteri nitrifikasi hidup di berbagai habitat termasuk besar air tawar, air minum, air limbah, air laut, air payau, dan tanah. Bakteri nitrifikasi dikenal dengan banyak nama yang berasal dari substrat karbon dan energi dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Tabel Jenis-Jenis Bakteri Nitrifikasi

Name	Derivation
Ammonia-oxidizing bacteria	Oxidize ammonium ions
Ammonia-removing bacteria	Reduce the concentration of ammonium ions
Autotrophs	Obtain carbon from CO <sub>2</sub>
Chemolithoautotrophs	Obtain carbon from CO <sub>2</sub> and energy from chemical minerals
nBOD-oxidizing bacteria	Oxidize ammonium ions Oxidize nitrite ions
nBOD-removing bacteria	Reduce the concentration of ammonium ions Reduce the concentration of nitrite ions
Nitrifiers	Oxidize ammonium ions Oxidize nitrite ions
Nitrifying bacteria	Oxidize ammonium ions Oxidize nitrite ions
Nitrite-oxidizing bacteria	Oxidize nitrite ions
Nitrite-removing bacteria	Reduce the concentration of nitrite ions
NOD-oxidizing bacteria	Oxidize ammonium ions Oxidize nitrite ions
NOD-removing bacteria	Reduce the concentration of ammonium ions Reduce the concentration of nitrite ions

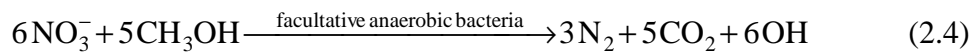
Sumber : (Gerardi 2006)

Karena jumlah ion amonium dan ion nitrit yang diperlukan untuk mengasimilasi karbon dioksida relatif besar, bakteri nitrifikasi memiliki tingkat reproduksi yang sangat rendah. Dalam proses lumpur aktif, bakteri nitrifikasi dapat meningkat dalam jumlah hanya jika tingkat reproduksi mereka lebih besar dari tingkat removal mereka melalui pembuangan lumpur dan pembuangan di efluen (Gerardi, 2006).

- **Bakteri Denitrifikasi**

Bakteri fakultatif anaerob atau bakteri denitrifikasi mampu menggunakan baik molekul oksigen bebas, nitrat, nitrit atau menurunkan cBOD larut dalam rangka untuk memperoleh karbon dan energi untuk pertumbuhan sel dan aktivitas. Bakteri denitrifikasi hanya menggunakan satu molekul pada suatu waktu, meskipun mampu menggunakan molekul oksigen bebas,

nitrat dan nitrit. Mereka menggunakan molekul yang tersedia dan mengandung sebagian besar karbon dan energi untuk pertumbuhan sel dan aktivitas (Gerardi, 2006).



### 2.3 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan (PP 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Baku mutu air limbah domestik berlaku bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan dan apartemen.

Baku mutu air limbah dibuat untuk menghindari pencemaran yang terjadi akibat limbah cair langsung dibuang ke badan air penerima. Oleh sebab itu, diperlukan batasan-batasan parameter berupa baku mutu lingkungan air limbah yang mencantumkan batasan minimum dari parameter pencemar tersebut.

#### 2.3.1 Standar Efluen

Standar efluen adalah suatu batasan atau baku mutu konsentrasi air buangan yang boleh dikeluarkan dan dibuang ke badan air penerima. Standar ini lebih baik untuk digunakan karena lebih aman dari terjadinya pencemaran. Baku mutu air limbah domestik sebagai standar efluen umumnya mengacu pada KepMen Nomor 112 Tahun 2003. Parameter utama ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.4 KepMen Nomor 112 Tahun 2003

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Sumber : Keputusan Menteri Nomor 112 Tahun 2003

Umumnya perkantoran-perkantoran dan apartemen yang berlokasi di DKI Jakarta menggunakan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 sebagai baku mutu untuk air limbah domestik mereka dengan parameter berikut :

Tabel 2.5 Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005

NO	PARAMETER	satuan	individual/ rumah tangga	Komunal
1	pH	-	6 – 9	6 – 9
2	KMnO <sub>4</sub>	mg/l	85	85
3	TSS	mg/l	50	50
4	Amonia	mg/l	10	10
5	Minyak dan lemak	mg/l	10	10
6	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	2	2
7	COD	mg/l	100	80
8	BOD	mg/l	75	50

Sumber : Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005

### 2.3.2 Standar Badan Air Penerima (*Stream Standard*)

Standar badan air penerima menggambarkan kualitas badan air pada kondisi saat dimasukkannya air buangan ke badan air tersebut. Standar ini sangat terpengaruh oleh kualitas badan air itu sendiri yang selama pengalirannya mengalami perubahan debit dan kualitas.

## 2.4 Estimasi Timbulan Air Limbah Domestik Perkantoran

Data kebutuhan air bersih sangat dibutuhkan dalam mengestimasi kuantitas produksi air limbah. kantidad air limbah tersebut akan bervariasi tergantung pada kondisi cuaca, kebutuhan air bersih harian, dan tiap jam-nya.

- Pada hari kerja kebutuhan air bersih akan lebih tinggi dibandingkan dengan hari libur.
- Kondisi hari yang panas dan kering akan meningkatkan kebutuhan air bersih dibandingkan saat kondisi hari yang dingin atau hujan.



- Pada kurun waktu satu hari terdapat waktu-waktu tertentu saat terjadi puncak pemakaian air bersih yang tergantung pada aktivitas yang dilakukan.

Menurut sumber yang sama, pada perhitungannya, estimasi kuantitas air limbah domestik dapat dilakukan melalui beberapa cara, diantaranya :

1. Nilai rata-rata pemakaian air bersih yang bisa dihitung menggunakan meteran PAM,
2. Menggunakan luasan efektif bangunan untuk mendapatkan jumlah populasi manusia kemudian dihitung dengan nilai debit pemakaian air bersih di gedung,
3. Perhitungan jumlah alat plambing yang digunakan dan disesuaikan dengan frekuensi penggunaan alat-alat plambing tersebut, dan
4. Perhitungan langsung pada saluran *inlet* instalasi pengolahan secara langsung.

Berikut adalah nilai-nilai debit kebutuhan air bersih yang dapat digunakan sebagai acuan perhitungan.

Tabel 2.6 Tipe Besaran Population *Equivalent* ( $P_e$ ) untuk Perancangan IPAL Berdasarkan Jenis Peruntukan Bangunan

Peruntukan Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Debit Air Limbah	Satuan	$P_e$	Acuan
Gedung Kantor	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005

Sumber : Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta, Nomor 122 tahun 2005

Tabel 2.7 Tipe Sumber Aliran Air Limbah dari Sumber Komersial di AS

Source	Unit	Flowrate gal/unit d		Flowrate, l/unit d	
		Range	Typical	Range	Typical
Office	Employee	7 – 16	13	26- 60	50

Sumber : Metcalf & Eddy (2004)

Tabel 2.8 Pemakaian Air dan Frekuensi Penggunaan per Jam Tiap Alat Plumbing

No	Alat Plumbing	Vol pemakaian air untuk penggunaan 1 kali (l)	Frekuensi penggunaan per jam
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5	6-12
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18	12
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5	12
6	Bak cuci tangan kecil	3	12-20
7	Bak cuci tangan biasa ( <i>lavatory</i> )	10	6-12
8	Bak cuci dapur (keran 13mm)	15	6-12
9	Bak cuci dapur (keran 20 mm)	25	6-12
10	Bak mandi rendam ( <i>bath tub</i> )	125	3
11	Pancuran mandi ( <i>shower</i> )	24-60	3

Sumber : Noerbambang (1993)

## 2.5 Pengolahan Air Limbah Domestik

Agar air limbah domestik yang berasal dari perkotaan tidak mencemari badan air penerima, air limbah harus diolah sebelum dilepaskan ke badan air sesuai dengan parameter-parameter yang diatur oleh pemerintah setempat atau biasa disebut baku mutu lingkungan. Pengolahan limbah cair dibedakan menjadi dua, pengolahan berdasarkan tingkat pengolahan dan pengolahan berdasarkan sifatnya.

## 2.5.1 Pengolahan Berdasarkan Tingkat Pengolahan

### 2.5.1.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*)

Merupakan pengolahan untuk memisahkan air dari benda-benda padat yang dapat membahayakan unit-unit pengolahan selanjutnya, misalnya potongan kayu dan plastic. Biasanya unit ini berupa saringan kasar. Dengan adanya pengolahan ini akan mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya.

### 2.5.1.2 Pengolahan Awal (*Primary Treatment*)

Primary treatment Merupakan proses pendahuluan, dimana proses pengolahan berlangsung secara fisik. Pada umumnya mampu mereduksi 25-30% BOD dan 50-60 % kadar *suspended solid*. Pengolahan ini dilakukan dengan cara membiarkan padatan mengendap atau dapat juga dengan memisahkan padatan yang mengapung seperti daun dan lain-lain. Proses primer terdiri dari beberapa tahap penanganan, yaitu:

#### 1) Penyaringan (*screening*)

*Screening* umumnya merupakan unit operasi pertama yang digunakan di instalasi pengolahan air limbah. Bahan-bahan buangan yang mengapung dan ukuran besar dapat dihilangkan dari air buangan dengan saringan. Dapat juga menggunakan alat yang dapat menyaring dan menghancurkan limbah padatan. Bahan yang telah di hancurkan ini akan tetap berada dalam air dan dipisahkan dalam tangki pengendap.

#### 2) Pengendapan dan pemisahan

Pasir, benda-benda kecil dari hancuran padatan pada tahap pertama dibiarkan mengendap pada dasar tabung. Pada unit pemisahan endapan. Padatan dapat mengendap jika aliran air buangan diperlambat, untuk proses ini memerlukan tangki sedimentasi.

Unit-unit yang termasuk dalam pengolahan awal ini antara lain saringan kasar, *comminutor*, *grit chamber* dan bak sedimentasi. Selain itu terdapat unit yang dinamakan tangki ekualisasi yang berfungsi untuk mengendalikan fluktuasi air buangan sebelum masuk ke unit proses biologis agar tidak terjadi *shock loading* pada pengolahan biologis.

### 2.5.1.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Merupakan suatu bentuk pengolahan yang menggunakan proses kimiawi dan biologis, dikenal sebagai unit proses. Pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Jenis unit pengolahannya antara lain *Oxidation Ditch*, *Activated Sludge*, *Trickling Filter*, *Rotating Biological Contractor*, *Aerator Lagoon* dan *Stabilization Pond*.

#### 1. *Activated sludge* (lumpur aktif)

Pengolahan limbah dengan lumpur aktif memanfaatkan sistem terfluidisasi dari pertumbuhan campuran mikroorganisme dalam kondisi aerobik untuk menggunakan bahan-bahan organik dalam air limbah sebagai substrat, sehingga menghilangkannya dengan respirasi mikroba dan sintesis (Richard & Reynolds, 1996). Proses lumpur aktif ini terdiri dari dua tangki yaitu tangki/bak aerasi dimana terjadi reaksi penguraian zat organik secara biokimia oleh mikroorganisme dalam keadaan cukup oksigen dan bak pemisah/pengendap *biosolid* yaitu tempat *biosolid* (lumpur aktif) dipisahkan dari cairan untuk dikembalikan ke bak aerasi dan kelebihan biosolidnya dibuang (Tchobanoglous, 1991).

Pada proses lumpur aktif, mikroorganisme dicampur menyeluruh dengan organik agar dapat berkembang biak dan dengan demikian menstabilkan organik yang ada. Mikroorganisme tersebut berkembang dan berkumpul membentuk *microbial floc* yang disebut lumpur aktif.

#### a. Tangki Aerasi

Dalam sistem lumpur aktif, air limbah masuk ke dalam bak aerasi yang berisi lumpur aktif dimana dilakukan aerasi secara terus menerus untuk memberi oksigen. Di dalam bak aerasi ini terjadi penguraian–penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh mikroba yang terdapat dalam lumpur aktif menjadi gas CO<sub>2</sub> dan sel baru. Udara dialirkan dengan tujuan untuk menyampurkan dan mensirkulasikan seluruh isi bak. Selain itu, udara yang dialirkan juga berfungsi sebagai suplai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Penyaluran udara biasa dilakukan dengan *diffusers*, atau juga

dengan *mechanical aerator*. Terkadang udara yang dialirkan merupakan oksigen murni, hal ini dimaksudkan untuk memaksimalkan proses yang akan terjadi (Richard & Reynolds, 1996).

Metcalf & Eddy (2004) menjelaskan bahwa terdapat beberapa tipe sistem aerasi yang digunakan sebagai pengolahan air limbah. Sistem aerasi ini bergantung dari fungsi, tipe dan geometry dari reaktor, biaya instalasi dan biaya operasi sistem. Umumnya, terdapat dua tipe sistem aerasi, (1) aerasi dengan sistem difusi dan (2) *aerator* mekanik. Penjelasan mengenai aerasi dengan sistem difusi dijelaskan sebagai berikut:

(1) Aerasi dengan difusi udara

Aerasi dengan sistem difusi merupakan *diffuser* yang berada di bawah permukaan air. Contoh tipe *aerator* dengan sistem difusi adalah *diffuser*, *blower* dan *air piping*.

- Diffuser

Dahulu, bermacam-macam alat difusi diklasifikasikan menjadi *fine bubble* atau *coarse bubble*, dengan anggapan *fine bubble* lebih efisien dalam mentransfer oksigen. Preferensi saat ini mengategorikan sistem aerasi difusi dengan karakter fisik dari alat *aerator* itu sendiri. Terdapat tiga kategori yaitu (1) *porous or fine-pore diffusers*, (2) *Nonporous diffusers* dan (3) alat difusi lainnya seperti *jet aerator*, *aspirating aerator*, dan *U-tube aerator*.

- Blower

Terdapat tiga jenis blower yang umumnya digunakan untuk aerasi: sentrifugal, *rotary lobe* dan *vane-variable diffuser*. Blower sentrifugal umumnya digunakan untuk kapasitas unit lebih besar dari 425 m<sup>3</sup>/min. Jika kapasitas unitnya lebih kecil *blower* tipe *rotary lobe* lebih umum digunakan.

- Air piping

*Air piping* terdiri dari pipa udara, katup, alat pengukur dan bagian-bagian lain yang mengalirkan udara yang terpadatkan dari *blower*

menuju *diffuser*. Karena tekanan yang dihasilkan cukup kecil ( $70 \text{ kN/m}^3$ ), maka pipa yang ringan dapat digunakan.

## (2) Aerator mekanik

Aerator mekanik umumnya terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan desain secara umum dan fitur operasi : *aerator* dengan *axis* vertikal dan *axis* horizontal. Lebih lanjut, kedua kelompok terbagi lagi menjadi *surface aerator* dan *submerged aerator*. Pada *surface aerator*, oksigen diperoleh dari atmosfer; pada *submerged aerator*, oksigen diperoleh dari atmosfer dan, untuk beberapa tipe, berasal dari udara atau oksigen murni yang dimasukkan pada bagian dasar tangki.

Terdapat beberapa tipe lumpur aktif berdasarkan sistem aerasi yang digunakan sistem lumpur aktif konvensional, sistem aerasi berlanjut (*extended aeration system*), sistem aerasi bertahap (*step aeration*), sistem aerasi berjenjang (*tapered aeration*), sistem stabilisasi kontak (*contact stabilization system*), sistem oksidasi parit (*oxydation ditch*) dan sistem lumpur aktif kecepatan tinggi (*high rate activated sludge*) (Richard & Reynolds, 1996). Menurut Eckenfelder (2000), aerasi mempunyai dua fungsi. Fungsi pertama adalah mensuplai oksigen ke dalam air buangan yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, dan berfungsi untuk menggerakkan cairan sehingga polutan atau zat pencemar yang terdapat dalam air buangan dan oksigen yang masuk tercampur dengan baik membentuk cairan homogen.

Pada pengolahan lumpur aktif Nitrifikasi terjadi di dalam unit aerasi (*aeration basin*). Nitrifikasi dalam air menjadi perhatian dalam pengolahan air limbah, karena nitrifikasi mungkin diperlukan untuk tujuan peraturan atau dapat berkontribusi untuk menjawab permasalahan operasional (Mara, 2003). Meskipun ion amonium dan amonia merupakan bentuk tereduksi dari nitrogen, ion amonium dan amonia tidak terikat pada oksigen. Ion ammonium teroksidasi selama nitrifikasi, bukan amonia. Kuantitas ion amonium dan amonia dalam tangki aerasi tergantung pada pH dan suhu lumpur aktif. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi di dalam air limbah diantaranya adalah :

### 1. Temperatur (Suhu)

Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri nitrifikasi, berdasarkan literatur adalah antara 28 C dan 36 C (Sorensen, 1993). Laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi secara langsung dipengaruhi oleh suhu. Dengan meningkatnya suhu, pertumbuhan bakteri nitrifikasi akan terakselerasi, dan nitrifikasi akan dicapai tanpa kesulitan. Sebaliknya, dengan menurunnya suhu laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi akan melambat (Gerardi, 2002).

Tabel 2.9 Suhu dan *Nitrification*

Temperatur	Efek Terhadap Nitrifikasi
> 45°C	Nitrifikasi berhenti
28 °- 32°C	Kisaran temperatur optimal
16 °C	Kurang lebih 50% dari laju nitrifikasi pada 30 °C
10 °C	Reduksi laju nitrifikasi secara signifikan
< 5°C	Nitrifikasi berhenti

Sumber : Gerardi (2002)

### 2. pH

Pada literatur, nilai pH optimum untuk proses nitrifikasi bermacam-macam antara 8 dan 9. Umumnya laju nitrifikasi menurun saat pH juga menurun (Sorensen, 1993). Namun Gerardi (2002) menyatakan kondisi pH optimum untuk proses nitrifikasi adalah 7–8,5. Sumber yang sama menyebutkan pH ideal bagi pertumbuhan *Nitrosomonas* adalah 5,8–8,5, sedangkan untuk bakteri *Nitrobacter* adalah 6,5–8,5. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pH juga memengaruhi konversi amonium menjadi amonia bebas. Jika pH semakin tinggi maka semakin banyak amonia bebas yang terkonversi.

### 3. Oksigen terlarut

Dalam perhitungan teknis, kebutuhan aerasi sebesar 4,6 mg O<sub>2</sub> per mg NH<sub>4</sub>-N mencukupi untuk digunakan dalam proses nitrifikasi. Hampir di semua sistem pengolahan, oksigen juga dibutuhkan untuk mengoksidasi material lain selain amonia yang terdapat pada air limbah. Oleh karena itu

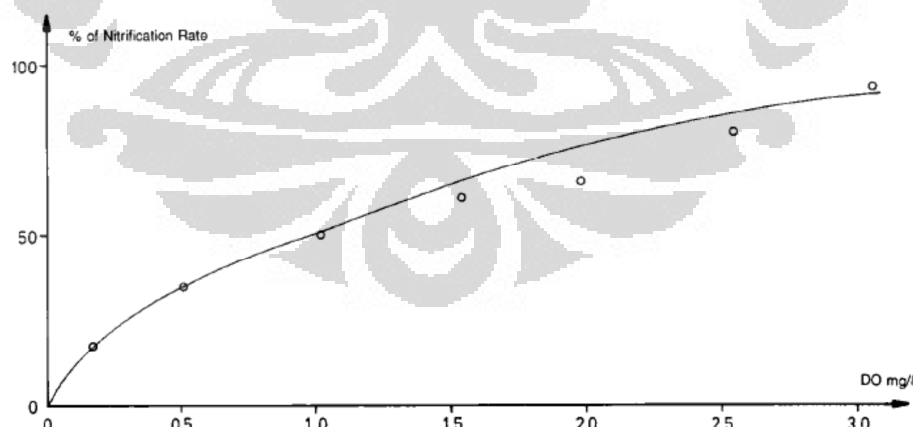
hal ini sering meningkatkan kebutuhan total oksigen pada reaktor nitrifikasi (Sorensen, 1993). Hasil dari beberapa kajian mengenai pengaruh dari konsentrasi DO pada efisiensi nitrifikasi dirangkum pada tabel berikut:

Tabel 2.10 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Proses Nitrifikasi

<i>Concentration DO (mg/l)</i>	<i>Observation</i>	<i>Observation Method</i>	<i>Reference</i>
<3	<i>limiting</i>	<i>activated sludge</i>	Downing & Knowles
<i>below 1 - 1,5</i>	<i>limiting for growth</i>	<i>activated sludge</i>	Wuhmann (1964)
0,5 - 0,7	<i>critical</i>	<i>activated sludge</i>	Downing & Knowles (1966)
2, 4, 8	<i>degree of nitrate about 10 % lower at 2 mg/l</i>	<i>small-scale plant</i>	British Ministry of Technology (1965)
1	<i>limiting</i>	<i>pilot lant; activated sludge</i>	Metcalf & Eddy (1973)

Sumber : Sorensen (1993)

Gerardi (2002) memaparkan kisaran konsentrasi pada tangki aerasi 2-3 mg/l konsentrasi oksigen terlarut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan bakteri penitrifikasi (*nitrifier*) dan nitrifikasi dalam sistem pengolahan limbah secara biologis.



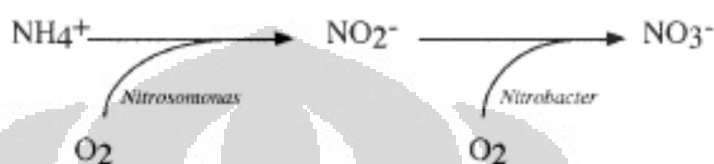
Gambar 2.4 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Laju Nitrifikasi

Sumber : Sorensen (1993)

Gerardi (2002) menjelaskan oksidasi ion amonium dan ion nitrit dicapai melalui penambahan oksigen terlarut dalam sel bakteri. Karena nitrifikasi atau



reaksi biokimia penambahan oksigen terjadi di dalam sel biologi. Nitrifikasi terjadi melalui reaksi biokimia. Nitrifikasi biologis dalam proses lumpur aktif terdiri dari penghilangan oksigen dari tangki aerasi dan penambahannya pada ion amonium atau ion nitrit. Oksigen ditambahkan ke ion amonium oleh nitrifikasi bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksigen ditambahkan ke ion nitrit oleh nitrifikasi bakteri *Nitrobacter*.



Gambar 2.5 Proses Nitrifikasi Secara Biologis

Sumber : Gerardi (2002)

Denitrifikasi Air Limbah menjelaskan penggunaan ion nitrit atau ion nitrat oleh anaerob fakultatif (bakteri denitrifikasi) untuk menurunkan BOD. Meskipun denitrifikasi sering dikombinasikan dengan aerobik nitrifikasi untuk menghilangkan berbagai bentuk senyawa nitrogen dari air limbah, denitrifikasi terjadi saat kondisi anoksik muncul. Oleh karena itu denitrifikasi dapat memberikan kondisi operasional yang menguntungkan atau dapat berkontribusi untuk mengatasi masalah operasional. bakteri anaerob fakultatif membentuk sekitar 80% dari bakteri dalam proses lumpur aktif.

Pada proses lumpur aktif terdapat beberapa parameter penting dalam pengolahan lumpur aktif:

- a. Beban organik (*organic loading rate* atau *volumetric loading rate*).  
beban organik volumetrik tingkat, yang didefinisikan sebagai jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume tangki aerasi per hari (Metcalf & Eddy, 2004), yaitu

$$L_{org} = \frac{(Q)(S_0)}{(V)(10^3 \text{ g/kg})} \quad (2.5)$$

dimana  $L_{org}$  = beban organik volumetrik, kg BOD/m<sup>3</sup>•d

Q = debit influen air limbah, m<sup>3</sup>/d

$S_0$  = konsentrasi BOD influen,  $\text{g/m}^3$

$V$  = volume tangki aerasi,  $\text{m}^3$

- b. MLSS : isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai MLSS yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS terdiri dari semua padatan dalam aerasi tangki dan *secondary clarifier* (Gerardi, 2002).

$$\text{Mass of MLSS} = (X_{\text{TSS}})(V) = (P_{\text{X,TSS}})\text{SRT} \quad (2.6)$$

dimana  $(X_{\text{TSS}})$  = total MLSS di tangki aerasi,  $\text{g TSS/m}^3$

$V$  = volume reaktor  $\text{m}^3$

$(P_{\text{X,TSS}})$  = total *solid* yang dibuang per hari,  $\text{g TSS/d}$

$\text{SRT}$  = *solids retention time*, d

- c. MLVSS

Merupakan porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel.

$$\text{Mass of MLVSS} = (X_{\text{VSS}})(V) = (P_{\text{X,vss}})\text{SRT} \quad (2.7)$$

dimana  $(X_{\text{VSS}})$  = total MLVSS di tangki aerasi,  $\text{g VSS/m}^3$

$V$  = volume reaktor  $\text{m}^3$

$(P_{\text{X,vss}})$  = total *solid* yang dibuang perhari,  $\text{g VSS/d}$

$\text{SRT}$  = *solids retention time*, d

- d. *Food to Microorganism ratio* atau *food to mass ratio* (F/M ratio) adalah parameter yang menunjukkan zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya nilai F/M *ratio* umumnya

ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari. (Metcalf & Eddy, 2004) menuliskan persamaannya sebagai berikut.

$$F/M = Q S_0 / (V)(X) \quad (2.8)$$

dan

$$F/M = \frac{(S_0)}{(\tau)(X)}$$

dimana  $F/M$  = *food to mass ratio*, g BOD

$Q$  = debit influen air limbah, m<sup>3</sup>/d

$S_0$  = konsentrasi BOD influen, g/m<sup>3</sup>

$V$  = volume tangki aerasi, m<sup>3</sup>

$X$  = MLSS di tangki aerasi g/m<sup>3</sup>

$\tau$  = waktu retensi hidrolis, V/Q, d

e. *Hydraulic retention time* (HRT)

Waktu tinggal hidrolis (HRT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh air limbah untuk masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif. Nilai ini berbanding terbalik dengan laju pengenceran (Yenti, 2011). Persamaannya tertulis menjadi

$$HRT = \frac{1}{D} = \frac{V}{Q} \quad (2.9)$$

dimana :

$V$  = volume reaktor (m<sup>3</sup>)

$Q$  = debit air limbah masuk ke tangki aerasi (m<sup>3</sup>/jam)

$D$  = laju pengenceran (1/jam)

f. Rasio Sirkulasi Lumpur.

Rasio sirkulasi lumpur merupakan perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke bak aerasi.

g. Umur lumpur

Umumnya disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell resident time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal (rata-rata) mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dihitung dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba (Qasim, 1985). Persamaan yang digunakan adalah :

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{QY(S_o - S)}{V \cdot x} - k_d \quad (2.10)$$

dimana :

- $x$  = *mixed liquor suspended solid* (kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  = volume reaktor (m<sup>3</sup>)
- $\theta_c$  = Umur lumpur (hari)
- $k_d$  = *Endogenous decay rate constant* (1/hari)
- $Y$  = Konstanta kinetik (kg biomassa/kg BOD<sub>5</sub>)
- $Q$  = Debit influen limbah (m<sup>3</sup>/hari)
- $S_o$  = BOD influen (mg/L)
- $S$  = BOD efluen (mg/L)

Tabel 2.11 Kriteria Desain *Activated Sludge*

<i>type of process</i>	<i>MCRT, days</i>	<i>F/M ratio</i>	<i>space loading, kg BOD/day</i>	<i>HRT in aeration basin, hr</i>	<i>MLSS (mg/l)</i>	<i>recycle ratio, R/Q</i>	<i>flow regime</i>	<i>BOD removal efficiency, %</i>
<i>Conventional</i>	5--15	0,2-0,4	0,3-0,6	4--8	1500-3000	0,25-1	PF,DPF	85-95
<i>Tappered Aeration</i>	5--15	0,2-0,4	0,3-0,6	4--8	1500-3000	0,25-1	PF,DPF	85-95
<i>Completely Mixed</i>	5--30	0,1-0,6	0,8-2	3--6	2500-4000	0,25-1,5	CM	85-95
<i>Step Aeration</i>	5--15	0,2-0,4	0,6-1	3--5	2000-3000	0,25-0,75	PF,DPF	85-95
<i>Modified Eration</i>	0,2-0,5	1,5-5	1,2-2,4	1,5-3	200-500	0,05-0,15	PF,DPF	60-75
<i>Contact Stabilization</i>	5--15	0,2-0,6	1-1,2			0,05-1,5		
<i>Contact Bassin</i>				0,5-1	1000-3000		PF,DPF	80-90

Tabel 2.11 (lanjutan) Kriteria Desain *Activated Sludge*

<i>type of process</i>	<i>MCRT, days</i>	<i>F/M ratio</i>	<i>space loading, kg BOD/day</i>	<i>HRT in aeration basin, hr</i>	<i>MLSS (mg/l)</i>	<i>recycle ratio, R/Q</i>	<i>flow regime</i>	<i>BOD removal efficiency, %</i>
<i>Stabilization Basin</i>				3--6	4000-10.000		PF,DPF	
<i>High-Rate Aeration</i>	5--10	0,4-1,5	1,6-16	2--4	4000-10.000	1,0-5	CM	75-90
<i>Extended Aeration</i>	20--30	0,05-0,15	10--25	18--36	3000-6000	0,75-1,5	PF,DPF	75-95
<i>Pure Oxygen</i>	8--20	0,25-1	100-200	1,0-3	3000-8000	0,25-0,5	CM	85-95

Sumber : Richard and Reynolds (1996)

#### 2.5.1.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary treatment*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum.

##### 1. Filtrasi

Filtrasi merupakan pemisahan padat-cairan melewati media atau material untuk menyaring suspended solids. Pada pengolahan air buangan filtrasi digunakan untuk menyaring efluen dari pengolahan tahap kedua, yang telah diolah secara kimia, dan air limbah yang diolah menggunakan bahan kimia.

##### 2. Disinfeksi/ klorinasi

Disinfeksi adalah proses untuk membunuh mikroorganisme patogen. Disinfeksi dapat menggunakan klor ozon dan sinar ultraviolet. Disinfeksi dengan menggunakan klor selain dapat membunuh mikroorganisme patogen juga dapat menghilangkan amonia.

### 2.6 Teknologi Penurunan Amonia

Amonia merupakan konstituen residu yang umumnya ditemukan pada efluen air limbah domestik. Alasan mengapa amonia harus diolah hingga mencapai baku mutu adalah : (1) dapat berubah menjadi nitrat, sehingga mengurangi kandungan oksigen, (2) bersama-sama dengan fosfor dapat menimbulkan pertumbuhan akuatik yang tidak diinginkan, dan (3) bersifat toksik terhadap ikan (Metcalf & Eddy, 2004). Teknologi penghilangan amonia atau *ammonia removal* terdiri dari pengolahan fisik, kimia dan juga biologi.

#### 2.6.1 *Air stripping*

Secara umum, efisiensi penghilangan bergantung oleh temperatur, ukuran, dan proporsi dari fasilitas yang digunakan, dan efisiensi dari kontak udara-air.

