



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**DESAIN INSTALASI DAUR ULANG AIR LIMBAH  
DOMESTIK DI KANTOR PUSAT PERTAMINA  
JALAN MEDAN MERDEKA TIMUR NO. 1A**

**SKRIPSI**

**ARIF PRIMA  
0806338563**

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



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**DESAIN INSTALASI DAUR ULANG AIR LIMBAH  
DOMESTIK DI KANTOR PUSAT PERTAMINA  
JALAN MEDAN MERDEKA TIMUR NO. 1A**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**ARIF PRIMA  
0806338563**

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



**UNIVERSITY OF INDONESIA**

**DESIGN OF DOMESTIC WASTEWATER RECYCLING  
PLANT AT PERTAMINA HEAD OFFICE  
1A JALAN MEDAN MERDEKA TIMUR**

**FINAL REPORT**

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

**ARIF PRIMA  
0806338563**

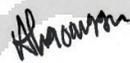
**FACULTY OF ENGINEERING  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
DEPOK  
JULY 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Arif Prima**

**NPM : 0806338563**

**Tanda Tangan : **

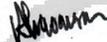
**Tanggal : 5 Juli 2012**

**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 : Arif Prima**

**Student ID : 0806338563**

**Signature : **

**Date : July 5, 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Arif Prima  
NPM : 0806338563  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah  
Domestik di Kantor Pusat Pertamina – Jalan  
Medan Merdeka Timur No.1A

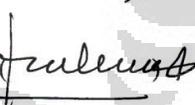
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng. (  )

Pembimbing 2 : Dr. Cindy R. Priadi, S.T., M.Sc. (  )

Penguji 1 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc. (  )

Penguji 2 : Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph. D. (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 5 Juli 2012

## STATEMENT OF LEGITIMATION

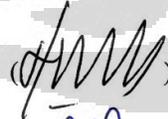
This final report submitted by :

Name : Arif Prima  
Student ID : 0806338563  
Study Program : Environmental Engineering  
Thesis Title : Design of Domestic Wastewater Recycling Plant  
at Pertamina Head Office – 1A Jalan Medan  
Merdeka Timur

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, University of Indonesia.

### BOARD OF EXAMINERS

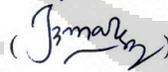
Advisor 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng.

()

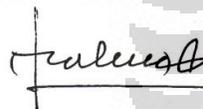
Advisor 2 : Dr. Cindy R. Priadi, S.T., M.Sc.

()

Examiner 1 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

()

Examiner 2 : Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph. D.

()

Defined in : Depok

Date : July 5, 2012

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

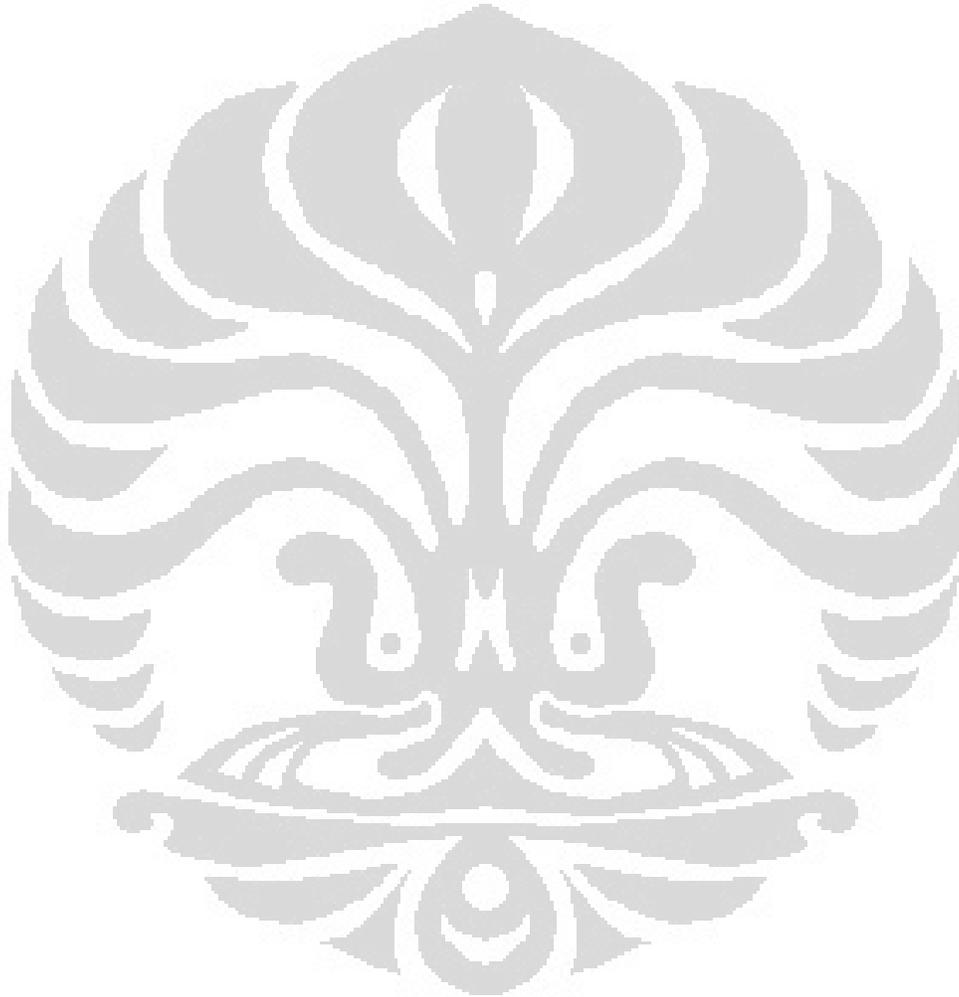
Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT., karena atas berkat dan rahmat dan bimbingan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng. dan Dr. Cindy R. Priadi, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Irma Gusniani, M.Sc. dan Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph. D., selaku dosen penguji yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Kedua orang tua saya, bapak Marwan dan Ibu Siti Suwarni serta keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan materil dan moral;
- (4) Ibu Titin Suhaemi dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan materil;
- (5) Bapak Agus Marto, Ibu Dessy Restiana W., beserta segenap jajaran karyawan di Kantor Pusat Pertamina atas kesediaannya membantu penulis dalam pengumpulan data;
- (6) Bapak Zain Sandangi, selaku Direktur Utama PT. Inzan Permata atas kesediaannya berdiskusi serta mempersilakan saya mengunjungi kantor dan *workshop* PT. Inzan Permata;
- (7) Para dosen dan karyawan Departemen Teknik Sipil yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (8) Wirzaroka, Rahmi Wilansari, M. Satrio Pratomo, Dwica Wulandari, Argo Baskoro serta teman-teman yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Juli 2012

Penulis



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

---

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

Nama : Arif Prima  
NPM : 0806338563  
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 :

**Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah Domestik di Kantor Pusat Pertamina – Jalan Medan Merdeka Timur No.1A**

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 : 5 Juli 2012  
Yang menyatakan

  
(Arif Prima)

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

---

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

Name : Arif Prima  
Sudent ID : 0806338563  
Study Program: Environmental Engineering  
Department : Civil Engineering  
Faculty : Engineering  
Type of Work : Final Report

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

**Design of Domestic Wastewater Recycling Plant at Pertamina Head Office –  
1A Jalan Medan Merdeka Timur**

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

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok  
Date this : July 5, 2012  
The Declarer

  
(Arif Prima)

## ABSTRAK

Nama : Arif Prima  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah Domestik di Kantor Pusat Pertamina – Jalan Medan Merdeka Timur No.1A

Berdasarkan Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Konservasi Sumber Daya Air dan berdasarkan Audit Energi Gedung Kantor Pusat Pertamina tahun 2010, maka perlu dilakukan upaya-upaya pelestarian sumber daya air dengan penghematan serta peningkatan efektifitas dan efisiensi penggunaan sumber daya air (PDAM dan air tanah) di Kantor Pusat Pertamina. Salah satu upaya yang akan diterapkan adalah penggunaan kembali air berpolutan rendah atau daur ulang air (*water recycling*) yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang air limbah yang sesuai kebutuhan dalam rangka mendesain Instalasi Daur Ulang air limbah yang efektif dan efisien di Kantor Pusat Pertamina. Penelitian dilakukan dengan menganalisis potensi air limbah yang dapat didaur ulang, menganalisis aspek kebutuhan dan aspek teknis serta pembiayaan berdasarkan kondisi pemanfaatan dan karakteristik air limbah. Berdasarkan analisis potensi dan analisis aspek kebutuhan dan aspek teknis, air daur ulang dimanfaatkan untuk penggunaan *cooling tower* Gedung Utama. Instalasi Daur Ulang menggunakan kombinasi pengolahan filter karbon aktif, ultrafiltrasi (UF), dan ultraviolet (UV) yang dapat menghasilkan air daur ulang dengan kapasitas produksi 109 hingga 127 m<sup>3</sup>/hari atau 60 hingga 70 persen dari potensi sebesar 182 m<sup>3</sup>/hari yang bersumber dari Gedung Utama, Gedung Annex, Gedung Perwira, dan kantin Kantor Pusat Pertamina. Air daur ulang ini dapat mengurangi konsumsi PDAM sebesar 24 – 28%. Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina layak secara ekonomi dengan harga produksi air daur ulang sebesar Rp. 9.126 per m<sup>3</sup> dibandingkan harga air PDAM sebesar Rp. 12.550 per m<sup>3</sup>. Penghematan yang diperoleh Kantor Pusat Pertamina sebesar Rp. 41.113.800 sampai Rp. 47.966.100 setiap bulannya dengan *payback period* selama 16 sampai 19 bulan.

Kata kunci:  
Air bersih, air limbah, IPAL, daur ulang, konservasi

## ABSTRACT

Name : Arif Prima  
Study Program : Environmental Engineering  
Title : Design of Domestic Wastewater Recycling Plant at Pertamina  
Head Office –1A Jalan Medan Merdeka Timur

Based on Regulation No. 7/2004 about Conservation of Water Resources and Energy Audit of Pertamina Head Office Building in 2010, it is indispensable to conserve water resources by increasing effectiveness and efficiency of water uses (PDAM and groundwater) at the Pertamina Head Office. One effort is the reuse of low pollutant water reuse or the recycling of effluent from the Waste Water Treatment Plant (WWTP). The research is aimed to plan the use and configuration of wastewater recycling system in order to design an effective and efficient wastewater recycling plant in the Pertamina Head Office. The study was conducted by analyzing the potential of the wastewater which can be recycled, aspects of the water needs, technical aspects as well as the financial aspect based on the water utilization target and wastewater characteristics. Based on the analysis of the potential and the analysis of needs and the technical aspects, recycling water will be used for cooling tower of the Utama Building. The wastewater recycling installation will use a combination of activated carbon filter, ultrafiltration (UF), and ultraviolet (UV) which can produce recycled water with capacity of 109 to 127 m<sup>3</sup>/day or 60 to 70 percent of the potential of 182 m<sup>3</sup>/day wastewater originating from Utama Building, Annex Building, Perwira Building, and cafeteria. This recycled water can reduce PDAM consumption by 24 to 28 percent. Wastewater recycling plant in the Pertamina Head Office is economically viable at a price of recycled water production amounted to Rp. 9.126 per m<sup>3</sup> compared to PDAM water price of Rp. 12.550 per m<sup>3</sup>. Savings gained by Pertamina Head Office will range from Rp. 41.113.800 to Rp. 47.966.100 per month with a payback period for 16 to 19 months.

Keywords:

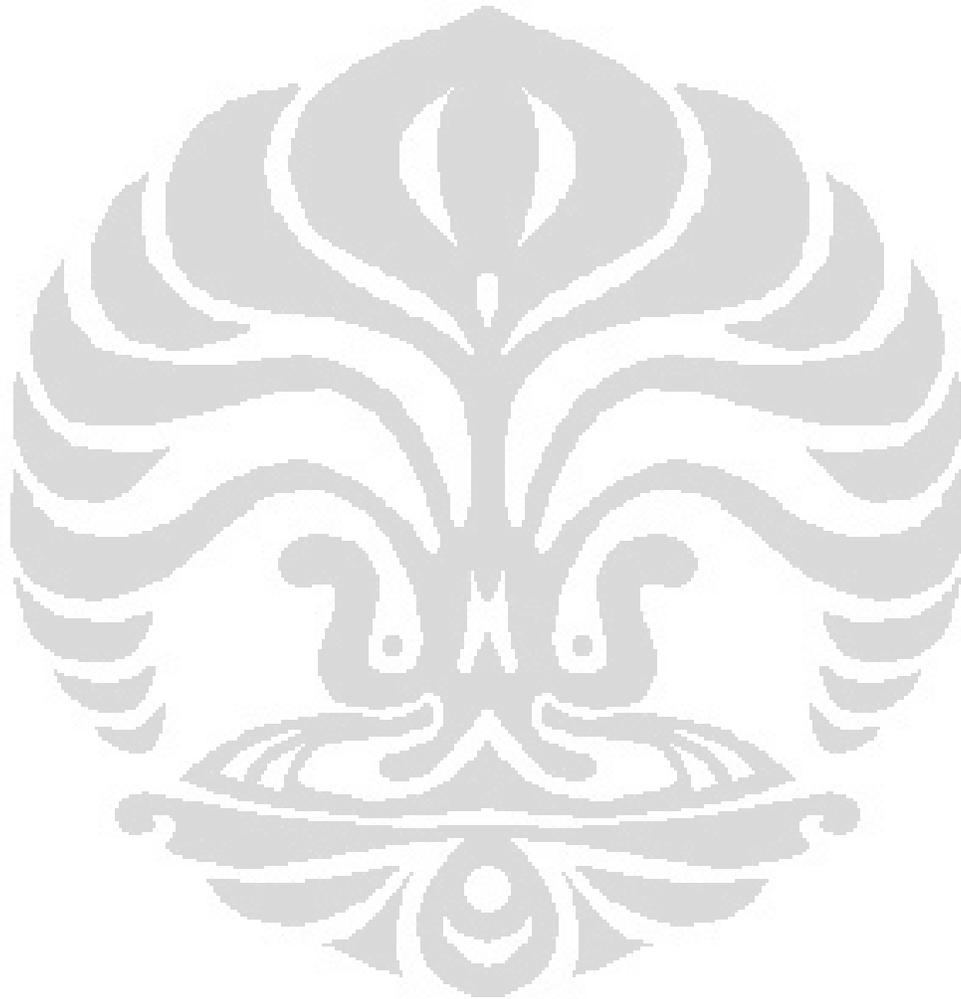
Clean water, wastewater, WWTP, recycling (water reuse), conservation

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH .....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	x
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xx
DAFTAR PERSAMAAN .....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Definisi .....	6
2.2 Sumber Air Limbah Domestik.....	7
2.3 Kualitas Air Limbah Domestik .....	8
2.4 Kuantitas Air Limbah Domestik.....	12
2.5 Regulasi Terkait Pengelolaan Air Limbah di Indonesia.....	14
2.6 Daur Ulang Air Limbah.....	15
2.6.1 Latar Belakang Daur Ulang Air Limbah .....	15
2.6.2 Bentuk Pemanfaatan Air Hasil Daur Ulang Air Limbah .....	16
2.6.3 Kendala Pemanfaatan Air Daur Ulang.....	24
2.6.4 Penerapan Daur Ulang Air Limbah di Berbagai Negara.....	25
2.7 Konsep Pengolahan Daur Ulang Air Limbah.....	29
2.8 Pengolahan Daur Ulang Air Limbah dengan Filtrasi Membran.....	35

<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>44</b>
3.1 Pendekatan penelitian.....	44
3.2 Variabel Penelitian.....	44
3.3 Kerangka Penelitian.....	45
3.4 Pengumpulan Data.....	48
3.4.1 Data Sekunder.....	48
3.4.2 Data Primer.....	49
3.5 Pengolahan dan Analisis Data.....	51
3.5.1 Aspek Kebutuhan.....	51
3.5.2 Aspek Teknis.....	52
3.5.3 Desain Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang.....	55
3.5.4 Analisis Pembiayaan dan Kelayakan Ekonomi.....	56
3.6 Rekomendasi Desain Instalasi Daur Ulang.....	57
3.7 Jadwal Penelitian.....	58
<b>BAB 4 GAMBARAN OBJEK PENELITIAN.....</b>	<b>59</b>
4.1 Gambaran Umum Kantor Pusat Pertamina.....	59
4.2 Sumber Daya Air Kantor Pusat Pertamina.....	61
4.2.1 Pengelolaan Air Bersih.....	61
4.2.2 Pengelolaan Air Limbah.....	67
4.2.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Eksisting.....	68
4.2.4 Karakteristik Influen dan Efluen IPAL.....	73
4.3 Kondisi Eksisting <i>Cooling Tower</i> Kantor Pusat Pertamina.....	76
<b>BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS.....</b>	<b>78</b>
5.1 Aspek Kebutuhan.....	78
5.1.1 Potensi Daur Ulang Air Limbah.....	78
5.1.2 Alokasi Pemanfaatan Air Daur Ulang.....	87
5.2 Aspek Teknis.....	92
5.2.1 Analisis IPAL.....	92
5.2.2 Target Baku Mutu Instalasi Daur Ulang.....	96
5.3 Pemilihan Unit Pengolahan.....	100
5.3.1 Tingkat Penyisihan Parameter Unit Pengolahan.....	100
5.3.2 Kebutuhan Biaya Unit Pengolahan.....	102
5.3.3 Pemilihan Unit Pengolahan.....	105
5.4 Desain Instalasi Daur Ulang.....	105
5.4.1 Desain Bak Penampung.....	107
5.4.2 Desain Filter Karbon Aktif.....	111
5.4.3 Desain Ultrafiltrasi.....	114
5.4.4 Desain Ultra Violet (UV).....	118
5.4.5 Desain <i>Reservoir Tank</i> .....	122
5.5 Analisis Biaya untuk Studi Kelayakan.....	126
5.6 Rekomendasi pada Instalasi Daur Ulang.....	130