Karena temperatur menurun, jumlah udara yang dibutuhkan semakin bertambah secara signifikan untuk tingkat penghilangan yang sama. (Metcalf & Eddy, 2003)

Pada beberapa kasus di mana *air stripping* yang diaplikasikan terdapat beberapa masalah pengoperasian yang muncul seperti (1) mempertahankan pH untuk proses *stripping* yang sesuai, (2) terjadi pembentukan kerak (*scalling*) oleh kalsium karbonat di dalam *tower* dan saluran *feeding*.

Tabel 2.12 Kriteria Desain *Air Stripping*

<i>Hydraulic wastewater loading</i>	0,1 – 0,2 l/min/m <sup>3</sup> or 1 to 2 gal/min/ft <sup>2</sup>
<i>Stripping air flow rate</i>	32 to 54 l/min/m <sup>3</sup> or 300 to 500 ft <sup>3</sup> /min/gal
<i>Packing depth</i>	6.1 to 7.6 meters or 20-25 ft
<i>pH of wastewater</i>	10.8-11.5
<i>Air pressure drop</i>	0.015” – 0.019” of water/ft
<i>Blower type</i>	<b>Yes</b>
<i>Site and land requirements</i>	<b>Yes</b>
<i>Packing material</i>	<i>plastic or wood</i> ).
<i>Packing spacing</i>	<i>approximately 5 cm or 2” horizontal and vertical</i>
<i>Water temperature</i>	<b>20 °C</b>
<i>Plant capacity</i>	<b>Yes</b>

Sumber : United States Environmental Protection Agency

### 2.6.2 Break-point Chlorination.

*Break-point chlorination* dapat dicapai dengan menambahkan klorin ke dalam air limbah dengan jumlah yang cukup untuk mengoksidasi amonia-nitrogen menjadi gas nitrogen. Pada praktiknya, klorin yang dibutuhkan kurang lebih sekitar 9-10 mg/l untuk setiap 1 mg/l amonia-nitrogen. Sebagai tambahan, asam yang dihasilkan dari proses ini harus dinetralisasi. Penambahan bahan kimia akan

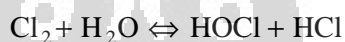


menaikkan *total dissolved solids* (TDS) dan akan meningkatkan biaya operasi (Sorensen, 1993).

Sumber yang sama menyebutkan dalam penghilangan amonia dengan dosis klorin tertentu dan diikuti dengan karbon aktif, pH menentukan jenis klorin yang digunakan, pH optimal untuk breakpoint pada kisaran pH 6 sampai 7. Dosis klor pada tingkat pH optimal ditemukan menjadi 8 : 1 (klorin untuk amonium-N). Dengan menggunakan klorin memiliki kemungkinan untuk mendapatkan efluen dengan konsentrasi amonia diturunkan hingga mendekati angka nol. Klorinasi dengan gas klorin atau garam hipoklorit akan mengoksidasi amonia untuk membentuk kloramin, dan akhirnya akan membentuk gas nitrogen dan asam hidroklorik. Reaksi gas klorin dengan air membentuk asam hipoklorit (HOCl) (Reynolds & Richard, 1996):



Tahap yang dibutuhkan untuk mengoksidasi amonia adalah sebagai berikut :



Secara menyeluruh reaksi tersebut disederhanakan menjadi



Beberapa studi telah menunjukkan untuk air limbah domestik, *secondary effluent* memiliki kriteria desain seperti berikut

Tabel 2.13 Kriteria Desain *Breakpoint Chlorination*

mg klorin yang dibutuhkan per mg/l amonium-N	10 :1, 9:1, 8:1
Temperatur	4,4 C – 37,8 C
pH	7-8

Sumber : (Reynolds & Richards, 1996)

### 2.6.3 Pertukaran Ion (*Ion Exchange*) dengan penambahan Zeolit

*Ion exchange* atau pertukaran ion dengan zeolit dari alam memiliki kelebihan seperti biaya yang cukup rendah dan relatif lebih sederhana dalam pengaplikasian dan pengoperasiannya. Zeolit dari alam merupakan kation inorganik paling penting yang memiliki kapasitas, selektivitas dan kompatibilitas pertukaran ion yang tinggi di alam (Nguyen 1998 dalam Jafarpour 2010).

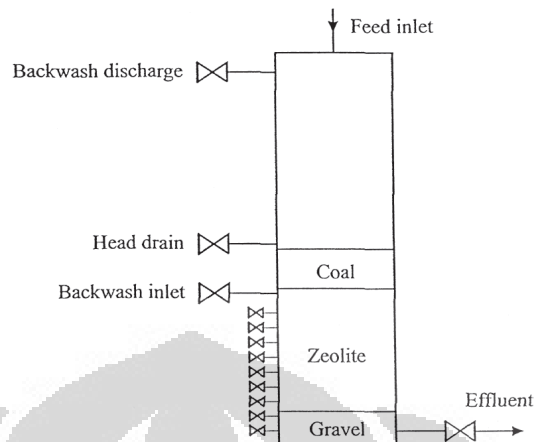
Pertukaran ion digunakan dalam pengolahan air limbah untuk penghilangan senyawa-senyawa nitrogen, logam berat, dan padatan terlarut total. Proses pertukaran ion dapat dioperasikan dalam sebuah *batch* atau aliran bentuk kontinyu (Metcalf & Eddy, 2003).

Material *ion exchange* yang umumnya ditemukan secara alami, zeolit, digunakan untuk *water softening* atau penghilangan ion amonium. Zeolit sebagai *cation exchanger* memiliki kapasitas penukar (*exchange capacities*) 0,05 – 0,1 eq/kg (Metcalf & Eddy, 2004). Alkas et al pada tahun 2011 melakukan penelitian dengan menggunakan zeolit dengan desain kolom seperti pada tabel 2.14 sedangkan Coney et al (1999) mendesain kolom *ion exchange* dengan zeolit seperti pada gambar 2.6.

Tabel 2.14 Kriteria Desain *Breakpoint Chlorination*

$T_h$ Hydraulic Retention Time for the System	10 min.
$T_c$ Contact time for zeolite	10 min.
Column Diameter	5 cm
Total Bed Height	50 cm
Porosity (for 0.5-1 mm clinoptilolite)	0.45
Porosity (for 1-2 mm clinoptilolite)	0.51
Porosity (for 2-4 mm clinoptilolite)	0.64
Influent Ammonium Concentration	20 mg/L
Influent Suspended Solids Concentration	97 mg/L
Filtration Rate	0.3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hours

Sumber : (Alkas, 2011)

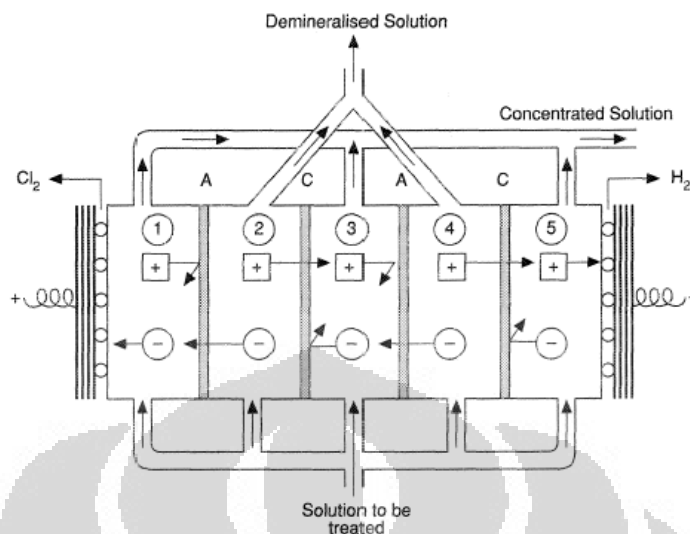


Gambar 2.6 Desain Kolom *Ion Exchange*

Sumber : Coney et al (1999)

#### 2.6.4 *Electrodialysis*

Jika dialisis digunakan untuk memisahkan elektrolit inorganik dari larutan, keberadaan gaya elektromotif melalui membran permeabel secara selektif akan mengakibatkan meningkatnya laju dari transfer ion, dengan cara ini konsentrasi dari larutan terolah akan menurun (Reynolds & Richard, 1996 ). Sumber yang sama menyebutkan tumpukan elektrodialisis yang terdiri dari tiga sel ditunjukkan pada gambar di bawah ini. ketika arus langsung diterapkan pada elektroda, semua ion bermuatan positif (anion) cenderung untuk bermigrasi ke arah katoda. juga, semua ion bermuatan negatif (kation) cenderung untuk bermigrasi ke arah katoda.



Gambar 2.7 Skema *continuous flow electrodialysis*

Sumber : thermopedia.com

#### 2.6.5 Reverse Osmosis

Salah satu metode penurunan amonia dengan menggunakan teknologi membran adalah dengan menggunakan *reverse osmosis* atau osmosis balik. Reverse osmosis adalah sarana untuk memisahkan padatan terlarut dari molekul air dalam larutan air sebagai akibat dari membran yang terdiri dari polimer khusus yang memungkinkan molekul air untuk melewati sambil menahan kembali sebagian jenis molekul, padatan tersuspensi juga ditahan oleh superfiltration. Dalam reverse osmosis yang sebenarnya sistem operasi dalam proses aliran menerus, air limbah yang diolah atau disalinasi disirkulasikan melalui bagian input dari sel, dipisahkan dari output (air terproduksi) oleh membran (Cheremisinoff & Heinemann, 2001). Amonium dan nitrat dapat dihilangkan setidaknya untuk batas tertentu dengan menggunakan reverse osmosis (Sorensen, 2003)

Fluks air yang melalui membran semipermeabel ditunjukkan dengan persamaan (Kaup, 1973 dalam Reynolds & Richard 2003)

$$F_w = K (\Delta p - \Delta \pi) \quad (2.12)$$

dimana :

$$F_w = \text{fluks air (l/hari-m}^2\text{)}$$

$K$  = koefisien transfer massa untuk unit area membran ( $l/hari \cdot m^2 \cdot kPa$ )

$\Delta p$  = perbedaan tekanan antara air limbah dan air produk

$\Delta \pi$  = perbedaan tekanan osmotik antara air limbah dan air produk

#### 2.6.6 Nitrifikasi dan Denitrifikasi Biologis (*Biological nitrification and denitrification*)

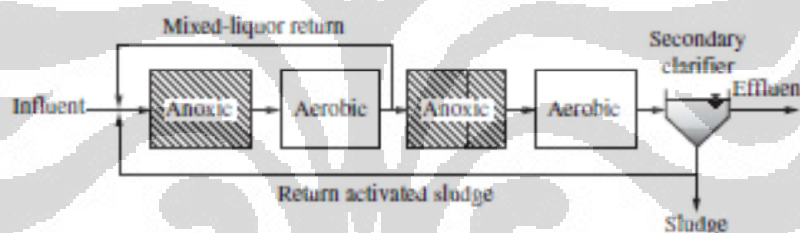
Prinsip dari proses nitrifikasi adalah mentransformasi amonia-nitrogen menjadi nitrat dengan bantuan bakteri nitrifikasi dalam kondisi aerob. Denitrifikasi adalah proses mengkonversi nitrat menjadi gas nitrogen ( $N_2$ ) oleh bakteri denitrifikasi pada kondisi *anoxic*. Efisiensi proses nitrifikasi bergantung dari sejauh mana nitrogen organik diubah menjadi amonia-nitrogen (Sorensen, 1993). Menurut Ruiz (2000) nitrifikasi-denitrifikasi biologis adalah proses yang paling umum digunakan untuk menghilangkan senyawa nitrogen pada air limbah, khususnya air limbah domestik. Aplikasi proses tersebut sudah banyak digunakan dalam penelitian air limbah yang mengandung konsentrasi amonia yang tinggi.

Nitrifikasi dapat di terapkan secara bersamaan dengan pengolahan sekunder (oksidasi kombinasi materi organik dan nitrifikasi) atau sebagai pengolahan tersier (tahap nitrifikasi terpisah). Proses tersebut dapat diterapkan pada kedua pengolahan, baik reaktor *attached-growth* atau *suspended-growth*. Denitrifikasi juga dapat diterapkan pada kedua reaktor tersebut. Agar proses denitrifikasi berjalan, dibutuhkan sumber karbon dan lingkungan yang *anoxic* (Sorensen, 1993). Metcalf dan Eddy (2003) mengemukakan bahwa reduksi nitrat membutuhkan donor elektron, yang dapat disuplai dari BOD influen air limbah.

#### 2.6.7 Bardenpho

Proses Bardenpho digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah melalui penggunaan modifikasi proses lumpur aktif yang dikembangkan di *The Laboratories of The National Institute for Water Research In Pretoria*.

Wanielista et al (1978) dalam Mahdiati (2003) menyatakan bahwa proses modifikasi lumpur aktif didesain seperti proses nitrifikasi secara sempurna. Campuran larutan yang mengandung banyak nitrat didaur ulang dari tempat aerasi menuju tempat aerasi selanjutnya yang mengeluarkan zat organik atau endapan kotoran yang dapat berfungsi sebagai donor hidrogen pada proses denitrifikasi nitrat. Efluen dari tempat aerasi tidak didaur ulang melewati unit anoksik kedua, respirasi sel endogeneous akan memerlukan oksigen yang dapat diperoleh dari sisa nitrat. Kemudian larutan diaerasi sebelum melewati *clarifier*. Aliran di bawah *clarifier* dikembalikan ke unit anoksik pertama. Sisa bakteri nitrifikasi pada zona anoksik untuk jangka waktu pendek tidak terlihat dampaknya yaitu kemampuan untuk mengubah amonia menjadi nitrat secara bersama. Penghilangan amonia sebesar 90% pada proses ini tanpa penambahan bahan kimia.



Gambar 2.8 Diagram Proses Bardenpho

Tabel 2.15 Kualitas Efluen Hasil Pengolahan Dengan Sistem Bardenpho

No	Parameter	Konsentrasi	Satuan
1	BOD <sub>5</sub>	< 5	mg/L
2	COD	15 – 40	mg/L
3	Organik N	0,7 -1	mg/L
4	Nitrat Dan Nitrit	2-3	mg/L
5	Ammonia Nitrogen	0,5	mg/L
6	<i>Suspended Solid</i> (SS)	<10	mg/L
7	Fosfor Sebagai P	0,5 -1	mg/L

Sumber : Wanielista 1978

Tabel 2.16 Keuntungan dan Kerugian Tiap Proses *Ammonia Removal*

Proses Pengolahan	Penghilangan amonia (NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (%)	Penghilangan Nitrogen Total( %)	Kelebihan proses	Kekurangan proses
<b>Proses fisika dan kimia</b>				
<i>Air stripping</i>	60-95	50-90	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses dapat dikontrol untuk penghilangan amonia.</li> <li>- Paling mudah diaplikasikan jika pada saat tertentu dikombinasikan dengan kapur untuk penghilangan phospor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses sensitif terhadap temperatur.</li> <li>- Kelarutan ammonia meningkat saat temperatur turun.</li> <li>- Kebutuhan udara bervariasi. Reaksi ammonia dengan sulfur dioksida dapat menyebabkan permasalahan pencemaran udara.</li> <li>- proses membutuhkan kapur sebagai kontrol pH</li> </ul>

Tabel 2.16 (lanjutan) Keuntungan dan Kerugian Tiap Proses *Ammonia Removal*

<i>Break-point chlorination</i>	90-100	80 – 95	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dengan kontrol yang sesuai, semua nitrogen-ammonia dapat teroksidasi.</li> <li>- Hanya membutuhkan tempat yang terbatas.</li> <li>- Tidak sensitif terhadap temperatur.</li> <li>- Mudah diadaptasikan pada fasilitas yang telah ada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dapat memproduksi klor residu yang bersifat toksik terhadap organisme akuatik.</li> <li>- Kebutuhan klorin yang besar akan menaikkan biaya pengolahan.</li> <li>- Proses ini sensitif terhadap ph, yang mempengaruhi dosis klor yang dibutuhkan.</li> <li>- Terbentuknya trihalomethane.</li> </ul>
<b>Pertukaran Ion (Ion Exchange)</b>				
<i>Ammonium</i>	80-97	70-95	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghasilkan TDS yang cukup kecil pada efluen.</li> <li>- Dapat digunakan pada kondisi iklim yang menghambat proses nitrifikasi secara biologis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengolahan pre-treatment seperti filtrasi dibutuhkan untuk menghindari kelebihan headloss akibat akumulasi <i>suspended solid</i>.</li> <li>- Konsentrasi yang tinggi dari kation lain akan menurunkan kapabilitas penghilangan ammonia.</li> </ul>
<b>Proses Membran (Membran processes)</b>				



Tabel 2.16 (lanjutan) Keuntungan dan Kerugian Tiap Proses *Ammonia Removal*

<i>Electrodialysis</i>	30-50	40-50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dapat Menghilangkan Hampir Seluruh Bentuk Nitrogen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presipitasi kimiawi garam (kelarutan rendah) di permukaan membran.</li> <li>- Terjadi <i>clogging</i> pada membran akibat residu koloid material organik.</li> <li>- Dibutuhkan pencucian membran secara kontinyu</li> </ul>
<i>Reverse Osmosis</i>	60-90	80-90	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dapat menghilangkan hampir seluruh bentuk nitrogen.</li> <li>- Menghilangkan nitrogen dalam jumlah yang tinggi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material koloid dapat mengotori membran pada <i>reverse osmosis</i>.</li> <li>- Dibutuhkan pre-treatment dengan <i>chemical clarification</i> dan filtrasi.</li> <li>- Besi dan mangan pada influen dapat mengurangi potensi penghilangan kerak/ scaling.</li> <li>- Pembersihan membran dibutuhkan secara teratur.</li> </ul>
<b><i>Biological Treatment Processes</i></b>				
Proses nitrifikasi-denitrifikasi biologis	90%		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energi yang dibutuhkan sedikit</li> <li>- Produksi alkalinitas untuk mengimbangi alkalinitas digunakan oleh nitrifikasi,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibutuhkan unit proses dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kombinasi oksidasi karbon bersamaan dengan nitrifikasi</li> </ul>

			<p>yang dalam beberapa kasus menghilangkan kebutuhan untuk membeli alkalinitas and</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebih stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada sistem yang simultan stabilitasnya akan fluktuatif</li> <li>- Sangat sensitif untuk menghasilkan BOD pada efluen</li> </ul>
Proses Bardenpho	90%		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan sumber karbon dari air limbah dan karbon dari respirasi endogenous</li> <li>- Biaya operasional berkurang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya keseluruhan meningkat karena reaktor yang cukup besar.</li> <li>- Butuh lahan yang besar untuk aplikasi reaktor</li> </ul>

Sumber : Sorensen (1993)



### BAB 3

## METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan sebuah penelitian, dibutuhkan suatu metode penelitian yang baik, terlebih untuk mengevaluasi suatu STP gedung perkantoran. Metode ialah suatu kerangka kerja untuk melakukan suatu tindakan, atau suatu kerangka berpikir menyusun gagasan, yang beraturan, berarah dan berkonteks, yang relevan dengan maksud dan tujuan.

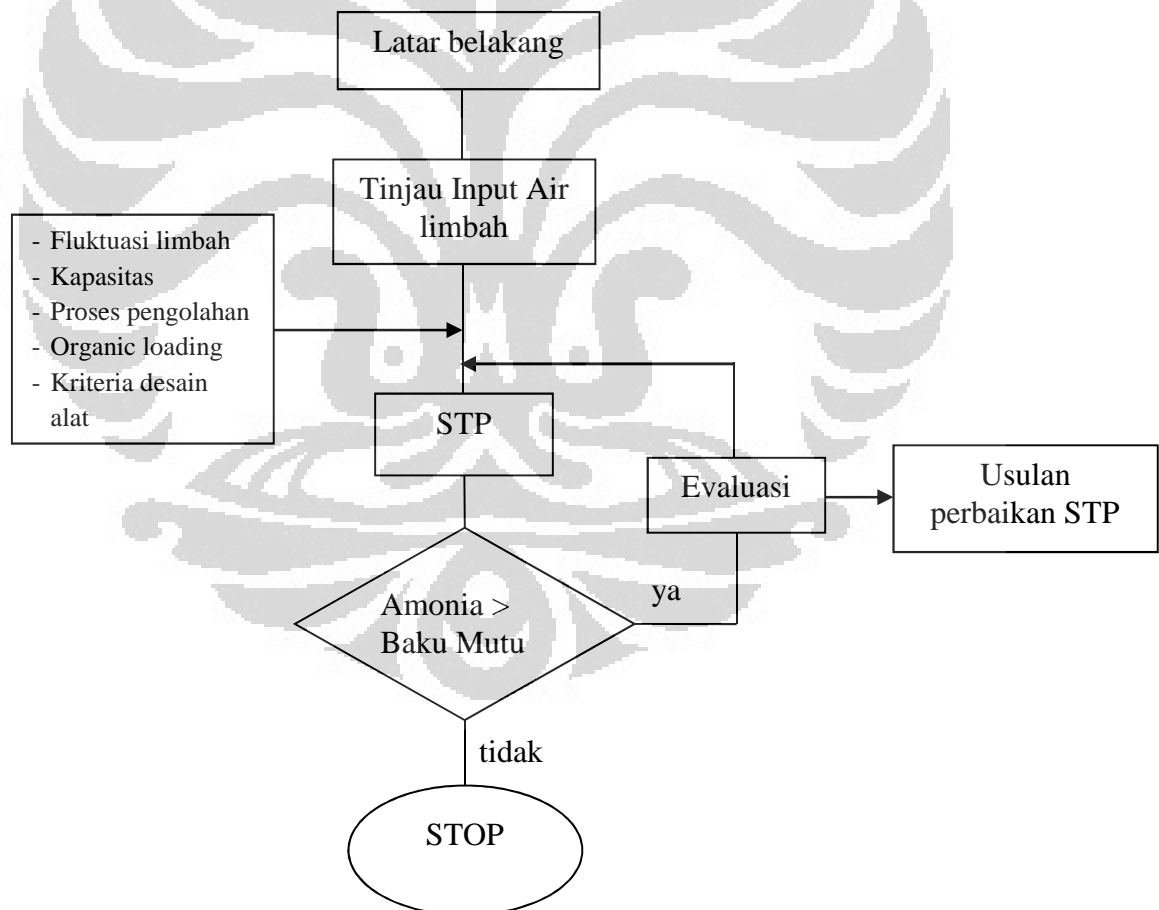
Penelitian (*research*) ialah suatu kegiatan mengkaji secara teliti dan teratur dalam suatu bidang ilmu menurut kaidah tertentu atau metode tertentu. Menurut Sugiyono (2009), metode penelitian merupakan pendekatan secara ilmiah yang digunakan dalam mengkaji masalah-masalah penelitian untuk mendapatkan data dengan tujuan atau kegunaan tertentu, dan berdasarkan metodenya penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian evaluasi (*evaluative research*).

Evaluasi adalah proses penilaian yang bisa menjadi netral, positif atau negatif atau merupakan gabungan keduanya. Saat sesuatu dievaluasi biasanya orang yang mengevaluasi mengambil keputusan tentang nilai dan manfaatnya (Depdiknas 2008).

Menurut Rossi dan Freeman (1980), penelitian evaluasi adalah penerapan sistematis dari prosedur penelitian dalam menilai konseptualisasi, rancangan, pelaksanaan, dan kegunaan. Dari definisi ini maka ada tiga fokus evaluasi, pertama, evaluasi terhadap rancangan program. Misalnya, bagaimana sebuah rancangan hendak direncanakan, alasan yang mendasarinya, kemungkinan keberhasilannya, bagaimana biayanya, proyeksi keuntungan, dan tingkat efektivitasnya. Kedua, evaluasi juga bersifat kegiatan monitoring. Artinya, suatu kegiatan penilaian untuk melihat apakah suatu intervensi sosial cocok dengan rancangannya dan apakah telah menjangkau sasaran yang dituju program. Ketiga, evaluasi berkaitan dengan dampak program artinya menilai apakah sudah efektif dan efisien program tersebut berjalan.

### 3.1 Kerangka Berpikir

Penelitian tentang evaluasi STP gedung perkantoran di PT Pacific Paint didahului dengan pembahasan latar belakang dan masalah yang dihadapi oleh pengelola limbah domestik dalam proses pengolahan limbah domestik perkantoran yaitu kadar amonia yang masih diatas baku mutu pada efluen limbah, baku mutu yang diterapkan yakni Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor : 122 Tahun 2005. Untuk menjawab permasalahan yang dihadapi tersebut maka dibutuhkan evaluasi terhadap kinerja STP dan proses pengolahan limbah yang digunakan, selanjutnya memberikan desain usulan berupa re-desain (desain ulang STP) atau usulan lain seperti penambahan unit *ammonia removal* untuk menangani permasalahan amonia hingga memenuhi nilai baku mutu. Kerangka pemikiran akan di jelaskan dengan bagan pada gambar 3.1.

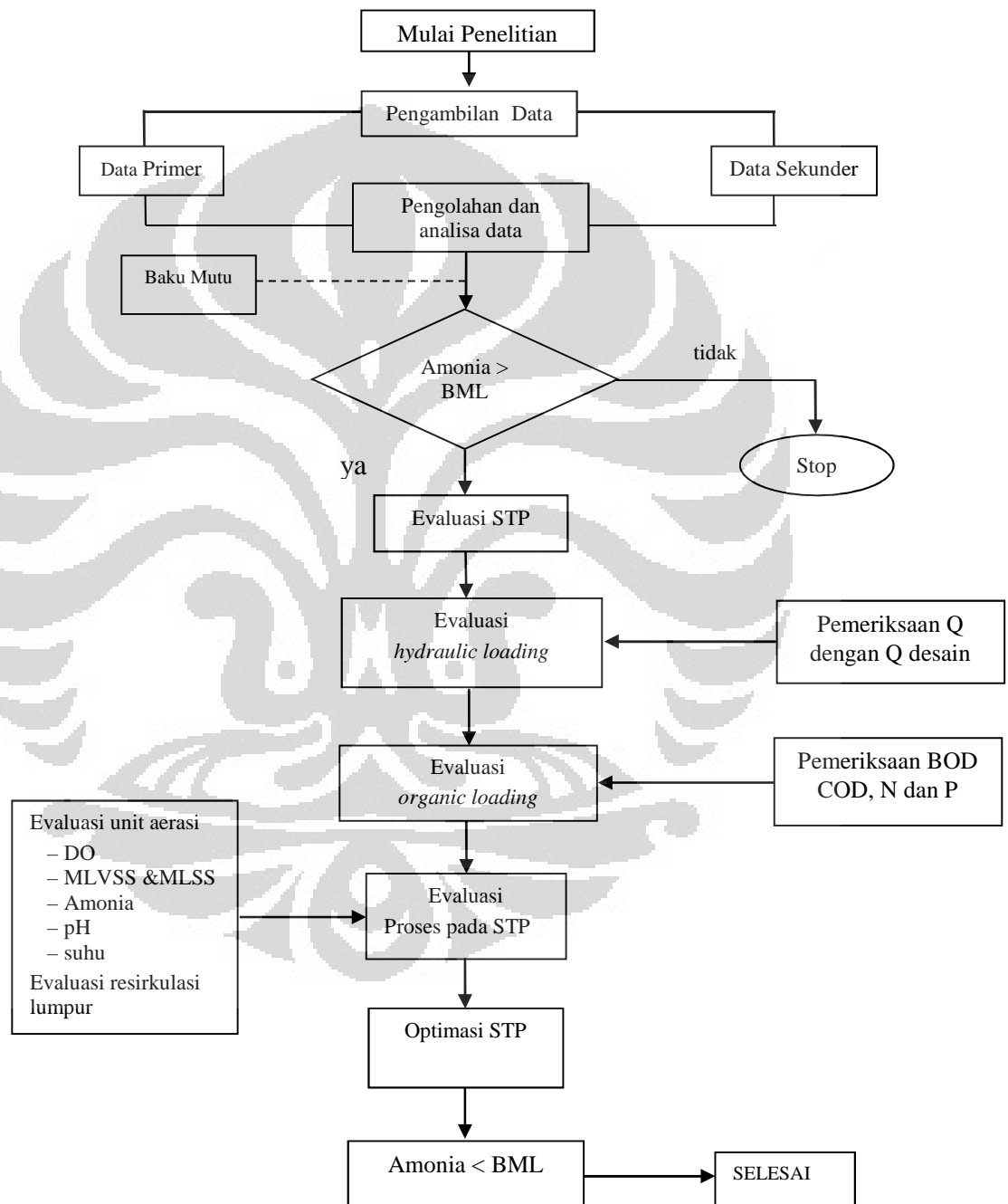


Gambar 3.1 Skema Kerangka Berpikir

Sumber : Hasil Olahan (2011)

### 3.2 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian berisi beberapa tahapan dalam proses penelitian berupa evaluasi STP Gedung Redha PT Pacific Paint yang meliputi tahap pengambilan data, pengolahan data, analisa data, evaluasi dan pengambilan keputusan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Penelitian

Sumber : Hasil Olahan (2011)

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Dalam sebuah penelitian umumnya terdapat dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat) (Sugiyono, 2009).

Menurut sumber yang sama variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian kali ini yang merupakan variabel terikat adalah konsentrasi amonia, sedangkan variabel bebas adalah parameter air limbah domestik berupa pH, temperatur, N, P, DO, BOD, COD, TSS, MLSS, MLVSS juga nitrit dan nitrat. Penjelasan mengapa parameter tersebut dipilih sebagai variabel bebas akan dijelaskan pada tabel berikut

Tabel 3.1 Parameter-Parameter yang Diperiksa

No.	Parameter	Penjelasan
1	pH	Di dalam air, adanya ammonia yang tidak terionisasi bergantung pada pH dan suhu dalam kesetimbangannya $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}_3^- \quad k = 10^{-4.74}$ jumlah total ammonia nitrogen yang ada sebagai ammonia yang tidak terionisasi meningkat dengan meningkatnya pH (Mahdiati, 2003)
2	Temperatur	Pengaruh temperatur dilakukan untuk mencegah adanya penguapan $\text{NH}_3$ ke udara, karena semakin tinggi suhu akan mempengaruhi kadar ammonia dalam sampel. Oleh karena itu, pengukuran ammonia harus dilakukan sesegera mungkin atau disimpan pada suhu 4 derajat $^{\circ}\text{C}$ (Mahdiati, 2003).

Tabel 3.1 (lanjutan) Parameter-Parameter yang Diperiksa

3	<i>Dissolved oxygen</i> (DO)	Oksigen dibutuhkan untuk mengoksidasi material-material yang ada di dalam air limbah. konsentrasi DO memiliki efek yang signifikan terhadap laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi dan proses nitrifikasi itu sendiri dalam pengolahan limbah secara biologis (Sorensen, 1993).
4	<i>Biochemical oxygen demand</i> (BOD)	Substrat bakteri yang masuk ke dalam proses lumpur aktif memberikan karbon dan energi untuk aktivitas, pertumbuhan dan reproduksi bakteri. Kekuatan substrat tersebut diukur dalam mg/l dari <i>biochemical oxygen demand</i> (BOD) (Gerardi, 2002). BOD juga diperlukan untuk perhitungan beban organik.
5	<i>Chemical oxygen demand</i> (COD)	COD dibutuhkan dalam proses denitrifikasi untuk mengkonversi nitrat menjadi nitrit, lalu mengubahnya menjadi gas N <sub>2</sub> (Ruiz et al, 2002).
6	TSS	Dibutuhkan untuk mengidentifikasi MLSS pada lumpur aktif (Metcalf & Eddy, 2004)
7	MLSS	Mempengaruhi pertumbuhan bakteri dan konsentrasi bakteri (Wiesmann, 2007)
8	MLVSS	Pertumbuhan sel bakteri baru pada lumpur aktif berkenaan dengan penambahan <i>mixed liquor volatile suspended solids</i> (MLVSS) (Gerardi, 2002)
9.	Nitrogen	Dibutuhkan untuk menentukan kandungan nutrisi pada air limbah.
10	Fosfor (P)	Dibutuhkan untuk menentukan kandungan nutrisi pada air limbah.

Sumber : Hasil Olahan (2011)

### 3.4 Metode Pengambilan Sampel

Cara pengambilan air sampel untuk limbah domestik diatur dalam SNI 06-6989.59-2008 Metoda Pengambilan Sampel Contoh Air Limbah. berdasarkan SNI tersebut terdapat beberapa tipe sampel (contoh) air limbah yaitu :

- a. Contoh sesaat (*grab sample*)  
Air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu.
- b. Contoh gabungan waktu (*composite samples*)  
Campuran contoh yang diambil dari satu titik pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.
- c. Contoh gabungan tempat (*integrated samples*)  
Campuran contoh yang diambil dari titik yang berbeda pada waktu yang sama, dengan volume yang sama.
- d. Contoh gabungan waktu dan tempat  
Campuran contoh yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda dengan volume yang sama.

Titik pengambilan contoh dilakukan berdasarkan tujuan pengujian, SNI 6989.59-2008 menjelaskan jika keperluan evaluasi efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah maka Titik lokasi pengambilan contoh pada inlet Dilakukan pada titik pada aliran bertubulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik, yaitu pada titik dimana limbah mengalir pada akhir proses produksi menuju ke IPAL atau apabila tempat tidak memungkinkan untuk pengambilan contoh maka dapat ditentukan lokasi lain yang dapat mewakili karakteristik air limbah. Untuk outlet, pengambilan contoh pada *outlet* dilakukan pada lokasi setelah IPAL atau titik dimana air limbah mengalir sebelum memasuki badan air penerima (sungai). Berdasarkan SNI yang telah disebutkan pengambilan sampel pada penelitian kali ini dilakukan secara *grab sample* pada inlet dan outlet STP Gedung Redha.

### 3.5 Metode Pengujian Parameter

Metode pengujian parameter adalah cara pemeriksaan besaran atau konsentrasi dari parameter sesuai dengan standar tertentu dan prinsip tertentu sehingga menghasilkan data yang relevan. Pengujian sampel akan dilakukan di laboratorium Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jakarta.



Tabel 3.2 Metode dan Prinsip Pemeriksaan Parameter Air Limbah

No	Parameter	Metode pemeriksaan	Prinsip
1	Ammonia	SNI 06-6989.30-2005	Spektrofotometri
2	pH	SNI 06-6989.11-2004	pH meter
3	Nitrogen	SNI 06-2478-199	Spektrofotometri
4	Nitrat	SNI 6989.74:2009	Spektrofotometri
5	Nitrit	SNI 06-6989.9-2004	Spektrofotometri
6	Phosphor	SNI 06-2483-1991	Spektrofotometri
7	Temperatur	SNI 06-6989.23-2005	Termometer
8	DO	SNI 06-6989.14-2004	Iodometri
9	BOD	SNI 6989.72:2009	Titrimetri
10	COD	SNI 6989.73:2009	Titrimetri
11	TSS	SNI 06-6989.3-2004	Gravimetric
12	MLSS	APHA method (2005)	
13	MLVSS	APHA method (2005)	

Sumber : Hasil Olahan (2012)

### 3.6 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data

#### 3.6.1 Pengumpulan Data

Data yang akan diambil pada penelitian kali ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data autentik atau data langsung dari tangan pertama tentang masalah yang diambil (Nawawi, 2007). Data primer diperoleh dengan survei lapangan yang menggunakan semua metode pengumpulan data original. Data primer pada penelitian kali ini meliputi besar timbulan air limbah, parameter air limbah pada influen dan parameter air limbah pada efluen gedung Pacific Paint.

Data sekunder adalah data yang dikutip atau diambil dari sumber lain sehingga tidak bersifat autentik karena sudah diperoleh dari tangan kedua, ketiga, dan selanjutnya (Nawawi, 2007) data sekunder yang dibutuhkan selama penelitian adalah jumlah pegawai di Pacific Paint, data pemakaian air perhari, sumber timbulan air limbah, jumlah instalasi plambing dan sistem pengolahan air limbah

domestik yang diterapkan di Gedung Pacific Paint. Data primer dan sekunder secara lengkap akan dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Data Primer dan Sekunder Penelitian

No	Variabel	Satuan	Status Data	Teknik Pengumpulan Data
1	Debit air limbah	m <sup>3</sup> / hari	Data primer	Pengukuran oleh peneliti
2	Layout dan luas gedung	m <sup>2</sup>	Data sekunder	Survei lapangan, wawancara, data perusahaan.
3	Jumlah pekerja	Pegawai	Data sekunder	Wawancara, data perusahaan
4	Sumber air bersih dan volume pemakaian air bersih	m <sup>3</sup> / hari	Data sekunder	Wawancara, data perusahaan
5	Jumlah instalasi perpipaan	Buah	Data sekunder	Observasi, data perusahaan
6	Dimensi unit STP		Data sekunder	Observasi, data perusahaan
7	Skema/ diagram alir STP		Data sekunder	Wawancara, data perusahaan
<b>Parameter Influen &amp; Efluen</b>				
8	pH	-	Data primer	Pengukuran langsung
9	Temperatur	°C	Data primer	Pengukuran langsung
10	<i>Dissolved oxygen</i> (DO)	m g/l	Data primer	Pengukuran langsung
11	<i>Biochemical oxygen demand</i> (BOD)	m g/l	Data primer	Analisis laboratorium
12	Chemical oxygen demand (COD)	m g/l	Data primer	Analisis laboratorium
13	Padatan (TSS)	m g/l	Data primer	Analisis laboratorium
14	MLSS	m g/l	Data primer	Analisis laboratorium
15	MLVSS	m g/l	Data primer	Analisis laboratorium
16	N, P, nitrat, nitrit	mg/l	Data primer	Analisis laboratorium

Sumber : Hasil Olahan (2012)

### 3.6.2 Metode pengolahan data Analisis data

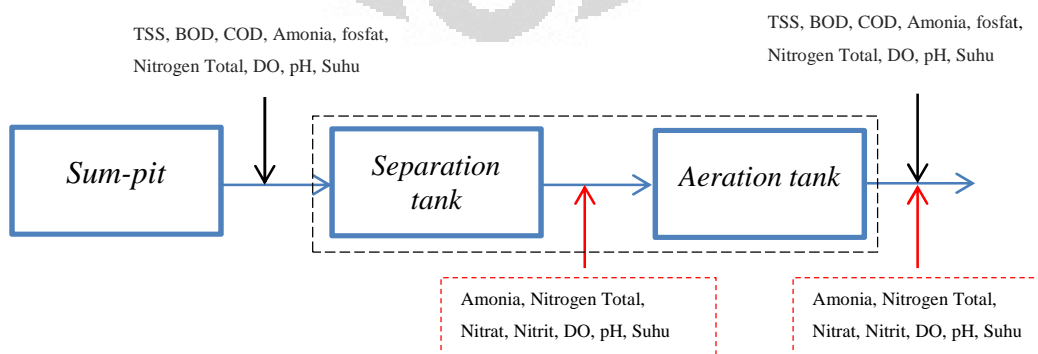
Untuk mengevaluasi kinerja IPLC dapat dilakukan melalui 3 tahap antara lain : (1) meninjau input limbah, antara lain dalam hal kuantitas dan kualitas atau karakteristik limbah yang diproduksi, (2) meninjau kinerja dari pengolahan air limbah yang diterapkan, dan (3) meninjau output limbah, yaitu dalam hal kualitas air limbah efluen yang selanjutnya disesuaikan dengan baku mutu air limbah dan baku mutu badan air penerima berdasarkan baku mutu yang ditetapkan. Analisis tiap tahapan akan di jabarkan seperti berikut.

#### 3.6.2.1 Analisis input limbah

Hal-hal yang dianalisis meliputi analisis debit air limbah yang masuk kedalam STP berikut fluktuasi debit air limbah harian, parameter air limbah yang masuk. Terdapat beberapa pendekatan atau cara untuk menghitung debit air limbah yang masuk antara lain : (1) perhitungan langsung pada inlet STP, (2) perhitungan berdasarkan data penggunaan air bersih eksisting, (3) perhitungan berdasarkan jumlah alat plambing, dan (4) perhitungan berdasarkan luasan bangunan dan jumlah pekerja.

#### 3.6.2.2 Analisis Kinerja STP

Pada analisis STP, hal yang akan dianalisis adalah proses pengolahan yang di terapkan pada STP, unit-unit operasi dan proses, kualitas atau parameter air limbah, pemeriksaan kesesuaian kriteria desain yang dibandingkan dengan literatur yang meliputi perhitungan beban organik, % *removal*, *F/M ratio*, debit resirkulasi lumpur, waktu retensi, dan umur lumpur. Parameter yang ditinjau untuk mengevaluasi kinerja STP dijelaskan dalam skema pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Analisis Kinerja STP

### 3.6.2.3 Analisis *Output* Limbah

Parameter air limbah pada *output* STP akan menjadi perhatian utama dalam proses analisis output limbah. parameter tersebut akan disesuaikan dengan baku mutu air limbah domestik, parameter yang utama yang akan diperhatikan adalah amonia, terkait permasalahan masih tingginya parameter amonia yang ditemukan pada efluen limbah.

### 3.6.3 Teknik pengolahan data

Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari studi lapangan di STP Gedung Redha PT Pacific Paint pengolahan akan dianalisis berdasarkan teori yang ada pada literatur. Analisa ini meliputi perhitungan efektivitas unit pengolahan pada STP yang ditandai dengan persentase *removal* pencemar.

Perhitungan persentase *removal* pencemar ini didasarkan pada data kualitas air limbah pada *inlet* dan *outlet* STP. Data inlet dan *outlet* STP akan dibandingkan nilainya untuk mengetahui efisiensi STP. Perhitungan efisiensi STP tersebut berdasarkan pada rumus :

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{nilai parameter di inlet} - \text{nilai parameter di outlet})}{\text{nilai parameter di inlet}} \times 100\%$$

Evaluasi STP ini akan didasarkan pada hasil analisis input limbah, analisis kinerja STP, analisis *output*, dan besarnya persentase *removal* dan perbandingan kualitas efluen dengan baku mutu yang diizinkan (berdasarkan Pergub No 122 Tahun 2005 Tentang Limbah Cair Domestik). Untuk data yang dibutuhkan pada analisis laboratorium evaluasi akan dilakukan pada *inlet* dan *outlet* STP. Adapun persentase *removal* kadar pencemar ditentukan dengan rumus:

#### 1. Penurunan amonia

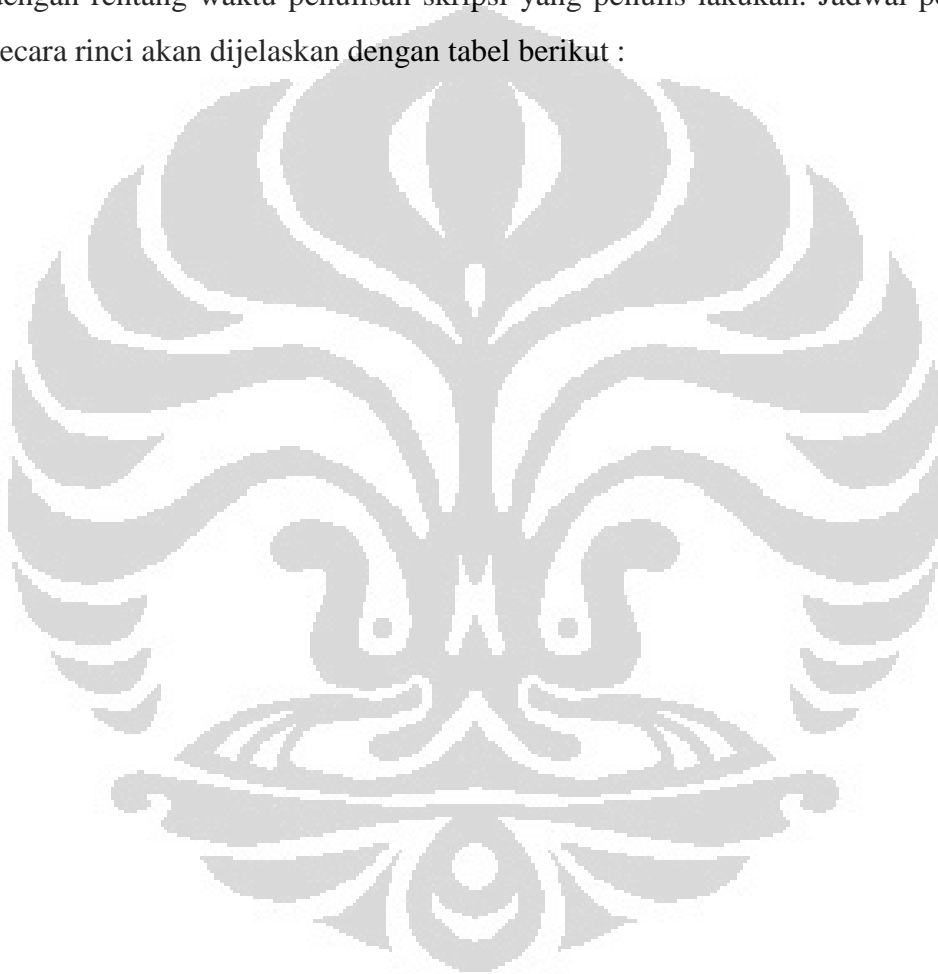
$$\% \text{ Amonia removal} = \frac{(\text{Amonia masuk} - \text{amonia keluar})}{\text{amonia masuk}} \times 100\%$$

## 3.7 Lokasi Penelitian & Jadwal Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan berlokasi di gedung pabrik cat Pacific Paint dengan mengamati limbah cair domestik perkantorrannya. Penelitian akan

dilaksanakan pada *Sewage Treatment Plant* (STP) khususnya pada STP Gedung Redha yang memiliki permasalahan amonia di atas baku mutu lingkungan. PT Pacific Paint terletak di Laks. RE Martadinata Jl. Industri I No. 1 (VOLKER) Tanjung Priok- Jakarta Utara 14310.

Adapun waktu penelitian yang dibutuhkan kurang lebih 3 bulan dimulai pada bulan Maret 2012 hingga bulan Mei 2012 dasar pemilihan waktu tersebut adalah untuk mendapatkan data terakhir pada objek studi dan juga disesuaikan dengan rentang waktu penulisan skripsi yang penulis lakukan. Jadwal penelitian secara rinci akan dijelaskan dengan tabel berikut :



Tabel 3.4 Jadwal Penelitian (Tahun 2012)

No	Jadwal Penelitian	Februari			Maret			April			Mei			Juni			Juli	
1	Penetapan judul	■																
2	Diskusi dengan pembimbing	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3	Pendekatan & perizinan ke pihak Pacific Paint		■															
4	Survey lapangan			■														
5	Kajian pustaka			■	■													
6	Pelaksanaan penelitian					■	■	■	■	■	■	■						
7	Pengambilan data					■	■	■	■	■	■							
8	Analisa hasil penelitian pengolahan data					■	■	■	■	■	■	■						
9	Penyusunan tugas akhir									■	■	■	■	■	■	■		
10	Presentasi tugas akhir																■	
11	Revisi tugas akhir																■	

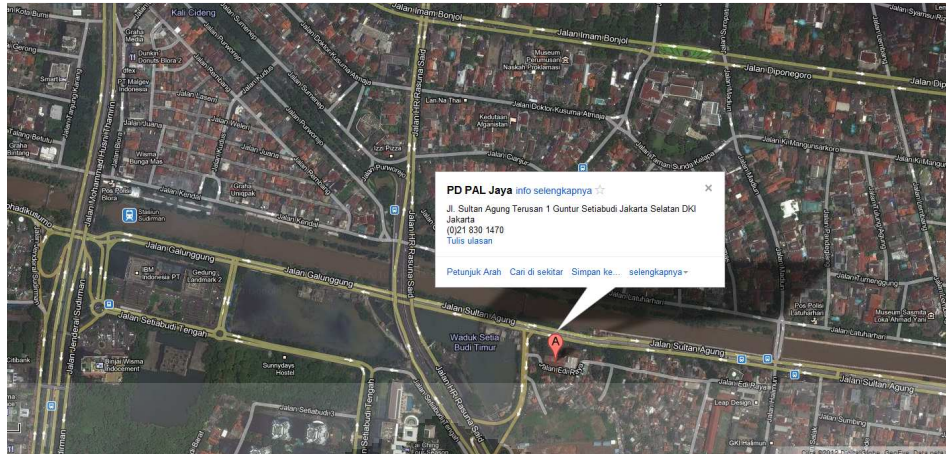
## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

PD PAL Jaya merupakan suatu badan yang bergerak dalam bidang pengolahan limbah domestik. Sejarah PD PAL Jaya dilatarbelakangi oleh kesadaran akan pentingnya pengelolaan air limbah untuk mengatasi pencemaran lingkungan di DKI Jakarta sebagai Ibukota Negara Republik Indonesia. Kesadaran tersebut direalisasikan pada tahun 1972 dengan membentuk panitia persiapan penyusunan Rencana Induk Pengeolaan Air Limbah. Lalu pada tahun 1977 disusun studi Rencana Induk Sistem Penyaluran Air Limbah dan Sanitasi yang dikerjakan oleh Konsultan Nihon Suido yang kemudian dilanjutkan dengan penyusunan Detail Desain Pilot Project (Kecamatan Setiabudi – Tebet) pada tahun 1982.

Pada tahun 1991 didirikan Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta (PD PAL Jaya) dengan wilayah kerja di daerah yang sudah terpasang jaringan pipa air limbah (Kecamatan Setiabudi, Tebet) sesuai dengan Peraturan Daerah Nomor 10 tahun 1991 tanggal 26 September 1991 tentang PD PAL Jaya. Sejak tahun 1997 wilayah kerja PD PAL Jaya diperluas menjadi di seluruh wilayah Propinsi DKI Jakarta. Dan bentuk pelayanannya bukan lagi hanya sistem perpipaan/terpusat, akan tetapi juga dengan sistem setempat, sesuai dengan Perda Nomor 14 tahun 1997 tentang Perubahan Pertama Perda DKI Jakarta Nomor 10 Tahun 1991 tentang Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

Salah satu sistem pelayanan setempat adalah pengolahan limbah cair domestik untuk wilayah perkantoran berupa *sewage treatment plant* (STP) atau yang biasa dikenal dengan instalasi pengolahan limbah cair (IPLC). Untuk saat ini PD PAL Jaya membawahi beberapa STP untuk gedung perkantoran seperti STP gedung Great River, STP Perumahan Cengkareng, dan salah satunya adalah STP PT Pacific Paint.

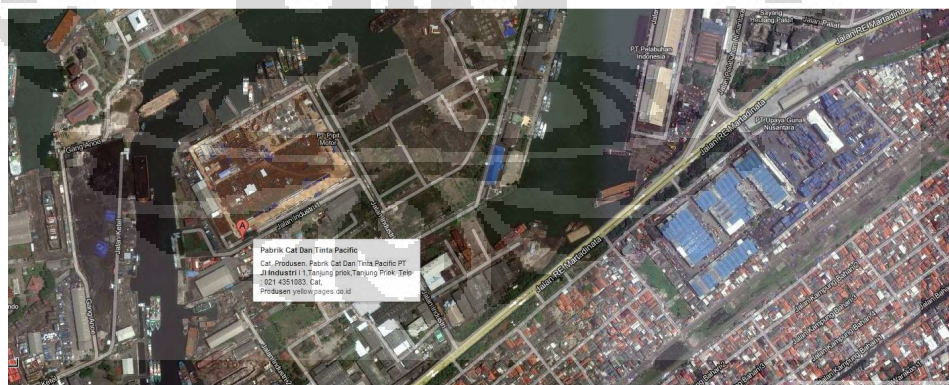


Gambar 4.1 Lokasi PD PAL Setiabudi

Sumber : google.map (2012)

#### 4.1 Gambaran Umum

PT Pabrik Cat dan Tinta Pacific Paint adalah suatu pabrik cat dan tinta yang sudah berdiri sejak bulan Agustus tahun 1943. PT Pacific Paint ini bergerak dalam bidang usaha pembuatan cat-cat dekoratif/arsitektur dan otomotif. Pabrik-pabrik PT Pacific Paint berlokasi di Jakarta yang di dalamnya terdapat pabrik gabungan, fasilitas penelitian, pengembangan dan pengepakan. PT Pacific Paint kini memiliki kapasitas produksi untuk cat dekoratif dan otomotif berkisar antara 33.000 – 40.000 metrik ton per tahun.



Gambar 4.2 Lokasi PT Pacific Paint

Sumber : google.map (2012)

Lokasi dari PT Pabrik Cat dan Tinta Pacific Paint terletak di Jl. Industri I No.1 Laks RE Martadinata, Tanjung Priok Jakarta Utara 14310. Pabrik ini menempati areal seluas 85.200 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 13.591 m<sup>2</sup>. Bangunan-bangunan yang terdapat di PT Pacific Paint terdiri dari beberapa gedung seperti





cair yang dihasilkan dari aktivitas domestik dari gedung tersebut (Gedung Redha dan Gedung Locker).

Aktivitas yang terjadi di Gedung Redha adalah kegiatan perkantoran yang berhubungan dengan kegiatan administratif perusahaan. Aktivitas di gedung ini dimulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 15.30 WIB. Di Gedung Redha ini sembilan puluh persen kegiatannya adalah kegiatan administratif. Untuk lebih lanjut penelitian akan difokuskan kepada STP Gedung Redha, dengan parameter utama yang ditinjau adalah amonia.



Gambar 4.4 Tampak Depan Gedung Redha PT Pacific Paint  
Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

#### 4.2 Perhitungan Debit Timbulan Air Limbah

Langkah pertama yang dilakukan dalam mengevaluasi STP adalah menghitung beban hidrolis (*hydraulic loading*). Untuk menentukan besaran atau kuantitas kapasitas hidrolis dari pengolahan limbah pada STP perlu dilakukan perhitungan debit timbulan air limbah. Perhitungan debit air limbah dilakukan untuk melihat fluktuasi debit air limbah yang masuk ke dalam STP. Besar kecilnya debit air limbah ditentukan oleh aktivitas yang terjadi di dalam gedung itu sendiri. Secara umum, Gedung Redaktur beroperasi efektif pada hari Senin-Jumat pada pukul 07.30–15.30, dan pada rentang waktu tersebut merupakan hari-hari aktif perkantoran.

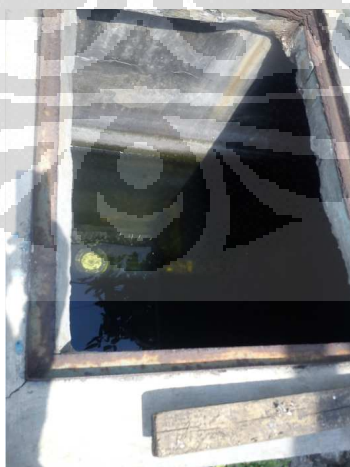
Pada jam operasi kantor, debit timbulan air limbah berfluktuasi tergantung pada intensitas pemakaian air bersih. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 7 Januari 2012 debit air limbah masuk yang dilakukan pada titik inlet limbah di

instalasi pengolahan limbah terdapat waktu-waktu dimana debit air limbah meningkat, yaitu pada pukul 12.00, 12.40 dan pukul 13.00. Waktu-waktu tersebut merupakan saat menjelang istirahat siang, saat istirahat siang, dan setelah istirahat. Pada waktu-waktu tersebut intensitas penggunaan toilet dan wastafel meningkat untuk kegiatan cuci tangan, cuci muka, buang air dan lain-lain. Berdasarkan observasi yang dilakukan dapat diprediksi bahwa pada jam-jam istirahat siang banyak pegawai yang keluar ruangan untuk berwudhu, cuci tangan, atau buang air.

Setelah jam perkantoran selesai (rata-rata pada jam 15.00-15.30), aktivitas di Gedung Redha mulai menurun karena sudah banyak pegawai dan pengguna gedung lainnya yang telah meninggalkan gedung, maka dari itu kegiatan perkantoran rata-rata sudah tidak terlihat. Selanjutnya, pada hari libur Sabtu-Minggu Gedung Redaktur tidak beroperasi.

#### 4.2.1 Perhitungan Berdasarkan Pemakaian Air Bersih.

Perhitungan timbulan air limbah dapat ditentukan berdasarkan penggunaan air bersih. Namun, pada saat penelitian pemantauan penggunaan air bersih berdasarkan meteran PDAM tidak dapat diamati secara langsung, sehingga perhitungan air bersih dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari PT Pacific Paint yang juga dihitung berdasarkan data penggunaan air bersih.



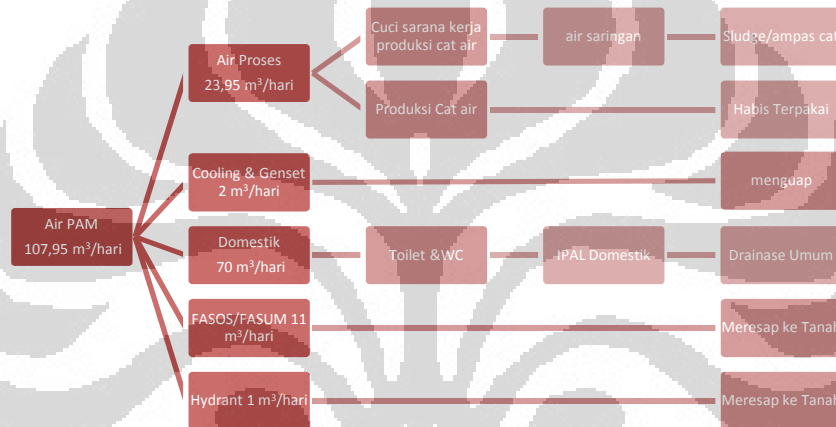
Gambar 4.5 Lokasi Meteran PDAM

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Tabel 4.1 Pemantauan Penggunaan Air Bersih Berdasarkan Alat Ukur PAM

No	Semester I Tahun 2011	Alat Ukur (m <sup>3</sup> )/bulan	
		Alat Ukur 1	Alat Ukur 2
1	Januari	108	2128
2	Februari	124	2273
3	Maret	118	2061
4	April	111	2453
5	Mei	78	1849
6	Juni	95	1929
	Rata-Rata	107	2115

Sumber : Data Perusahaan (2012)



Gambar 4.6 Diagram Penggunaan Air Bersih PT Pabrik Cat Pacific Paint

Sumber : Data Perusahaan (2012)

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat debit pemakaian air bersih per hari secara keseluruhan sebesar 107,65 m<sup>3</sup>. Berdasarkan data pemakaian air tersebut pengelola gedung memperkirakan penggunaan air menjadi diagram penggunaan air bersih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Diagram air tersebut menunjukkan bahwa penggunaan air yang paling banyak adalah penggunaan air untuk kebutuhan domestik yaitu sebesar 70 m<sup>3</sup>/hari. Namun angka tersebut menunjukkan penggunaan air bersih secara keseluruhan pabrik, sedangkan di Pabrik PT Pacific Paint ini terdapat dua buah STP/IPAL yang memiliki kapasitas berbeda.

Data penggunaan air sebesar 70 m<sup>3</sup>/hari tersebut juga menunjukkan angka penggunaan air bersih secara keseluruhan. Jika angka tersebut merepresentasikan

jumlah air yang digunakan oleh semua pekerja maka penggunaan air bersih per individu didapat dengan membagi debit penggunaan air keseluruhan dengan jumlah pekerja. Maka diperoleh debit penggunaan air bersih sebesar 211,5 liter/orang/hari. Berikut rincian jumlah tenaga kerja di PT Pacific Paint.

Tabel 4.2 Jumlah Tenaga Kerja PT Pacific Paint Tahun 2011

No	klasifikasi	jenis kelamin		
		L	W	jumlah
1	Manajer ke atas Staff	6	4	10
2	administrasi	53	39	92
3	Produksi	154	44	198
4	Keamanan	30	1	31
	<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>88</b>	<b>331</b>
	Karyawan Tetap	227	60	287
	Karyawan Kontrak	16	28	44
	<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>88</b>	<b>331</b>

Sumber : Data Perusahaan (2012)

Data di atas menunjukkan jumlah pekerja secara keseluruhan di PT Pacific Paint. Gedung Redha yang dihuni oleh staf administrasi dan manajer memiliki jumlah 102 orang di dalamnya. Jika mengalikan jumlah karyawan tersebut dengan angka penggunaan air bersih per liter/orang/hari akan didapat angka penggunaan air bersih Gedung Redha yaitu sebesar 21.573 liter/hari atau 21,573 m<sup>3</sup>/hari. Reynolds (1996) mengasumsikan air limbah yang dihasilkan dapat diasumsikan sebesar delapan puluh persen dari penggunaan air bersih perhari, sehingga diperoleh timbulan air limbah berdasarkan penggunaan air bersih Gedung Redha adalah **17,26 m<sup>3</sup>/hari**.

#### 4.2.2 Perhitungan Langsung Pada Saluran *Inlet* STP

Cara lain yang dapat digunakan untuk menghitung debit timbulan air limbah gedung ialah dengan pengukuran langsung debit limbah di titik *inlet* instalasi pengolahan air limbah. Debit air limbah diukur pada saluran sebelum bak pengumpul. Perhitungan air limbah pada *inlet* dilakukan dengan menghitung

volume air limbah yang tertampung pada wadah (ember) selama waktu tertentu, kemudian debit dihitung dengan cara membagi volume air limbah terhadap waktu tampung air limbah. Berikut ini adalah data pengukuran debit influen air limbah yang berhasil dicatat pada saat observasi dalam waktu jam kerja, yaitu 08:30–15:30.