<b>BAB 6 PENUTUP.....</b>	<b>131</b>
6.1 Kesimpulan .....	131
6.2 Saran.....	132
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>133</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>136</b>

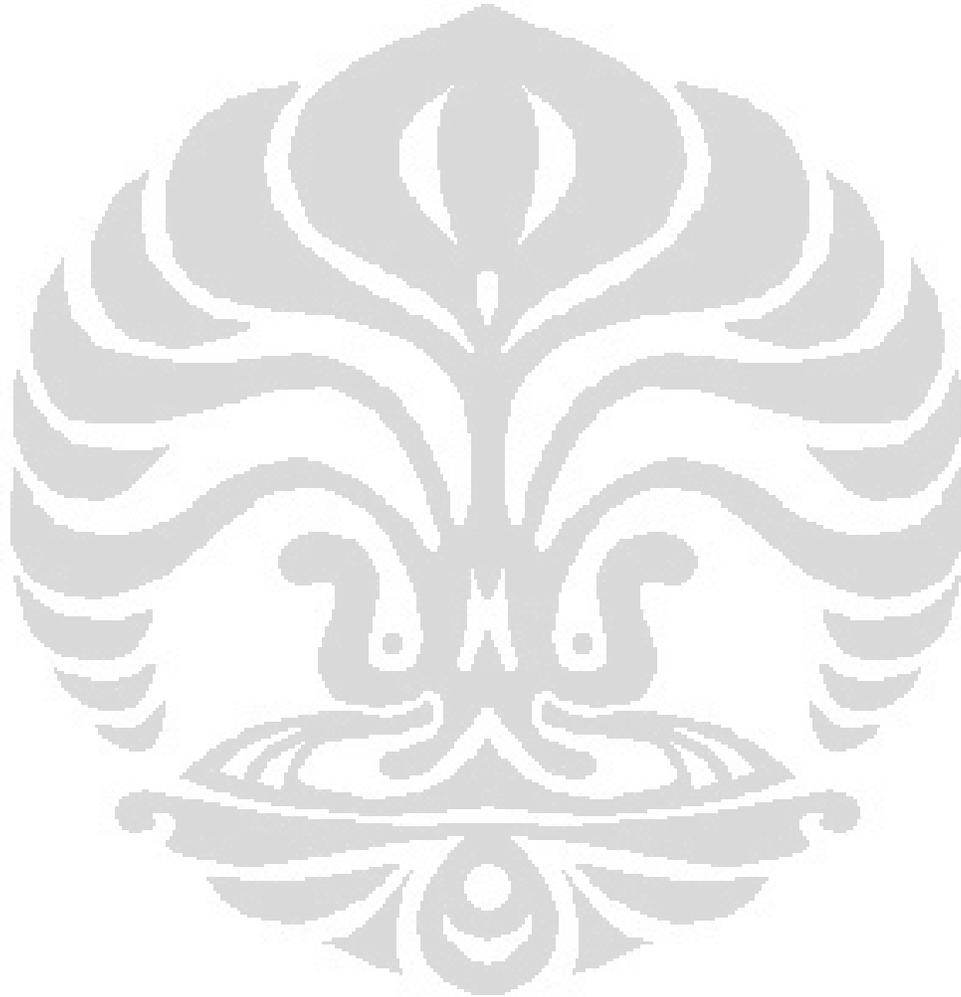


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jumlah Air Limbah di Wilayah DKI Jakarta .....	7
Tabel 2.2. Karakteristik Limbah Domestik Perkotaan.....	8
Tabel 2.3. Karakteristik Limbah Domestik Perkotaan (sambungan).....	9
Tabel 2.4. Baku Mutu Air Limbah Domestik Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 .....	9
Tabel 2.5. Baku Mutu Limbah Cair Domestik menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122/2005.....	10
Tabel 2.6. Klasifikasi dan Baku Mutu Air dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 .....	11
Tabel 2.7. Klasifikasi dan Baku Mutu Air dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 (sambungan) .....	12
Tabel 2.8. Rata-Rata Kebutuhan Air Bersih Perkantoran .....	12
Tabel 2.9. Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD dari Berbagai Jenis Bangunan .....	13
Tabel 2.10. Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD dari Berbagai Jenis Bangunan (sambungan) .....	14
Tabel 2.11. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Irigasi Pertanian.....	17
Tabel 2.12. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Pengairan Lansekap... 18	
Tabel 2.13. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Industri.....	19
Tabel 2.14. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Industri (sambungan) .20	
Tabel 2.15. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Pengisian Air Tanah ..21	
Tabel 2.16. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Rekreasi/Lingkungan.22	
Tabel 2.17. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Kebutuhan <i>Nonpotable</i> .....	23
Tabel 2.18. Data Penggunaan Daur Ulang Air Limbah di Jepang tahun 1993 ....27	
Tabel 2.19. Tipikal Kualitas Air dari Berbagai Tingkat Pengolahan .....	30
Tabel 2.20. Jenis Pengolahan untuk Daur Ulang Air Limbah serta Parameter yang Dihilangkan.....	34
Tabel 2.21. Proses Pengolahan Daur Ulang untuk Keperluan Industri dan Masyarakat (WHO (1973)).....	35
Tabel 2.22. Karakteristik Umum Membran .....	36
Tabel 2.23. Karakteristik Operasional berbagai Membran .....	42
Tabel 2.24. Kemampuan Penyisihan ( <i>Removal</i> ) pada RO dan UF .....	42
Tabel 2.25. Kelebihan dan Kekurangan Proses Membran dibanding Pengolahan Konvensional .....	43
Tabel 3.1. Data Sekunder Penelitian.....	48
Tabel 3.2. Metode Pengujian Parameter .....	50
Tabel 3.3. Baku Mutu Efluen Air Daur Ulang U.S. EPA pada Pemanfaatannya..53	
Tabel 3.4. Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Kelas pada PP 82/2001 .....	53
Tabel 3.5. Skor Kemampuan <i>Removal</i> Unit.....	55

Tabel 3.6. Jadwal Penelitian Skripsi Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah di Kantor Pusat Pertamina .....	58
Tabel 4.1. Informasi Umum Gedung di Kantor Pusat Pertamina.....	60
Tabel 4.2. Pemakaian Air Tahun 2011 Kantor Pusat Pertamina .....	63
Tabel 4.3. Perbandingan Pemakaian Air .....	64
Tabel 4.4. Pemakaian Air pada Kloset.....	64
Tabel 4.5. Pemakaian Air pada Urinoir.....	65
Tabel 4.6. Pemakaian Air pada Kran Air dan <i>Shower</i> .....	65
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Mutu Efluen IPAL Tahun 2010 .....	73
Tabel 4.8. Pengukuran Debit Efluen Hari Kerja.....	74
Tabel 4.9. Pengukuran Debit Efluen Akhir Pekan.....	74
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Mutu IPAL Tahun 2012 .....	75
Tabel 4.11. Jumlah Pemakaian Air untuk <i>Cooling Tower</i> di Kantor Pusat Pertamina .....	76
Tabel 4.12. Debit Aliran <i>Cooling Tower</i> di Kantor Pusat Pertamina .....	76
Tabel 4.13. Perhitungan Kebutuhan <i>Cooling Tower</i> Harian Kantor Pusat Pertamina .....	77
Tabel 5.1. Hasil Pengukuran Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina.....	80
Tabel 5.2. Fluktuasi Debit Efluen IPAL (8 jam terukur) .....	82
Tabel 5.3. Debit Efluen IPAL pada Hari Kerja(Eksisting dan Rencana).....	84
Tabel 5.4. Perbandingan Potensi IDU tanpa dan dengan Penambahan dari Gedung Perwira dan Kantin.....	86
Tabel 5.5. Bentuk dan Jumlah Pemakaian Air Eksistingdi Kantor Pusat Pertamina .....	88
Tabel 5.6. Jumlah Pemakaian Air <i>Cooling Tower</i> per Gedung.....	89
Tabel 5.7. Hasil Pengujian <i>Coliform</i> IPAL Eksisting.....	95
Tabel 5.8. Baku Mutu Air untuk <i>Cooling Tower</i> U.S. EPA.....	96
Tabel 5.9. Baku Mutu Kelas I dan Kelas II PP 82/2001 .....	96
Tabel 5.10. Mutu Influen dan Efluen IPAL Eksisting .....	98
Tabel 5.11. Target Mutu Efluen dan <i>Efficiency Removal</i> Instalasi Daur Ulang..	100
Tabel 5.12. Kemampuan <i>Removal</i> UF dan RO .....	101
Tabel 5.13. Skor UF dan RO .....	102
Tabel 5.14. Perbandingan Kebutuhan Biaya UF dan RO dalam 1 Tahun .....	104
Tabel 5.15. Pembobotan Unit Pengolahan .....	105
Tabel 5.16. Ultrafiltrasi tanpa <i>Pretreatment</i> dengan Influen Pergub DKI 122/2005 .....	106
Tabel 5.17. Kemampuan <i>Removal</i> IDU .....	107
Tabel 5.18. Aliran Bak Penampung dalam Satu Hari .....	108
Tabel 5.19. Metode Operasional Saringan Karbon Aktif.....	112
Tabel 5.20. Ketentuan Desain kontaktor GAC.....	112
Tabel 5.21. Metode Operasional Ultrafiltrasi.....	115
Tabel 5.22. Kebutuhan dosis UV pada Berbagai Jenis Efluen.....	119
Tabel 5.23. Absorbansi dan Transmisi UV terhadap Berbagai Influen .....	119

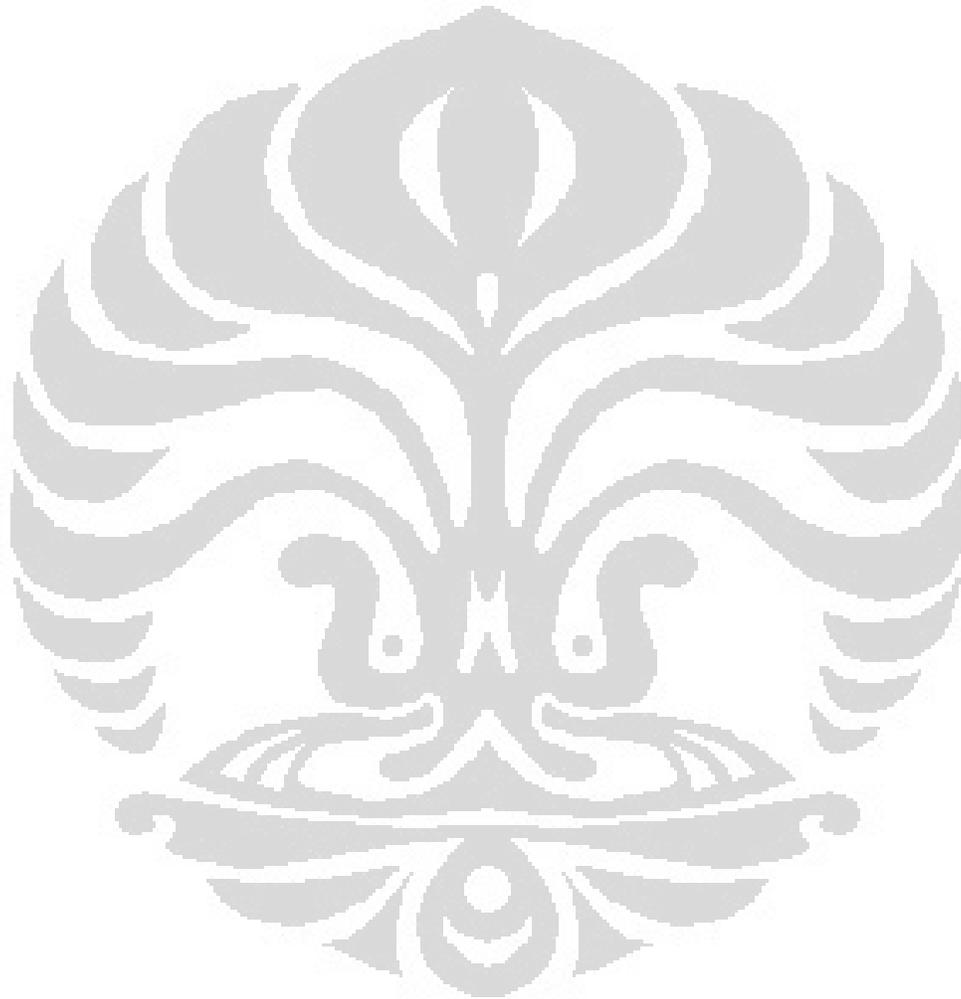
Tabel 5.24. Aliran <i>Reservoir Tank</i> dalam Satu Hari.....	123
Tabel 5.25. Kebutuhan Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang.....	125
Tabel 5.26. Estimasi Biaya Investasi Awal Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina.....	127
Tabel 5.27. Estimasi Biaya Operasional Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina.....	128
Tabel 5.28. Estimasi Biaya Perawatan Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina.....	128
Tabel 5.29. Estimasi Total Biaya Instalasi Daur Ulang.....	128
Tabel 5.30. Estimasi Penghematan Kantor Pusat Pertamina.....	129



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penggunaan Air Daur Ulang di beberapa Negara di Eropa.....	25
Gambar 2.2. Sketsa Aliran pada Proses Membran .....	36
Gambar 2.3. Berbagai Jenis Membran yang Umum Diproduksi: (a) <i>single tubular</i> , (b) <i>bundle tubular</i> , (c) <i>hollow fiber</i> , (d) <i>spiral wound</i> .....	37
Gambar 2.4. Sketsa Mekanisme Penyisihan pada Membran .....	38
Gambar 2.5. Perbandingan Ukuran Pori Membran dan <i>Range</i> Penyisihan .....	39
Gambar 2.6. Desain Aliran pada <i>Vessel</i> Membran .....	39
Gambar 2.7. Grafik Perbandingan <i>Flowrate</i> terhadap Umur Membran .....	40
Gambar 2.8. Bentuk Umum <i>Fouling</i> pada Membran .....	41
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian .....	46
Gambar 3.2. Alur Pengkajian Pemanfaatan dan Pengolahan Daur Ulang .....	47
Gambar 4.1. Lokasi Kantor Pusat Pertamina .....	59
Gambar 4.2. <i>Layout</i> Kantor Pusat Pertamina .....	60
Gambar 4.3. <i>Layout</i> Fasilitas Air Kantor Pusat Pertamina. ....	61
Gambar 4.4. Lokasi Meteran Air PDAM Kantor Pusat Pertamina.....	62
Gambar 4.5. Peta Daerah Layanan setiap Meteran Air PDAM.....	62
Gambar 4.6. Titik Lokasi Sumber Air Tanah Dangkal.....	63
Gambar 4.7. Rincian Pemakaian Air Kantor Pusat Pertamina .....	66
Gambar 4.8. Persentase Pemakaian Air Kantor Pusat Pertamina.....	67
Gambar 4.9. Garis Besar Pemakaian Air PDAM Kantor Pusat Pertamina .....	67
Gambar 4.10. Aliran Air Limbah Kantor Pusat Pertamina .....	68
Gambar 4.11. <i>Layout</i> IPAL Eksisting Kantor Pusat Pertamina .....	69
Gambar 4.12. Potongan A-A <i>Layout</i> IPAL Eksisting Kantor Pusat Pertamina ....	69
Gambar 4.13. Kondisi IPAL Eksisting .....	72
Gambar 4.14. Fluktuasi Debit Inlet IPAL .....	74
Gambar 4.15. Fluktuasi Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina.....	75
Gambar 5.1. Grafik Fluktuasi Debit Efluen IPAL .....	79
Gambar 5.2. Grafik Fluktuasi Debit Efluen IPAL (8 jam terukur).....	82
Gambar 5.3. Skema Pengelolaan Air Limbah Eksisting.....	87
Gambar 5.4. Skema Pengelolaan Air Limbah Rencana .....	87
Gambar 5.5. Lokasi Rencana Instalasi Daur Ulang .....	91
Gambar 5.6. Aliran Penggunaan Air Daur Ulang dengan <i>Ground Tank</i> .....	91
Gambar 5.7. Aliran Penggunaan Air Daur Ulang tanpa <i>Ground Tank</i> .....	91
Gambar 5.8. Grafik Mutu Efluen IPAL Tahun 2010.....	92
Gambar 5.9. Grafik Perbandingan Mutu Influen dan Efluen IPAL Eksisting .....	94
Gambar 5.10. Grafik Perbandingan Mutu Influen dan Berbagai Kondisi Efluen IPAL Eksisting .....	95
Gambar 5.11. Profil Aliran Bak Penampung tiap Jam.....	109
Gambar 5.12. Profil Kumulatif Aliran Bak Penampung tiap Jam .....	109
Gambar 5.13. Skema Operasi Saringan Karbon Aktif.....	112
Gambar 5.14. Skema Operasi Ultrafiltrasi .....	115