Tabel 4.3 Pengukuran Debit Air Limbah (7 Februari 2012)

Jam Pengambilan	Q(m <sup>3</sup> /day)
08.37	3,183
08.44	2,43
08.55	9,55
09.13	5,590
09.27	6,283
09.30	10,08
10.05	5,134
10.09	7,98
10.18	3,00
10.24	11,18
10.35	18
10.48	10,96
10.51	16,904
11.00	14,73
11.25	9,874
11.27	7,02
11.29	8,64
11.33	6,12
11.39	12,695
11.45	9,21
11.47	11,85
12.00	19,067
12.10	12,8
12.22	15,05
12.31	16,58
12.41	24,48
13.01	23,50
13.14	17,59
13.32	14,09
13.40	4,608
13.56	3,16

Tabel 4.3 (lanjutan)

14.07	17,28
14.23	6,48
14.44	4,32
15.00	4,114286
15.13	15,552
15.22	12,96
15.30	8,218537
<b>Rata-rata</b>	<b>10,79787</b>

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 4.7 Proses Perhitungan Debit pada Inlet Tangki *Septic*

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

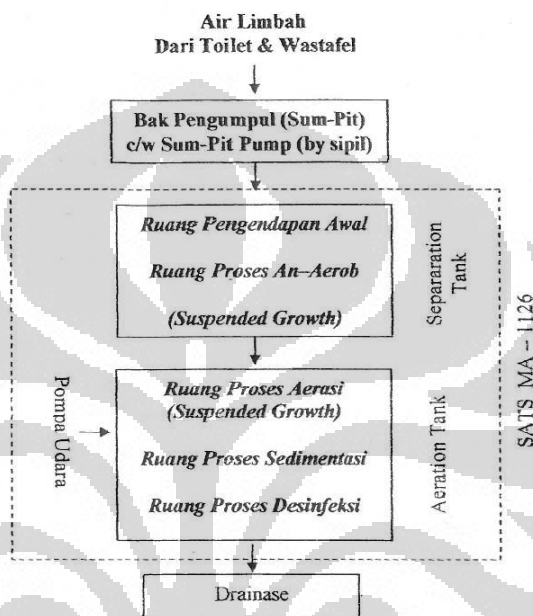
#### 4.2.3 Perhitungan Debit Air Limbah Secara Teoretis

Timbulan air limbah yang dihasilkan dapat dihitung juga dengan menggunakan nilai pemakaian air bersih minimum untuk gedung perkantoran sebesar 50 liter/hari/pegawai (SNI 03-7065-2005) dengan debit air limbah yang dihasilkan sebesar 40 liter/hari/pegawai, maka total pemakaian air bersih di Gedung Redha ialah 5.100 Liter/hari atau 5,1 m<sup>3</sup>/hari, dengan debit yang dihasilkan sebesar 4.080 liter/hari atau **4,08 m<sup>3</sup>/hari**.

### 4.3 STP (Sewage Treatment Plant)

PT Pacific Paint memiliki dua buah STP untuk mengolah limbah domestik mereka. Salah satu STP beroperasi untuk mengolah limbah domestik yang dihasilkan dari Gedung Locker. Gedung Locker ini merupakan gedung yang digunakan sebagai tempat tinggal pekerja pabrik selama jam kerja. Aktivitas yang

terjadi di Gedung Locker adalah kegiatan mandi, cuci, dan kakus, sedangkan STP yang lainnya adalah STP yang mengolah limbah domestik yang berasal dari Gedung Redaktur (Redha). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, Gedung Reda hanya ditempati oleh staf-staf administrasi dan beberapa manajer, aktivitasnya pun hanya aktivitas administratif.



Gambar 4.8 Skema (*Flowchart*) Air Limbah Gedung Redha  
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Pada awalnya PT Pacific Paint khususnya Gedung Redha, hanya mempunyai *sump-pit* yang saat itu berfungsi sebagai tangki septik untuk mengolah air limbahnya. Lalu pada Tahun 2008 PT Pacific Paint menghubungi pihak PD PAL untuk mengolah air limbah mereka sebelum langsung dibuang ke badan air dengan menggunakan unit pengolahan yang diproduksi PD PAL Jayabumi Utama berupa unit Bio Kleen dengan tipe SATS (*sewage aeration treatment system*). Proses pengolahan didahului dengan *pre-treatment* berupa bak pengumpul (*sum-pit*). Alat tersebut diolah sedemikian rupa dengan sumber air limbah yaitu hasil kegiatan domestik. Kondisi air limbah domestik di PT Pacific Paint tidak mengandung lemak karena memang tidak ada kantin pada Gedung Redha, sehingga tidak diperlukan unit *grease trap*.





Gambar 4.9 Gambar unit SATS MA-1126

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Berdasarkan observasi yang dilakukan penulis, air limbah yang dihasilkan di Gedung Redha hanya berasal dari pemakaian toilet dan wastafel. Air limbah yang berasal dari toilet akan masuk kedalam bak pengumpul (sump-pit) hingga ketinggian tertentu, lalu dipompakan ke dalam tangki sedimentasi alat SATS MA-1126 dengan menggunakan pompa submersibel EBARA tipe *vortex-single phase automatic* 50 DVSA 5.4S. Pompa ini memompakan air limbah dengan debit 220 l/min dan memiliki head hingga 9 meter.



Gambar 4.10. Pompa Submersibel 'EBARA'

Sumber : <http://www.pumpsonline.net.au/product> (2012)

Gedung Redha menggunakan alat SATS tipe MA-1126. Berdasarkan penjelasan buku prosedur operasi dari PD PAL prinsip operasi unit pengolahan dengan alat SATS ini adalah sistem lumpur aktif. Air limbah yang berasal dari bak pengumpul akan melalui proses pemisahan kotoran dan lumpur (prasedimentasi) di dalam *separation tank*. Di dalam *separation tank* terjadi penguraian materi-materi organik (material pencemar) oleh bakteri anaerob. Air



Pada saat pengamatan pompa hanya menyala sekitar kurang lebih lima kali dalam sehari dengan durasi tiap penyalaan selama  $\pm 1$  menit. Jika pompa memiliki kapasitas 220 l/min, maka debit yang masuk ke dalam unit SATS MA-1126 diperkirakan adalah 1,1 m<sup>3</sup>/hari.

#### 4.4 Kriteria Desain STP Gedung Redha

Sebelum menggunakan unit SATS, pihak PT Pacific Paint mengajukan kriteria pengolahan berdasarkan kualitas efluen yang disesuaikan dengan baku mutu. Kriteria ini akan digunakan sebagai acuan atau perbandingan hasil evaluasi yang dilakukan penulis. Perkiraan kuantitas dan kualitas influen air limbah sebagai berikut :

##### 2. Data teknis

Jumlah karyawan masing-masing gedung adalah sebagai berikut:

1. Gedung Redha : 200 orang
2. Posko Satpam : 40 orang
3. Gedung FG Decorative  
+ masjid : 84 orang
4. Gedung Locker : 167 orang
5. Lab Decorative : 20 orang
6. Produksi Automotif : 144 Orang

Besaran air buangan yang dihasilkan :

1. 120 l/orang/hari untuk gedung yang terdapat kegiatan mandi.
  2. 45 l/orang/hari untuk gedung yang tidak terdapat kegiatan mandi
- ##### 3. Kapasitas Olahan
1. Gedung Redha : 200 orang  
: 200 orang x 45 l/h  
: 9000 l/hari  
: 9 m<sup>3</sup>/hari
- ##### 4. Kualitas influen
- BOD : 250 mg/l  
COD : 300 mg/l

## 5. Kualitas efluen

BOD : 20 mg/l

COD : 30 mg/l

**4.5 Analisis Input Air Limbah**

## 4.5.1 Analisis Debit Air Limbah

Analisis debit air limbah dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti : (1) perhitungan berdasarkan pemakaian air bersih, (2) perhitungan jumlah pemakaian alat-alat plambing yang diolah dengan standar debit pemakaian air pada alat-alat plambing dan (3) perhitungan langsung debit air limbah pada inlet. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan perhitungan jumlah populasi manusia di dalam gedung dengan mengolah data luasan gedung efektif dengan nilai kepadatan ruang gedung, namun karena Gedung Redha pada penelitian ini hanya terdiri dari dua lantai dan seluas 900 m<sup>2</sup>, perhitungan dengan metode ini tidak dilakukan.

Perhitungan berdasarkan alat-alat plambing juga tidak dilakukan karena Gedung Redha hanya memiliki enam toilet (tiga toilet pria dan tiga toilet wanita) dan dua buah wastafel. Pendekatan lain yang dapat digunakan adalah dengan menghitung jumlah pegawai di Gedung Redha dan mengalikannya dengan menggunakan nilai pemakaian air bersih minimum untuk gedung perkantoran sesuai dengan SNI 03-7065-2005. Berdasarkan metode-metode tersebut berikut hasil pengukuran debit air limbah yang dihasilkan dari Gedung Redha.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Debit Timbulan Air Limbah Gedung Redha

<b>Perhitungan</b>	<b>Debit (m<sup>3</sup>)</b>
Pemakaian air bersih minimum untuk gedung perkantoran (literatur)	<i>4,08 m<sup>3</sup>/hari</i>
Perhitungan berdasarkan neraca air pabrik (meteran PAM)	<i>17,26 m<sup>3</sup>/hari</i>
Perhitungan langsung inlet	<i>10,79 m<sup>3</sup>/hari</i>

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Dari ketiga cara perhitungan timbulan air limbah tersebut didapatkan nilai debit yang berbeda-beda. Perhitungan dengan berdasarkan neraca air pabrik atau berdasarkan pengamatan meteran PAM menunjukkan angka debit yang tertinggi yaitu  $17,26 \text{ m}^3/\text{hari}$  dan nilai debit tertinggi selanjutnya adalah angka debit berdasarkan perhitungan langsung di *inlet* sebelum masuk ke bak pengumpul yaitu sebesar  $10,79 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Namun pada saat perhitungan, air limbah tidak masuk secara terus-menerus tetapi hanya pada waktu-waktu tertentu.

Dari ketiga cara perhitungan tersebut, cara yang paling representatif atau yang paling mendekati kondisi sebenarnya adalah perhitungan pada inlet, karena dengan cara ini diperoleh berapa besar debit limbah yang masuk ke dalam *sum-pit* selama satu hari kerja. Perhitungan dengan penggunaan air bersih berdasarkan meteran PDAM dinilai kurang mewakili, karena angka debit limbah yang diperoleh dengan cara ini didapat hanya berdasarkan perkiraan 80% dari penggunaan air bersih, padahal pada kondisi sebenarnya belum tentu air bersih yang digunakan oleh tiap pegawai sebesar 211,5 liter/hari, bisa saja kurang dari angka tersebut atau bisa melebihi angka tersebut.

Alat yang digunakan adalah ember atau wadah dengan volume 18 liter dan tongkat pengait untuk memudahkan proses penampungan air limbah. Namun pada pengukuran debit air limbah secara langsung pada saluran inlet terdapat banyak kendala yang dialami yang menyebabkan nilai debit yang terhitung tidak akurat. Penyebab ketidakakuratan tersebut antara lain ialah dari keterbatasan akses untuk menampung air limbah yang keluar di saluran inlet karena inlet berada di dalam *septic tank* sehingga menyulitkan proses penampungan limbah. Kesulitan yang lain adalah debit limbah tidak keluar setiap saat, hanya saat-saat tertentu. Debit yang keluar sangat bervariasi begitupula dengan lama waktu keluarnya air limbah. Selama penampungan air limbah, tidak semua air limbah yang keluar dapat tertampung seluruhnya atau terdapat air yang tumpah. Hal tersebut tentunya mempengaruhi keakuratan perhitungan debit yang dihasilkan.

Dengan beragam ketidakakuratan yang terjadi pada saat perhitungan debit air limbah, maka nilai debit air limbah yang digunakan untuk evaluasi merupakan rata-rata dari ketiga cara perhitungan nilai debit air limbah. Debit rata-rata dari ketiga perhitungan tersebut adalah sebesar  $10,71 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Apabila debit

perhitungan inlet secara langsung dibandingkan dengan debit rata-rata ketiga perhitungan, terlihat angka yang hampir sama. Jika dibandingkan debit perencanaan sebesar 9 m<sup>3</sup>/hari, debit perhitungan inlet memang sedikit lebih besar namun perbedaannya tidak begitu jauh sehingga dapat dikatakan bahwa debit eksisting masih memenuhi kriteria debit desain.

#### 4.5.2 Analisis Karakteristik Influen Air Limbah

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa air limbah dari Gedung Redha akan masuk ke dalam *sum-pit* terlebih dahulu, namun karena air limbah yang masuk ke dalam *sum-pit* tidak terus-menerus dan banyak mengandung tisu, pembalut, puntung rokok, tidak dilakukan analisa karakteristik air limbah sebelum masuk ke dalam *sum-pit*, karena dikhawatirkan akan mengganggu pemeriksaan air limbah di laboratorium. Oleh sebab itu, pemeriksaan air limbah dilakukan pada inlet alat SATS MA-1126. Berdasarkan hasil wawancara dengan operator STP, *sum-pit* yang ada pada Gedung Redha berfungsi sebagai tangki septik maka efluen dari sumpit yang merupakan influen alat SATS MA-1126 mendekati parameter efluen tangki septik yang dijelaskan pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Karakteristik Efluen Tangki Septik

<i>Component</i>	<i>Concentration Range</i>	<i>Typical Concentration</i>
Total <i>suspended solids</i> (TSS)	36 - 85 mg/l	60 mg/l
BOD5	18 - 189mg/l	120 mg/l
pH	6,4 - 7,8	6,5
Fecal coliform	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup> CFU/100ml	10 <sup>6</sup> CFU/100 ml
Ammonium Nitrogen NH4-N	30 -50 mg/l	40 mg/l
Nitrate-nitrogen NO3-N	0 - 10 mg/l	0 mg/l
Total Nitrogen	29,5 - 63,4 mg/l	60 mg/l
Total Phosporus	8,1 - 8,2 mg/l	8,1 mg/l

Sumber : Jantrania, (2006)

Air limbah yang masuk dan diolah oleh alat SATS MA-1126 berasal dari aktivitas domestik dengan komponen yaitu kegiatan toilet seperti buang air kecil

dan besar, serta mencuci tangan. Dengan karakteristik input limbah tersebut, maka perlu untuk diketahui karakteristik fisik dan kimiawi dari air limbah untuk menentukan beban organik yang masuk dan mengukur kinerja alat pengolahan air limbah. Tabel 4.6 berikut ini adalah hasil analisis kimiawi yang dilakukan pada *input* limbah yang diambil pada titik *inlet* alat SATS MA-1126. Pengambilan *sample* dilakukan sebanyak enam kali guna melihat fluktuasi beban limbah yang masuk. Sampel pertama kali diambil pada tanggal 13 Februari 2012 untuk menganalisis parameter air limbah yang masuk ke dalam unit pengolahan limbah. Namun untuk megamati karakteristik parameter air limbah yang masuk ke dalam STP, pengambilan air sampel dilakukan kembali selama hari kerja dalam satu minggu yang dimulai pada tanggal 27 Februari 2012 hingga 2 Maret 2012. Sampel diambil pada pukul 12.00 WIB berdasarkan waktu *peak-flow* pada saat perhitungan debit air limbah.

Tabel 4.6 Analisis Parameter Inlet Limbah SATS MA-1126

Tanggal	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Amonia (mg/l)	Total-N	Phosphat	DO	pH	Suhu °C
13-Feb	291,6	298	135	105,92	6,65	7,6	3	7-8	28,6
27-Feb	79,51	356	166	81,8	20,3	4,41	0,09	7-8	29
28-Feb	144,5	282	157	86,36	21,98	4,42	0,01	7-8	29,1
29-Feb	114	272	134	83,82	19,08	4,29	0,1	7-8	29
01-Mar	74,83	295	149	85,16	25,39	4,11	0,01	7-8	28,3
02-Mar	196	269	160	93	27,59	4,63	0,23	7-8	28
Karakteristik tipikal limbah cair (mg/l)	100–300	200–500	100–350	12-50*	20-85	6-20	-	6,5-9	-
BML **	50	80	50	10	-	-	-	6-9	-

Sampel diuji di Laboratorium BPLHD DKI Jakarta.

\*) dalam bentuk ammonium-nitrogen.

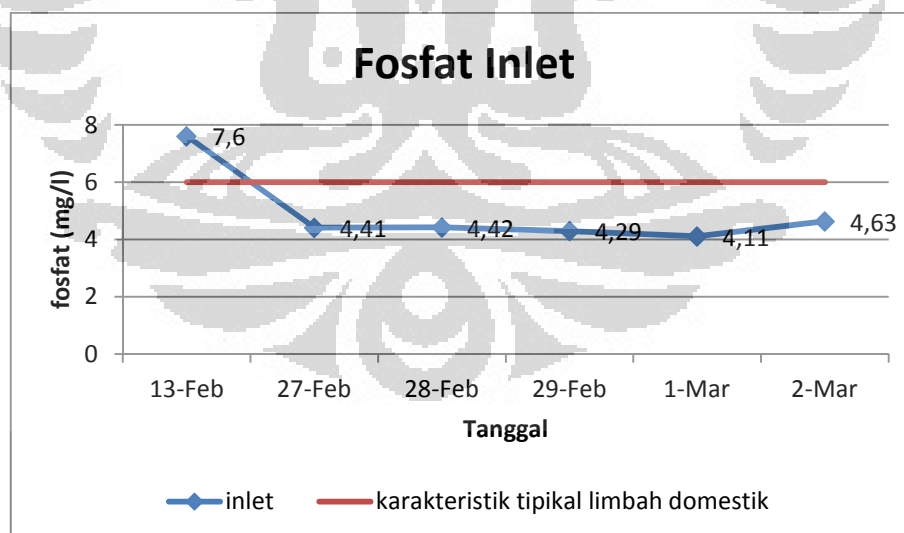
\*\*) Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor : 122 Tahun 2005

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan analisis sampel air limbah pada inlet alat SATS MA-1126 di laboratorium BPLHD DKI Jakarta dapat diketahui bahwa parameter BOD, COD, TSS dan pH serta total-nitrogen memenuhi standar karakteristik limbah cair domestic yang dikemukakan oleh Metcalf & Eddy (2004). Namun, terdapat perbedaan nilai DO yang cukup signifikan antara sampel Tanggal 13 Februari 2012 dibandingkan dengan sampe tanggal 27 Februari 2012 dan seterusnya,

disebabkan pada analisis awal perhitungan DO tidak dilakukan di lapangan melainkan berdasarkan analisis laboratorium sehingga mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut. Dalam SNI 6989.59:2008, dijelaskan bahwa analisis DO sebaiknya dilakukan *on-site*.

Konsentrasi parameter fosfat secara umum masih dibawah standar karakteristik limbah cair yaitu sekitar 4 mg/l, hanya konsentrasi pada analisis tanggal 13 Februari 2012 yang memenuhi standar karakteristik. Fosfat pada air limbah pada umumnya berasal dari aktivitas penggunaan deterjen atau sabun, semakin tinggi penggunaan deterjen atau sabun maka akan meningkatkan konsentrasi fosfat dalam air limbah. Namun, fosfat dalam bentuk inorganik juga berasal dari buangan yang dihasilkan oleh manusia sebagai hasil dari penguraian metabolis protein dan asam nukleat dan eliminasi dari *liberated phosphat* (fosfat bebas) dalam urin (Sawyer, 2003). Sawyer menambahkan, organisme yang terdapat pada proses biologis pengolahan air limbah membutuhkan fosfat untuk reproduksi dan sintesis material sel yang baru. Nilai fosfat yang rendah pada inlet disebabkan karena penggunaan sabun dan deterjen tidak dalam jumlah yang signifikan.



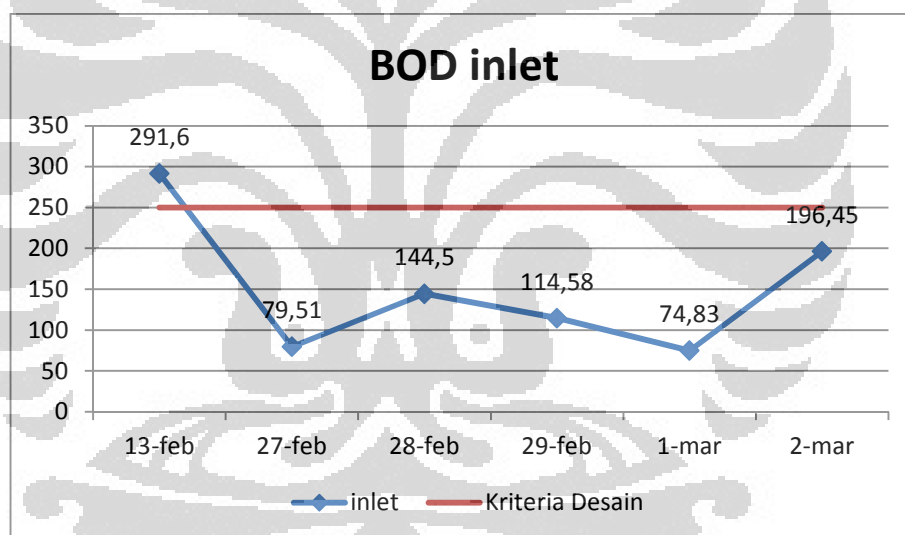
Gambar 4.12 Phospat Pada Inlet

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Kandungan BOD pada inlet limbah masih termasuk kategori sedang dalam karakteristik tipikal air limbah, jika dibandingkan dengan kriteria desain pada awal desain sebelum penerapan unit pengolahan limbah SATS MA-1126 kandungan BOD pada *inlet* masih memenuhi kriteria desain. Hanya sampel pada tanggal 13 Februari 2012 yang melampaui kriteria desain, bahkan beberapa sampel memiliki kandungan BOD yang relatif rendah. Namun secara umum BOD pada *inlet* masih memenuhi pendekatan desain. Mara (2003) menyebutkan kuat atau tidaknya (*strong or weak*) air limbah dipengaruhi oleh kandungan organik. Semakin tinggi konsentrasi kandungan organik, air limbah akan semakin 'kuat'. Kuat atau tidaknya air limbah umumnya lihat dari konsentrasi BOD<sub>5</sub> atau COD nya.

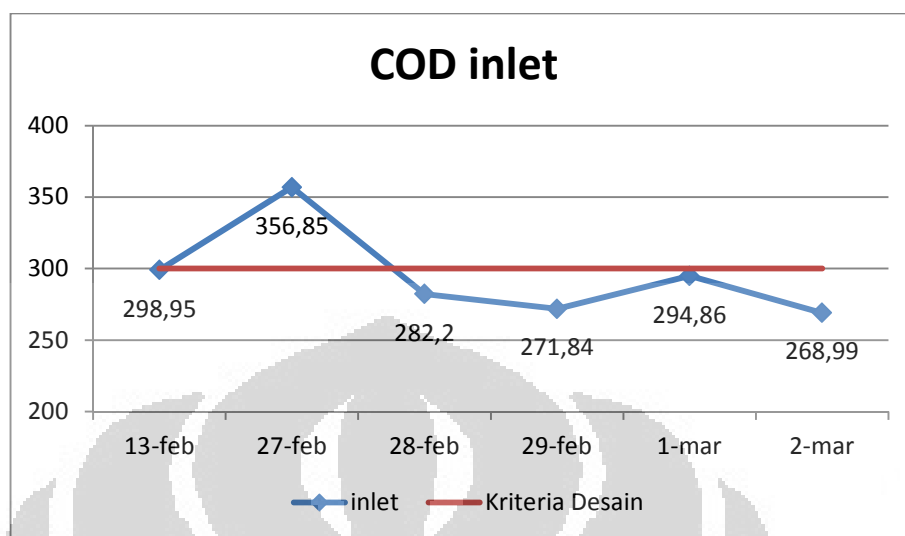
Sumber yang sama menyebutkan jika kandungan BOD<sub>5</sub> < 200 mg/l, air limbah masuk dalam kategori 'lemah'. Jika mengacu pada gambar 4.12, air limbah dari Gedung Redha termasuk dalam kategori tersebut.



Gambar 4.13 Grafik Konsentrasi BOD pada *Inlet* vs Kriteria Desain  
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Parameter COD pada *inlet* juga masih memenuhi kriteria desain, hal ini terlihat secara umum konsentrasi COD yang masuk ke dalam unit pengolahan air limbah masih dibawah 300 mg/l. Menurut Sawyer (2003), konsentrasi COD pada air limbah memang jauh lebih besar dibandingkan dengan BOD karena umumnya air limbah lebih mudah terurai secara kimiawi dibandingkan secara biologis. Seperti yang dijelaskan sebelumnya COD juga menentukan kuat atau lemahnya air limbah. Air limbah dari Gedung Redha pada *inlet* berkisar antara 260 – 356

mg/l. Jika kandungan COD pada air limbah lebih kecil dari 400 mg/l, air limbah masuk dalam kategori lemah (Mara, 2003).



Gambar 4.14 Grafik Konsentrasi COD pada *Inlet* Vs Kriteria Desain  
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan data analisis limbah pada Tabel 4.7, dihitung pula rasio BOD/COD untuk menentukan level biodegradabilitas material air limbah atau kondisi pada saat kandungan organik air limbah dapat diurai secara biologis. Jika rasio BOD/COD pada air limbah  $\geq 0,5$ , air limbah dipertimbangkan lebih mudah diolah secara biologis. Jika rasio dibawah 0,3, limbah dapat mengandung komponen-komponen yang bersifat toksik (Metcalf & Eddy, 2004). Perhitungan rasio BOD/COD pada inlet menghasilkan angka yang bervariasi, rasio terkecil adalah 0,223 dan rasio terbesar adalah 0,975. Jika dihitung nilai rata-rata dari rasio tersebut diperoleh nilai sebesar 0,519, dengan nilai tengahnya adalah 0,467.

Tabel 4.7 BOD:COD Rasio Pada Influen Limbah

Tanggal (2012)	BOD	COD	BOD/COD
13-Feb	291,6	298,95	0,975
27-Feb	79,51	356,85	0,223
28-Feb	144,5	282,2	0,512
29-Feb	114,58	271,84	0,421
1-Mar	74,83	294,86	0,254
2-Mar	196,45	268,99	0,730
		<i>rata-rata</i>	0,519
		<i>nilai tengah</i>	0,467

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Nilai BOD:COD pada tabel 4.7 tersebut disebabkan oleh tingginya angka COD air limbah bila dibandingkan dengan konsentrasi BOD yang jauh lebih kecil. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi nyata di lapangan tidak terdapat proses pengadukan pada *sum-pit* atau tangki septik sebelum air limbah masuk ke dalam unit pengolahan SATS MA-1126, sehingga homogenisasi tidak terjadi dan mengakibatkan konsentrasi BOD pada inlet menjadi rendah. Jika dilihat dari nilai tengah dan rata-rata rasio BOD/COD, air limbah dapat diolah secara biologis, sehingga jenis pengolahan air limbah domestik pada PT Pacific Paint sudah sesuai.

Untuk parameter minyak lemak, tidak dilakukan analisis karena tidak ada kegiatan kantin atau dapur di Gedung Redha yang umumnya menyumbangkan limbah yang mengandung minyak dan lemak. Sedangkan untuk parameter padatan tersuspensi (TSS) dan nitrogen total pada inlet air limbah masih termasuk dalam kategori sedang.

Parameter total nitrogen merupakan penjumlahan dari nitrogen organik, amonia, nitrit, nitrat. Namun, pada hasil analisis parameter total nitrogen dan amonia yang dilakukan pada inlet limbah terlihat nilai amonia justru lebih besar dibandingkan dengan total nitrogen. Hal ini disebabkan perbedaan bentuk-bentuk nitrogen yang dihitung dari masing-masing prosedur analisa total nitrogen dan amonia. Mara (2003) menyebutkan bahwa total nitrogen merupakan penjumlahan konsentrasi antara nitrogen organik, ammonia, nitrit dan nitrat.

Akan tetapi, dari analisa amonia dan total nitrogen di inlet unit SATS MA-1126 justru terlihat nilai total nitrogen justru jauh lebih kecil dibandingkan dengan amonia. Hal ini diduga disebabkan perbedaan analisis lab dari parameter tersebut. Untuk parameter amonia sendiri, yang dianalisis merupakan total amonia ( $\text{NH}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ ) dalam satuan mg/l, sedangkan untuk total nitrogen, nitrat dan nitrit dianalisis dalam satuan mg/l sebagai N.

Tabel 4.8 Konsentrasi Total Nitrogen dan Amonia Pada *Inlet*

Tanggal	<i>Inlet</i>	
	Nitrogen (mg/l as N)	Total Amonia (mg/l)
13-Feb	6,65	105,92
27-Feb	20,30	81,80
28-Feb	21,98	86,36
29-Feb	19,08	83,82
1-Mar	25,39	85,16
2-Mar	27,59	93,00

Sumber : Hasil Olahan (2012)

#### 4.5.3 Analisis Beban Organik

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, debit air limbah yang dipompakan ke dalam unit SATS adalah  $1,1 \text{ m}^3/\text{hari}$  dengan volume tangki separasi  $6,81 \text{ m}^3$ . Dengan persamaan diperoleh waktu retensi sebagai berikut :

$$HRT = \frac{6,81 \text{ m}^3}{1,1 \text{ m}^3/\text{hari}} = 6,19 \text{ hari}$$

Waktu retensi tersebut sama dengan waktu retensi pada tangki aerasi, karena memiliki volume yang sama. Namun khusus untuk *aeration chamber* yang memiliki volume  $4,81 \text{ m}^3$  waktu retensinya menjadi

$$HRT_{aeration\ chamber} = \frac{4,81 \text{ m}^3}{1,1 \text{ m}^3/\text{hari}} = 4,4 \text{ hari}$$

Secara keseluruhan waktu retensi yang dibutuhkan untuk air limbah di dalam unit SATS adalah 12,4 hari atau sekitar 12 hari 9 jam. Beban organik atau *Organic Loading* adalah parameter utama untuk mendesain proses lumpur aktif dan meng-operasikannya.

$$BOD\ loading = \frac{150,245 \text{ g}/\text{m}^3 \times 1,1 \text{ m}^3/\text{d}}{4,81 \text{ m}^3} = 32,4 \text{ g BOD}/\text{hari}$$

Nilai rata-rata BOD pada *inlet* unit SATS adalah 150,245 mg/l dan debit air limbah yang masuk perhari 1100 liter atau 1,1 m<sup>3</sup>. Konsentrasi MLSS di tangki aerasi adalah 2200 mg/l, sedangkan untuk konsentrasi MLVSS pada tangki aerasi adalah 172 mg/l. Dan rasio F/M dihitung dengan persamaan (2.8) seperti berikut :

$$\frac{F}{M} = \frac{150,245 \text{ g/m}^3 \times 1,1 \text{ m}^3/\text{d}}{4,81 \text{ m}^3 \times 2200 \text{ g/m}^3} = 0,0156$$

#### 4.5.4 Analisis Waktu Tinggal Bakteri

Waktu tinggal bakteri atau *mean cell retention time* (MCRT) merupakan waktu yang diperlukan mikroorganisme untuk berada di dalam sistem *activated sludge* berdasarkan persamaan (2.9) maka diperoleh MCRT sebagai berikut :

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,8 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times \left( \frac{260,82 - 28,3}{1000} \right) \text{ kg/m}^3}{4,81 \text{ m}^3 \times 2,2 \text{ kg/m}^3}$$

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{0,0193}{\text{hari}}$$

$$\theta_c = 51 \text{ hari}$$

#### 4.5.5 Analisis Perhitungan Kandungan Nutrien BOD : N : P

Analisis rasio BOD : N : P pada air limbah bertujuan untuk mengetahui kandungan nutrisi di dalam air limbah. Air limbah domestik umumnya mengandung keseimbangan nutrien untuk pertumbuhan mikroba dengan perbandingan BOD : N : P yaitu 100 : 5 : 1 (Mara, 2003). Perbandingan BOD : N : P pada air limbah PT Pacific Paint dihitung berdasarkan analisis kualitas influen limbah yang masuk ke dalam unit SATS MA-1126. Nitrogen untuk nutrien dapat diperoleh dari hasil analisis senyawa amonia, sedangkan fosfor diperoleh dari analisis senyawa fosfat. Perhitungan rasio BOD : N : P ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Rasio BOD : N : P Pada Sampel Air Limbah

Tanggal	BOD (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	BOD (mg/l)	N (mg N/l)	P (mg P/l)
13-Feb	291,60	103,05	7,60	117	32	1,00
27-Feb	79,51	81,19	4,41	55	44	1,00
28-Feb	144,50	85,71	4,42	100	46	1,00
29-Feb	114,58	83,19	4,29	82	46	1,00
1-Mar	74,83	84,57	4,11	56	49	1,00
2-Mar	196,45	92,36	4,63	130	47	1,00
Rata-rata				90	44	1,00
Median				91	46	1,00

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Amonium diperoleh berdasarkan konversi menggunakan tabel pada lampiran 1. Lalu nitrogen diperoleh dengan konversi satuan menjadi mgN/l dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{x \text{ mgNH}_4^+}{l} \times \left( \frac{1 \times 14 \text{ mgN}}{1 \times 14 + 4 \times 1 \text{ mgNH}_4^+} \right) = \dots \text{ mg N/l}$$

Fosfor diperoleh dengan mengkonversi konsentrasi fosfat menjadi mg P/l dengan perhitungan sebagai berikut

$$\frac{x \text{ mgPO}_4}{l} \times \left( \frac{1 \times 31 \text{ mgP}}{1 \times 31 + 4 \times 16 \text{ mg PO}_4} \right) = \dots \text{ mg P/l}$$

Tabel 4.9 memperlihatkan hasil perbandingan BOD : N : P rata-rata sebesar 90 : 44 : 1, perhitungan nilai tengah juga menunjukkan perbandingan yang tidak jauh berbeda yaitu 91 : 46 : 1. Jika dibandingkan dengan teori, menurut Mara (2003) rasio BOD : N : P pada air limbah seharusnya 100 : 5 : 1, namun perbandingan pada saat penelitian sangat berbeda dilihat dari unsur nitrogen yang dibutuhkan jauh melebihi perbandingan teoretis. Sehingga dapat dikatakan nitrogen jauh melebihi angka nutrien yang dibutuhkan, hal ini diduga dipengaruhi oleh parameter amonia yang besar pada influen.

#### 4.6 Analisis Proses Pengolahan Air Limbah

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya sistem pengolahan air limbah domestik di Gedung Redha dimulai dari masuknya air limbah ke dalam *sum-pit* atau tangki septik lalu dipompakan ke dalam alat SATS MA-1126, lebih jelasnya akan dijelaskan pada skema di bawah. Analisis proses pengolahan air limbah dilakukan berdasarkan beberapa hal seperti (1) perhitungan parameter-parameter air limbah domestik pada umumnya, (2) kondisi eksisting pada unit pengolahan dan (3) justifikasi pendekatan sistem pengolahan limbah yang ada dengan sistem pengolahan limbah yang umumnya terdapat pada literatur. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3, Untuk melihat kinerja alat SATS secara keseluruhan parameter yang diujikan adalah TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, amonia dan total nitrogen yang dianalisis pada inlet dan outlet unit pengolahan SATS MA-1126.



Gambar 4.15 Skema/ *Flowchart* Air Limbah Gedung Redha  
Sumber : Hasil Olahan (2012)

##### 4.6.1 Analisis Proses Pada Sum-Pit (Tangki Septik)

Tangki septik atau (*sump-pit*) berfungsi sebagai penampung air limbah baru yang berasal langsung dari toilet. Tangki septik memiliki panjang 6,4 m, lebar 3,2 m dan kedalaman 1,4 m, sehingga volume tangki tersebut adalah **28,67 m<sup>3</sup>**. Berdasarkan hasil penelitian lapangan terdapat beberapa permasalahan yang terjadi pada sistem pengolahan air limbah di gedung ini. Salah satu permasalahan yang terlihat adalah pada saat pengukuran debit air limbah yang masuk ke dalam tangki septik, terdapat banyak sekali limbah padat anorganik yang terbawa masuk oleh aliran air limbah, antara lain seperti pembalut wanita, puntung rokok, dan tisu, hal ini menyebabkan permukaan tangki septik penuh dengan limbah tersebut. Hal tersebut juga menyebabkan penyumbatan pada pompa yang mengangkut air

limbah dari tangki septik ke dalam alat SATS, sehingga mengganggu kinerja pompa.



(a)

(b)

Gambar 4.16 (a) Lokasi *Sum-pit* (b) Kondisi Permukaan *Sum-pit*

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

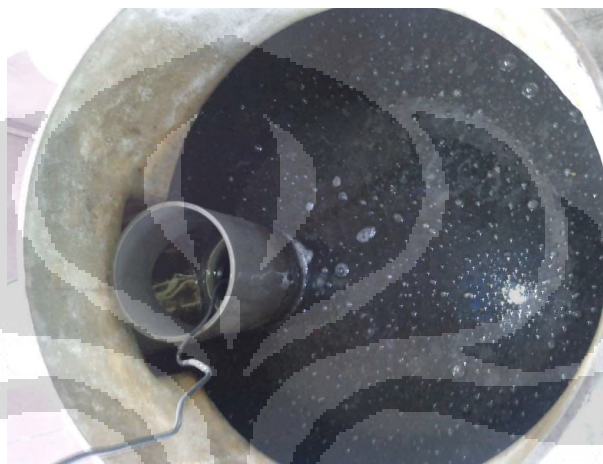
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pompa yang digunakan untuk mengangkut air limbah ke dalam alat SATS adalah pompa submersibel EBARA tipe *Vortex - Single Phase Automatic 50 DVSA 5.4S*. Pompa ini memompakan air limbah dengan debit 220 l/min dan memiliki head hingga 9 meter. Pada saat dilakukan observasi lapangan, berdasarkan hasil wawancara dengan operator STP pompa ini bekerja berdasarkan level muka air pada tangki septik. Apabila air limbah yang masuk sudah mencapai level tertentu pompa akan menyala dan memompakan air limbah ke dalam alat SATS. Selama pengamatan selama satu hari kerja yang dimulai pada pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 pompa menyala sebanyak 5 kali, dengan durasi  $\pm 1$  menit tiap pompa menyala. Hal ini tentu menjadi kendala untuk menentukan waktu retensi limbah selama berada di dalam alat SATS, tidak diketahuinya frekuensi nyala pompa pada saat jam kerja kantor berakhir atau pada hari Sabtu dan Minggu saat kantor sedang tidak beroperasi juga menjadi kendala untuk menentukan waktu retensi.

#### 4.6.2 Analisis Proses Pada Tangki Separasi (*Separation Tank*)

Tangki separasi berfungsi untuk memisahkan padatan atau solid yang ada dalam air limbah secara gravitasi. Di dalam tangki ini juga terjadi penguraian material organik, namun hanya dengan mengandalkan organisme yang berada di



dalam tangki. Pengolahan pada tangki separasi bersifat anaerob, sehingga organisme yang terdapat di dalam tangki dapat dikatakan bakteri anaerob. Pada tangki ini tidak terdapat perlakuan apapun, karena hanya bertujuan untuk menurunkan konsentrasi padatan (solid) saja. Pada saat observasi, terdapat banyak *scum* yang berada di permukaan tangki, namun air yang *overflow* ke dalam tangki berikutnya adalah *supernatant*-nya saja.



Gambar 4.17 Kondisi Permukaan Tangki Separasi

Sumber : Hasil Olahan

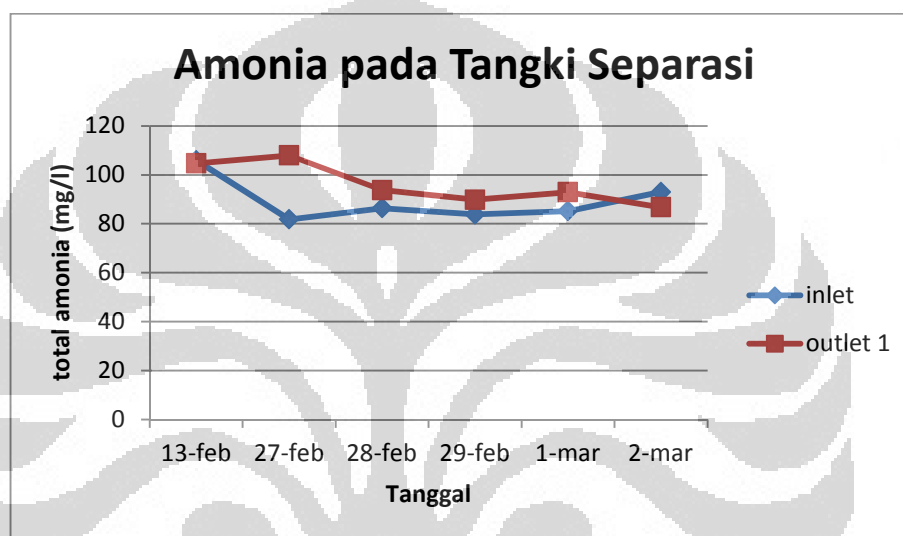
Berdasarkan pengujian parameter air limbah seperti TSS, BOD, COD dan nitrogen total pada tanggal 13 Februari 2012, diperoleh persen penurunan (persen removal) dari parameter-parameter tersebut. Namun, dari keempat parameter tersebut persen penurunan TSS menunjukkan angka yang paling kecil sedangkan persen penurunan terbesar adalah parameter COD. Lebih jelasnya, persen penurunan ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.10 Persentase Penurunan Parameter pada Tangki Separasi

Parameter	Satuan	Separation Tank		Efisiensi (%)
		Inlet	Outlet	
TSS	mg/l	135	122	9,63
BOD <sub>5</sub>	mg/l	291,6	260,82	10,56
COD	mg/l	298,95	173,9	41,83
Nitrogen Total	mg N/l	6,65	6,7	
pH	-	7	7	

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Untuk parameter amonia terjadi pengecualian karena konsentrasi amonia pada beberapa sampel yang diambil di *outlet* tangki separasi justru lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi pada inlet. Hal ini terjadi karena dalam kondisi anaerob nitrat dan nitrit tereduksi menjadi amonia oleh proses denitrifikasi. Nitrat tereduksi menjadi nitrit, dan reduksi nitrit juga terjadi. Nitrit tereduksi menjadi amonia, proses ini dilakukan oleh bakteri denitrifikasi dengan menggunakan nitrat atau nitrit sebagai penerima elektron (respirasi anoksik) (Sawyer, 2003).



Gambar 4.18 Amonia Pada Inlet dan Outlet di Tangki Separasi

Sumber : Hasil Olahan (2012)

#### 4.6.3 Analisis Tangki Aerasi

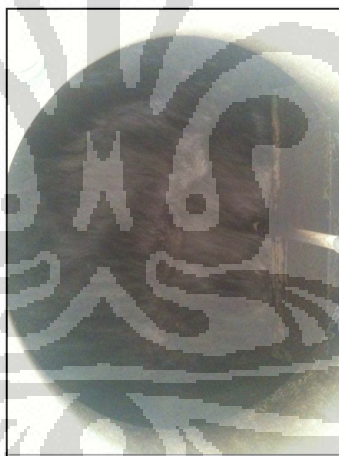
Air yang berasal dari tangki separasi akan mengalir secara *overflow* ke dalam tangki aerasi. Di tangki aerasi, air limbah akan diolah secara aerob karena diberi udara yang mengandung oksigen ke dalam air limbah. Oksigen ditambahkan dengan menggunakan *blower* dengan spesifikasi *air pump* Yasunaga Tipe LP-120H, memiliki tekanan 0,02 MPa dan volume udara yang dipompakan sebesar 120 L/min.



Gambar 4.19 Air pump Yasunaga (*blower* udara)

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Saat observasi lapangan terlihat adanya turbulensi akibat *blower* udara di dalam bak aerasi. Hal ini sangat menguntungkan karena saat turbulensi berlangsung dapat dikatakan terjadi pula proses pengadukan, sehingga air limbah yang diolah didalam bak aerasi tercampur dengan baik atau terjadi homogenisasi. Apabila homgenisasi terjadi dengan baik, bakteri pengurai yang tersuspensi di dalam air limbah juga dapat mengurai senyawa organik dengan merata.

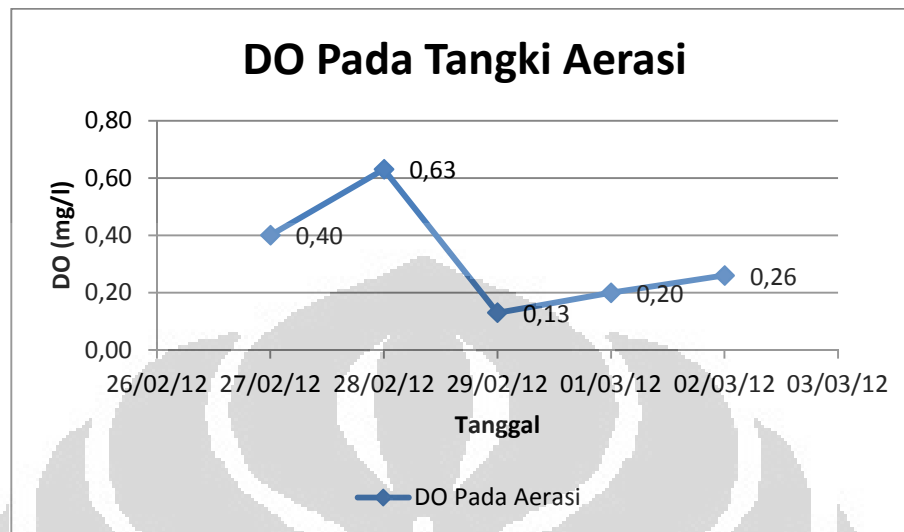


Gambar 4.20. Kondisi Permukaan Tangki Aerasi

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Konsentrasi oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) di dalam bak aerasi harus dipertahankan antara 2 – 3,5 mg/l (Gerardi, 2002). Jika konsentrasi DO lebih rendah, bakteri pengurai di dalam tangki aerasi akan kekurangan suplai oksigen untuk mengurai air limbah. DO diperiksa dengan metode *onsite* (langsung) dengan menggunakan DO meter yang memiliki ketelitian hingga 0,01 mg/l. Pada kenyataannya konsentrasi DO pada bak aerasi tidak mencapai 2 mg/l,

konsentrasi maksimum hanya 0,63 mg/l dan konsentrasi terendah 0,13 mg/l. Kondisi seperti ini akan mengganggu proses penguraian air limbah yang umumnya membutuhkan oksigen yang cukup.



Gambar 4.21 Grafik Konsentrasi DO pada tangki Aerasi

Sumber : Hasil Olahan (2012)

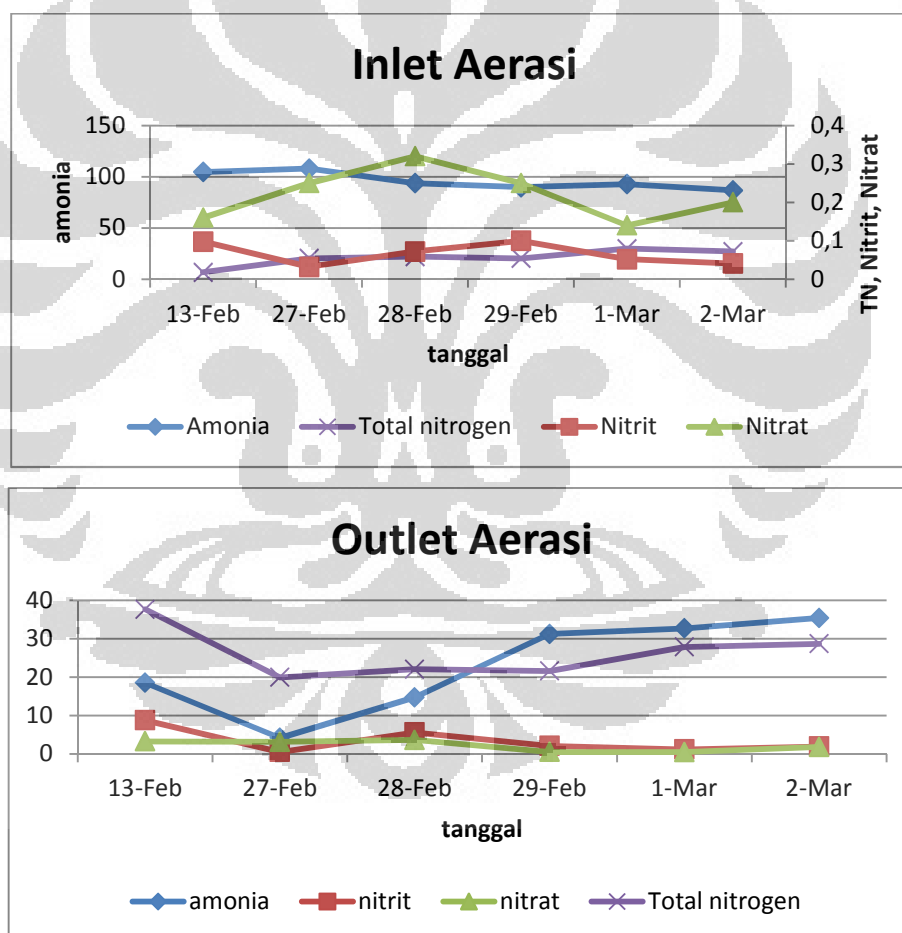
Tangki Aerasi ini sebenarnya terdiri dari tiga buah *chamber*, yaitu *chamber* aerasi, *chamber* sedimentasi, dan *chamber* desinfeksi. Air limbah yang telah teraerasi akan masuk ke *chamber* sedimentasi untuk diendapkan kembali setelah mengalami turbulensi pada *chamber* aerasi. Setelah itu air limbah akan melewati *chamber* desinfeksi yang seharusnya berisi kaporit sebagai desinfektan, namun selama penelitian, *chamber* tersebut kosong sehingga air limbah yang telah diendapkan langsung mengalir ke efluen.

Parameter yang dianalisa pada *inlet* dan *outlet* tangki adalah amonia, nitrat, nitrit serta total nitrogen, dengan tujuan melihat persen penurunan amonia setelah diberi perlakuan aerasi. Analisa bentuk-bentuk nitrogen lainnya bertujuan untuk mengamati proses nitrifikasi yang terjadi di dalam bak aerasi. Karena nitrifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu dan DO, parameter tersebut juga ikut diamati.

Tabel 4.11 Konsentrasi Amonia, Nitrit, Nitrat dan Total Nitrogen pada *Inlet* Tangki Aerasi

Tanggal	Amonia (mg/l)		Nitrit (mg/l sebagai N)		Nitrat (mg/l sebagai N)		Nitrogen (mg/l sebagai N)	
	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
13-Feb	104,68	18,52	0,098	8,77	0,16	3,25	6,74	37,6
27-Feb	107,92	4,19	0,032	0,525	0,25	3,12	20,3	19,94
28-Feb	93,74	14,71	0,072	5,59	0,32	3,62	22,02	22,03
29-Feb	89,82	31,21	0,1	2,08	0,25	0,51	20,33	21,57
01-Mar	92,88	32,65	0,052	1,192	0,14	0,49	29,88	27,84
02-Mar	86,76	35,35	0,041	1,93	0,2	1,79	27,1	28,68

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Gambar 4.22 Grafik Bentuk Senyawa Nitrogen pada *Inlet* & *Outlet* Tangki Aerasi

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan analisa, umumnya nitrogen hadir dalam bentuk nitrogen organik dan amonia. Seiring bertambahnya waktu, nitrogen organik berangsur-angsur berubah menjadi amonia nitrogen, dan selanjutnya apabila kondisi aerobik hadir, oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat juga akan terjadi (Mara, 2003).

Gambar 4.22 diatas menunjukkan saat awal penelitian pada tanggal 13 Februari konsentrasi amonia cukup tinggi dan bentuk senyawa nitrit juga rendah, namun jika melihat hasil analisa hanya pada tanggal tersebut tentunya kurang representatif. Oleh karena itu, dilakukan penelitian selama 5 hari kerja untuk mengamati fluktuasi konsentrasi amonia dan bentuk senyawa lainnya seperti nitrat dan nitrit. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada saat konsentrasi amonia tinggi yaitu 107 mg/l, senyawa nitrit berada pada konsentrasi yang cukup rendah dengan nilai 0,032 mg/l sebagai N. Bila diamati pada hari berikutnya hingga tanggal 29 Februari 2012, senyawa amonia berangsur-angsur turun sedangkan senyawa nitrit naik.

Setelah air limbah diaerasi, parameter amonia pada *oulet* turun, dengan presentase penghilangan (*percent removal*)  $\pm 80\%$ . Seiring dengan penurunan amonia, parameter nitrit dan nitrat pada *oulet* cenderung lebih besar dibanding konsentasi pada inlet. Jika dibandingkan dengan konsentrasi nitrat, nitrit dalam air limbah cenderung lebih kecil. Nitrit tidak stabil dan mudah sekali teroksidasi menjadi senyawa nitrat (Sawyer, 2003). Nitrit dan nitrat dianalisis dalam satuan mg/l sebagai N. Setelah melewati *chamber* aerasi, air limbah masuk ke dalam *chamber* sedimentasi untuk diendapkan kembali setelah mengalami turbulensi di *chamber* aerasi. Lalu sebelum air keluar melalui *oulet*, air akan melewati *chamber* desinfeksi dengan olume  $0,07 \text{ m}^3$ , namun pada saat observasi *chamber* ini tidak digunakan.

#### 4.6.4 Analisis Output Air Limbah

Setelah menganalisis *Input* Air Limbah dan Kinerja STP, tahapan evaluasi yang terakhir adalah menganalisis output atau hasil olahan air limbah dari STP. Tabel 4.12 menjelaskan parameter-parameter air limbah setelah diolah oleh unit SATS MA-1126 dan membandingkan hasilnya dengan baku mutu yang diterapkan oleh perusahaan. Lalu, untuk mengetahui efisiensi STP, dilakukan

perhitungan persen penghilangan berdasarkan persamaan yang dijelaskan pada Bab 3. Persen penghilangan akan dijelaskan pada tabel 4.13

Tabel 4.12 Analisis Output Limbah pada Unit SATS MA-1126

Tanggal	BOD	COD	TSS	Amonia	Nitrogen	DO	pH	suhu
13-Feb	28,3	78,6	19	18,52	37,6	3	7-8	28
27-Feb	3,47	40	2	4,19	19,94	0,2	7-8	29,2
28-Feb	15,3	55,2	13	14,71	22,03	0,29	7-8	29,5
29-Feb	47,88	52,82	11	31,21	21,57	0,11	6-7	29,3
01-Mar	29,37	32,59	15	32,65	27,84	0,26	6-7	28
02-Mar	21,58	40,19	15	35,35	28,68	0,26	6-7	28
<b>Baku Mutu</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6-9</b>	<b>-</b>

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel 4.13 Efisiensi Removal pada Unit SATS MA-1126

Tanggal	Efisiensi (%)			
	BOD	COD	TSS	amonia
13-Feb	90,29	73,71	85,93	82,52
27-Feb	95,64	88,79	98,80	94,88
28-Feb	89,41	80,44	91,72	82,97
29-Feb	58,21	80,57	91,79	62,77
01-Mar	60,75	88,95	89,93	61,66
02-Mar	89,02	85,06	90,63	61,99
<i>rata-rata</i>	80,55	82,92	91,46	74,46
<i>median</i>	89,21	82,81	91,17	72,64

Sumber : Hasil Olahan (2012)

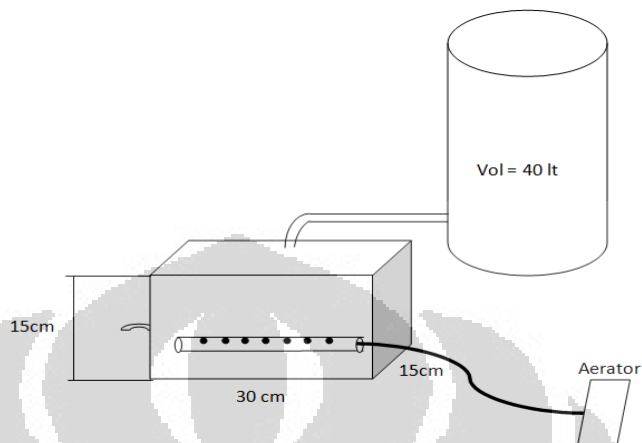
Secara umum jika dilihat dari efisiensi *removal* dari beberapa parameter seperti BOD, COD, TSS dan amonia, unit SATS yang digunakan sebagai pengolahan air limbah sudah cukup efisien. Tabel 4.13 menunjukkan rata-rata efisiensi removal BOD sebesar 80,55 %, COD sebesar 82,92%, TSS sebesar 91,46 %, dan efisiensi amonia yaitu 74,46 %. Untuk efisiensi *removal* tertinggi ditunjukkan pada analisa air limbah pada tanggal 27 Februari 2012.

#### 4.7 Percobaan Skala Lab

Melihat parameter amonia yang masih di atas baku mutu Keputusan Gubernur daerah DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 Tentang Pengelolaan Air Limbah domestik di Provinsi DKI Jakarta dan konsentrasi oksigen terlarut yang



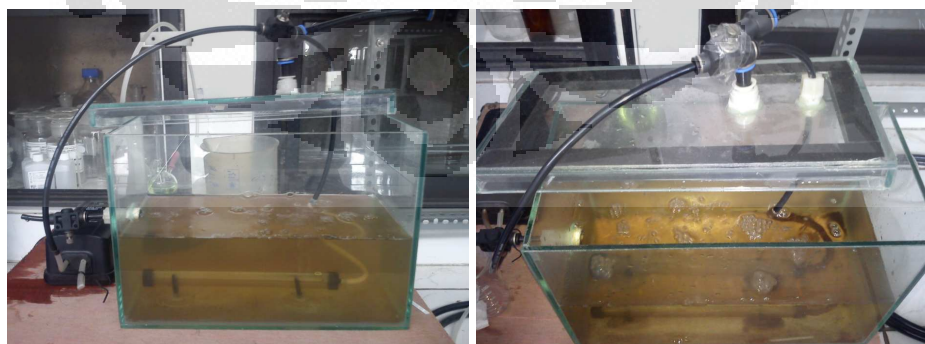
belum mencapai 2 mg/l maka skala lab dibuat adalah reaktor aerasi dengan dimensi 30 cm x 15 cm x 10 cm dengan *freeboard* 5 cm. Sehingga volume sebenarnya air limbah yang diolah didalam reaktor ini adalah 4,5 liter.



Gambar 4.23 Ilustrasi Percobaan Skala Lab

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Proses percobaan skala lab ini adalah air limbah yang berasal dari unit pengolahan eksisting lalu dimasukkan ke dalam reaktor berupa tangki/drum sebagai *storage* air limbah sebelum masuk ke dalam reaktor aerasi, setelah itu air limbah dialirkan sebanyak 4,5 liter ke dalam reaktor aerasi. Jenis reaktor aerasi pada percobaan ini adalah *continous reactor*, hal ini disesuaikan dengan pendekatan kondisi eksisting pengolahan air limbah. Lalu diberikan aerasi dengan menggunakan *aerator* tipe *diffuser*.



Gambar 4.24 Percobaan Skala Lab

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Kapasitas *aerator* dihitung dengan perbandingan volumetrik antara kondisi eksisting dengan reaktor. Pada kondisi lapangan kapasitas *blower* udara yang



digunakan adalah 120 liter udara per menit dengan volume tangki 4,81 m<sup>3</sup> atau 4810 liter. Reaktor skala lab memiliki volume 4,5 liter, sehingga untuk mengetahui kapasitas udara digunakan dengan persamaan rumus berikut :

$$\frac{\text{debit udara eksisting}}{\text{volume eksisting}} = \frac{\text{debit udara reaktor}}{\text{volume reaktor}}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut debit udara yang dibutuhkan reaktor adalah :

$$\frac{120 \text{ l/min}}{4810 \text{ lt}} = \frac{\text{debit udara reaktor}}{4,5 \text{ lt}}$$

$$0,1123 \text{ l/min} = \text{debit udara reaktor}$$

Sebelum air limbah diberikan perlakuan aerasi, debit udara yang masuk disesuaikan dahulu sambil diperiksa DO pada reaktor hingga mencapai 2 mg/l. Untuk menyesuaikan debit yang masuk digunakan *bubble soap* untuk mengetahui berapa besaran debit udara yang diaplikasikan terhadap reaktor dengan perhitungan berikut :

$$\text{debit udara yang masuk} = \frac{V \times 60}{t}$$

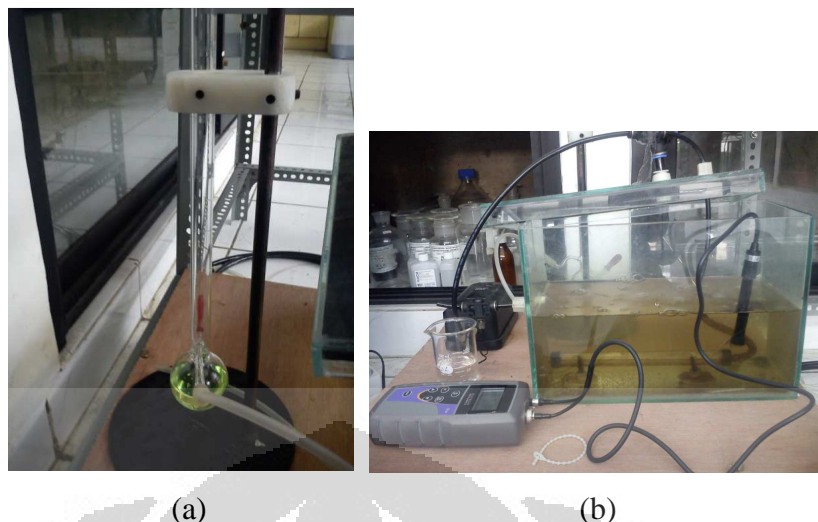
Dimana V = volume *bubblesoap* (ml)

t = waktu yang dibutuhkan *bubble* naik dari garis 0 hingga ke garis volume (detik)

Setelah DO pada reaktor mencapai 2 mg/l, debit udara diukur dengan *bubblesoap* tersebut, dimana volume bubble adalah 10 ml, dan waktu yang dibutuhkan kurang lebih 2,6 detik. Dengan perhitungan di atas diperoleh

$$\text{debit udara yang masuk} = \frac{10 \text{ ml} \times 60}{2,4 \text{ detik}}$$

$$\text{debit udara yang masuk} = 230,7 \text{ ml/min}$$



Gambar 4.25 (a) *Bubble soap*, (b) Pengukuran DO dengan DO-meter

Sumber : Dokumentasi Penulis Sumber : 2012)

Percobaan dilakukan dengan memberikan aerasi selama 24 jam, setelah 24 jam efluen dianalisis di laboratorium untuk melihat penurunan konsentrasi amonia, parameter yang ikut diamati adalah nitrit, nitrat, dan total nitrogen. Parameter-parameter sebelum dilakukan percobaan memiliki konsentrasi sebagai berikut; amonia dengan konsentrasi awal 77,42 mg/l, nitrit 0,07 mg/l, nitrat , 0,13 mg/l, nitrogen total 10,29 mg/l, dan pH 7.