Gambar 5.15. Aliran Proses UF.....	116
Gambar 5.16. Aliran pada Tabung UV .....	118
Gambar 5.17. Kebutuhan Dosis UV berbanding Debit.....	120
Gambar 5.18. Profil Aliran <i>Reservoir Tank</i> tiap Jam .....	122
Gambar 5.19. Profil Kumulatif Aliran <i>Reservoir Tank</i> tiap Jam.....	123
Gambar 5.20. Skema Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang.....	125



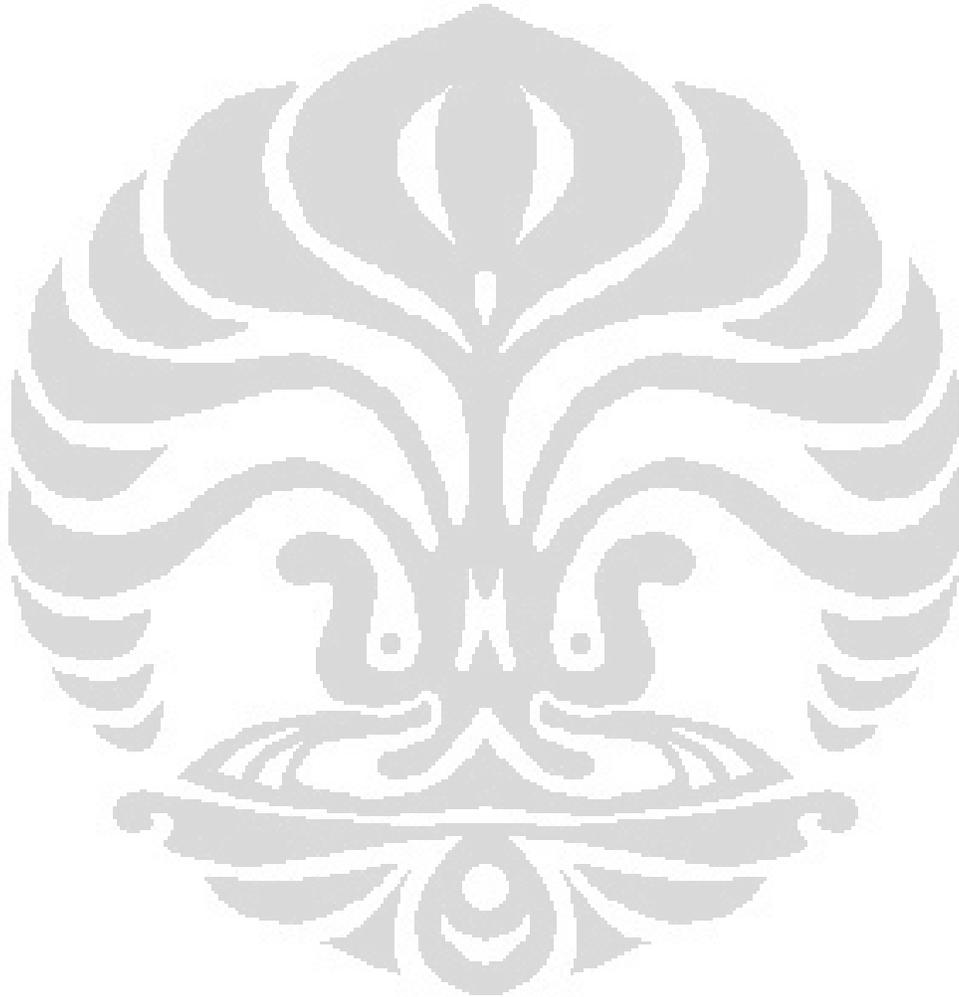
## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1. Pembobotan Pemilihan Unit.....	55
Persamaan 3.2. Uji Kelayakan.....	56
Persamaan 3.3. <i>Payback Period</i> .....	56
Persamaan 5.1. Standar Deviasi.....	81
Persamaan 5.2. Volume Bak/Tanki.....	110
Persamaan 5.3. Diameter Pipa.....	110
Persamaan 5.4. Massa Jenis GAC.....	113
Persamaan 5.5. Laju Penggunaan GAC .....	114
Persamaan 5.6. Daya Pompa Ultrafiltrasi .....	117
Persamaan 5.7. Jumlah Modul Ultrafiltrasi.....	118
Persamaan 5.8. Absorbansi Air terhadap Ultraviolet.....	119
Persamaan 5.9. Transmisi Ultraviolet.....	120
Persamaan 5.10. Waktu Kontak Ultraviolet.....	121



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Hasil Pengukuran Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina. ....	136
Lampiran II. Neraca Air Eksisting Kantor Pusat Pertamina .....	138
Lampiran III. Neraca Air Rencana Kantor Pusat Pertamina .....	139
Lampiran IV. Skema Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina .....	140
Lampiran V. Spesifikasi Unit dan Peralatan Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina.....	141
Lampiran VI. Hasil Uji Sampel IPAL Kantor Pusat Pertamina .....	145



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kondisi air tanah di Indonesia terutama kota besar seperti DKI Jakarta sudah sangat memprihatinkan. Kondisi air tanah di Jakarta sudah tidak layak baik dari aspek kuantitas maupun kualitas. Berdasarkan penelitian Bidang Pencegahan Dampak Lingkungan dan Pengelolaan Sumber Daya Perkotaan BPLHD DKI Jakarta tahun 2008, persentase kualitas air tanah yang baik dikonsumsi sangat kecil. Kualitas air tanah yang baik di Jakarta Utara hanya 13 persen, Jakarta Barat 7 persen, Jakarta Pusat 9 persen, Jakarta Selatan dan Jakarta Timur masing-masing 35 persen. Adapun berdasarkan penelitian Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) tahun 2009 menunjukkan, sebanyak 94 persen air tanah di Jakarta sudah tercemar bakteri *E-Coli* dan koliform. Air tanah pada kedalaman 0 hingga 40 meter dipastikan tercemar bakteri *E-Coli*. Bakteri ini timbul akibat pencemaran limbah dari tanki septik yang tidak memenuhi persyaratan.

Dari aspek kuantitas, krisis air ditandai dengan kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim penghujan. Kondisi ini dapat dilihat pada fluktuasi air tanah antara musim hujan dan musim kemarau lebih dari empat meter. Pada kajian yang dilakukan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), tahun 2009 diperkirakan, air tanah belum muncul pada kedalaman 12 meter. Kondisi Cekungan Air Tanah (CAT) Jakarta saat ini sudah memasuki zona kritis hingga rusak akibat eksploitasi air tanah di atas ambang batas normal yang direkomendasikan. Pengambilan air tanah pada CAT Jakarta saat ini hampir melebihi setengah aliran air tanah yang masuk ke dalam akuifer menengah dan dalam. Perubahan pada CAT dapat menimbulkan kerusakan lingkungan seperti: amblesan tanah (*land subsidence*) dan intrusi air laut. Berdasarkan data Badan Geologi, DESDM, dalam Neraca Air Tanah Jakarta, potensi air tanah (dalam) 52 juta m<sup>3</sup>/tahun. Sedangkan pengambilan air tanah (dalam) sebanyak 21 juta m<sup>3</sup>/tahun.

Kondisi pelayanan air bersih oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) DKI Jakarta masih belum maksimal. Pelanggan PAM masih terancam

kesulitan mendapatkan air bersih. Pelayanan air minum di Jakarta sampai saat ini masih menemukan persoalan mulai dari kualitas air baku yang buruk, minimnya daerah cakupan pelayanan serta kebocoran yang banyak terjadi. Menurut Direktur Utama PDAM, Maurizt Napitupulu (2011), rata-rata kebocoran PDAM sampai pada angka 46 persen dengan daerah cakupan pelayanan air yang baru sekitar 62 persen. Sumber air baku di Kalimantan yang dikelola PT. Aetra, saat ini kondisinya sangat buruk dan dipenuhi sampah. Kondisi demikian terjadi karena banyaknya limbah yang dibuang ke aliran kali. Ambang batas normal tingkat kekeruhan air di Kalimantan untuk dapat masuk ke pengolahan maksimal hanya 2.500 NTU. Namun, yang terjadi saat ini justru mencapai 13-14ribu NTU (Lintong, 2011). Akibatnya, angka produksi dan pelayanan air bersih menurun sehingga mengakibatkan pasokan air bersih kepada pelanggan menjadi terganggu.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Konservasi Sumber Daya Air, konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang. Sumber daya air secara kuantitatif akan semakin terbatas dan secara kualitatif akan semakin menurun. Sumber daya air merupakan sumber daya terbarukan. Namun demikian, kadang ketersediaannya tidak selalu sesuai dengan waktu, ruang, jumlah, dan mutu yang dibutuhkan. Pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi telah meningkatkan kebutuhan air baik jumlahnya maupun kualitasnya. Untuk memenuhi keperluan masyarakat yang terus berkembang, sumber daya air disamping perlu tersedia dalam kuantitas yang memadai, juga harus memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan untuk menjamin kesehatan masyarakat pemakai. Oleh karena itu, usaha-usaha pelestarian sumber daya air, baik sumber daya air hujan, air permukaan maupun air tanah menjadi sangat perlu dilakukan.

Dalam rangka mendukung program pembangunan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, khususnya pelestarian sumber daya air pada kegiatan perkantoran, dan berdasarkan hasil Audit Energi Gedung Kantor Pusat Pertamina tahun 2010, maka perlu dilakukan upaya-upaya penghematan serta peningkatan efektifitas dan efisiensi penggunaan sumber daya air di Gedung

Kantor Pusat Pertamina. Salah satu upaya yang akan diterapkan adalah penggunaan kembali air berpolutan rendah atau disebut dengan daur ulang air (*water recycling*) yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Dengan penggunaan kembali air tersebut (air hasil pengolahan IPAL), maka kebergantungan kebutuhan air dari sumber air utama (PDAM dan air tanah) di Gedung Kantor Pusat Pertamina dapat dikurangi. Sehingga, upaya penghematan penggunaan air bersih demi kesinambungan penyediaan air bersih di masa depan dapat terwujud.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti dapat memberikan pertanyaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Bagaimana karakteristik air limbah yang dihasilkan dan air olahan IPAL eksisting di Kantor Pusat Pertamina, baik kuantitas maupun kualitas?
- Bagaimana potensi daur ulang air limbah di Kantor Pusat Pertamina?
- Bagaimana bentuk pemanfaatan air hasil daur ulang yang sesuai untuk diterapkan di Kantor Pusat Pertamina?
- Bagaimana bentuk pengolahan daur ulang yang diperlukan untuk menghasilkan air daur ulang sesuai pemanfaatannya?

## **1.2 Perumusan masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana desain Instalasi Daur Ulang air limbah yang efektif dan efisien yang akan dibangun di Kantor Pusat Pertamina. Desain yang efektif, yakni bentuk pemanfaatan air daur ulang sesuai dengan kebutuhan. Adapun desain yang efisien, yakni bentuk pengolahan daur ulang yang digunakan harus hemat dalam segi ekonomi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah merencanakan bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang air limbah yang sesuai kebutuhan dalam rangka mendesain Instalasi Daur Ulang air limbah yang efektif dan efisien di Kantor Pusat Pertamina.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui potensi daur ulang dan kebutuhan air bersih pada Gedung Kantor Pusat Pertamina.
- b. Memberikan saran kepada pengelola gedung dalam mengambil kebijakan mengenai rencana bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang air limbah sesuai dengan potensi daur ulang dan kebutuhan air bersih pada Gedung Kantor Pusat Pertamina sehingga;
- c. Mengurangi kebergantungan pemakaian air bersih yang berasal dari sumber air utama (PDAM dan air tanah).

#### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- IPAL eksisting secara paralel akan dievaluasi ulang sehingga mutu maksimal influen Instalasi Daur Ulang IDU ditentukan berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005.
- Peneliti mengkaji kondisi IPAL eksisting dan perencanaan sebagai rekomendasi dalam mendesain IDU.
- Parameter air limbah yang akan diuji terdiri dari: pH, suhu, kesadahan, TDS, TSS, COD, BOD, minyak dan lemak,  $\text{KMnO}_4$  (zat organik), dan *coliform*.
- Pengambilan keputusan bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan air limbah dilakukan dengan analisis pada aspek kebutuhan dan aspek teknis menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan penelitian.

## **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Berisi teori-teori yang mendasari penelitian ini berupa teori mengenai limbah cair domestik dan teori mengenai daur ulang air limbah. Teori mengenai limbah cair domestik meliputi: definisi, sumber air limbah domestik, kuantitas dan kualitas sumber air limbah domestik, dan dasar hukum pengelolaan limbah. Adapun teori mengenai daur ulang air limbah meliputi: latar belakang daur ulang, penggunaan daur ulang dan standar baku mutu, penerapan daur ulang di berbagai negara dan konsep pengolahan daur ulang air limbah.

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, mulai dari kerangka penelitian, hingga penjelasan untuk tiap tahapan penelitian yang berawal dari pengumpulan data, pengolahan dan analisis data hingga penentuan desain Instalasi Daur Ulang air limbah.

## **BAB 4 GAMBARAN OBJEK PENELITIAN**

Dalam bab ini dibahas mengenai gambaran umum Kantor Pusat Pertamina (PT. Pertamina (Persero)), kondisi pengelolaan sumber daya air bersih dan pengolahan air limbah, data teknis dan non-teknis objek penelitian, serta infrastruktur lainnya.

## **BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA**

Berisi pengolahan data penelitian yang diperoleh untuk dianalisis. Analisis yang dilakukan dibagi menjadi analisis potensi daur ulang, kebutuhan air bersih, kualitas air limbah, desain dan pemilihan unit daur ulang, perencanaan biaya, kelayakan ekonomi dan lingkungan, serta rekomendasi dalam Instalasi Daur Ulang

## **BAB 6 PENUTUP**

Berisi kesimpulan mengenai “*Desain Instalasi Daur Ulang Air limbah di Kantor Pusat Pertamina*” dan saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Definisi

Air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf & Eddy, 2003).

Dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Adapun dalam Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah dan kantor rumah dan toko, rumah sakit, mall, pasar swalayan, balai pertemuan, hotel, industri, sekolah, baik berupa *gray water* (air bekas) ataupun *black water* (air kotor/tinja).

Definisi pengelolaan, pengolahan, dan baku mutu pada air limbah domestik dapat dilihat dalam Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 sebagai berikut:

- Pengelolaan air limbah domestik adalah upaya memperbaiki kualitas air yang berasal dari kegiatan perkantoran sehingga layak untuk dibuang ke saluran kota atau drainase.
- Pengolahan air limbah domestik adalah upaya mengolah dengan cara tertentu agar air limbah dari aktivitas di gedung perkantoran memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan.
- Baku mutu limbah cair kegiatan perkantoran adalah batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam limbah cair untuk dibuang dari satu jenis kegiatan perkantoran.

## 2.2 Sumber Air Limbah Domestik

Masalah pencemaran lingkungan khususnya masalah pencemaran air di kota besar di Indonesia khususnya DKI Jakarta, telah menunjukkan gejala yang serius. Pencemaran ini tidak hanya berasal dari buangan industri dari pabrik-pabrik yang membuang air limbahnya tanpa pengolahan lebih dahulu ke badan air, tetapi juga berasal dari aktivitas sehari-hari masyarakat atau domestik. Pencemaran ini terjadi karena rendahnya kesadaran sebagian masyarakat yang langsung membuang kotoran/tinja dan urin maupun sampah ke dalam sungai, menyebabkan proses pencemaran di badan air khususnya sungai.

Pertumbuhan jumlah dan aktivitas penduduk di DKI Jakarta yang sangat pesat mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah kebutuhan air bersih sehingga meningkatkan produksi air limbah. Masalah pencemaran oleh air limbah di wilayah DKI Jakarta diperburuk akibat berkembangnya pembangunan yang ada di sekitar Jakarta, yang mana tanpa dilengkapi dengan fasilitas pengolahan air limbah sehingga air limbah dibuang ke saluran umum dan akhirnya mengalir ke badan-badan sungai yang ada di wilayah DKI Jakarta. Badan sungai yang juga diperuntukkan sebagai bahan baku air minum pun ikut tercemar.

Tabel 2.1. Jumlah Air Limbah di Wilayah DKI Jakarta

WILAYAH SUMBER LIMBAH		JUMLAH AIR LIMBAH YANG DIBUANG (m <sup>3</sup> /hari)			
		DOMESTIK	PERKANTORAN, KOMERSIAL	INDUSTRI	TOTAL
Kondisi tahun 1987	Jakarta Pusat	179432	45741	4722	229895
	Jakarta Utara	143506	20622	45188	209316
	Jakarta Barat	210790	35770	19424	265984
	Jakarta Selatan	247350	35146	8015	290511
	Jakarta Timur	256947	35372	28088	320407
	TOTAL	1038025	172651	105437	1316113
Kondisi tahun 2010	Jakarta Pusat	253756	121227	3906	378889
	Jakarta Utara	266233	60298	135485	462016
	Jakarta Barat	398882	86312	36718	521912
	Jakarta Selatan	468354	87205	3328	558887
	Jakarta Timur	495461	93891	79194	668546
	TOTAL	1882686	448933	258631	2590250

Sumber : JICA, 1990

Berdasarkan Tabel 2.1, sumber air limbah di DKI Jakarta secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yaitu air limbah industri, air limbah domestik yaitu yang berasal dari buangan rumah tangga, dan air limbah dari perkantoran dan pertokoan (daerah komersial). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU) DKI Jakarta bersama-sama dengan Tim JICA (JICA, 1990), jumlah air limbah secara keseluruhan di DKI Jakarta pada tahun 2010 diperkirakan sebesar 2.590.250 m<sup>3</sup>/hari, dengan kontribusi untuk air buangan dari domestik 72,7 %, buangan perkantoran-komersial 17,3 % dan buangan industri 10 %.

### 2.3 Kualitas Air Limbah Domestik

Dari berbagai literatur menyebutkan bahwa rata-rata antara 60 % sampai 70 % air yang digunakan oleh masyarakat kota, akan berakhir sebagai air limbah. Secara prinsip air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urin (*black water*) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*gray water*), yang sebagian besar merupakan bahan organik (Veenstra, 1995).

Berdasarkan hasil pengumpulan data terhadap beberapa contoh air limbah yang berasal dari berbagai macam sumber pencemar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi. Hal ini disebabkan karena sumber air limbah juga bervariasi sehingga faktor waktu dan metode pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi. Karakteristik limbah domestik perkotaan secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Limbah Domestik Perkotaan

PARAMETER	MAKSIMUM	MINIMUM	RATA-RATA
BOD - mg/l	31,52	675,33	363,43
COD - mg/l	46,62	1183,4	615,01
Angka Permanganat (KMnO <sub>4</sub> ) - mg/l	69,84	739,56	404,7
Amonia (NH <sub>4</sub> ) - mg/l	10,79	158,73	84,76
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) - mg/l	0,013	0,274	0,1435
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) - mg/l	2,25	8,91	5,58

Sumber :JICA, 1990

Tabel 2.3. Karakteristik Limbah Domestik Perkotaan (sambungan)

PARAMETER	MAKSIMUM	MINIMUM	RATA-RATA
Klorida (Cl <sup>-</sup> ) - mg/l	29,74	103,73	66,735
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) - mg/l	81,3	120,6	100,96
pH	4,92	8,99	6,96
Padatan Tersuspensi (SS) - mg/l	27,5	211	199,25
Deterjen (MBAS) - mg/l	1,66	9,79	5,725
Minyak/Lemak - mg/l	1	125	63
Cadmium (Cd) - mg/l	Ttd	0,016	0,008
Timbal (Pb) - mg/l	0,002	0,04	0,021
Tembaga (Cu) - mg/l	Ttd	0,49	0,245
Besi (Fe) - mg/l	0,19	70	35,1
Warna - (skala Pt-Co)	31	150	76
Fenol - mg/l	0,04	0,63	0,335

Sumber :JICA, 1990

Kualitas suatu air limbah akan dapat terindikasi dari kualitas parameter, dimana konsentrasi parameter tidak boleh melebihi standard baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, tertera bahwa setiap limbah cair yang dihasilkan dari perkantoran, harus diolah kualitasnya sampai memenuhi standar buku mutu sebelum dibuang ke badan air penerima. Parameter kunci untuk air limbah domestik adalah pH, BOD, TSS, serta minyak dan lemak dengan baku mutu dapat dilihat pada Tabel 2.4. Sedangkan berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005, buku mutu limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4. Baku Mutu Air Limbah Domestik Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003

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

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.122 /2003

Tabel 2.5. Buku Mutu Limbah Cair Domestik menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122/2005

Parameter	Satuan	Individual/ Rumah Tangga	Komunal
pH	-	6-9	6-9
KMnO <sub>4</sub>	mg/l	85	85
TSS	mg/l	50	50
Amonia	mg/l	10	10
Minyak dan lemak	mg/l	10	10
Senyawa Biru Metilen	mg/l	2	2
COD	mg/l	100	80
BOD	mg/l	75	50

Sumber: Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122/2005

Air yang akan digunakan harus memenuhi standar baku mutu sesuai peruntukannya. Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 2.6. Klasifikasi dan Baku Mutu Air dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
<b>Fisika</b>					
Suhu (dari keadaan alami)	C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5
Residu Terlarut	mg/l	1000	1000	1000	1000
Residu Tersuspensi	mg/l	50	50	400	400
<b>Kimia Organik</b>					
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/l	2	3	6	12
COD	mg/l	10	25	50	100
DO	mg/l	6	4	3	0
Total Fosfat sbg P	mg/l	0,2	0,2	1	5
NO3 sebagai N	mg/l	10	10	20	20
NH3-N	mg/l	0,5	(-)	(-)	(-)
Arsen	mg/l	0,05	1	1	1
Kobalt	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2
Barium	mg/l	1	(-)	(-)	(-)
Boron	mg/l	1	1	1	1
Selenium	mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05
Kadmium	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01
Khrom (IV)	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,01
Tembaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2
Besi	mg/l	0,3	(-)	(-)	(-)
Timbal	mg/l	0,03	0,03	0,03	1
Mangan	mg/l	0,1	(-)	(-)	(-)
Air Raksa	mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005
Seng	mg/l	0,05	0,05	0,05	2
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)	(-)
Sianida	mg/l	0,02	0,02	0,02	(-)
Fluorida	mg/l	0,5	1,5	1,5	(-)
Nitrit sebagai N	mg/l	0,06	0,06	0,06	(-)
Sulfat	mg/l	400	(-)	(-)	(-)
Khlorin bebas	mg/l	0,03	0,03	0,03	(-)
Belerang sebagai H2S	mg/l	0,002	0,002	0,002	(-)

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Tabel 2.7. Klasifikasi dan Baku Mutu Air dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 (sambungan)

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
<b>Mikrobiologi</b>					
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

#### 2.4 Kuantitas Air Limbah Domestik

Data kebutuhan air bersih sangat dibutuhkan dalam mengestimasi kuantitas produksi air limbah. Kuantitas produksi air limbah tersebut akan bervariasi, tergantung pada kondisi cuaca, kebutuhan air bersih harian dan tiap jam-nya. Debit air limbah yang dihasilkan di kawasan perkantoran akan sangat tergantung pada jenis kegiatan dari masing-masing sumber air limbah sehingga fluktuasi harian akan sangat bervariasi untuk masing-masing kegiatan.

Menurut (Hindarko, 2003). beberapa kondisi umum yang mempengaruhi kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut:

- Kondisi hari yang panas dan kering akan meningkatkan kebutuhan air bersih dibandingkan saat kondisi hari yang dingin atau hujan
- Pada hari kerja kebutuhan air bersih akan lebih tinggi daripada hari libur
- Dalam kurun waktu 1 hari terdapat waktu-waktu tertentu saat terjadi puncak pemakaian air bersih yang tergantung pada aktivitas yang dilakukan.

Dari beberapa literatur lain terkait menyebutkan rata-rata kebutuhan air bersih di perkantoran adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8. Rata-Rata Kebutuhan Air Bersih Perkantoran

Sumber	Unit	Debit (liter/unit.hari)
Syed Qasim, 1985	Pegawai	65
SNI 03-7065-2005	Pegawai	50

Sumber: Olah Data, 2011

Gambaran mengenai volume limbah cair beserta beban BOD yang dihasilkan oleh berbagai jenis bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD dari Berbagai Jenis Bangunan

Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (L/orang/hari)	Beban BOD (gram/orang/hari)
<i>Daerah perumahan</i>		
Rumah besar untuk keluarga tunggal	400	100
Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal	300	80
Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun)	240-300	80
Rumah kecil ( <i>cottage</i> )	200	80
<i>Perkemahan dan motel</i>		
Tempat peristirahatan mewah	400-600	100
Tempat parkir rumah berjalan	200	80
Kemah wisata dan tempat parkir trailer	140	70
Hotel dan motel	200	50
<i>Sekolah</i>		
Sekolah dengan asrama	300	80
Sekolah siang hari dengan kafetaria	80	30

Sumber: Hammer, 1977 dalam Soeparman, 2001

Tabel 2.10. Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD dari Berbagai Jenis Bangunan (sambungan)

Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (L/orang/hari)	Beban BOD (gram/orang/hari)
Sekolah siang hari tanpa kafetaria	60	20
<i>Restoran</i>		
Tiap pegawai	120	50
Tiap langganan	25-40	20
Tiap makanan yang disajikan	15	15
<i>Terminal transportasi</i>		
Tiap pegawai	60	25
Tiap penumpang	20	10
<i>Rumah sakit</i>	600-1200	30
<i>Kantor</i>	60	25
<i>Teater mobil, per tempat duduk</i>	20	10
<i>Bioskop, per tempat duduk</i>	10-20	10
<i>Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan cafetaria</i>	60-120	25

Sumber: Hammer, 1977 dalam Soeparman, 2001

## 2.5 Regulasi Terkait Pengelolaan Air Limbah di Indonesia

Keberadaan regulasi tentang air limbah di Indonesia telah mendorong dilakukannya pengolahan terhadap limbah cair dengan jenis dan tingkatan pengolahan yang berbeda sesuai dengan karakteristik limbah. Pengolahan tersebut dilakukan dalam upaya mencegah pencemaran air dan lingkungan sekitarnya.

Beberapa regulasi yang mengatur pengolahan dan pengelolaan limbah di Indonesia, khususnya limbah cair domestik adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Pemerintah RI Nomor 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air.

2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
3. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
4. Undang-Undang RI Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

## 2.6 Daur Ulang Air Limbah

### 2.6.1 Latar Belakang Daur Ulang Air Limbah

Potensi dan ketersediaan air di Indonesia saat ini diperkirakan sebesar 15.000 m<sup>3</sup>/kapita/tahun atau jauh lebih tinggi dari rata-rata pasokan dunia yang hanya 8.000 m<sup>3</sup>/kapita/tahun. Pulau Jawa pada tahun 1930 masih mampu memasok 4.700 m<sup>3</sup>/kapita/tahun. Namun, saat ini total potensinya sudah tinggal sepertiganya (1500 m<sup>3</sup>/kapita/tahun). Pada tahun 2020 total potensinya diperkirakan tinggal 1200 m<sup>3</sup>/kapita/tahun. Dari potensi alami ini, yang layak dikelola secara ekonomi hanya 35% atau 400 m<sup>3</sup>/kapita/tahun. Angka ini jauh dibawah angka minimum PBB, yaitu sebesar 1.000 m<sup>3</sup>/kapita/tahun. Oleh karena itu pada tahun 2025, *Internasional Water Institute* menyebut Jawa dan beberapa pulau lainnya termasuk dalam wilayah krisis air (Nusa Idaman S., 2000)

Menurut *Water Resources Development* (1990), tahun 1990 Pulau Jawa sudah mengalami defisit air, dari kebutuhan 66.336 juta m<sup>3</sup> tahun hanya dapat disediakan 43.952 juta m<sup>3</sup>/tahun. Joko Pitono (2003) mengkaji bahwa pada musim kemarau pada tahun 1993, 75% Pulau Jawa sudah mengalami kekeringan akibat defisit air dan diperkirakan defisit air akan meningkat pada tahun 2000 menjadi 56%. Sedangkan berdasarkan Kementerian Negara Lingkungan Hidup tahun 1997, dalam neraca airnya menyatakan bahwa secara nasional belum terjadi defisit air, tetapi khusus untuk Jawa dan Bali sudah terjadi defisit tahun 2000 dan tahun 2015 bertambah dengan wilayah Sulawesi dan NTT.

Melihat kondisi yang dijelaskan diatas, maka perlu adanya solusi bagaimana mendapatkan alternatif sumber air. Salah satu alternatif yang tersedia secara luas dan terjangkau secara ekonomis adalah melakukan daur ulang air

limbah. Upaya daur ulang air limbah sebagai sumber alternatif air bersih didukung oleh beberapa alasan yang rasional sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2007):

1. Air merupakan sumber daya terbatas.
2. Pengetahuan tentang daur ulang air sudah ada dan tinggal mengembangkannya.
3. Kualitas air daur ulang sesuai untuk aplikasi *non-potable*.
4. Untuk mencapai tujuan sumber daya air yang berkelanjutan, perlu untuk menggunakan air secara efisien.
5. Produksi air daur ulang membutuhkan energi yang efisien.
6. Air daur ulang mendukung upaya perlindungan lingkungan dengan mengurangi jumlah efluen air limbah yang dibuang ke badan air.

Faktor-faktor berikut dapat menjadi motivasi atau alasan digunakannya air daur ulang (Suprihatin, 2009):

1. Tidak tersedianya cukup sumber air yang berkualitas tinggi dengan biaya terjangkau.
2. Untuk meminimumkan biaya infrastruktur, termasuk biaya pengolahan dan biaya pembuangan air limbah.
3. Untuk mereduksi dan meminimalisasi biaya pembuangan air limbah (baik yang sudah atau belum diolah) ke lingkungan.
4. Mengurangi air limbah yang dibuang ke badan air.
5. Untuk mengelola sumber air *in-situ*.
6. Untuk memenuhi tuntutan masyarakat, institusi dan politis.

### **2.6.2 Bentuk Pemanfaatan Air Hasil Daun Ulang Air Limbah**

Air hasil dari daur ulang air limbah dapat digunakan untuk keperluan utilitas manusia tergantung kualitas air yang dihasilkan, seperti menyiram tanaman atau irigasi, *flushing* toilet bahkan air minum. Kualitas air daur ulang yang dihasilkan ini tergantung dari proses teknologi yang digunakan.

Bentuk pemanfaatan air daur ulang yang umum dilakukan adalah sebagai berikut:

### Irigasi Pertanian

Penggunaan air daur ulang untuk irigasi pertanian merupakan pemanfaatan paling luas yang diterapkan. Kendala dalam penggunaannya, jika tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan polusi pada air tanah dan air permukaan. Penerimaan masyarakat terhadap produk pertanian perlu dipertimbangkan. Pertimbangan utama dalam pemanfaatan air daur ulang untuk irigasi lahan pertanian antara lain:

- Kontaminasi langsung dan tidak langsung pada hasil pertanian.
- Patogen yang masih bertahan hidup.
- Pemrosesan hasil panen sebelum didistribusikan untuk menghilangkan kontaminan.
- Konstituen kimia yang mungkin terserap oleh akar tanaman.
- Tingkat pengolahan tergantung pada kualitas air limbah, jenis tanaman dan metode irigasi.

Tabel 2.11. Panduan EPA Daurl Ulang Air Limbah untuk Irigasi Pertanian

Jenis Pemanfaatan	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Irigasi bukan tanaman pangan	- Sekunder - Disinfeksi	- pH = 6-9 - BOD $\leq$ 30 mg/l - TSS $\leq$ 30 NTU - <i>Fecal Coliform</i> / 100 ml $\leq$ 200 - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - TSS harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	- 90 m dari air minum - 30 m dari daerah yang banyak diakses masyarakat

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

### Pengairan Lansekap

Air hasil daur ulang dapat digunakan untuk pengairan atau penyiraman jalan, lapangan, taman di sekitar pemukiman, komersial, perkantoran dan industri.

Pertimbangan penggunaan air daur ulang untuk pengairan lahan antara lain:

- Tingkat akses oleh masyarakat sehingga dapat mengakibatkan kontak langsung terhadap manusia.
- Akumulasi konstituen kimia yang dapat bermigrasi ke air tanah/air permukaan yang menjadi sumber baku air minum.
- Kontrol penggunaan lahan, misalnya melakukan pengairan bukan pada jam aktif kegiatan manusia atau memberi peringatan bahwa air yang digunakan adalah air daur ulang.

Tabel 2.12. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Pengairan Lansekap

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Pengairan lansekap, taman, dan keperluan estetika	- Sekunder - Disinfeksi	- BOD $\leq$ 30 mg/l - TSS $\leq$ 30 mg/l - Tidak terdapat <i>Fecal Coliform</i> / 100 ml - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - TSS – harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	150 m dari sumber air minum

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

### Aktivitas Industri

Penggunaan air hasil daur ulang lainnya yang cukup banyak dilakukan adalah untuk keperluan industri, terutama untuk pendingin, *boiler* dan kebutuhan proses industri lainnya. Kebutuhan air untuk kegiatan industri sangat besar sehingga pemanfaatan air hasil daur ulang sangat dibutuhkan. Masalah yang umum terjadi akibat penggunaan air di industri seperti timbulnya kerak (*scale*) korosi, dan kontaminasi. Oleh karena itu, dilakukan pengolahan lanjutan setelah pengolahan sekunder untuk memenuhi standar kualitas yang diperlukan.