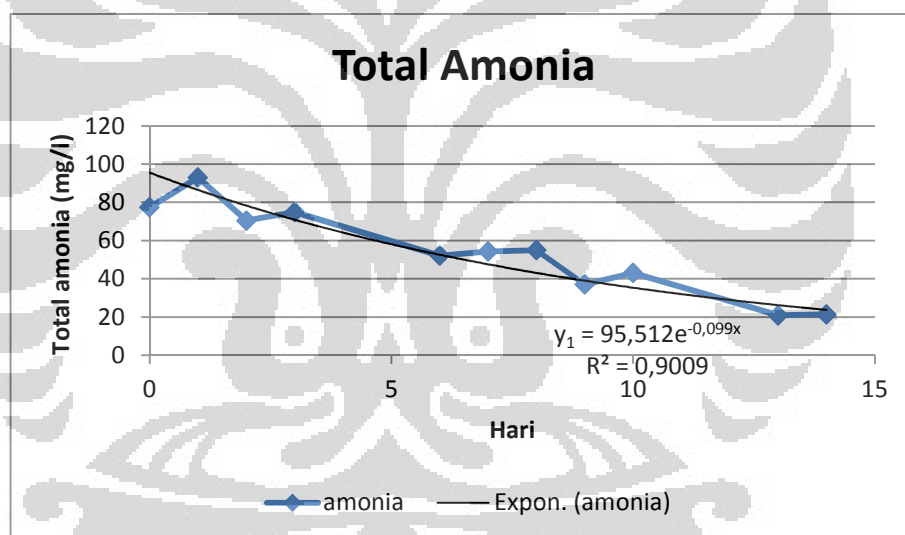
#### 4.7.1 Analisis Hasil Percobaan Skala Lab

Parameter utama yang dianalisis setelah dilakukan percobaan skala lab adalah amonia, lalu diamati pula bentuk-bentuk senyawa nitrogen lainnya seperti Nitrit, nitrat, dan total nitrogen. Suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) juga ikut dianalisis sebagai variabel terikat. Hasil analisis seluruh parameter disajikan pada tabel berikut

Tabel 4.14 Hasil Analisis Percobaan Skala Lab

Tanggal (2012)	Amonia (mg/l)	Nitrit (mg/l sebagai N)	Nitrat (mg/l sebagai N)	Nitrogen Total (mg/l sebagai N)	DO (mg/l)	pH	Suhu (°C)	% Removal Amonia
10-Apr	77,42	0,07	0,13	10,29	0,34	7-8	27,9	0
11-Apr	93,06	0,05	0,24	9,02	2,21	7-8	28,6	-20,2
12-Apr	70,52	0,014	0,03	9,48	2,92	7-8	28,8	8,9
13-Apr	74,9	0,01	-	8,19	2,82	7-8	28,6	3,3
16-Apr	52,12	0,253	-	9,4	4,26	6-7	28,9	32,7
17-Apr	54,35	0,129	0,12	14,03	3,28	7-8	29	29,8
18-Apr	54,97	2,558	0,33	32,65	3,86	7-8	28,2	29,0
19-Apr	37,11	12,4	2,89	29,62	3,23	7-8	28,5	52,1
20-Apr	43,14	4,54	2,49	43,61	3,1	7-8	28,4	44,3
23-Apr	20,92	6,675	2,1	26,72	4,33	6-7	28,3	73,0
24-Apr	21,4	21,08	0,61	14,33	4,69	6-7	29	72,4

Sumber : Hasil Olahan (2012)



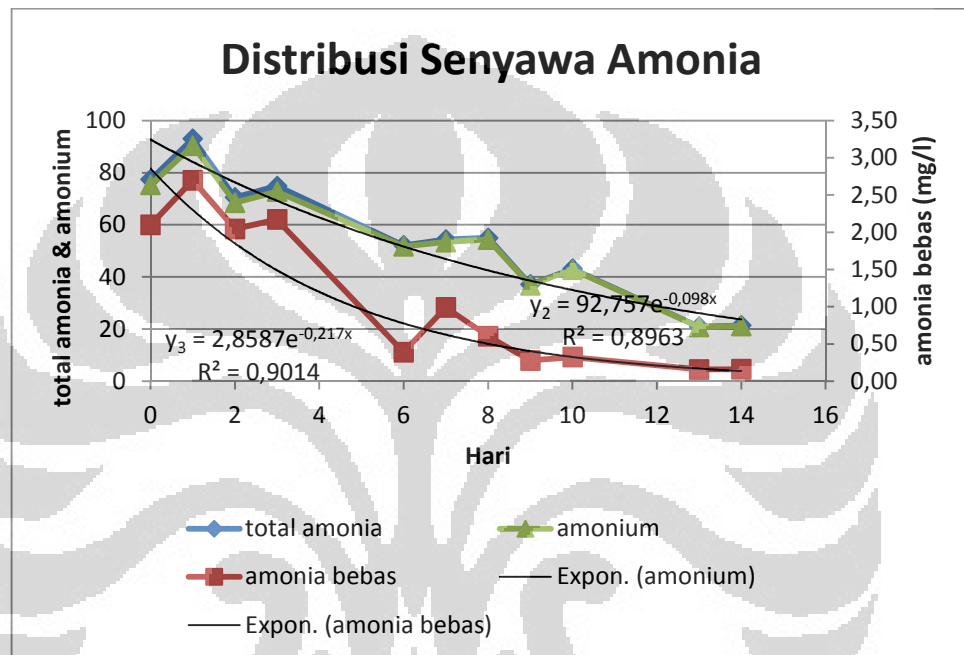
Gambar 4.26 Grafik Parameter Total Amonia

Sumber : Hasil Olahan (2012)

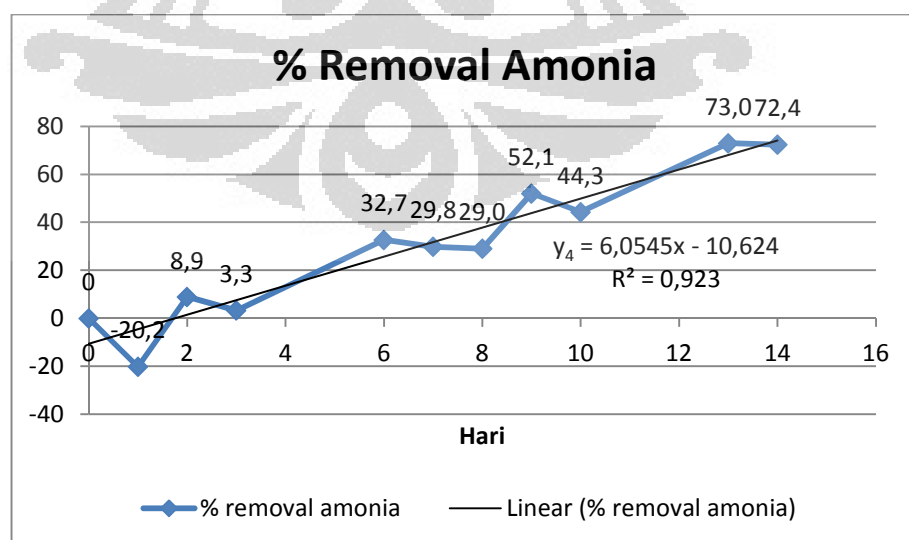
Gambar 4.26 menunjukkan penurunan konsentrasi amonia pada air limbah dari hari ke nol (10 April 2012) sebesar 77,42 mg/l menjadi 21,4 mg/l pada hari ke 14. Sehingga dapat dikatakan optimalisasi aerasi dengan mempertahankan kadar oksigen  $\pm 2$  mg/l mampu menurunkan konsentrasi amonia pada air limbah. Namun jika diamati dari hari ke-nol sampai hari ke-1 terlihat amonia naik kembali dengan cukup signifikan, hal ini disebabkan pada hari tersebut reaktor dalam keadaan tertutup sehingga amonia yang sudah teroksidasi tidak terlepas ke udara

luar dan kembali masuk ke dalam siklus nitrogen di air limbah. Metcalf (2004) menyebutkan umumnya unit aerasi bersifat terbuka sehingga terjadi kontak dengan udara luar.

Gerardi (2002) menyatakan pada nitrifikasi, yang dioksidasi adalah ion amonium bukan amonia dan kuantitas ion amonium & amonia di dalam tangki aerasi bergantung dari pH dan temperatur. Distribusi senyawa total amonia, amonia bebas, dan amonium diterangkan pada gambar 4.26.

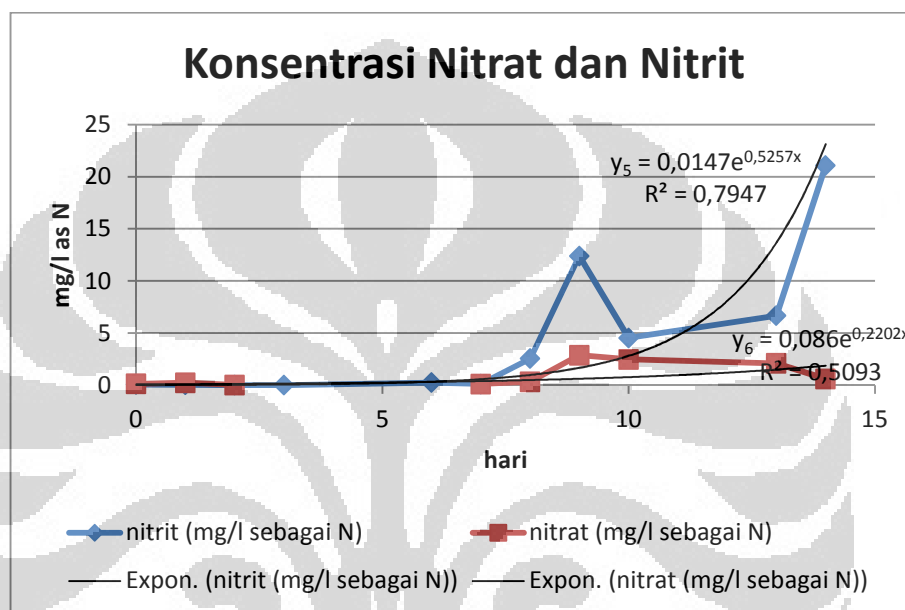


Gambar 4.27 Distribusi Senyawa Amonia Bebas Dalam Total Amonia  
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 4.28 Grafik Prosentase Penurunan Amonia  
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Untuk mengetahui kinerja atau efisiensi dari reaktor aerasi dalam menurunkan parameter amonia, dihitunglah persentase *removal* amonia tiap hari pengamatan hingga hari ke-14. Jika diamati dari gambar 4.27 terlihat bahwa persen *removal* tertinggi terjadi pada hari ke-13 yaitu sebesar 73 %. Namun karena hari pertama terjadi peningkatan konsentrasi amonia, persen *removal* yang terjadi justru menunjukkan angka -20%.



Gambar 4.29 Grafik Konsentrasi Nitrit dan Nitrat

Sumber : Hasil Olahan (2012)

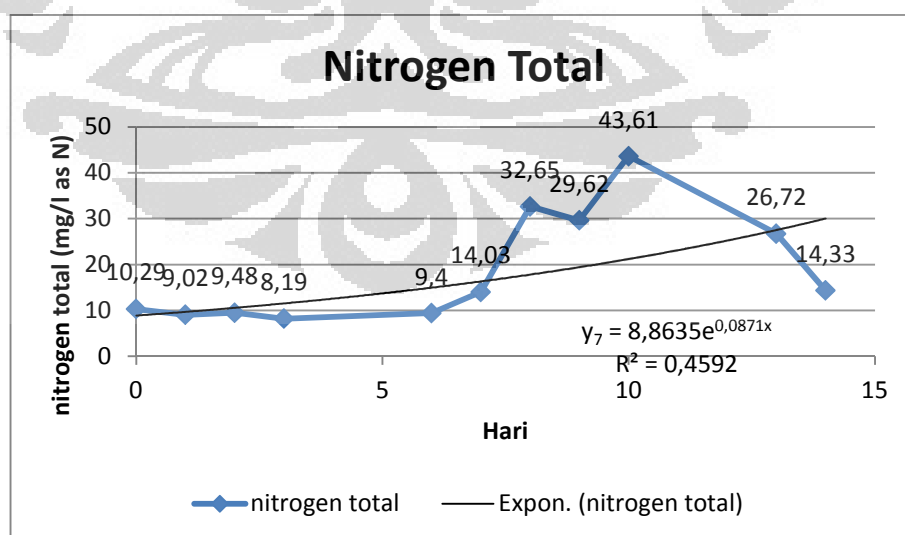
Proses nitrifikasi yang berlangsung di tangki aerasi mengoksidasi amonia dalam bentuk ion atau amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). Perubahan amonia menjadi nitrit disebut nitritasi. Jika diamati, grafik nitrit pada hari ke-nol hingga hari ketiga cenderung turun. Hal tersebut diduga terjadi karena nitrit langsung teroksidasi menjadi nitrat karena nitrit yang memang bersifat kurang stabil. Konsentrasi nitrit meningkat pada hari keenam diiringi dengan menurunnya konsentrasi amonia pada tanggal tersebut, hal ini diduga proses nitrifikasi oleh bantuan bakteri nitrosomonas terjadi selama proses aerasi di dalam reaktor. Secara keseluruhan, konsentrasi nitrit hingga hari ke-14 semakin bertambah seiring dengan menurunnya konsentrasi amonia. Nitrit mencapai konsentrasi maksimum pada hari ke-15 yaitu 21,08 mg/l. Menurut Sorensen (1993) *shock loading* dari

amonium dapat menyebabkan akumulasi nitrit karena dalam air limbah *Nitrosomonas* dapat mengadaptasi populasinya lebih cepat dibanding *Nitrobacter*.

Pada saat terjadi proses nitrifikasi, nitrit diubah menjadi nitrat oleh bantuan mikroorganisme *Nitrobacter*, hal ini disebut dengan proses nitrifikasi yang memiliki persamaan :



Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi nitrat pada awal penelitian hingga hari ke tiga cenderung menurun, bahkan karena konsentrasi nitrat yang terlalu kecil, analisis pada hari ketiga hingga keenam konsentrasi nitrat tidak dapat terdeteksi. Namun dari hari keenam hingga hari kesembilan konsentrasi nitrat naik hingga konsentrasi tertinggi yaitu 2,89 mg/l, akan tetapi konsentrasi nitrit menurun pada hari berikutnya hingga hari ke-empatbelas. Hal ini disertai juga oleh menurunnya konsentrasi amonia. Jika dibandingkan dengan amonia, konsentrasi nitrat menurun seiring menurunnya amonia, namun jika dibandingkan dengan nitrit, pada saat nitrit meningkat, nitrat justru menurun seperti ditunjukkan pada Grafik 4.29 hari ke sembilan percobaan. Hal ini diduga terjadi akibat akumulasi nitrit yang belum teroksidasi menjadi nitrat seperti yang sebelumnya dipaparkan oleh Sorensen (1993).

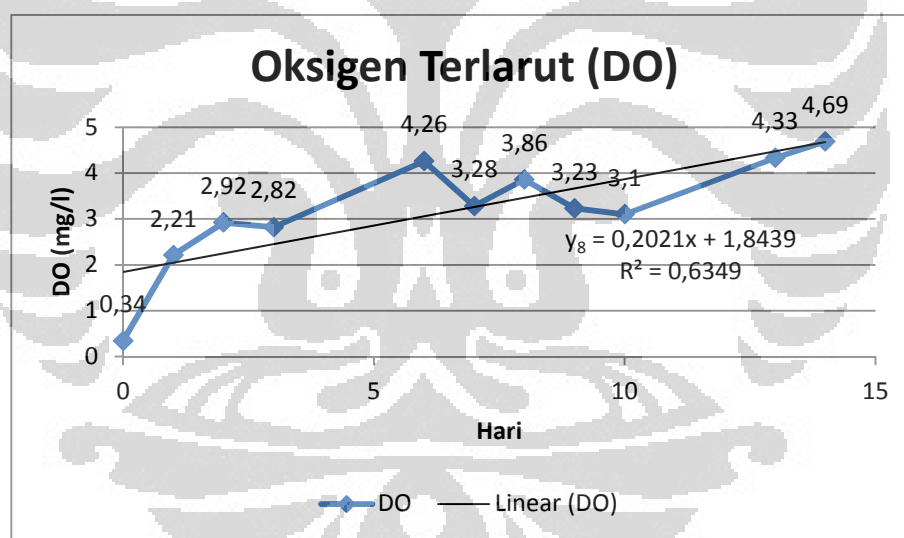


Gambar 4.30 Grafik Konsentrasi Nitrogen Total

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa nitrogen total adalah penjumlahan dari konsentrasi nitrogen organik, amonia, nitrit dan juga nitrat. Grafik diatas memperlihatkan konsentrasi nitrogen total pada saat percobaan skala lab. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrogen dari hari ke-nol hingga hari kesepuluh mengalami peningkatan, namun setelah itu mengalami penurunan hingga hari ke-14. Jika diamati, grafik nitrat dan total nitrogen terdapat kemiripan, yaitu naik hingga sekitar hari kesembilan dan kesepuluh, lalu turun kembali hingga hari ke-14.

Seperti yang telah dijelaskan pada BAB 2, total nitrogen merupakan penjumlahan dari nitrogen organik, amonia, nitrit, dan nitrat. Akan tetapi, pada percobaan ini total nitrogen tidak dapat dijumlahkan secara langsung mengingat perbedaan satuan perhitungan dari parameter total amonia, nitrit, dan nitrat. Total amonia memiliki satuan mg/l, sedangkan nitrit, nitrat dan total nitrogen memiliki satuan mg/l sebagai N.



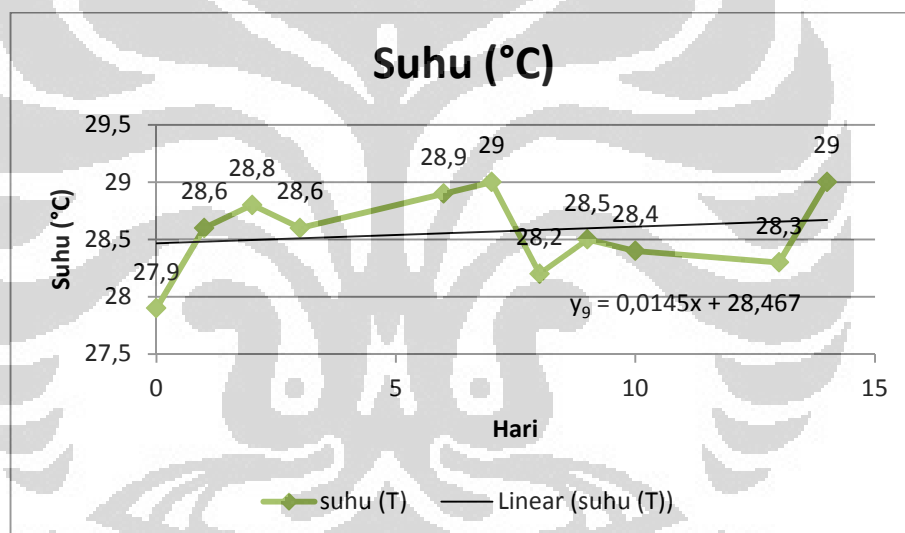
Gambar 4.31 Grafik Konsentrasi Oksigen Terlarut

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Parameter oksigen terlarut atau umumnya dikenal dengan DO (*dissolved oxygen*) dianalisa sebagai kontrol untuk mempertahankan oksigen terlarut di dalam reaktor agar tidak kurang dari 2 mg/l. Berdasarkan data yang didapat dari hasil penelitian, oksigen terlarut di dalam reaktor cenderung bertambah dari hari kesatu hingga hari ke-empat belas. Hal ini diduga oksigen terlarut terakumulasi di dalam reaktor akibat proses aerasi selama 24 jam.

Gerardi (2002) menyebutkan, DO optimal untuk mencapai nitrifikasi berada pada kisaran 2 – 3 mg/l. Pada saat konsentrasi DO 0,5 – 1,9 mg/l proses nitrifikasi terakselerasi. Nitrifikasi secara signifikan diperoleh pada saat konsentrasi DO 2 – 2,9 mg/l, sedangkan nitrifikasi maksimum dicapai pada saat konsentrasi DO mendekati 3 mg/l.

Sumber yang sama juga menyebutkan, karena bakteri nitrifikasi harus mereduksi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk pertumbuhan sel, reproduksi dan pengambilan energi dari oksidasi ion amonium dan ion nitrit, namun bakteri tersebut harus bersaing dengan bakteri organotrof untuk memperoleh oksigen di dalam tangki aerasi. Oleh karena itu, level DO dalam tangki aerasi harus dimonitor dengan baik dan tidak diperkenankan turun kurang dari 1,5 mg/l.



Gambar 4.32 Grafik Suhu

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Suhu merupakan salah satu faktor yang signifikan dalam pertumbuhan bakteri nitrifikasi dan laju nitrifikasi. Karena bakteri tersebut sensitif terhadap suhu, maka proses nitrifikasi pun bergantung kepada suhu dari air limbah. Terdapat reduksi signifikan pada laju nitrifikasi seiring dengan menurunnya suhu, sebaliknya, percepatan yang signifikan laju nitrifikasi seiring meningkatnya temperatur (Gerardi, 2002). Gerardi juga menyebutkan, dibawah 10 °C laju nitrifikasi akan menurun tajam. Nitrifikasi akan optimal pada kisaran temperatur 28 – 32 °C.



Pada percobaan skala lab, suhu pada saat percobaan sudah memenuhi kisaran suhu optimal. Pada hari ke-0, suhu awal sebesar 27,9 °C dan pada hari berikutnya suhu air limbah berkisar antara 28 – 29 °C.

Tabel 4.15 Level pH pada Percobaan Skala Lab

Tanggal	Sampel	pH
10-Apr	<i>inlet</i>	7-8
11-Apr	hari 1	7-8
12-Apr	hari 2	7-8
13-Apr	hari 3	7-8
16-Apr	hari 6	6-7
17-Apr	hari 7	7-8
18-Apr	hari 8	7-8
19-Apr	hari 9	7-8
20-Apr	hari 10	7-8
23-Apr	hari 13	6-7
24-Apr	hari 14	6-7

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Derajat keasaman air limbah atau umum disebut pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi oksidasi amonium pada proses nitrifikasi. Konversi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) sangat berpengaruh pada pH, seperti yang dijelaskan pada Bab 2, semakin tinggi pH pada air limbah maka amonium akan terkonversi menjadi amonia bebas.

*Water Environment Federation of USA* (2010) menerangkan bahwa pH yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri nitrifikasi. Saat pH menurun menjadi 6, laju nitrifikasi akan mendekati nol. Kisaran pH yang optimal untuk proses nitrifikasi menurut Gerardi (2002) adalah 7 hingga 8,5. Laju nitrifikasi meningkat saat tingkat pH bertambah dan begitu pula sebaliknya. Gerardi juga menambahkan bahwa pH yang rendah pada air limbah akan menghambat aktivitas enzimatik bakteri nitrifikasi. Bila dibandingkan, pH hasil percobaan secara umum sudah memenuhi pH berdasarkan literatur

#### 4.8 Usulan Perbaikan Pengolahan Limbah yang Ditawarkan

Berdasarkan dari hasil analisis input limbah, analisis STP dan analisis output limbah dan berdasarkan percobaan skala lab, usulan yang dapat diusulkan adalah

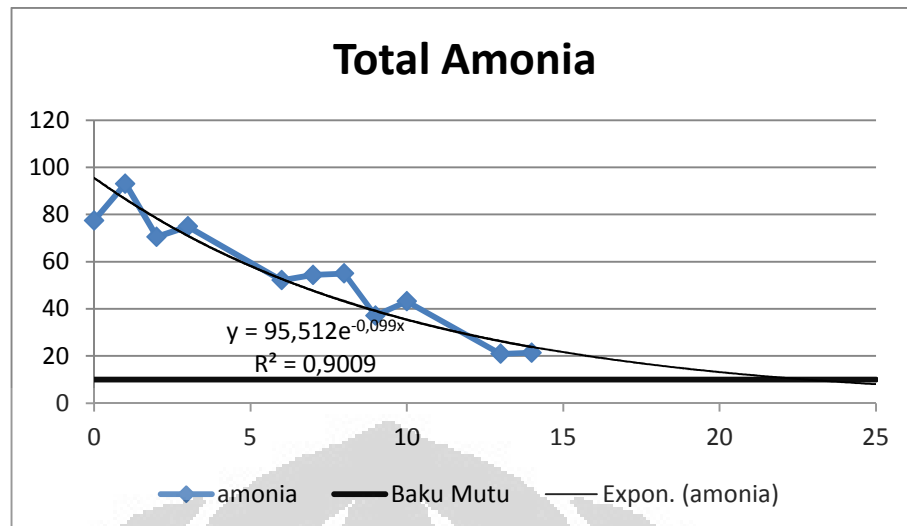
dengan meningkatkan rasio F/M dengan meningkatkan beban organik menurut Gerardi (2002) rasio F/M yang optimal untuk nitrifikasi adalah 0,5. Dengan MLSS 2200 mg/l, konsentrasi BOD rata-rata 150,245 mg/l, dan volume *aeration chamber* 4,81 m<sup>3</sup> pada kondisi lapangan maka dibutuhkan beban organik sebesar:

- $\frac{F}{M} = \frac{BOD\ loading}{MLSS}$
- $0,5 = \frac{BOD\ loading}{2200\ g/m^3}$
- $1100\ \frac{g}{m^3\ hari} = BOD\ loading$
- $BOD_{loading} = \frac{(Q)(S_0)}{(V)}$
- $1100\ \frac{g}{m^3\ hari} = \frac{(Q)(150,245\ g/m^3)}{(4,81\ m^3)}$
- $Q = 35\ m^3/hari$

Namun, jika menggunakan F/M sebesar 0,5, debit influen harus diperbesar menjadi 35 m<sup>3</sup>/hari sedangkan debit rata-rata yang masuk adalah 10,71 m<sup>3</sup>/hari. Oleh karena itu rasio F/M diperbesar hingga mendekati F/M untuk *conventional activated sludge* yaitu 0,1, dengan cara yang sama seperti diatas diperoleh beban organik sebesar 220 g/m<sup>3</sup>/hari dan debit air yang harus masuk adalah 7,04 m<sup>3</sup>/hari. mengoptimasi kapasitas *aerator*, dan mengoptimasi unit klorinasi atau menambah unit *ion exchange* sebelum air limbah dibuang ke badan air.

#### 4.8.1 Optimasi Kapasitas *Blower*

Konsentrasi amonia pada hari ke-14 mencapai konsentrasi 21,4 mg/l. Dari Gambar 4.29 dapat diperkirakan pada hari beberapa, amonia akan mencapai konsentrasi  $\leq 10$  mg/l dengan membuat persamaan garis dari grafik tersebut. Dengan menggunakan garis *trendline* di Excel di peroleh persamaan garis yaitu  $y = 95,512e^{-0,099x}$ , berdasarkan perhitungan dengan persamaan garis tersebut diperoleh konsentrasi amonia turun mencapai  $\leq 10$  mg/l pada hari ke-25 sebesar 8,03 mg/l.

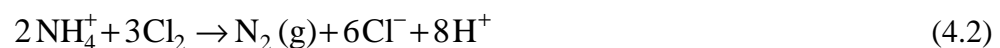


Gambar 4.33 Grafik Amonia Berdasarkan Perhitungan *Trendline*  
 Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan hasil penelitian, optimasi *aerator* sebesar dua kali dari kapasitas eksisting yaitu 240 /min, untuk mempertahankan DO 2 mg/l, mampu menurunkan amonia hingga 73% dengan konsentrasi amonia terendah yaitu 21,4 mg/l. Namun angka ini belum sesuai dengan Peraturan Gubernur DKI Nomor 122 tahun 2005 yang mengharuskan konsentrasi air buangan mencapai 10 mg/l. Maka dari itu perlu pengolahan tambahan untuk mencapai angka tersebut. Salah satu cara berdasarkan teoretis adalah dengan menggunakan klorinasi atau dapat juga dilakukan dengan penambahan unit *ion exchange* dengan menggunakan zeolit setelah unit SATS.

#### 4.8.2 *Breakpoint-Chlorination*

Pada *breakpoint chlorination*, amonium teroksidasi menjadi gas nitrogen. Walaupun mekanisme aktual reaksi tersebut cukup kompleks, stoikiometri reaksi *breakpoint* dapat disederhanakan menjadi :



Berdasarkan persamaan (4.2) dibutuhkan 7.6 mg  $\text{Cl}_2$ / mg  $\text{NH}_4^+$  untuk mengoksidasi amonium menjadi gas nitrogen. Karena sebagian besar amonia dikonversi menjadi nitrat dan oksida nitrogen lainnya, dosis aktual klorin umumnya mendekati 10 mg/ $\text{Cl}_2$  (Water Env Federation, 2011).

Karena bentuk amonia yang dioksidasi adalah bentuk amonium, sedangkan parameter amonia yang diperiksa adalah amonia total maka perlu dilakukan konversi dari bentuk amonia total menjadi amonia bebas ( $\text{NH}_3^-$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) diperoleh dari pengurangan amonia total dengan amonia bebas. Konversi didasarkan pada Lampiran 1 sehingga bentuk amonium yang diperoleh dijelaskan ke dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 4.16 Distribusi Bentuk Ion Amonium dan Amonia Bebas

Hari	Total Amonia (Mg/L)	pH	Suhu (T)	Amonia Bebas (mg/L)	Amonium (mg/L)
0	77,42	7-8	27,9	2,10	75,32
1	93,06	7-8	28,6	2,70	90,36
2	70,52	7-8	28,8	2,05	68,47
3	74,9	7-8	28,6	2,17	72,73
6	52,12	6-7	28,9	0,39	51,73
7	54,35	7-8	29	0,99	53,36
8	54,97	7-8	28,2	0,60	54,37
9	37,11	6-7	28,5	0,28	36,83
10	43,14	6-7	28,4	0,32	42,82
13	20,92	6-7	28,3	0,16	20,76
14	21,4	6-7	29	0,16	21,24

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Dengan mempertimbangkan hasil analisis eksisting dan analisis skala lab, maka dibuat beberapa skenario dosis klorin yang dibutuhkan agar parameter amonia pada efluen memenuhi baku mutu.

#### 1. Skenario I

Skenario I menghitung dosis klorin berdasarkan hal pengamatan pada hari terakhir percobaan skala lab, yaitu 21,4 mg/l amonium.

Dengan menggunakan asumsi konsentrasi amonium pada efluen yang diinginkan sebesar 8,5 mg/l maka dapat dihitung berapa konsentrasi amonia yang harus dikurangi dengan perhitungan sebagai berikut :

- a) Menghitung konsentrasi klorin yang dibutuhkan.