Pertimbangan dalam penggunaan air daur ulang untuk industri antara lain:

- a. Timbulnya aerosol dari menara pendingin (*cooling tower*) yang membawa mikroorganisme patogen.
- b. Keamanan produk manufaktur, air daur ulang dengan kualitas rendah tidak dapat digunakan dalam kegiatan manufaktur.

Tabel 2.13. Panduan EPA Daurl Ulang Air Limbah untuk Industri

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Menara pendingin resirkulasi	- Sekunder - Disinfeksi - Koagulasi dan filtrasi jika dibutuhkan	- Tergantung rasio resirkulasi - pH = 6 – 9 - BOD ≤ 30 mg/l - TSS ≤ 30 mg/l - <i>Fecal Coli</i> /100mL ≤ 200 - Residu Cl <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - TSS – harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	- 90 m dari daerah yang banyak diakses masyarakat

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

Tabel 2.14. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Industri (sambungan)

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Menara pendingin	Sekunder	- pH = 6 – 9 - BOD $\leq$ 30 mg/l - TSS $\leq$ 30 mg/l - <i>Fecal Coli</i> / 100ml $\leq$ 200 - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - TSS – harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	- 90 m dari daerah yang banyak diakses masyarakat - Dapat dikurangi atau dieliminasi jika terdapat disinfeksi dalam jumlah tinggi
Penggunaan industri lain	Tergantung penggunaan	Tergantung penggunaan tertentu	Tergantung penggunaan tertentu	

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2007

### Pengisian Kembali (*Recharge*) Air Tanah

*Groundwater recharge* bertujuan untuk mencegah/memperbaiki penurunan permukaan air tanah sehingga amblesan tanah dapat dipulihkan. Selain itu juga bertujuan untuk mencegah terjadinya intrusi air laut di zona pantai. *Groundwater recharge* dilakukan melalui bak penyebar, atau diinjeksi secara langsung ke bagian *aquifer* air tanah. Pertimbangan dalam pengisian air tanah menggunakan air daur ulang antara lain:

- Pengkarakteristikan *aquifer* untuk air minum (*potable*) dan *non-potable*.
- Pengisian *aquifer nonpotable*, memastikan bahwa air tidak berpindah ke bagian *aquifer potable*.

- c. Pengisian *aquifer potable*, tingkat pengolahan harus disesuaikan sehingga aman untuk dikonsumsi.
- d. Desain proses pengolahan dan hal-hal yang berkaitan dengan injeksi *aquifer* secara langsung.

Tabel 2.15. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Pengisian Air Tanah

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Pengisian air tanah ke <i>aquifer nonpotable</i>	- Sesuai dengan penggunaan air tanah - Sekunder - Filtrasi - Disinfeksi	Sesuai penggunaan air tanah dan kondisi lokasi	Tergantung pengolahan yang dilakukan dan penggunaan air tanah	
Pengisian air tanah ke <i>aquifer potable</i>	- Sekunder dan disinfeksi - Filtrasi dan pengolahan lanjutan	Sesuai dengan standar air minum	- pH – harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	150 m dari sumur ekstraksi

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

### Rekreasi dan Pemeliharaan Lingkungan

Penggunaan air daur ulang untuk keperluan *nonpotable* yang berhubungan dengan rekreasi dan pemeliharaan lingkungan. Contoh dari penggunaannya adalah untuk pengisian kolam, pemenuhan kebutuhan air dalam pengembangan danau buatan, peningkatan debit aliran sungai dan pemeliharaan rawa serta lahan basah. Pertimbangan air daur ulang untuk penggunaan ini adalah kualitas air daur ulang yang sesuai dengan penggunaan sehingga mencegah dampak khususnya terhadap kesehatan dan eutrofikasi dari nutrient.

Tabel 2.16. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Rekreasi/Lingkungan

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Keperluan rekreasi, seperti air untuk kolam pemancingan, danau	- Sekunder - Filtrasi - Disinfeksi	- pH = 6-9 - BOD $\leq$ 10 mg/l - TSS $\leq$ 2 mg/l - <i>Fecal Coliform</i> / 100 ml $\leq$ 200 - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - TSS - harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus- menerus	150 m dari sumber air minum
Penggunaan air daur ulang untuk keperluan lingkungan seperti rawa, habitat hewan, dan sebagainya	- Sekunder - Disinfeksi	- BOD $\leq$ 30 mg/l - TSS $\leq$ 30 mg/l - <i>Fecal Coliform</i> / 100 ml $\leq$ 200 - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- BOD – mingguan - TSS – harian - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus- menerus	

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2007

### Kebutuhan *Non-Potable* (Keperluan Umum)

Air hasil daur ulang limbah dapat digunakan untuk kebutuhan umum meliputi air pemadam kebakaran, pendingin mesin, pembersih toilet, air konstruksi, dan penyiram saluran sanitasi. Sebagai pertimbangan ekonomi, penggunaan ini tergantung pada lokasi pengolahan daur ulang air limbah dan apakah dapat diaplikasikan secara bersamaan dengan aplikasi air daur ulang lain seperti air untuk penyiraman lahan. Pertimbangan dalam penggunaan air daur ulang untuk kebutuhan *nonpotable*:

- Identifikasi jalur atau pipa yang membawa air daur ulang.
- Pengontrolan sambungan yang berpotongan dengan air minum (*cross connection*).
- Kualitas air daur ulang.
- Desain dan konstruksi sistem distribusi.

Tabel 2.17. Panduan EPA Daur Ulang Air Limbah untuk Kebutuhan *Nonpotable*

Jenis Daur Ulang	Jenis Pengolahan	Kualitas	Pengawasan	Jarak
Air pencuci kendaraan, penyiram toilet, sistem pemadam kebakaran, air pendingin ruangan	- Sekunder - Filtrasi - Disinfeksi	- pH = 6-9 - BOD $\leq$ 10 mg/l - Kekeruhan $\leq$ 2 NTU - Tidak terdapat <i>Fecal Coli</i> / 100ml - Residu Cl <sub>2</sub> $\leq$ 1 mg/l	- pH – mingguan - BOD – mingguan - Kekeruhan – terus-menerus - <i>Coliform</i> – harian - Residu Cl <sub>2</sub> – terus-menerus	15 m dari sumber air minum

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

### Kebutuhan *Potable*

Air hasil daur ulang dapat digunakan untuk keperluan *potable* atau untuk konsumsi. Air daur ulang dimanfaatkan sebagai campuran air pada reservoir atau digunakan secara langsung sebagai tambahan input pada sistem distribusi air bersih. Standar baku mutu air daur ulang pada penggunaan ini sama dengan standar pengisian air tanah ke *aquifer potable* (Sumber: U.S. EPA dalam Metcalf & Eddy, 2007)

### 2.6.3 Kendala Pemanfaatan Air Daur Ulang

Meskipun telah melalui sejarah panjang di berbagai belahan dunia, pertanyaan tentang standar kualitas daur ulang air masih menjadi perdebatan. Secara umum, resiko kesehatan masyarakat masih menjadi isu utama pemakaian daur ulang air terutama dampak jangka panjang penggunaan air daur ulang. Selain kualitas air, isu yang diperdebatkan mencakup aspek sosio-ekonomi. Pertimbangan sosio-ekonomi mencakup persepsi masyarakat dan biaya sistem daur ulang air. Secara umum masyarakat tidak menolak terhadap konsep daur ulang air, tetapi hanya sedikit yang bersedia untuk menggunakan air daur ulang terutama untuk konsumsi atau kontak langsung (*potable water*). Sementara untuk opsi penggunaan air daur ulang untuk *non-potable* secara teknis dan ekonomis telah banyak diterapkan dan dapat diterima.

Studi di Kota St. Peterburg, Florida (PBS&J dan McGuire, 2004), bertujuan untuk mengestimasi potensi resiko pada populasi yang terkait penggunaan air daur ulang menyimpulkan bahwa:

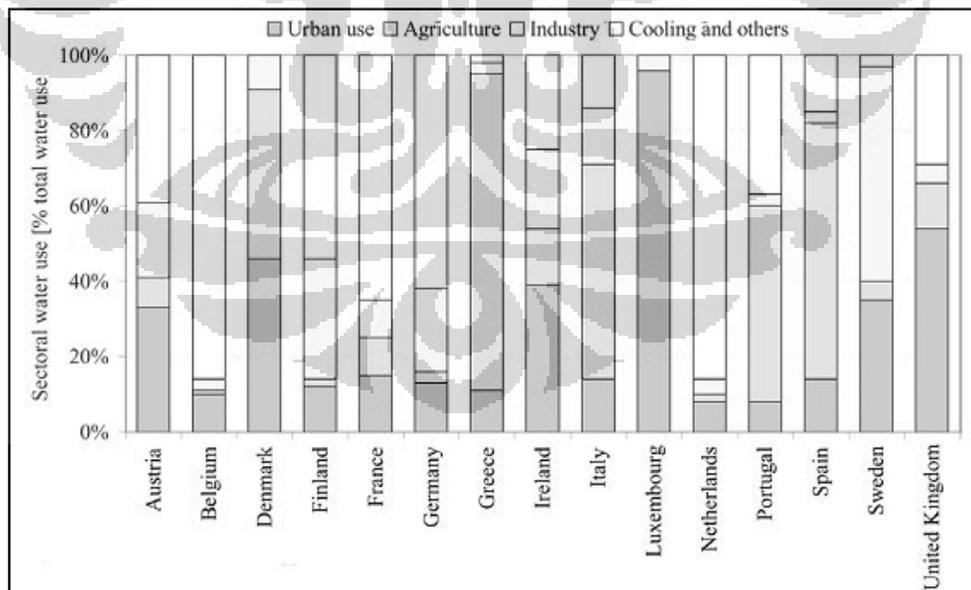
- Tidak ditemukan cukup bukti adanya peningkatan penyakit esterik di daerah urbanisasi yang wilayah perumahannya diirigasi dengan air daur ulang
- Tidak ditemukannya cukup bukti adanya resiko yang signifikan terjangkitnya penyakit akibat virus dan mikroba sebagai akibat dari pemakaian air daur ulang untuk penyiraman tanaman.

Studi tersebut juga merekomendasikan pengolahan air harus selalu mencukupi untuk mengeliminasi atau meminimalkan resiko potensi transmisi penyebaran penyakit melalui air daur ulang. Dari pertimbangan ekonomi, jika air bersih tersedia cukup dengan harga murah, maka menggunakan air daur ulang menjadi tidak realistis, kecuali ada pertimbangan tertentu misalnya pertimbangan lingkungan.

## 2.6.4 Penerapan Daur Ulang Air Limbah di Berbagai Negara Eropa

Dalam dua dekade terakhir, Eropa telah merasakan tekanan dalam kebutuhan air, yaitu berupa kelangkaan air dan penurunan kualitas air. Kondisi ini telah mendorong banyak negara di Eropa untuk mencari solusi dalam penggunaan sumber daya air yang lebih efisien, salah satunya dengan menggunakan kembali air limbah yang ada atau daur ulang air limbah.

Setiap negara di Eropa memiliki kebijakan sendiri dalam penggunaan air daur ulang. Pada tahun 2006, umumnya air daur ulang digunakan untuk irigasi, kebutuhan urban atau lingkungan dan industri. Di Eropa bagian selatan, air daur ulang sebagian besar digunakan untuk irigasi (44%) dan untuk aplikasi urban atau lingkungan (37%). Adapun di Eropa bagian utara, air daur ulang digunakan pada aplikasi urban atau lingkungan (51%) dan untuk industri (33%). Belgia merupakan negara satu-satunya di Eropa yang menggunakan air limbah untuk produksi air minum. Upaya ini disiapkan untuk mengurangi ekstraksi dari air tanah alami untuk produksi air minum dan untuk menahan instruksi air laut di pantai Flemish, Belgia.



Gambar 2.1. Penggunaan Air Daur Ulang di beberapa Negara di Eropa  
Sumber: Bixio et. al., 2006

Instalasi Daur Ulang di Eropa secara umum menggunakan salah satu atau gabungan pengolahan sekunder, pengolahan tersier dan pengolahan kuartier. Lebih dari sepertiga skema reklamasi air menggunakan pengolahan sekunder. Air daur ulang hasil tahapan ini terbatas pada penggunaan irigasi, seperti untuk makanan yang tidak dikonsumsi mentah dan untuk beberapa aplikasi industri seperti air pendingin mesin industri (kecuali industri makanan). Pengolahan sekunder di Eropa secara umum memanfaatkan teknologi *Membran Bioreactors* (MBR). MBR digunakan untuk menggantikan proses pengolahan sekunder konvensional dalam rangka mencapai target standar baku mutu yang lebih ketat. Rangkaian MBR untuk penanganan air limbah kota di Eropa mulai diperkenalkan pada tahun 1998. Pada tahun tersebut, MBR secara tipikal digunakan di wilayah kecil dengan penanganan terpusat ( $< 100 \text{ m}^3/\text{jam}$ ). Beberapa negara yang menggunakan teknologi ini secara luas adalah Inggris, Jerman dan Italia.

Untuk memenuhi standar baku mutu yang lebih tinggi, pengolahan sekunder memerlukan penanganan bersifat tambahan, berupa pengolahan sekunder. Proses paling umum yang dilakukan adalah proses filtrasi dan desinfeksi. Penggunaan pengolahan tersier ini diperlukan disebabkan karena semakin tingginya perhatian masyarakat terhadap keberadaan mikroorganisme di dalam air, khususnya negara-negara Mediterania (Spanyol, Yunani, Italia, Portugal dan Cyprus) yang membatasi maksimal 10 *Fecal Coliform* dalam 100 ml air. Unit filtrasi secara umum dilakukan dengan menggunakan saringan pasir. Adapun unit desinfeksi masih dilakukan dengan menggunakan klorinasi dan UV. Contoh penggunaan ozon sebagai desinfeksi skala penuh ditemukan pada salah satu aplikasi industri di Belgia dan irigasi di Italia.

Adapun pengolahan kuartier atau keempat dilakukan dengan membran ganda, mikrofiltration (MF) atau ultrafiltration (UF) digunakan sebagai penanganan pendahuluan sebelum masuk ke nanofiltration (NF) atau *reversed osmosis* (RO). Penggunaan membran ganda ini memainkan peran utama dalam produksi air daur ulang ke tingkat permurnian. Aplikasi air daur ulang hasil pengolahan ini dimanfaatkan untuk mengisi kembali air tanah, kebutuhan domestik, serta kebutuhan industri yang membutuhkan kualitas air yang lebih tinggi.

## Jepang

Jepang memiliki sejarah panjang tentang reklamasi dan daur ulang air limbah. Jepang memiliki kebijakan yang maju dalam hal penggunaan ulang air yang bertujuan untuk pengendalian pencemaran serta perlindungan lingkungan.

Tabel 2.18. Data Penggunaan Daur Ulang Air Limbah di Jepang tahun 1993

Instalasi Pengolahan Air	Aplikasi Penggunaan Air Daur Ulang	Kuantitas (1000m <sup>3</sup> /tahun)
Shibaura	Pencucian kereta	111
Sunamachi	Pengendalian debu dengan air	6
Morigasaki	Air untuk instalasi insinerasi sampah	386
Mikawashima	Air industri	8835
Ochiai	Pembersih toilet	970
Tamagawa – Joyu	Penambahan pembangkit uap ( <i>steam</i> )	12.370

Sumber: Maeda, M., K. Nakada, K. Kawamoto, dan M. Ikeda, 1996 dalam Suprihatin, 2009

Jepang memiliki beberapa contoh penggunaan ulang air limbah di gedung-gedung bertingkat melalui sistem retikulasi ganda. Gedung-gedung yang telah ada maupun gedung baru dibangun di Jepang didorong untuk memiliki sistem retikulasi ganda.

Pada tahun 1990, ada sekitar 844 gedung yang memiliki sistem daur ulang air ini. Efluen dari instalasi pengolahan air limbah sekunder diolah lebih lanjut dengan sistem pengolahan yang terdiri atas filtrasi pasir, fasilitas pemompaan, reservoir, dan jaringan distribusi. Pusat distribusi air diletakan di *basement* suatu bangunan. Karena kondisi lokasinya yang demikian, kebisingan, dan gangguan lainnya dapat dikendalikan dengan sangat ketat. Sistem ini mampu memasok air daur ulang dengan kapasitas maksimum hingga 8.000 m<sup>3</sup>/hari sejak tahun 1991. Dalam upaya untuk mempromosikan konservasi air dan pengolahan air limbah, mendorong semua bangunan baru untuk menyediakan sistem retikulasi ganda dan menggunakan air daur ulang, pemerintah kota metropolitan Tokyo memberikan insentif ekonomi berupa reduksi harga air 20% untuk air daur ulang.

## Singapura

Studi Reklamasi Air Singapura (*The Singapore Water Reclamation Study*) dimulai sejak tahun 1998 yang diprakarsai oleh *Public Utilities Board* (PUB) dan Kementerian Lingkungan dan Sumber Daya Air Singapura. Tujuan utama studi tersebut adalah untuk mengkaji kemungkinan pemakaian air hasil olahan reklamasi air limbah perkotaan sebagai sumber air baku untuk air minum di Singapura.

NEWater Factory adalah pusat reklamasi air lanjut (*advanced water reclamation plant*) di Singapura yang mengolah air efluen sekunder dari *Bedok Water Reclamation Plant* dengan menggunakan teknologi kombinasi dual-membran, yaitu ultrafiltrasi dan *reverse osmosis*, dilanjutkan dengan disinfeksi menggunakan sistem ultraviolet.

Terdapat 4 (empat) proses reklamasi air yang dilakukan. Proses yang pertama (*first barrier*) adalah proses pengolahan air limbah konvensional dengan sistem lumpur aktif di pusat reklamasi air limbah di Bedok. Efluen sekunder tersebut mengandung zat organik dengan konsentrasi BOD 10 mg/l, TSS 10 mg/l, amonia-nitrogen 6 mg/l, *Total Dissolved Solids* (TDS) 400-600 mg/l dan *Total Organic Carbon* (TOC) 12 mg/l.

Proses yang ke dua (*second barrier*) adalah tahap pertama dari proses NEWater yang dikenal dengan mikrofiltrasi (MF) atau ultrafiltrasi (UF). Proses ini dilakukan dengan mengalirkan air melalui membran *hollow fiber* yang dapat menahan partikel dengan ukuran 0,2 hingga 0,01  $\mu\text{m}$  sehingga dapat menghilangkan padatan tersuspensi, partikel koloid, bakteri, amuba dan protozoa serta beberapa jenis virus. Air yang telah melewati membran UF sudah sangat jernih dan hanya mengandung garam terlarut dan molekul organik.

Proses yang ke tiga (*third barrier*) atau merupakan tahapan kedua proses NEWater dilakukan dengan membran *reverse osmosis* (RO). RO adalah membran semi permeabel yang mempunyai pori dengan ukuran sangat kecil (0,0001  $\mu\text{m}$ ) yang hanya dapat melewatkan molekul yang sangat kecil misalnya molekul air. Kontaminan yang tidak diharapkan seperti bakteri, virus, logam berat, nitrat, klorida, sulfat, senyawa hasil samping disinfektan, hidrokarbon aromatik, pestisida dan lainnya tidak dapat melewati membran ini. Efluen dari RO bebas

bakteria dan virus serta hanya mengandung garam serta zat organik dengan konsentrasi yang sangat rendah atau bahkan nol. Sehingga pada tahap ini air olahan sudah mempunyai kualitas yang sangat bagus.

Proses ke empat (*fourth barrier*) atau merupakan tahap ke tiga proses produksi NEWater, adalah merupakan proses pengaman (*safety backup*) untuk unit RO. Pada tahap ini dilakukan disinfeksi dengan sistem ultraviolet untuk memastikan bahwa seluruh mikroorganisme dapat dimatikan dan air olahan dapat dijamin kualitasnya.

Proyek NEWater Factory di Bedok dan Kranji Singapura beroperasi sejak akhir tahun 2002, dan sejak tahun 2003 NEWater telah disuplai ke *Wafer Fabrication Plant* di Woodland, Tampines/Pasir Ris dan industri lain yang digunakan untuk keperluan industri (*Non Potable Use*). Pada tahun 2004 telah dibangun NEWater Factory ke tiga di Seletar *Water Reclamation Plant* dan mulai mensuplai NEWater ke *Wafer Fabrication Plants* di Ang Mo Kio. Total kapasitas dari ke tiga NEWater Factory di Singapura sampai saat ini adalah 92.000 m<sup>3</sup> per hari (20 MGD).

## **2.7 Konsep Pengolahan Daur Ulang Air Limbah**

Konsep yang umum dilakukan dalam pengolahan air limbah untuk dijadikan air bersih (daur ulang), yaitu menggunakan kombinasi proses pra-pengolahan (*preliminary treatment*), pengolahan primer (*primary treatment*), pengolahan primer lanjutan (*advanced primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*), dan pengolahan tersier (*tertiary/advanced treatment*). Dengan kombinasi proses tersebut dapat mengolah air limbah sampai menghasilkan air olahan dengan kualitas sebagai air minum. Tabel 2.19 menunjukkan tipikal kualitas air dari berbagai tingkatan pengolahan. Tidak ada satupun proses tunggal yang mampu menghasilkan air dengan kualitas yang memenuhi persyaratan kesehatan secara konsisten. Oleh karena itu, untuk menghasilkan kualitas air yang diinginkan, diperlukan serangkaian tahapan proses.

Tabel 2.19. Tipikal Kualitas Air dari Berbagai Tingkat Pengolahan

No.	Tingkat Pengolahan	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	Kekeruhan (mg/l)	Fosfor (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	Warna (Unit Pt-Co)	Koliform (MPN/100 ml)
1	Air limbah segar (belum diolah)	300	500	250	–	12	25	–	10 <sup>6</sup>
2	Pengolahan Primer (1)	200	250	100	–	9	25	–	10 <sup>7</sup>
3	Pengolahan Sekunder (2)	30	60	30	–	6	25 <sup>a</sup>	–	10 <sup>8</sup> <sub>b</sub>
4	1 + 2 + filtrasi (3)	5	40	10	5	6	25	30	< 2,2 <sup>c</sup>
5	1 + 2 + koagulasi + sedimentasi (4) + 3	2	30	< 1	< 1	< 1	25	30	< 2,2 <sup>c</sup>
6	1 + 2 + 4 karbon aktif (5) + 3	< 1	10	< 1	< 1	< 1	25	10	< 2,2 <sup>c</sup>

Keterangan:

<sup>a</sup>NH<sub>4</sub>-N dapat tereduksi dengan tambahan tahapan nitrifikasi

<sup>b</sup>Koliform dapat tereduksi dengan tambahan tahapan desinfeksi

<sup>c</sup>Tingkat koliform actual tergantung mode operasi dan derajat desinfeksi

Sumber: Montgomery, 1985

Tahapan pengolahan air limbah menjadi air bersih adalah sebagai berikut:

### 1. Pra-Pengolahan (*Preliminary Treatment*)

Pra-pengolahan bertujuan untuk menyisahkan materi-materi padatan yang dikhawatirkan berpotensi mengganggu performa alat-alat pengolahan yang digunakan, atau dapat menyebabkan permasalahan dalam hal perawatan dan operasinal pengolahan dalam instalasi air limbah. Pada umumnya, pengolahan primer ini berupa saringan kasar, *grit removal*, serta sedimentasi primer. Saringan kasar digunakan untuk menahan benda berukuran relatif besar seperti kertas, plastik, daun, dan tangkai, karena benda tersebut dapat menimbulkan gangguan pada peralatan pengolahan air limbah (misalnya pompa). Saringan kasar hanya dapat menyisahkan benda berukuran relatif besar, tidak untuk yang berukuran kecil seperti butiran pasir atau tanah (Metcalf & Eddy, 2003).

Butiran pasir/ tanah ini merupakan bahan *non-biodegradable* yang dapat terakumulasi di dasar instalasi pengolahan air limbah, maka bahan tersebut harus dipisahkan dari air limbah yang akan diolah. Penyisihan butiran pasir tanah dapat dilakukan dengan menggunakan *grit removal*, yaitu pengurangan kecepatan aliran air limbah melalui pembesaran penampang saluran air limbah sehingga kecepatan

aliran air limbah menurun. Dengan kecepatan sekitar 0,3 m/s, butiran pasir atau tanah dapat terendapkan di dasar saluran sehingga dapat dipisahkan dari air limbah yang akan diolah (Metcalf & Eddy, 2003).

Setelah mengalami proses penyisihan benda kasar dan butiran pasir /tanah, air limbah masih mengandung padatan tersuspensi yang dapat disisihkan secara fisik melalui sedimentasi primer. Sedimentasi primer ini biasanya dirancang dengan waktu tinggal sekitar 2 jam dengan kedalaman sekitar 2,5-5 m. Sedimentasi primer ini hanya dapat menghilangkan atau mengurangi kandungan bahan yang mengambang atau bahan yang dapat terendapkan oleh gaya gravitasi. Sebagian polutan air limbah terdapat dalam bentuk tersuspensi atau terlarut yang relatif tidak dapat dihilangkan oleh sedimentasi primer tersebut sehingga sebagian besar polutan masih terkandung di dalam efluen pengolahan primer (Metcalf & Eddy, 2003).

## **2. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)**

Pengolahan primer merupakan pengolahan secara kimia atau fisika yang berfungsi untuk menyisahkan material yang mengendap dan mengapung, yaitu padatan tersuspensi dan materi organik pada limbah cair. Pada tahap pengolahan primer umumnya diterapkan pengolahan secara fisik seperti koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi (Metcalf & Eddy, 2003).

Unit koagulasi dilakukan melalui mekanisme *continuous rapid mixing* berfungsi untuk mencampur bahan kimia koagulan ke dalam air limbah. Tujuan dari proses ini adalah untuk meningkatkan densitas dari partikel koloid yang terdispersi dalam air limbah sehingga partikel tersebut dapat mengendap dan selanjutnya dapat disisihkan secara fisik. Saat koagulan dicampurkan ke dalam air limbah, maka akan terjadi destabilisasi koloid. Mekanisme *continuous rapid mixing* dibutuhkan untuk menciptakan pencampuran dan agitasi yang dibutuhkan untuk mendispersi koagulan secara uniform di seluruh tangki pengolah dan untuk menciptakan kontak yang cukup antara koagulan dengan partikel tersuspensi (Metcalf & Eddy, 2003).

Unit flokulasi merupakan unit operasi pengolahan air limbah yang digunakan untuk menyatukan mikroflok-mikroflok yang terbentuk dari proses

koagulasi menjadi flok dalam ukuran yang lebih besar sehingga dapat mengendap akibat densitasnya meningkat. Dalam operasi ini, mekanisme pencampuran atau agitasi dilakukan dalam kecepatan yang relatif lebih rendah (*slow mixing*) dibandingkan pada unit koagulasi agar flok-flok yang sudah terbentuk tidak mudah pecah (Metcalf & Eddy, 2003).

Unit sedimentasi merupakan bagian dari unit operasi pengolahan air limbah yang digunakan untuk melangsungkan pemisahan antara zat padat dengan likuid melalui gaya gravitasi dengan tujuan menyisahkan kandungan padatan tersuspensi dalam air limbah (Metcalf & Eddy, 2003).

### **3. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)**

Pengolahan sekunder merupakan proses yang menggunakan pengolahan biologi dan sedikit pengolahan kimia untuk menyisahkan materi organik yang bersifat *biodegradable*, padatan tersuspensi dan terlarut, serta nutrisi seperti nitrogen, fosfor atau keduanya. Pengolahan air limbah secara biologis pada prinsipnya adalah memanfaatkan kemampuan mikroorganisme seperti bakteri dan protozoa. Mikroba tersebut mengkonsumsi polutan organik *biodegradable* sebagai sumber energinya dan mengkonversi polutan organik tersebut menjadi karbon dioksida, air dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Pada proses perombakan secara aerob ini diperlukan oksigen. Oleh karena itu, sistem pengolahan biologis harus mampu memberikan kondisi yang baik bagi aktivitas mikroorganisme sehingga mikroorganisme tersebut dapat menstabilkan polutan *organic biodegradable* secara optimal. Untuk mempertahankan agar mikroorganisme tetap aktif dan produktif, mikroorganisme tersebut harus dipasok dengan oksigen yang cukup, cukup waktu untuk kontak dengan polutan organik, temperatur dan komposisi medium yang sesuai. Perbandingan  $BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1$  dianggap optimal untuk proses pengolahan air limbah secara aerobik pada umumnya (Capps et. al., 1995 dalam Metcalf & Eddy, 2003).

Sistem pengolahan air limbah yang umum diterapkan untuk pengolahan sekunder air limbah adalah sistem lumpur aktif (*activated sludge*), modifikasi sistem lumpur aktif (aerasi bertahap, *extended aeration*), kontak stabilisasi, dan

aerasi dengan oksigen mumi, *trickling filter*, *Biodisc* atau *Rotating Biological Contactor* (RBC), dan kolam oksidasi (*oxidation ditch*) (Metcalf & Eddy, 2003)

Dengan pengolahan sekunder. BODs dan TSS (total suspended solids) air limbah dapat dikurangi hanya sebesar sekitar 85 hingga 95 persen. Pada umumnya, efluen unit pengolahan sekunder masih mengandung BODs sekitar 30 mg/mL. Selain itu, instalasi pengolahan sekunder memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat menurunkan kandungan nitrogen dan fosfor secara signifikan (Metcalf & Eddy, 2003).

#### **4. Pengolahan Tersier (*Advanced Treatment*)**

Pengolahan tersier bertujuan untuk meningkatkan kualitas efluen dibutuhkan pengolahan tambahan, yang dikenal sebagai pengolahan tersier atau pengolahan tingkat lanjut (*advanced waste water treatment*). Pengolahan tersier umumnya dapat mengurangi hampir 99 persen polutan dari air limbah dan dapat menghasilkan efluen dengan kualitas yang sangat baik. Proses pengolahan tersier yang biasa diterapkan antara lain penghilangan fosfor (secara kimia maupun biologis), penghilangan nitrogen (nitrifikasi dan denitrifikasi), perbaikan efluen dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi untuk mendestruksi mikroorganisme patogen (Metcalf & Eddy, 2003). Jenis pengolahan tersier dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20. Jenis Pengolahan untuk Daur Ulang Air Limbah serta Parameter yang Dihilangkan

Unit operasi dan proses	Konstituen										
	Padatan tersuspensi	Padatan Koloid	Materi organik	Materi organik terlarut	Nitrogen	Fosfor	Konstituen sisa	TDS	Bakteri	Protozoa	Virus
Pengolahan sekunder	X			X							
Pengolahan sekunder dengan penyisihan nutrisi				X	X	X					
Filtrasi dalam	X								X	X	
Filtrasi permukaan	X		X						X	X	
Mikrofiltrasi	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasi	X	X	X						X	X	X
<i>Dissolved air floatation</i>	X	X	X							X	X
Nanofiltrasi			X				X	X	X	X	X
<i>Reverse Osmosis</i>				X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrodialisis		X						X			
<i>Penyerapan karbon</i>				X			X				
Pertukaran ion					X		X	X			
Oksidasi lanjut			X	X			X		X	X	X
Adsorpsi	X	X	X	X							
<i>Air stripping</i>					X						
Distilasi	X	X	X	X					X	X	X
Disinfeksi				X					X	X	X

Keterangan: x = parameter yang dihilangkan

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2003

Rekomendasi proses pengolahan yang dapat diterapkan untuk memenuhi kriteria air daur ulang dari WHO (1973) untuk keperluan industri dan masyarakat dapat dilihat pada Tabel 2.21. Untuk keperluan masyarakat dapat digolongkan menjadi dua, yaitu air tidak dapat diminum (*non-potable water*) dan air dapat diminum (*potable water*).

Tabel 2.21. Proses Pengolahan Daur Ulang untuk Keperluan Industri dan Masyarakat (WHO (1973))

No.	Proses Pengolahan	Penggunaan Industri	Penggunaan Masyarakat	
			<i>Non-Potable</i>	<i>Potable</i>
1	Kriteria kesehatan	A atau B	A	B
2	Pengolahan primer	***	***	***
3	Pengolahan sekunder	***	***	***
4	Filtrasi pasir atau metode sejenis	*	***	**
5	Nitrifikasi	*		***
6	Denitrifikasi			**
7	Klarifikasi kimiawi	*		**
8	Absorpsi dengan karbon aktif			**
9	<i>Ion Exchange</i> atau metode sejenis	*		**
10	Desinfeksi	*	***	*** <sup>a</sup>

Keterangan:

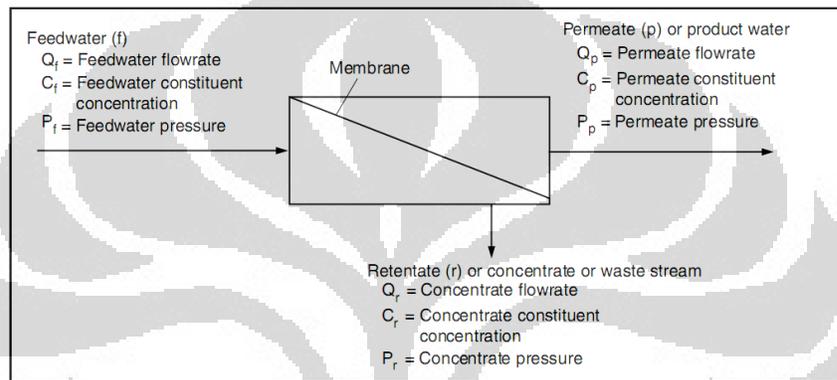
<sup>a</sup>A = eliminasi padatan terendapkan dengan sedimentasi (secara signifikan juga menguraikan telur parasit), ditambah penghilangan bakteri dan virus, B = tidak lebih dan 100 koliform per 100 ml di dalam 80% sampel, C = tidak ada organisme koliform di dalam 100 ml, tidak ada virus dalam 1000 ml, tidak ada dampak toksik pada manusia, dan memenuhi kriteria air minum lainnya. Untuk memenuhi persyaratan kesehatan, proses yang diberi tanda \*\* adalah esensial. Selain itu, satu atau lebih proses yang diberitanda \*\* juga esensial, dan proses lebih lanjut yang diberi tanda \* kadang-kadang

Sumber: WHO (1973) dalam Montgomery, 1985

## 2.8 Pengolahan Daur Ulang Air Limbah dengan Filtrasi Membran

Teknologi konvensional untuk pengolahan daur ulang dianggap tidak mampu mereduksi komponen/kontaminan sehingga tidak lagi dipertimbangkan sebagai pengolahan yang potensial untuk kesehatan masyarakat. Teknologi penjernihan air yang belakangan ini berkembang pesat adalah teknologi membran. Ada beberapa jenis membran untuk pengolahan air, yaitu mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan *reversed osmosis* (Metcalf & Eddy, 2007).