Konsentrasi amonia yang harus dikurangi adalah

$$21,4 \text{ mg/l} - 8,5 \text{ mg/l} = \mathbf{12,9 \text{ mg/l}}$$

sehingga dosis klorin yang dibutuhkan :

$$12,9 \times 7,6 \text{ mg Cl}_2 = 98,04 \text{ mg Cl}_2/\text{l}$$

- b) Menghitung dosis klorin yang dibutuhkan perhari.

Jika air limbah yang masuk ke dalam alat SATS perhari adalah 1,1 m<sup>3</sup> atau ± 1100 liter maka dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah :

$$98,04 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{l}} \times 1100 \text{ liter} = 107844 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{hari}}$$

Atau, dapat dikatakan pula dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah sebesar **0,107 kg Cl<sub>2</sub>/l/hari**.

## 2. Skenario II

Skenario II menghitung dosis amonium berdasarkan hari ke enam pengamatan percobaan skala lab berdasarkan penyesuaian terhadap waktu retensi aerasi eksisting yaitu sebesar 51,73 mg/l, dengan effluen yang diinginkan sebesar 8,5 mg/l dengan perhitungan sebagai berikut :

- a) Menghitung konsentrasi klorin yang dibutuhkan.

Konsentrasi amonia yang harus dikurangi adalah  
 $51,73 \text{ mg/l} - 8,5 \text{ mg/l} = \mathbf{43,23 \text{ mg/l}}$   
 sehingga dosis klorin yang dibutuhkan adalah :

$$43,23 \times 7,6 \text{ mg Cl}_2 = 328,548 \text{ mg Cl}_2/\text{l}$$

- b) Menghitung dosis klorin yang dibutuhkan perhari.

Jika air limbah yang masuk ke dalam alat SATS perhari adalah 1,1 m<sup>3</sup> atau ± 1100 liter maka dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah :

$$328,548 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{l}} \times 1100 \text{ liter} = 361402,8 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{hari}}$$

Atau, dapat dikatakan pula dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah sebesar **0,36 kg Cl<sub>2</sub>/hari**.

## 3. Skenario III

Skenario III menghitung dosis amonium berdasarkan kondisi efluen air limbah eksisting pada pengamatan tanggal 27 Februari 2012 hingga 1 Maret 2012 dengan mempertimbangkan konsentrasi amonia terbesar yaitu 35,16 mg/l, dengan effluen yang diinginkan sebesar 8,5 mg/l.

- a) Menghitung konsentrasi klorin yang dibutuhkan.

Konsentrasi amonia yang harus dikurangi adalah

$$35,16 \text{ mg/l} - 8,5 \text{ mg/l} = \mathbf{26,66 \text{ mg/l}}$$

sehingga dosis klorin yang dibutuhkan adalah :

$$26,66 \times 7,6 \text{ mg Cl}_2 = 202,616 \text{ mg Cl}_2/\text{l}$$

- b) Menghitung dosis klorin yang dibutuhkan perhari.

Jika air limbah yang masuk ke dalam alat SATS perhari adalah 1,1 m<sup>3</sup> atau ± 1100 liter maka dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah :

$$202,616 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{l}} \times 1100 \text{ liter} = 222877,6 \frac{\text{mg Cl}_2}{\text{hari}}$$

Atau, dapat dikatakan dosis klorin yang dibutuhkan perhari adalah sebesar **0,22 kg Cl<sub>2</sub>/hari**.

Tabel 4.17 Dosis Kebutuhan Klorin

Kondisi	Dosis Klorin yang Dibutuhkan (kg Cl <sub>2</sub> /hari)
Skenario 1	0,107
Skenario 2	0,36
Skenario 3	0,22

Sumber : Hasil Olahan (2012)

#### 4.8.3 Ion Exchange dengan Penambahan Zeolite

Penurunan amonia juga dapat dilakukan dengan metode pertukaran ion atau *ion-exchange*. Umumnya pertukaran-ion dilakukan dengan memanfaatkan zeolit sebagai pengabsorpsi pencemar. Pertukaran amonium juga dapat dipenuhi dengan menggunakan zeolit alam seperti clinoptilolite.

Perhitungan desain dengan zeolit ini dilakukan dengan membuat asumsi penurunan amonia berdasarkan skenario yang serupa dengan perhitungan *break-point chlorination*. Penukar kation zeolit memiliki kapasitas penukar 0,05 – 0,1 eq/kg (Metcalf & Eddy, 2004).

### 1. Skenario I

Skenario I menghitung volume dan massa zeolit yang dibutuhkan berdasarkan hal pengamatan pada hari terakhir percobaan skala lab, yaitu 21,4 mg/l amonium.

Dengan menggunakan asumsi konsentrasi amonium pada efluen yang diinginkan sebesar 8,5 mg/l maka dapat dihitung massa dan volume zeolit yang dibutuhkan untuk mengolah 1,1 m<sup>3</sup> air limbah yang mengandung ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 21,4 mg/l sebagai berikut :

a) Menghitung meq of (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

$$NH_4^+, \frac{meq}{L} = \left( \frac{12,9 \text{ mg/l as } NH_4^+}{18 \text{ mg/meq}} \right) = 0,716 \text{ meq/l}$$

b) Kapasitas exchange yang dibutuhkan.

$$(0,716 \text{ meq/l})(1,1 \text{ m}^3)(10^3 \text{ l/m}^3) = 788,33 \text{ meq}$$

c) Massa zeolit yang dibutuhkan adalah

$$R_{mass}, kg = \frac{788,33 \text{ meq}}{100 \text{ meq/kg of zeolite}} = 7,88 \text{ kg of zeolite}$$

d) Volume zeolit yang dibutuhkan

$$R_{mass}, kg = \frac{7,88 \text{ kg of zeolite}}{1 \text{ g/cm}^3} = 7880 \text{ cm}^3$$

Sehingga desain kolom ion exchange dengan zeolit adalah sebagai berikut :

- amonia : 21,4 mg/l
- Tc zeolit : 10 min/981,25 ml (bed volume)
- Volume zeolit : 7880 ml
- T(waktu) : 81 min
- diameter : 15 cm
- h (tinggi bed) : 45 cm

### 2. Skenario II

Skenario II menghitung massa zeolit yang dibutuhkan berdasarkan hari keenam pengamatan percobaan skala lab yaitu sebesar 51,73 mg/l, maka dapat dihitung massa dan volume zeolit yang dibutuhkan untuk mengolah 1,1 m<sup>3</sup> air limbah yang mengandung ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 51,73 mg/l sebagai berikut :

a) Menghitung meq of ( $\text{NH}_4^+$ ).

$$\text{NH}_4^+, \frac{\text{meq}}{\text{L}} = \left( \frac{43,23 \text{ mg/l as } \text{NH}_4^+}{18 \text{ mg/meq}} \right) = 2,4 \text{ meq/l}$$

b) Kapasitas *exchange* yang dibutuhkan.

$$(2,4 \text{ meq/l})(1,1 \text{ m}^3)(10^3 \text{ l/m}^3) = 2640 \text{ meq}$$

c) Massa zeolit yang dibutuhkan adalah

$$R_{\text{mass}}, \text{kg} = \frac{2640 \text{ meq}}{100 \text{ meq/kg of zeolite}} = 26,4 \text{ kg of zeolite}$$

d) Volume zeolit yang dibutuhkan

$$R_{\text{mass}}, \text{kg} = \frac{26,4 \text{ kg of zeolite}}{1 \text{ g/cm}^3} = 26400 \text{ cm}^3$$

Sehingga desain kolom ion exchange dengan zeolit adalah sebagai berikut :

- Amonia : 43,23 mg/l
- Tc zeolit : 10 min/981,25 ml (bed volume)
- Volume zeolit : 26400 ml
- T(waktu) : 269 min
- diameter : 26 cm
- h (tinggi bed) : 50 cm

### 3. Skenario 3

Skenario 3 menghitung massa zeolit yang dibutuhkan berdasarkan kondisi efluen air limbah eksisting pada pengamatan tanggal 27 Februari 2012 hingga 1 Maret 2012 dengan mempertimbangkan konsentrasi amonia terbesar yaitu 35,16 mg/l, maka dapat dihitung massa dan volume zeolit yang dibutuhkan untuk mengolah 1,1 m<sup>3</sup> air limbah yang mengandung ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 35,16 mg/l sebagai berikut :

a) Menghitung meq of ( $\text{NH}_4^+$ ).

$$\text{NH}_4^+, \frac{\text{meq}}{\text{L}} = \left( \frac{26,66 \text{ mg/l as } \text{NH}_4^+}{18 \text{ mg/meq}} \right) = 1,48 \text{ meq/l}$$

b) Kapasitas *exchange* yang dibutuhkan.

$$(1,48 \text{ meq/l})(1,1 \text{ m}^3)(10^3 \text{ l/m}^3) = 1628 \text{ meq}$$

c) Massa zeolit yang dibutuhkan adalah

$$R_{\text{mass}}, \text{kg} = \frac{1628 \text{ meq}}{100 \text{ meq/kg of zeolite}} = 16,28 \text{ kg of zeolite}$$



d) Volume zeolit yang dibutuhkan

$$R_{mass}, kg = \frac{16,28 \text{ kg of zeolite}}{1g/cm^3} = 16280 \text{ cm}^3$$

Sehingga desain kolom *ion exchange* dengan zeolit adalah sebagai berikut :

- Amonia : 43,23 mg/l
- Tc zeolit : 10 min/981,25 ml (bed volume)
- Volume zeolit : 16280 ml
- T(waktu) : 747 min
- diameter : 22 cm
- h (tinggi bed) : 50 cm

Berdasarkan ketiga skenario yang diperhitungkan, dapat disimpulkan skenario yang paling efektif untuk diterapkan adalah skenario 1. Skenario ini dipilih berdasarkan efisiensi penghilangan amonia sebesar 70 % pada hari ke-14 pengamatan dengan meningkatkan kapasitas aerasi menjadi dua kali lipat. Namun, diduga pada kondisi lapangan tidak dibutuhkan waktu hingga 14, karena sebenarnya pada penelitian awal efisiensi penurunan sudah mencapai 70% dengan waktu 6 hari. Diharapkan dengan mengoptimasi kapasitas aerasi *existing* sudah mampu meningkatkan efisiensi penurunan amonia pada STP.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kesimpulan yang didapat adalah:

- 1) Debit influen air limbah rata-rata yang terhitung pada saat penelitian adalah  $10,71 \text{ m}^3/\text{hari}$ .
- 2) Hasil Evaluasi *Input* Pengolahan Air Limbah :
  - a) Debit limbah yang masuk ke dalam unit SATS (sewage aeration treatment system) perhari sebesar  $1,1 \text{ m}^3/\text{hari}$ .
  - b) Karakteristik air limbah yang sudah memenuhi karakter tipikal limbah cair adalah BOD, COD, TSS, fosfat, pH, dan suhu. Sedangkan amonia melebihi karakteristik limbah cair.
  - c) Perbandingan nutrien BOD : N : P pada kondisi lapangan adalah 91 : 46 : 1 perbandingan ini tidak sesuai dengan literatur yaitu 100 : 5 : 1, kandungan nitrogen melebihi nutrien yang dibutuhkan.
  - d) *Organic loading* yang masuk ke dalam unit SATS sangat kecil yaitu organik sebesar  $34 \text{ g/m}^3/\text{hari}$ .

Hasil evaluasi proses pengolahan air limbah

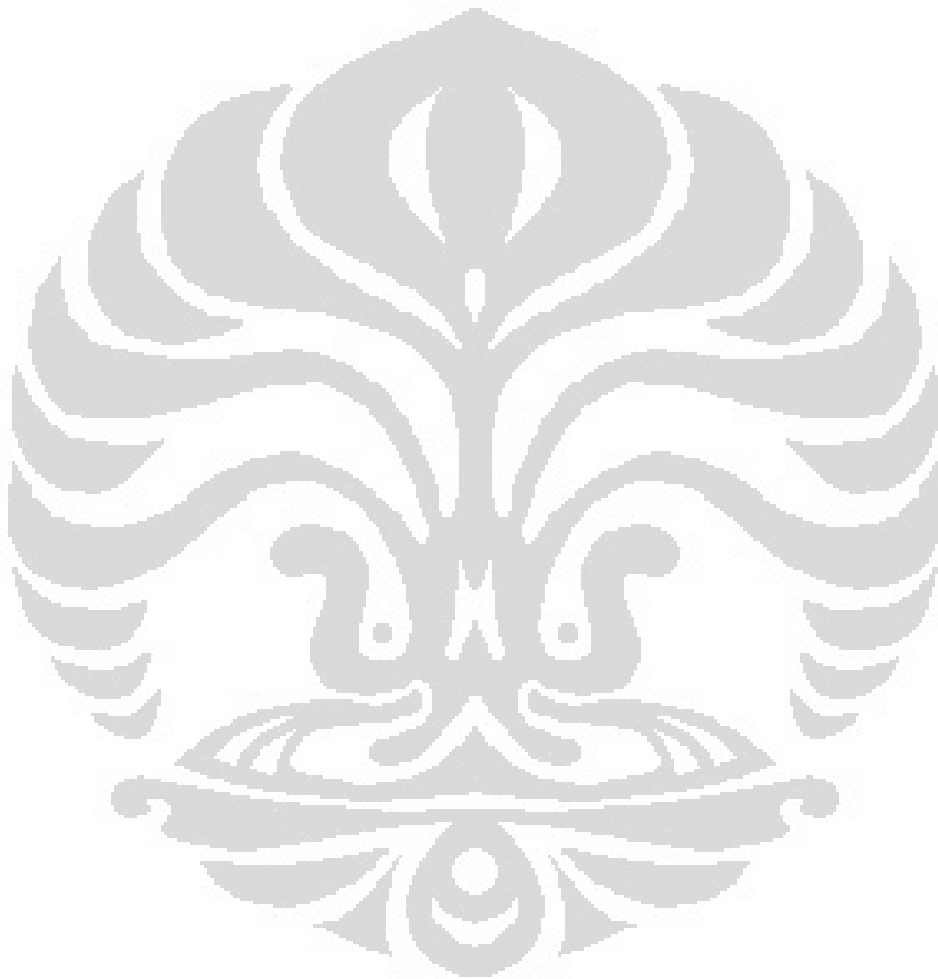
- a) Sampah-sampah yang dibuang melalui saluran pembuangan dapat menghambat kinerja STP.
- b) Tidak cukupnya konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada tangki aerasi menyebabkan proses pengolahan limbah menjadi tidak maksimal.
- c) Berdasarkan hasil perhitungan desain maka :
  - HRT pada kondisi lapangan adalah  $\pm 12$  hari.
  - Kandungan MLSS pada tangki aerasi sebesar 2200 mg/l
  - *Mean cell retention time* adalah 51 hari
  - Efisiensi penurunan BOD sebesar  $\pm 80\%$
  - Rasio F/M sebesar 0,0156 dengan beban organik sebesar  $34 \text{ g/m}^3/\text{hari}$ .
  - Waktu tinggal hidrolis dalam *aeration chamber* adalah 82,5 jam atau 3,43 hari.

- d) Berdasarkan hasil perhitungan desain, unit SATS memiliki pengolahan lumpur aktif mendekati tipe *conventional activated sludge* namun tidak terdapat resirkulasi lumpur dari *sedimentation chamber*.
  - e) Secara umum, efisiensi kinerja unit SATS sudah mencapai  $\pm 70-90\%$  untuk parameter BOD, COD, TSS dan total amonia.
- 3) Hasil Percobaan dengan optimasi aerasi hingga oksigen terlarut 2- 4 mg/l mampu menurunkan amonia hingga 70 % pada hari ke 14, dengan konsentrasi awal 77,4 mg/l hingga 21,4 mg/l. Untuk menurunkan konsentrasi amonia hingga dibawah baku mutu, dibutuhkan tambahan optimasi unit klorinasi atau penambahan unit *ion exchange* setelah optimasi konsentrasi oksigen di dalam tangki aerasi.
  - 4) Berdasarkan hasil evaluasi IPLC dan hasil percobaan usulan yang didapat adalah
    - a) meningkatkan beban organik menjadi 220 g/m<sup>3</sup>/hari;
    - b) meningkatkan kapasitas *aerator* menjadi dua kali lipat kondisi lapangan yaitu 240 l/min udara;
    - c) mengoptimasi unit klorinasi dengan kebutuhan klorin per hari berdasarkan skenario efluen yang telah dijelaskan dengan jumlah 107,84 g Cl<sub>2</sub>/hari, 361,4 g Cl<sub>2</sub>/hari, dan 222,87 g Cl<sub>2</sub>/hari, atau
    - d) menambahkan unit *ion exchange* dengan kebutuhan massa zeolit berdasarkan skenario efluen yang telah dijelaskan, dengan jumlah untuk skenario I sebesar 7,88 kg zeolit/hari, skenario II 26,4 kg zeolit/hari, dan skenario III sebesar 16,28 kg zeolit/hari

## 5.2 Saran

- 1) Menambahkan unit *screening* sebelum air limbah masuk ke dalam *sum-pit* untuk menyaring sampah-sampah yang masuk.
- 2) Memperbesar debit harian air limbah yang masuk ke dalam unit SATS untuk memperbesar *organic loading*.
- 3) Melakukan pengukuran rutin terhadap kandungan DO & MLSS pada unit aerasi.

- 4) Pada percobaan skala lab, menggunakan pH meter untuk mengukur pH, karena pH meter lebih akurat dibanding dengan kertas pH.
- 5) Bila memungkinkan, diupayakan adanya mekanisme ekualisasi air limbah sebelum masuk ke dalam unit SATS.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alkas D. et al. (2011). “*Natural Turkish Zeolite*” as a Filtration Material in Wastewater Treatment. Turkey : *Proceedings of the 3rd International CEMEPE & SECOTOX Conference*.
- Cheremisinoff, Nicholas P. (2002) *Handbook Of Water And Wastewater Treatment Technologies*. Woburn MA : Butterworth-Heinemann.
- Coney et al. (1999) *Ammonia Removal from Wastewater Using Natural Australian Zeolite, Pilot-Scale Study Using Continuous Packed Column*. Australia : *Journal of Separation Science and Technology*.
- Drinan, Joanne E. (2001). *WATER AND WASTE WATERTREATMENT A Guide for the Nonengineering Profssional*. United States of America : CRC Press LLC.
- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control*, Third Edition, Mc Graw – Hill Book Co., Singapore.
- Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V. 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* Vol. 32, p. 2379-2383. Thurston.
- Evana,Ghandes. (2010). *Evaluasi & Re-Desain Instalasi Pengolahan Limbah Cair Domestik Studi Kasus IPLC Gedung Manggala Wanabakti*. Skripsi depok.
- Gerardi, Michael H. (2002). *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*. Canada : A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Gerardi, Michael H. (2006). *Wastewater Bacteria*. Canada : A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Grady et al. 1999. *Biological Wastewater Treatment*. New York : Marcel Dekker Inc.
- Gustin & Logar. 2011. *Effect of pH, Temperature and Air Flow Rate on The Continuous Ammonia Stripping of the Anaerobic Digestion Effluent*. Slovenia : Elsevier
- Jantrania, Anish R. (2006) *Advanced Onsite Wastewater Systems Technologies*. USA : Taylor & Francis Group.

- Kirchmann, D. L. 2000. *Uptake and Regeneration of Inorganic Nutrients by Marine Heterotrophic Bacteria*. New York : Wiley & Sons
- Mahdiati, Sri, (2003). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Dewats Untuk Menurunkan Ammonia Dan Fosfat. Tesis, Jakarta.
- Metcalf & Eddy. (2004). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse* (4th ed). New York: McGraw-Hill Book.
- Nemerow, Nelson L. (2009). *Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Qasim, Syed R. (1985). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. USA: CBS College Publishing.
- Rahmi, Nur dan Puji Winarti. (2010) Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob. Penelitian, Semarang.
- Reynold, Tom D. & Richard, Paul A. (1996). *Unit Operational and Process In Environmental Engineering* (2nd Ed). USA : International Thompson Publishing.
- Rossi, P and Freeman, H.E. (1999) *Evaluation : A Systematic Approach*. London: Sage.
- Sawyer, Clair & Mccarty, Perry L. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 5 th Edition. Singapore : Mcgraw-Hill.
- Siregar A, Sakti. (2005). Instalasi Pengolahan Air Limbah, Yogyakarta : Kanisius.
- Sirupong & Rittmann. 2007. *Diversity Study of Nitrifying Bacteria in Full-Scale Municipal Wastewater Treatment Plants*. *Water Res.*, 41(5): 1110-1120
- Sorensen, B. Halling. (1993). *The Removal Of Nitrogen Compounds From Wastewater*. Netherlands : Elsevier Science Publishers.
- Sugiyono, (2009). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Vesilind, P. A. (ed.). (2003). *Wastewater Treatment Plant Design*. Alexandria : Water Environment Federation.
- Water Environment Federation. (2010). *Nutrient Removal*. Alexandria : Mc Graw Hill
- Wiesmann, et al. (2007). *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment* . Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

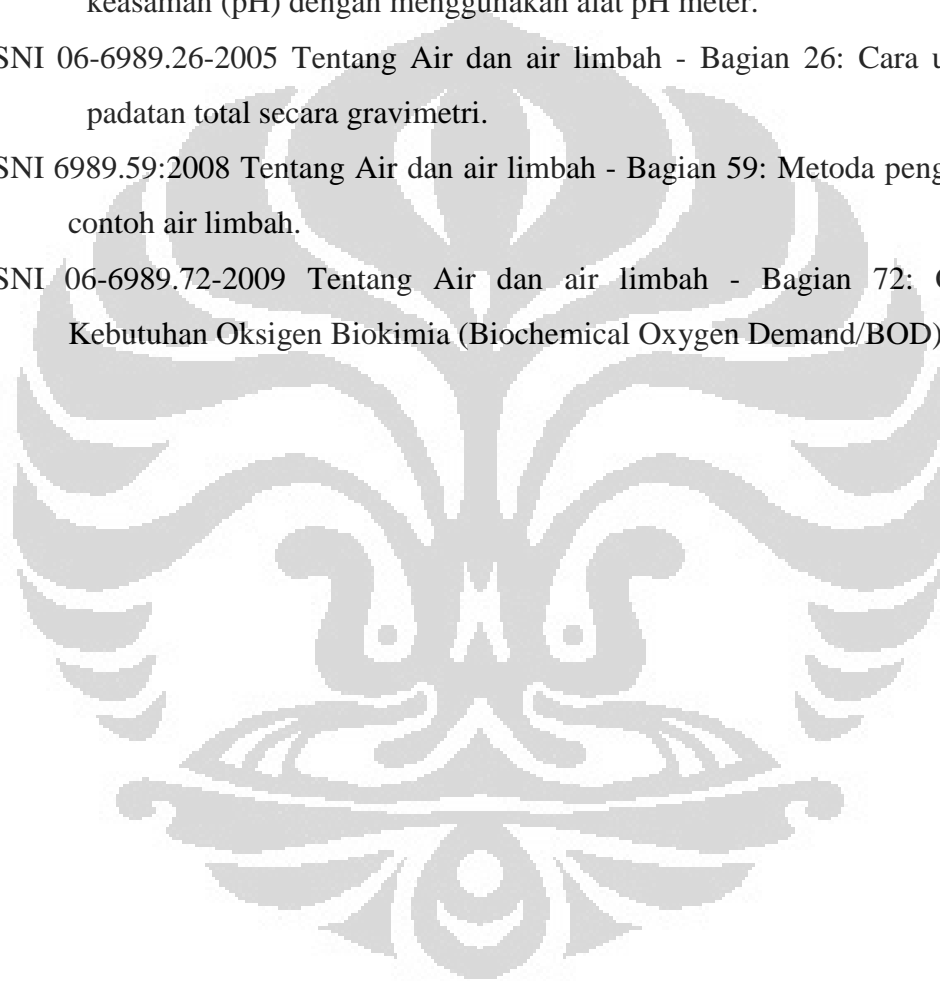
Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.

SNI 06-6989.11-2004 Tentang Air dan air limbah - Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter.

SNI 06-6989.26-2005 Tentang Air dan air limbah - Bagian 26: Cara uji kadar padatan total secara gravimetri.

SNI 6989.59:2008 Tentang Air dan air limbah - Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah.

SNI 06-6989.72-2009 Tentang Air dan air limbah - Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD).



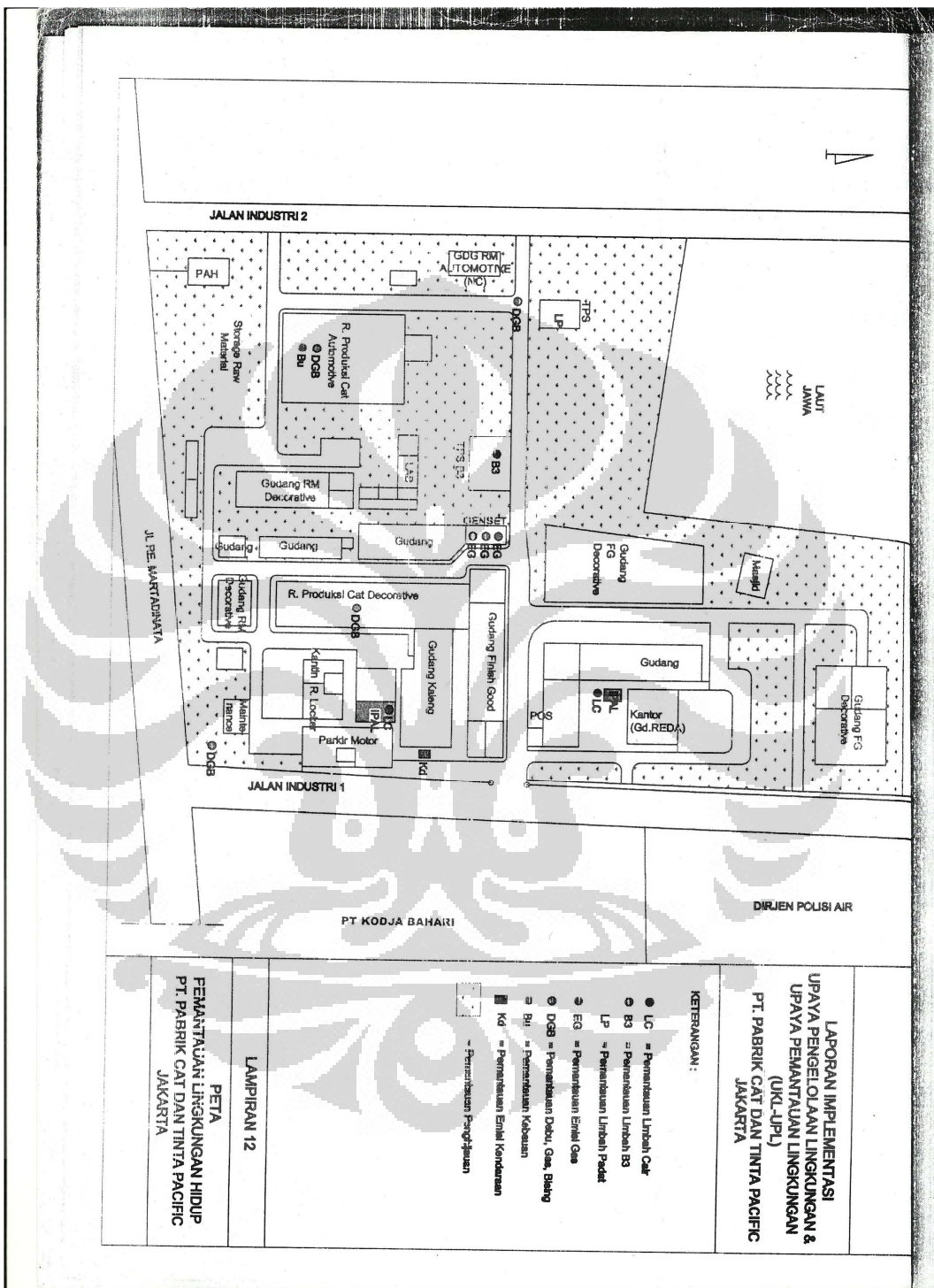
Lampiran 1. Tabel Konversi Amonia Berdasarkan pH dan Suhu

pH	Temperature													
	42.0 (°F)	46.4	50.0	53.6	57.2	60.8	64.4	68.0	71.6	75.2	78.8	82.4	86.0	89.6
	6 (°C)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	.0013	.0016	.0018	.0022	.0025	.0029	.0034	.0039	.0046	.0052	.0060	.0069	.0080	.0093
7.2	.0021	.0025	.0029	.0034	.0040	.0046	.0054	.0062	.0072	.0083	.0096	.0110	.0126	.0150
7.4	.0034	.0040	.0046	.0054	.0063	.0073	.0085	.0098	.0114	.0131	.0150	.0173	.0198	.0236
7.6	.0053	.0063	.0073	.0086	.0100	.0116	.0134	.0155	.0179	.0206	.0236	.0271	.0310	.0369
7.8	.0084	.0099	.0116	.0135	.0157	.0182	.0211	.0244	.0281	.0322	.0370	.0423	.0482	.0572
8.0	.0133	.0156	.0182	.0212	.0247	.0286	.0330	.0381	.0438	.0502	.0574	.0654	.0743	.0877
8.2	.0210	.0245	.0286	.0332	.0385	.0445	.0514	.0590	.0676	.0772	.0880	.0998	.1129	.1322
8.4	.0328	.0383	.0445	.0517	.0597	.0688	.0790	.0904	.1031	.1171	.1326	.1495	.1678	.1948
8.6	.0510	.0593	.0688	.0795	.0914	.1048	.1197	.1361	.1541	.1737	.1950	.2178	.2422	.2768
8.8	.0785	.0909	.1048	.1204	.1376	.1566	.1773	.1998	.2241	.2500	.2774	.3062	.3362	.3776
9.0	.1190	.1368	.1565	.1782	.2018	.2273	.2546	.2836	.3140	.3456	.3783	.4116	.4453	.4902
9.2	.1763	.2008	.2273	.2558	.2861	.3180	.3512	.3855	.4204	.4557	.4909	.5258	.5599	.6038
9.4	.2533	.2847	.3180	.3526	.3884	.4249	.4618	.4985	.5348	.5702	.6045	.6373	.6685	.7072
9.6	.3496	.3868	.4249	.4633	.5016	.5394	.5762	.6117	.6456	.6777	.7078	.7358	.7617	.7929
9.8	.4600	.5000	.5394	.5778	.6147	.6499	.6831	.7140	.7428	.7692	.7933	.8153	.8351	.8585
10.0	.5745	.6131	.6498	.6844	.7166	.7463	.7735	.7983	.8207	.8408	.8588	.8749	.8892	.9058
10.2	.6815	.7152	.7463	.7746	.8003	.8234	.8441	.8625	.8788	.8933	.9060	.9173	.9271	.9389

Sumber : Emmerson et al. (1975)



Lampiran 2. Denah Situasi Pabrik PT Pacific Paint



### Lampiran 3. Jumlah Tenaga Kerja PT Pacific Paint



#### 1.3.3 Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja sebagaimana tabel berikut:

**Tabel 1.5 Tenaga Kerja**

NO	KLASIFIKASI	JENIS KELAMIN			DAERAH ASAL			PENDIDIKAN				
		L	W	JML	Lokal	Ko-muter	WNA	SD	SMP	SMA	D3	Sarjana
1	Manager ke atas	6	4	10	0	10	0	0	0	0	1	9
2	Staff Administrasi	53	39	92	0	92	0	4	1	76	5	6
3	Produksi	154	44	198	0	198	0	52	75	71	0	0
4	Keamanan	30	1	31	0	31	0	4	4	23	0	0
5	Karyawan Tetap	227	60	287	287	0	0	0	0	287	0	0
6	Karyawan Kontrak	16	28	44	44	0	0	0	25	19	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>88</b>	<b>351</b>	<b>0</b>	<b>351</b>	<b>0</b>	<b>56</b>	<b>80</b>	<b>170</b>	<b>6</b>	<b>15</b>

#### 1.3.4 Waktu Operasi Pabrik

Jam Operasi pabrik dalam 1 minggu : 40 jam kerja pershift

Waktu Kerja : Pukul 07.00 – 15.30 WIB

#### 1.3.5 Penggunaan Listrik

Penggunaan energi sebagaimana tabel berikut:

**Tabel 1.6 Penggunaan Listrik**

No	Sumber Listrik	Semester I Tahun 2011 (KwH)							Keterangan
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Rata-rata	
1	PLN 23 KVA	*)	154.700	154.700	116.600	163.900	193.200	156.620	*) tidak ada data
2	PLN 82 KVA	*)	75.000	68.600	62.200	31.800	23.400	52.200	
3	Genset								Cadangan

#### 1.3.6 Penggunaan Air

Kebutuhan air bersih disupply dari perusahaan air minum PT Aetra Air Jakarta.