Membran adalah sebuah penghalang selektif yang mana melewatkan partikel tertentu dan menahan partikel lain yang terdapat dalam cairan (Cheryan, 1998 dalam Metcalf & Eddy, 2003). Membran dapat menahan partikel dari *feed water*/larutan umpan yang memiliki ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan partikel yang memiliki ukuran lebih kecil. Larutan yang mengandung partikel tertahan disebut sebagai *retentate*/konsentrat. Sedangkan larutan yang dapat mengalir/melewati membran disebut *permeate*/produk.



Gambar 2.2. Sketsa Aliran pada Proses Membran  
Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

Filtrasi membran terdiri dari mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF), *reverse osmosis* (RO), dialisis dan elektrodialisis (ED).

Tabel 2.22. Karakteristik Umum Membran

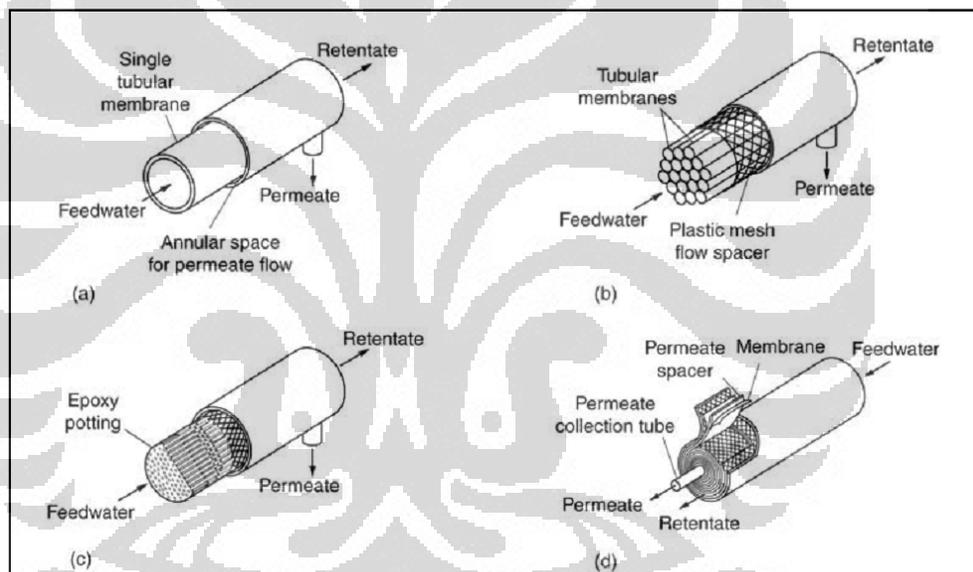
Membrane process	Membrane driving force	Typical separation mechanism	Typical pore size, $\mu\text{m}$	Typical operating range, $\mu\text{m}$	Materials
Microfiltration	Hydrostatic pressure difference or vacuum in open vessels	Sieve	Macropores (>50 nm)	0.008–2.0	Acrylonitrile, ceramic (various materials), polypropylene, polysulfone, polytetrafluorethylene (PVDF), nylon, teflon
Ultrafiltration	Hydrostatic pressure difference or vacuum in open vessels	Sieve	Mesopores (2–50 nm)	0.005–0.2	Aromatic polyamides, ceramic (various materials) cellulose acetate, polypropylene, polysulfone, polyvinylidene fluoride (PVDF), teflon
Nanofiltration <sup>a</sup>	Hydrostatic pressure difference	Sieve + solution/diffusion + exclusion	Micropores (<2 nm)	0.001–0.01	Cellulosic, aromatic polyamide, polysulfone, polyvinylidene fluoride (PVDF), thin film composite
Reverse osmosis <sup>a</sup>	Hydrostatic pressure difference	Solution/diffusion + exclusion	Dense (<2 nm)	0.0001–0.001	Cellulosic, aromatic polyamide, thin film composite
Dialysis <sup>a</sup>	Concentration difference	Diffusion	Mesopores (2–50 nm)	—	Ion exchange resin cast as a sheet
Electrodialysis <sup>a</sup>	Electromotive force	Ion exchange	—	—	Ion exchange resin cast as a sheet

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

Membran tersebut diklasifikasi kedalam beberapa kategori sebagai berikut:

- **Jenis membran**

Membran terdiri dari media sangat tipis dengan ketebalan 0,2 hingga 0,25  $\mu\text{m}$  yang diperkuat dengan media berpori dengan ketebalan 100 $\mu\text{m}$ . Membran yang diproduksi umumnya berbentuk *single* atau *bundle tubular*, *hollow fiber*, *spiral wound*. Ditinjau dari bahan pembuatannya, membran terbuat dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas. Sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer.



Gambar 2.3. Berbagai Jenis Membran yang Umum Diproduksi: (a) *single tubular*, (b) *bundle tubular*, (c) *hollow fiber*, (d) *spiral wound*

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

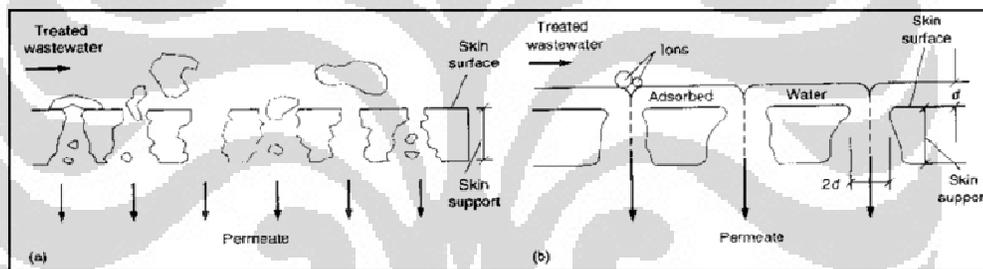
- **Driving Force**

MF, UF, NF, dan RO memanfaatkan perbedaan tekanan hidrolik untuk menghasilkan derajat pemisahan yang diinginkan. Tekanan ini dihasilkan dengan memanfaatkan pompa vakum maupun pompa bertekana. Dialisis memisahkan partikel melalui *semipermeable* membrane dengan dasar

perbedaan konsentrasi larutan (difusi). Sedangkan ED memanfaatkan daya listrik dan *ion-selective* membran untuk memisahkan cairan.

- **Mekanisme penyisihan**

Penyisihan partikel di MF, UF, NF, dan RO dilakukan dengan metode *straining (shieving)*, yaitu partikel yang dapat lewat tidak lebih besar dari pori-pori membrane (Gambar 2.4a). RO memiliki pori-pori yang sangat kecil sehingga membutuhkan tekanan balik agar larutan dapat dipisahkan dengan partikelnya. Penyisihan partikel pada dialisis dan ED dilakukan dengan memanfaatkan lapisan penyerap air pada permukaan membran. Aliran ion-ion menyilangi membran secara difusi melewati pori-pori dari molekul makro yang mengisi membran (Gambar 2.4b).

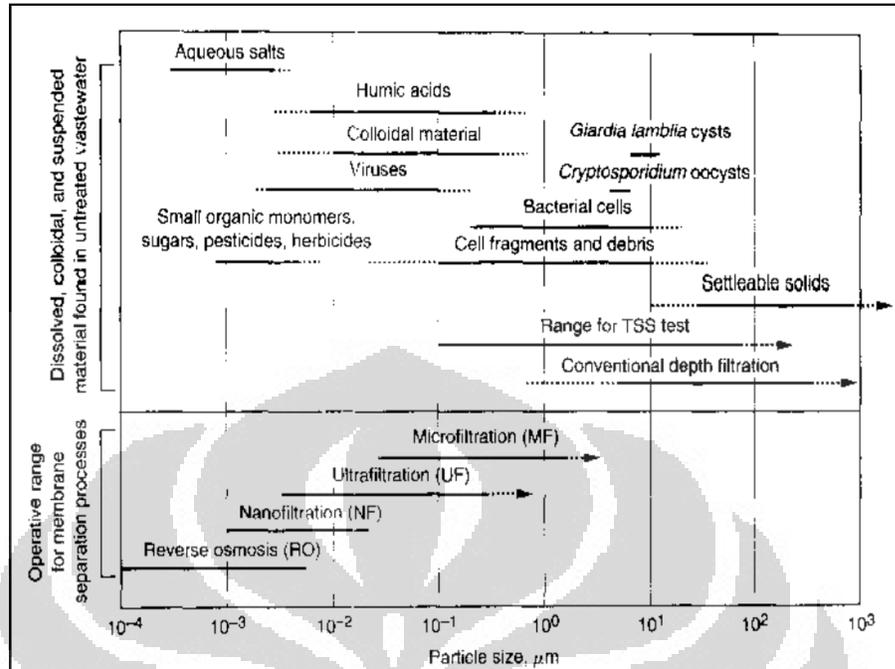


Gambar 2.4. Sketsa Mekanisme Penyisihan pada Membran

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

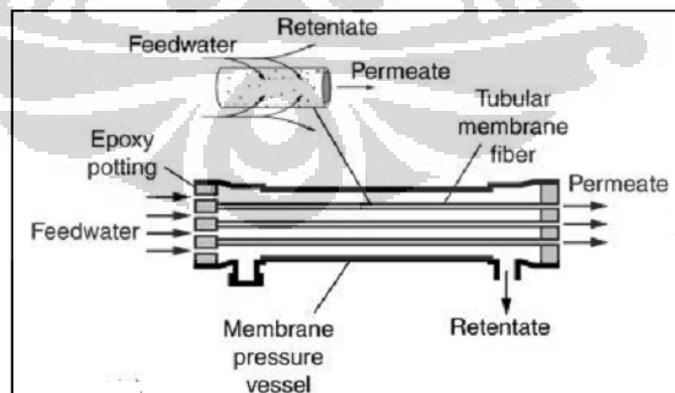
- **Ukuran pori untuk penyisihan**

Ukuran pori pada membran diidentifikasi sebagai makropori ( $> 50$  nm), mesopori (2 hingga 50 nm), dan mikropori ( $< 2$  nm). Dikarenakan ukuran pori-pori RO sangat kecil, maka membrane didefinisikan sebagai *dense*. Kemampuan penyisihan dibandingkan dengan ukuran pori dapat dilihat pada Gambar 2.5.



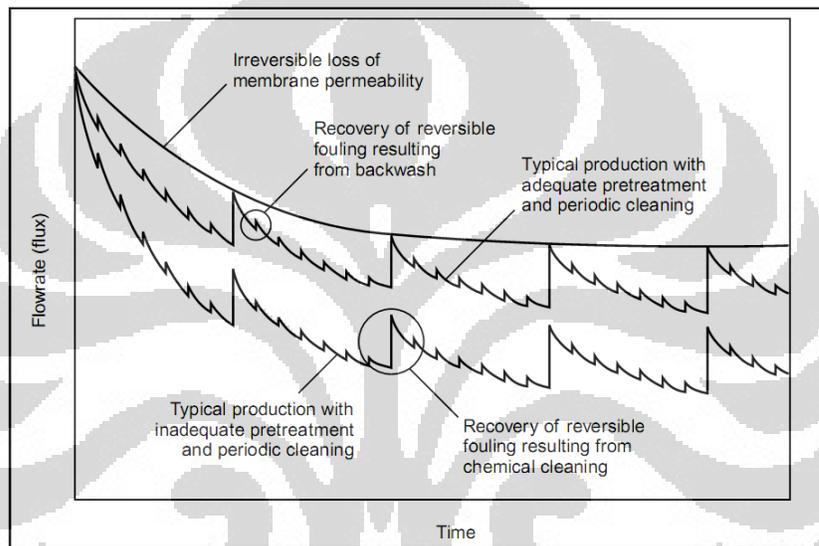
Gambar 2.5. Perbandingan Ukuran Pori Membran dan *Range* Penyisihan  
Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Membran dipasang pada *pressure vessel* (*housing* atau tabung membran) untuk menahan membran dan menjaga larutan umpan, konsentrat dan produk terisolasi. *Vessel* didesain dapat mencegah kebocoran dan kehilangan tekanan, mengurangi pembentukan garam/*fouling* dan mempermudah penggantian membran.



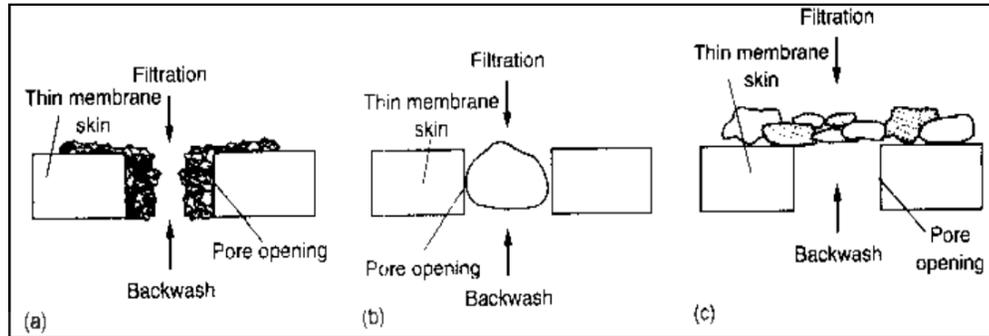
Gambar 2.6. Desain Aliran pada *Vessel* Membran  
Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

*Vessel* umumnya terdiri dari tabung plastik atau *fiberglass* dan partikel pemipaan. Tabung baja umumnya digunakan hanya pada RO yang memiliki tekanan tinggi. MF, UF, NF menggunakan pompa setrifugal. Sedangkan RO menggunakan *positive-displacement pump* atau pompa turbin bertekanan tinggi. Operasi membran cukup sederhana. Pompa digunakan untuk menekan larutan umpan dan untuk mengalirkannya melewati modul. Selanjutnya, produk mengalir pada tekanan atmosfer.



Gambar 2.7. Grafik Perbandingan *Flowrate* terhadap Umur Membran  
Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

Seiring masa operasinya atau lamanya umur membran, akan terjadi deposisi dan akumulasi partikel tertahan pada membran atau disebut *membrane fouling*. Kondisi akan menyebabkan penurunan *flux* atau jumlah aliran yang melewati membran dan menurunkan derajat penyisihan. Pertimbangan *membrane fouling* penting karena akan mempengaruhi kebutuhan *pretreatment*, kebutuhan pembersihan, kondisi operasi, biaya dan hasil produk.



Gambar 2.8. Bentuk Umum *Fouling* pada Membran

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

*Fouling* dapat terjadi dalam tiga bentuk umum: (a) kehadiran substansi kimia yang dapat bereaksi dengan membrane atau agen biologis yang mendiami membran, (b) pengisian partikel pada pori membran, (c) pengendapan karena reaksi kimia yang ada pada larutan umpan atau penumpukan karena ukuran partikel lebih besar dari pori membran. *Fouling* dapat dicegah dengan melakukan *pretreatment* untuk menghilangkan partikel yang dapat merusak membrane maupun upaya pembersihan membran dengan memanfaatkan *backwash* maupun pembersih kimia.