Penggunaan air bersih adalah sebagai berikut:

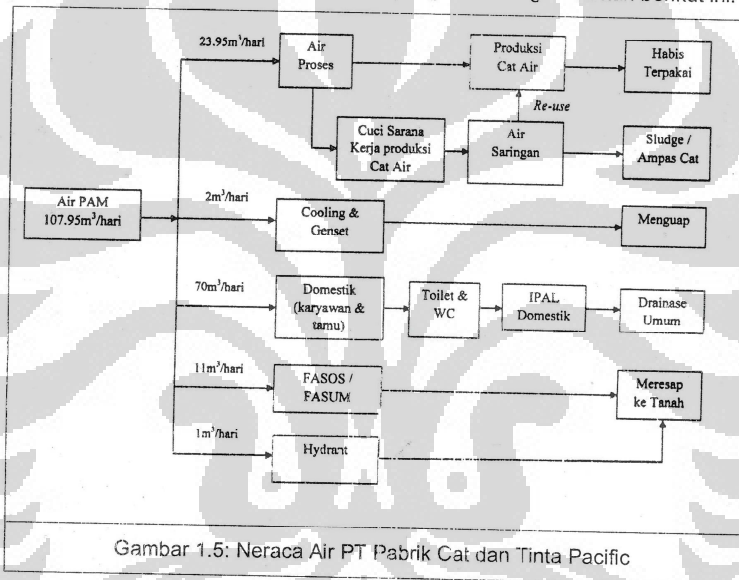
Lampiran 4. Data Penggunaan Air Bersih PT Pacific Paint



Tabel 1.7 Penggunaan Air Bersih

No	Aiat Ukur	Semester I Tahun 2011 (m3)						Rata-rata
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	
1	Alat Ukur 1	108	124	118	111	78	95	105,67
2	Alat Ukur 2	2128	2273	2061	2453	1849	1929	2.115,50

Mengacu pada volume air bersih diatas, maka kebutuhan harian adalah 107,95 m3/hari, dengan demikian neraca penggunaan air sebagaimana digambarkan berikut ini:



Gambar 1.5: Neraca Air PT Pabrik Cat dan Tinta Pacific

Lampiran 5. Spesifikasi Unit SATS MA-1126, Spesifikasi Pompa, dan  
Spesifikasi Blower.

Spesifikasi Unit SATS

Data	MA-276	MA-576	MA-1126
Kapasitas (m <sup>3</sup> / hari)	3,40	6,80	15,80
Panjang Tanki (cm)	213	178	-
Diameter Tanki (cm)	-	196	224
Tinggi Tanki (cm)	150	180	262
Jumlah Tanki	1	2	2
Tanki Separasi, Volume dalam m <sup>3</sup>	1,63	3,31	6,43
Tanki Aerasi, Volume dalam m <sup>3</sup>	0,87	1,91	4,81
Ruang Disinfektan, Volume dalam m <sup>3</sup>	0,02	0,04	0,07
Pipa Inlet / Outlet, dalam mm Ø	100	150	150
Level Pipa Inlet (m)	0,25	0,30	0,40
Level Pipa Outlet (m)	0,38	0,46	0,55
Berat tanki, dalam kg (kosong)			
- Tanki Separasi		143	256
- Tanki Aerasi	169	131	296
Berat Total dengan limbah (ton)	3,5	7	13
Konsumsi Tenaga (watt)	39	80	130
Area yang dibutuhkan untuk tanki saja	1,9 m x 2,5 m	2,4 m x 4,5 m	5,2 m x 2,7 m

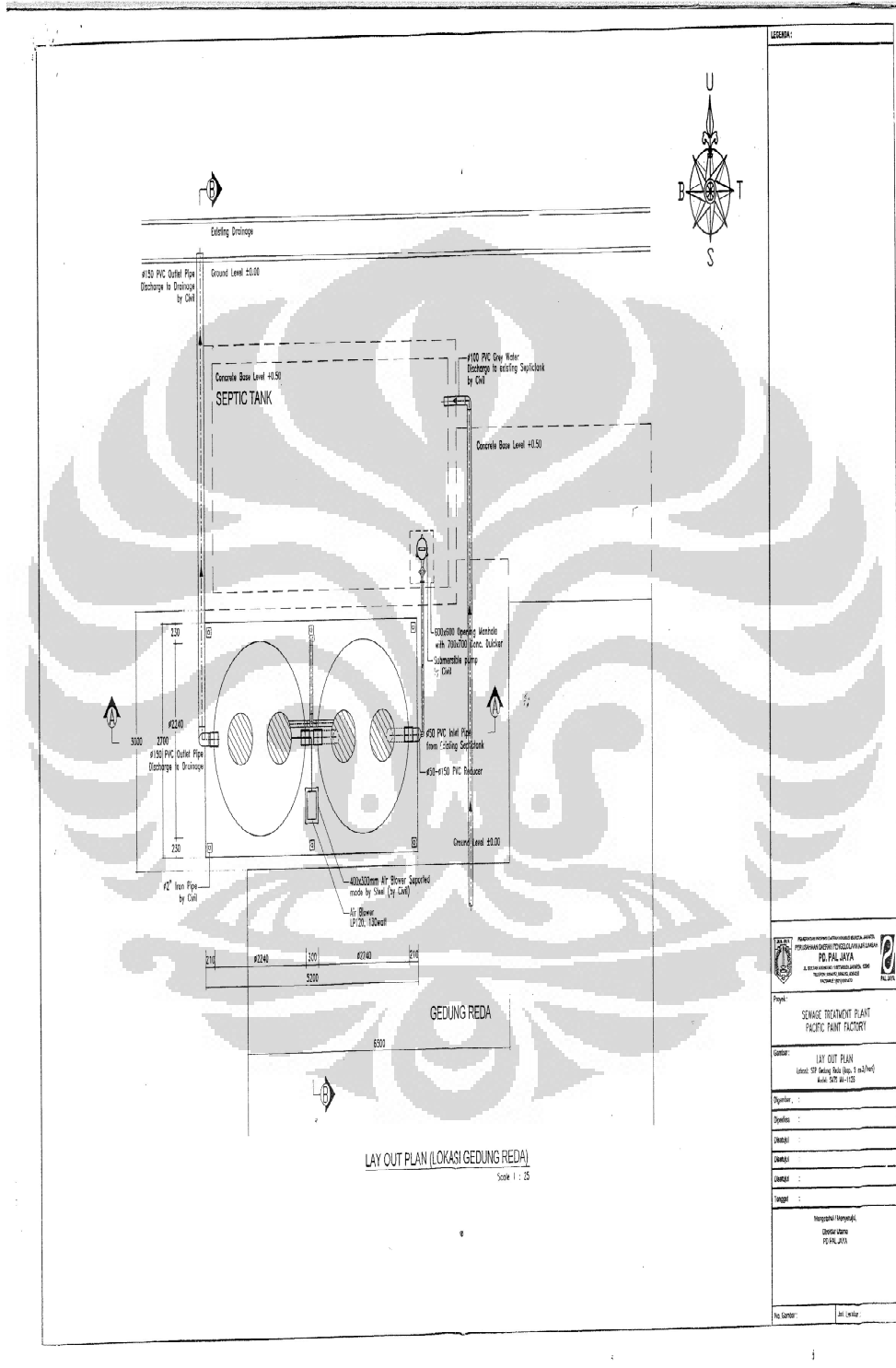
Spesifikasi Pompa Ebara

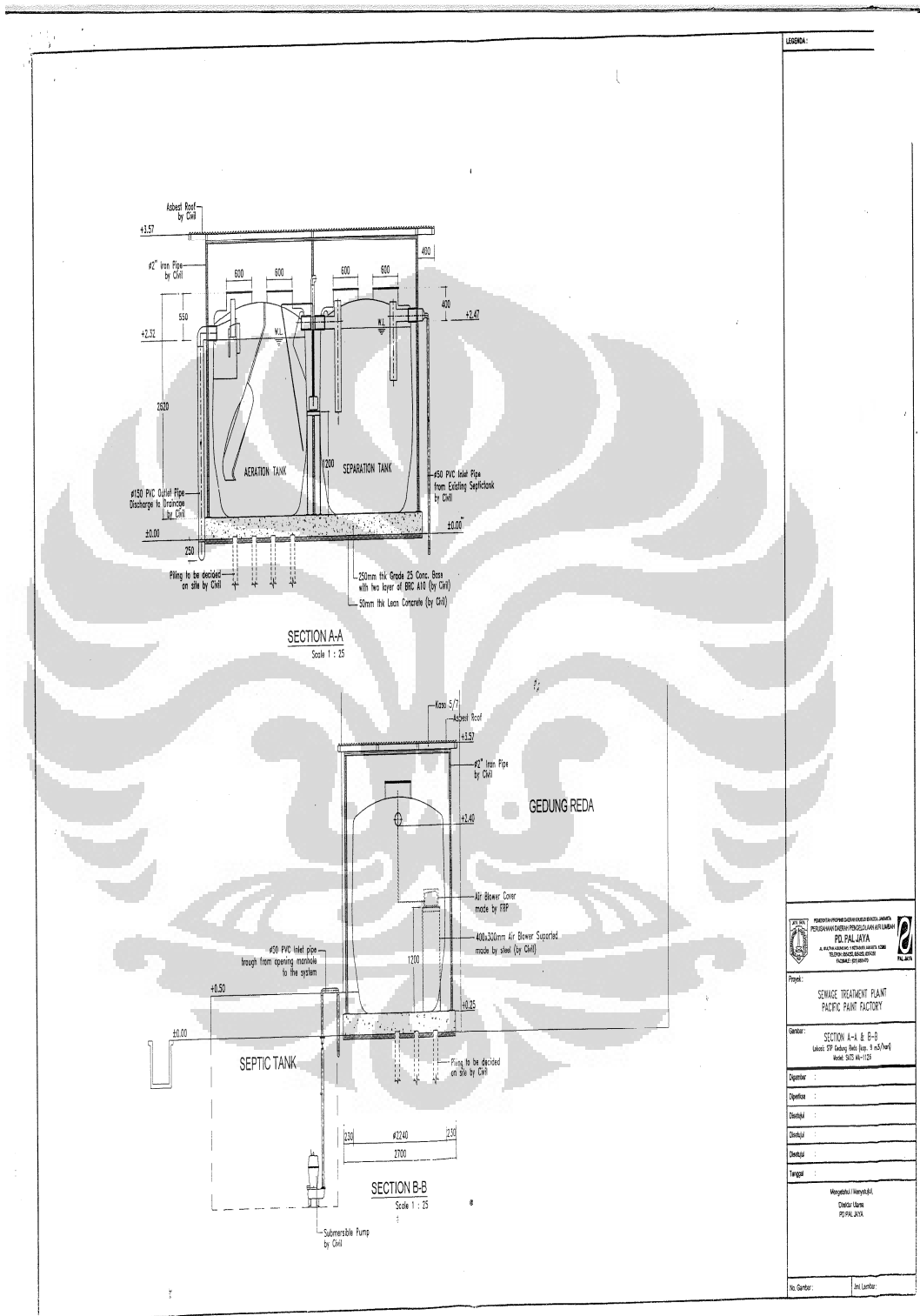


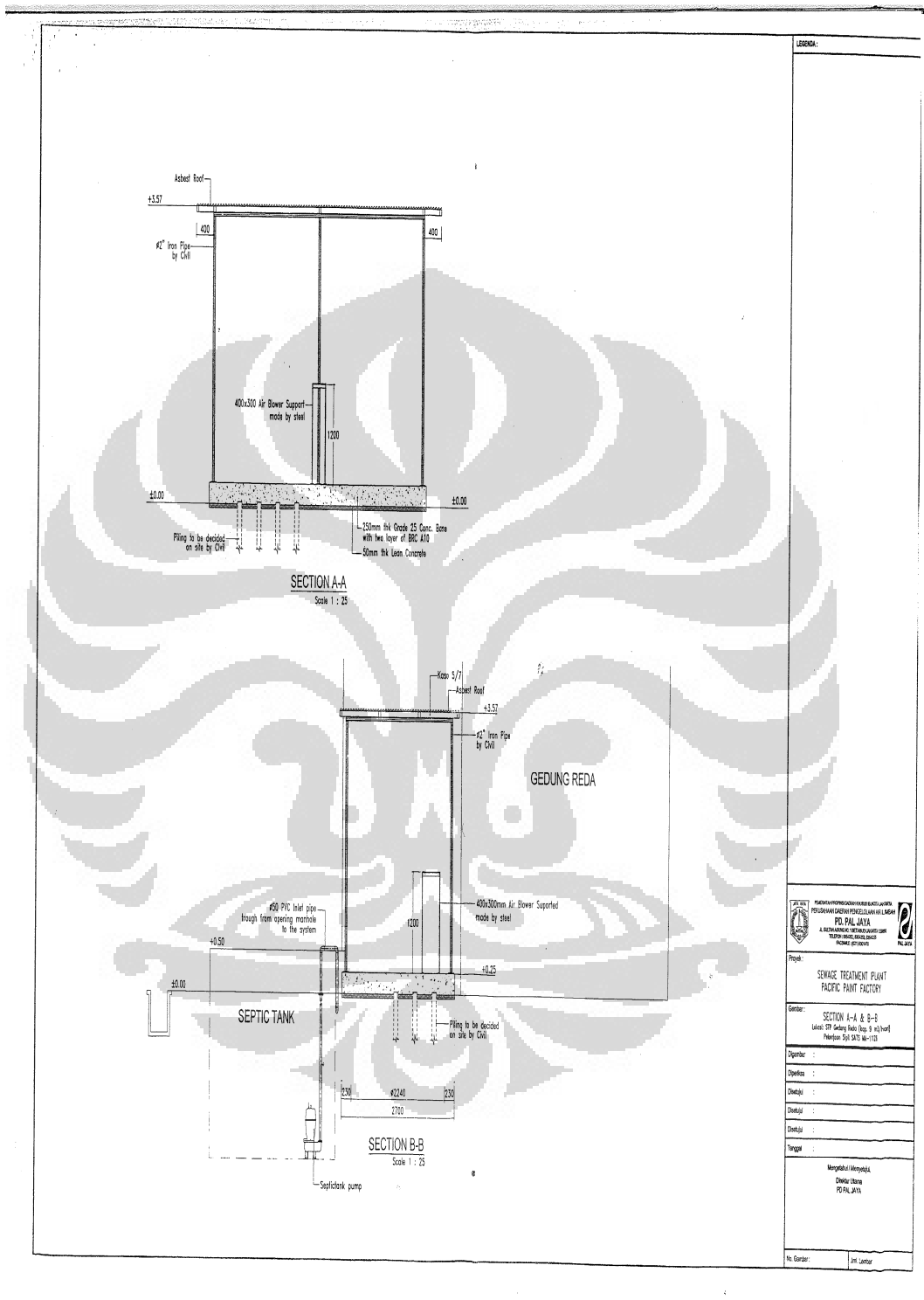
Spesifikasi Blower Yasunaga

<b>Model</b>	LP 120H
<b>Pressure</b>	0,02 Mpa
<b>Air Volume</b>	120 l/min
<b>Voltage</b>	220/230 V
<b>Frequency</b>	50 Hz
<b>Input power</b>	120 W
<b>Rating</b>	Cont.
<b>location</b>	Out Door

Lampiran 6. Shop Drawing Unit SATS MA-1126







LEGENDA:

PT PAL JAYA A MAJOR GROUP OF PT PAL GROUP PT PAL GROUP (PUBLIS)	
Proyek: SEMANGI TREATMENT PLANT PACIFIC PAPER FACTORY	
Gambar: SECTION A-A & B-B Lokasi: STP Selayang Baru (Kec. 3 rd) (Kor)	
Revisi: (01/2012) No. 1/12	
Digambar:	
Diperiksa:	
Disetujui:	
Disetujui:	
Disetujui:	
Tanggal:	
Menggambar: Murni Widiyanti Check: Irena PE-PA, JAYA	
No. Gambar:	JM1 Lembar



Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian



Gambar *separation tank*



Gambar *aeration tank*

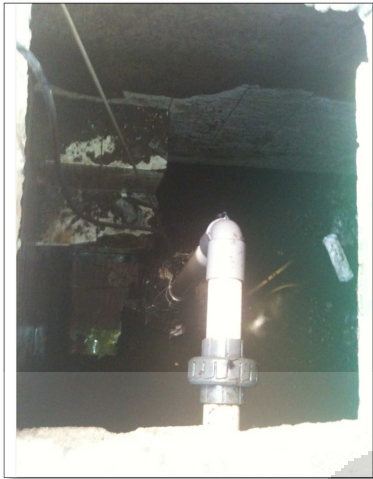


Gambar lokasi *Blower*



Gambar *Outlet IPLC*





Gambar Kondisi *Sumpit*



Gambar Contoh Sampel



Gambar Pengukuran DO



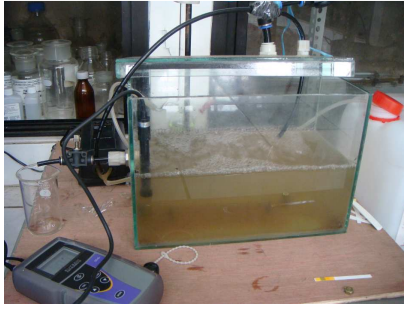
Gambar Sampel Penelitian *Lab-Scale*



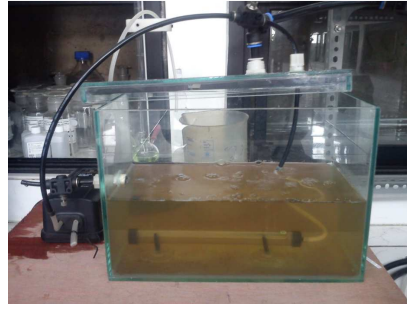
Gambar Pengukuran DO pada  
*inlet*



Gambar Reaktor Penelitian *lab-scale*



Gambar Penelitian Hari ke-0



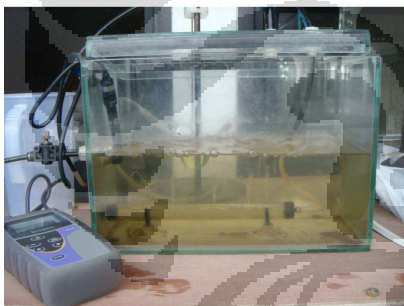
Gambar Penelitian Hari ke-2



Gambar Penelitian Hari ke-7



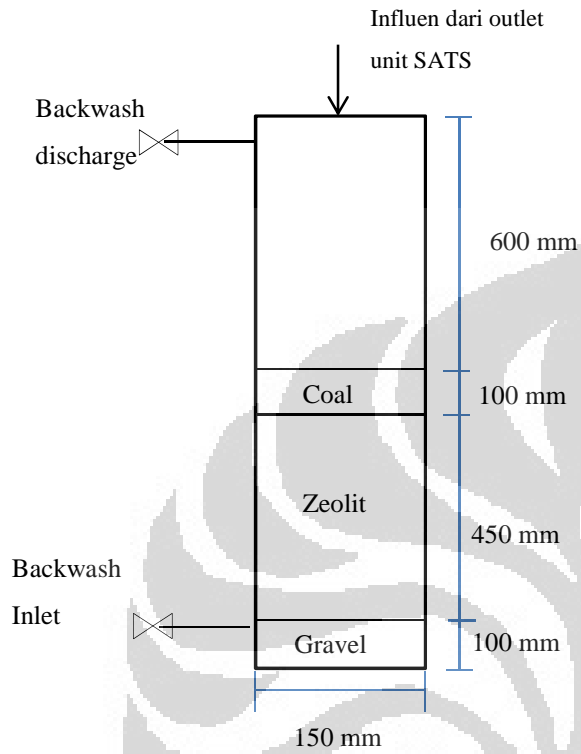
Gambar Penelitian Hari ke-10



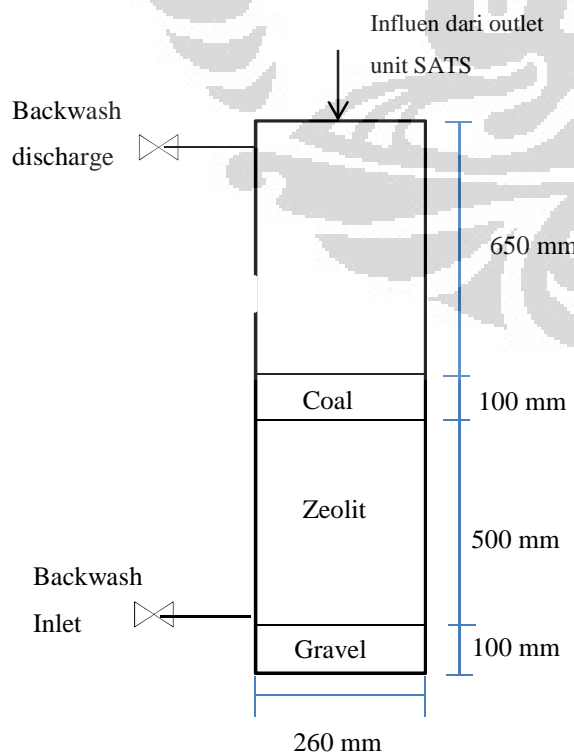
Gambar Penelitian Hari ke-14

## Lampiran 8. Desain Unit *Ion Exchange*

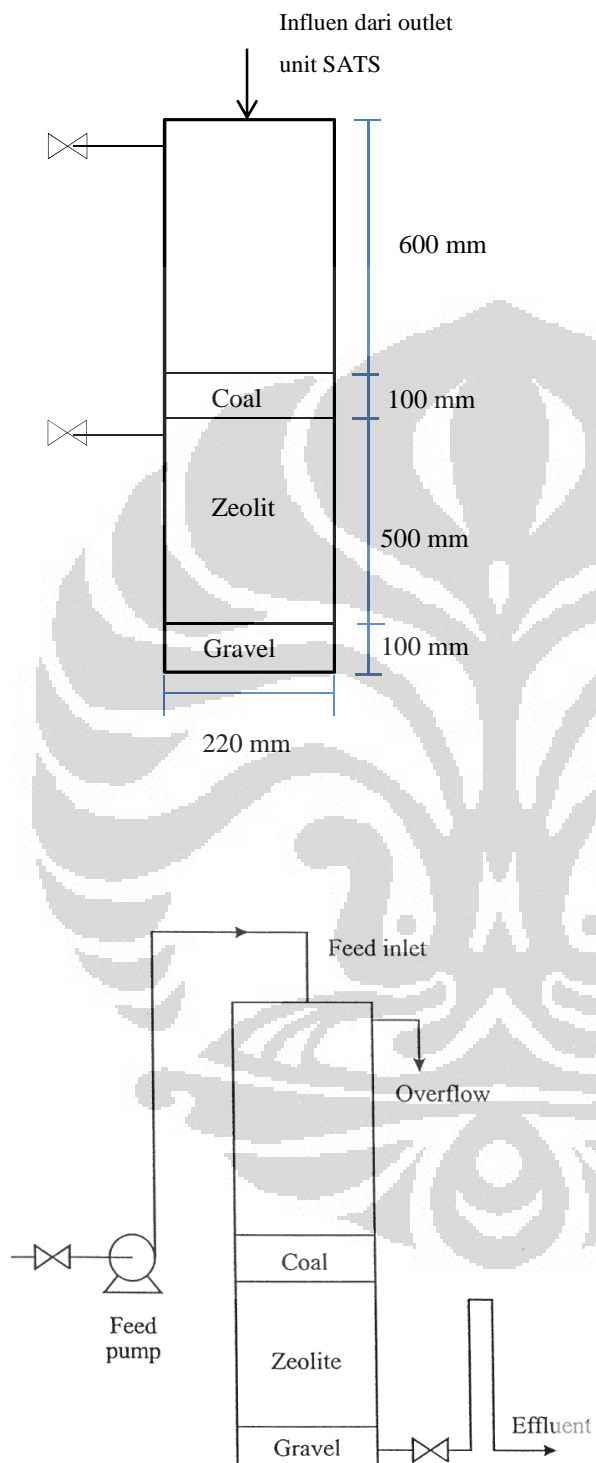
### Desain skenario I



### Desain skenario II



## Desain skenario III



## Lampiran 9. Hasil Analisis Percobaan



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

## LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 112 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 13 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 13 Februari 2012 - 22 Februari 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet Domestik

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	135.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	291.60	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	298.95	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	105.92	SNI 06-6989.30:2005
5	Nitrit	mg/L	0.080	SNI 06-6989.9-2004
6	Nitrat	mg/L	0.23	Std.Met. 419.D/14th/1979
7	Nitrogen Total	mg/L	6.65	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, *24 Februari 2012*  
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 115 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 14 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 14 Februari 2012 - 22 Februari 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet Domestik

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	112.0	Spektrofotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	260.82	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	173.90	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	104.68	SNI 06-6989.30-2005
5	Nitrit	mg/L	0.098	SNI 06-6989.9-2004
6	Nitrat	mg/L	0.16	Std.Met. 419.D/14th/1979
7	Nitrogen Total	mg/L	6.74	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 24 Februari 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP. 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang





**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 120 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 15 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 15 Februari 2012 - 29 Februari 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet 2

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	19.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	28.30	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	78.13	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	18.52	SNI 06-6989.30-2005
5	Nitrit	mg/L	8.77	SNI 06-6989.9-2004
6	Nitrat	mg/L	3.25	Std.Met. 419.D/14th/1979
7	Nitrogen Total	mg/L	37.60	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercantik tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 6 Maret 2012  
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)  
  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP. 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkijakarta@yahoo.com  
JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 189 / LAB. 2 - LC/II/2012  
Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
Tgl Penerimaan Contoh : 27 Februari 2012  
Tgl Pengujian Contoh : 27 Februari 2012 - 06 Maret 2012  
Jenis Contoh : Air Limbah  
Tipe Lokasi : Intlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	166.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	79.31	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	356.85	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	81.80	SNI 06-6989.30:2005
5	Phosfat	mg/L	4.41	SNI 06 - 6989.31 : 2005
6	Nitrogen Total	mg/L	20.30	JIS 0102-1986

Keterangan :  
Parameter yang terastak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 9 maret 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
(Manajer Puncak)

*[Signature]*  
Drs. JONI TAGOR H, MM  
NIP. 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang





**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 190 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 27 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 27 Februari 2012 - 06 Maret 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet I

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	107.92	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	0.032	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	0.25	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	20.30	JIS 0102-1986


Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 9 maret 2012  
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manager Puncak)  
  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digendakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006

 Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 375 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 10 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 10 April 2012 - 17 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	77.42	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	0.070	SNI 06-6889.9-2004
3	Nitrat	mg/L	0.13	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	10.29	JIS 0102-1986

**Keterangan :**

Parameter yang terotak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 19 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji

2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-L1; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 377 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 11 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 11 April 2012 - 17 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	93.06	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	0.050	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	0.24	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	9.02	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 19 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali sekenanya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhjdkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 386 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 12 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 12 April 2012 - 19 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	70.52	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	0.014	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	0.03	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	9.48	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 23 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 402 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 17 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 17 April 2012 - 24 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	<b>Ammonia</b>	mg/L	54.35	SNI 06-6989.30-2005
2	<b>Nitrit</b>	mg/L	0.129	SNI 06-6989.9-2004
3	<b>Nitrat</b>	mg/L	0.12	Sid.Met. 419.D/148/1979
4	<b>Nitrogen Total</b>	mg/L	14.03	JIS 0102-1986

**Keterangan :**

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 26 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*Mardiana*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 423 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 19 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 19 April 2012 - 24 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	37.11	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	12.400	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	2.89	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	29.62	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 26 April 2012,

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Dis. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.S/SMM-L1; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang





**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkjakarta@yahoo.com  
JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 426 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
Tgl Penerimaan Contoh : 20 April 2012  
Tgl Pengujian Contoh : 20 April 2012 - 01 Mei 2012  
Jenis Contoh : Air Limbah  
Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	43.14	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	4.540	SNI 06 6989.9 2004
3	Nitrat	mg/L	2.49	Std.Met. 418.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	43.61	JIS 0102-1986

Keterangan :  
Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 2 Mei 2012  
KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
(Manajer Puncak)  
*[Signature]*  
Drs. JONI TAGOR H, MM  
NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
 BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 476 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 23 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 23 April 2012 - 24 April 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	20.92	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	6.675	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	2.01	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	26.72	JIS 0102-1986

Keterangan :  
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 27 April 2012  
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Mahaajar Puncak)  
  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji  
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang





**PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**  
**BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**  
**LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH**

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com  
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

**LAPORAN HASIL UJI**

Nomor Contoh : 481 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : RAHAYU HANDAYANI  
 Alamat : Jalan Kranggan Permai Blok AS II / 10 Bekasi  
 Tgl Penerimaan Contoh : 24 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 24 April 2012 - 01 Mei 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Ammonia	mg/L	20.58	SNI 06-6989.30-2005
2	Nitrit	mg/L	21.880	SNI 06-6989.9-2004
3	Nitrat	mg/L	1.48	Std.Met. 419.D/14th/1979
4	Nitrogen Total	mg/L	15.71	JIS 0102-1986

Keterangan :

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 2 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH  
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA  
 (Manajer Puncak)

*[Signature]*  
 Drs. JONI TAGOR H, MM  
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji

2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.5/SMM-L1; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