Dalam 15 tahun terakhir, perkembangan teknologi membrane telah meningkat secara drastis. Perkembangan ini menghasilkan membran jenis dan kualitas baru dengan harga yang lebih murah sehingga banyak diaplikasikan diberbagai lingkup pekerjaan Teknik Lingkungan. Konsumsi energi dan *product recovery* seperti terlihat pada Tabel 2.23 telah mengalami perubahan. Tekanan operasi yang dibutuhkan lebih rendah dan akan semakin rendah dimasa yang akan datang seiring ditemukannya teknologi membran yang baru. Aplikasi membran dilapangan dapat memiliki kemampuan pengolahan yang berbeda tergantung dari spesifikasi produk yang dihasilkan oleh produsen. Hal ini mengharuskan dilakukannya *pilot plant* sesuai karakteristik air umpan yang akan diolah (Metcalf & Eddy, 2007). Kemampuan penyisihan RO dan UF dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.23. Karakteristik Operasional berbagai Membran

<i>Membran Process</i>	<i>Flux Rate (L/m<sup>2</sup>.d)</i>	<i>Tekanan operasi (kPa)</i>	<i>Konsumsi Energi (kWh/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Product recovery (%)</i>
Mikrofiltrasi	405 – 1600	7 – 100	0,4	94 – 98
Ultrafiltrasi	405 – 815	70 – 700	3	70 – 80
Nanofiltrasi	200 – 800	500 – 1000	5,3	80 – 90*
<i>Reverse Osmosis</i>	320 – 490	850 – 7000	18,2	80 – 90*
Elektrodialisis	(-)	(-)	9,5	75 – 85

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003; \*) Metcalf & Eddy, 2007

Tabel 2.24. Kemampuan Penyisihan (*Removal*) pada RO dan UF

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>RO Removal</b>	<b>UF Removal</b>
TOC	%	85 – 95*	50 – 75
TDS	%	90 – 98*	0 – 2
TSS	%	96 – 100*	96 – 99,9
COD	%	85 – 95*	75 – 90
BOD	%	30 – 60*	80 – 90
NH <sub>3</sub> -N	%	90 – 98*	5 – 15
NO <sub>3</sub> -N	%	65 – 85*	0 – 2
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	%	95 – 99*	0 – 2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%	95 – 99*	0 – 1
Cl <sup>-</sup>	%	90 – 98*	0 – 1
<i>Color</i>	%	90 – 96	(-)
<i>Hardness</i>	%	80 – 85	(-)
<i>Total Coliform</i>	%	> 90	48 – 78
<i>Fecal Coliform</i>	%	> 90	48 – 78
Protozoa	%	> 90	> 78
Virus	%	60 – 85	30 – 85

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007; \*) Metcalf & Eddy, 2003

Beberapa kelebihan dan kekurangan teknologi membran dibanding pengolahan konvensional dapat dilihat pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25. Kelebihan dan Kekurangan Proses Membran dibanding Pengolahan Konvensional

Kelebihan	Kekurangan
<b>Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan penyisihan lebih baik</li> <li>• Kebutuhan ruang untuk peralatan 50 sampai 80 persen lebih kecil</li> <li>• Sistem dapat bekerja secara otomatis; minim kebutuhan tenaga kerja;</li> <li>• Membran baru memungkinkan penggunaan pada tekanan rendah sehingga harga sangat kompetitif</li> <li>• Dapat mereduksi protozoa dan sejenisnya; mereduksi bakteri dan virus dalam jumlah terbatas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan lebih banyak energi listrik; operasi pada tekanan tinggi dapat memakai energi secara intensif</li> <li>• Mungkin membutuhkan <i>pretreatment</i> untuk mencegah <i>fouling</i>; fasilitas <i>pretreatment</i> akan meningkatkan kebutuhan biaya dan ruang</li> <li>• Mungkin membutuhkan penanganan residu dan pembuangan konsentrat</li> <li>• Membutuhkan pergantian membran setiap 3 sampai 5 tahun</li> <li>• Pembentukan <i>scale</i> merupakan masalah serius sehingga dibutuhkan pengujian <i>pilot plant</i></li> <li>• <i>Flux rate</i> (jumlah aliran air yang melewati membran) menurun seiring waktu; Tingkat <i>recovery</i> dipertimbangkan kurang dari 100 persen</li> <li>• Kurang memiliki metode yang handal dan murah untuk memonitor kemampuan unit</li> </ul>
<b>Reverse Osmosis</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampu mereduksi komponen terlarut</li> <li>• Mampu mendesinfeksi air terolah</li> <li>• Mampu menghilangkan NDMA dan komponen organik lain</li> <li>• Mampu mereduksi materi organik alami (hasil sampingan pada desinfeksi pendahuluan) dan anorganik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekerja optimal pada air umpan dengan kadar padatan rendah atau air limbah yang sudah di- <i>pretreatment</i></li> <li>• Kurang memiliki metode yang handal dan murah untuk memonitor kemampuan unit</li> <li>• Mungkin membutuhkan penanganan residu dan pembuangan konsentrat</li> <li>• Biaya yang dibutuhkan lebih mahal bahkan dibandingkan proses membrane lainnya</li> </ul>

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2003

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merencanakan bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang air limbah yang sesuai dalam rangka mendesain Instalasi Daur Ulang air limbah yang efektif dan efisien di Kantor Pusat Pertamina.

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan dua pendekatan sekaligus, yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif dilakukan dalam menganalisis potensi dan pemilihan bentuk pemanfaatan daur ulang dan bentuk pengolahan daur ulang. Sedangkan pendekatan kualitatif dilakukan dalam menganalisis kebutuhan dan pertimbangan kelayakan yang akan mendukung pemilihan bentuk pemanfaatan dan pengolahan daur ulang.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Menurut Sugiyono (2009), variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya.

Variabel-variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Debit dan mutu air limbah pada efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting atau influen Instalasi Daur Ulang air limbah yang akan dibangun.
- Debit dan target mutu efluen air limbah hasil evaluasi IPAL eksisting.
- Tingkat kebutuhan air pada setiap penggunaan di Kantor Pusat Pertamina.

Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini

adalah debit dan mutu air pada efluen Instalasi Daur Ulang (IDU) air limbah yang akan dibangun.

### 3.3 Kerangka Penelitian

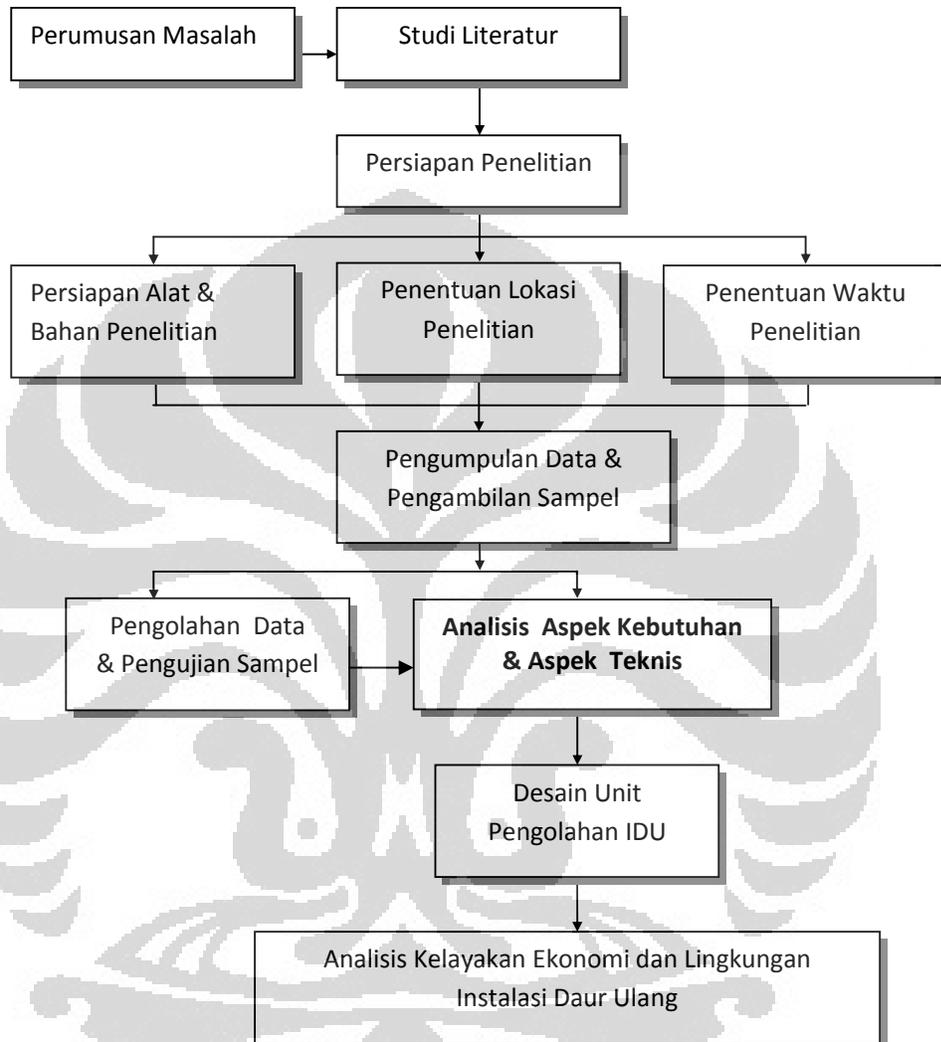
Dalam penelitian ini, dibutuhkan langkah yang tepat dalam melakukan pengolahan data dan analisis data agar peneliti dapat menentukan bentuk pemanfaatan daur ulang dan bentuk pengolahan daur ulang air limbah yang tepat. Dalam menentukan langkah tersebut, peneliti terlebih dahulu menentukan lingkup penelitian sebagai berikut:

- Penelitian dilakukan berdasarkan kondisi eksisting IPAL yang mana sedang dievaluasi secara paralel. Mutu efluen IPAL eksisting digunakan sebagai pertimbangan dalam pembangunan IDU. Selanjutnya dapat diberikan rekomendasi tambahan sesuai kondisi yang mungkin terjadi dengan skema: (a) IDU memerlukan perbaikan IPAL terlebih dahulu atau; (b) IDU dapat diaplikasikan dengan kondisi IPAL eksisting. IPAL eksisting yang dievaluasi disebut sebagai IPAL rencana. Dalam IPAL rencana, ditentukan target maksimal mutu efluen IPAL berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta. Efluen yang ditargetkan ini kemudian akan menjadi influen dari IDU.
- Berangkat dari efluen IPAL rencana tersebut, penelitian dilanjutkan dengan pemilihan bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang.

Dengan demikian, langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

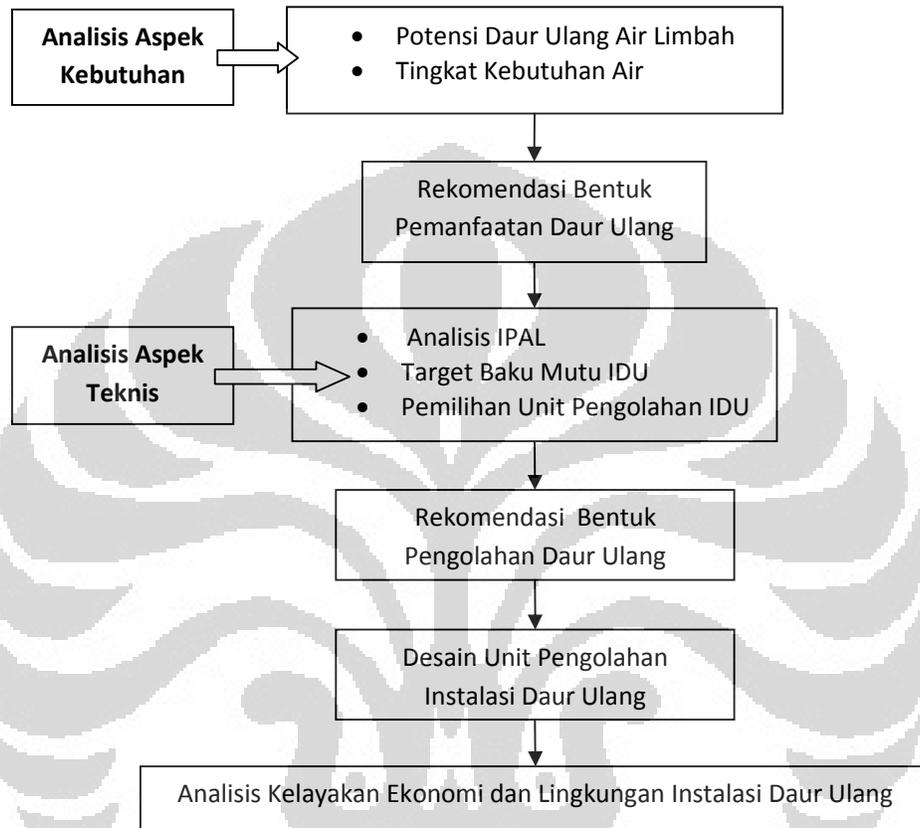
1. Mengukur potensi air limbah yang dapat didaur ulang.
2. Mengkaji karakteristik limbah yang akan dikelola sesuai standar baku mutu yang ditentukan.
3. Mengkaji bentuk pemanfaatan daur ulang.
4. Mengkaji bentuk pengolahan daur ulang.
5. Mengkaji kelayakan ekonomi dan lingkungan Instalasi Daur Ulang.

Secara umum, alur kerangka penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian  
Sumber: Olah Data, 2011

Adapun alur analisis bentuk pemanfaatan dan bentuk pengolahan daur ulang dilakukan berdasarkan analisis aspek kebutuhan dan aspek teknis yang dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2. Alur Pengkajian Pemanfaatan dan Pengolahan Daur Ulang  
Sumber: Olah Data, 2011

### 3.4 Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah disediakan oleh pihak lain (PT. Pertamina (Persero)) yang dapat langsung digunakan oleh peneliti. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Data Sekunder Penelitian

No.	Data	Uraian Informasi Data	Sumber Data
1.	Karakteristik lokasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letak dan luas lokasi</li> <li>• Peta lokasi</li> <li>• Kondisi lokasi</li> </ul>	Survei identifikasi, data perusahaan, wawancara, literature
2.	Demografi	Jumlah karyawan dan pengunjung	Data perusahaan, wawancara
3.	Kebutuhan air bersih	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data mengenai sumber air bersih</li> <li>• Debit kebutuhan air bersih</li> <li>• Kapasitas pelayanan</li> </ul>	Data perusahaan, survei, wawancara, survei identifikasi, literature
4.	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit pengolahan dan kapasitas pengolahan</li> <li>• Dimensi dan karakteristik unit pengolahan</li> </ul>	Data perusahaan, survei, wawancara, survei identifikasi, literature
5.	Air Limbah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karakteristik air limbah</li> <li>• Debit influen dan efluen IPAL eksisting</li> </ul>	Data perusahaan, survei, wawancara, survei identifikasi, literature
6	Kebutuhan Daur Ulang	Bentuk penggunaan daur ulang yang dibutuhkan dan diinginkan	Wawancara, survei identifikasi

Sumber: Olah Data, 2011

### 3.4.2 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti dari sumber-sumber asli. Pada penelitian ini data primer meliputi pengukuran debit efluen IPAL dan pengambilan sampel air influen dan efluen IPAL eksisting, meliputi parameter pH, suhu, TDS, TSS, COD, BOD, minyak dan lemak,  $\text{KMnO}_4$  dan *coliform*. Pengambilan data primer ini bertujuan untuk melihat kondisi terkini IPAL eksisting dan menguji keabsahan data sekunder yang telah ada dalam rangka mendukung hasil penelitian. Pemilihan parameter tersebut didasari oleh jenis sampel yang merupakan air limbah domestik. Selain itu, pemilihan juga didasari parameter air limbah yang harus dipertimbangkan sesuai target baku mutu yang ditentukan.

Pengukuran debit dilakukan berdasarkan SNI 0140-2007 menggunakan Metode Volume. Adapun pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI 6989.59-2008.

#### 3.4.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada titik inlet IPAL eksisting, yaitu titik dimana air limbah mengalir sebelum masuk ke IPAL dan titik outlet IPAL eksisting, yaitu titik dimana efluen IPAL mengalir sebelum memasuki badan air penerima.

#### 3.4.2.2 Waktu Pengukuran Debit dan Pengambilan Sampel

Pengukuran debit hanya dilakukan pada efluen IPAL eksisting yang mana akan menjadi influen IDU. Pengukuran dilakukan setiap 10 atau 20 menit pada jam kerja para pekerja IPAL di Kantor Pusat Pertamina, yaitu dari jam 09:00 sampai jam 16:00. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui jumlah dan fluktuasi efluen IPAL yang dapat dimanfaatkan untuk didaur ulang.

Pengambilan sampel influen dan efluen dilakukan antara jam 09:00 sampai jam 16:00. Pengambilan sampel influen dilakukan pada influen saat kondisi aliran puncak. Sedangkan sampel efluen dilakukan saat kondisi aliran puncak dan kondisi aliran normal dengan metode *grab sampling* dan *composite sampling*.

### 3.4.2.3 Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan untuk mengetahui mutu influen dan efluen IPAL dengan mengukur konsentrasi setiap parameter yang telah ditentukan. Kualitas influen berfungsi untuk mengetahui bagaimana karakteristik air limbah yang dihasilkan dari aktivitas di Kantor Pusat Pertamina. Adapun kualitas efluen berfungsi untuk mengetahui kinerja dan fluktuasi mutu IPAL eksisting. Mutu air limbah tersebut selanjutnya akan menentukan besar pengurangan konsentrasi setiap parameter yang dibutuhkan untuk mencapai target baku mutu efluen IDU.

Pengujian sampel akan dilakukan sebanyak satu kali untuk masing-masing parameter di Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) DKI Jakarta atau di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia. Parameter, metode dan standar pengujian untuk masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Metode Pengujian Parameter

Parameter	Metode Pengujian	Standar Pengujian
pH	pH meter	SNI 06-6989.11-2004
Suhu	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
Zat Padat Terlarut (TDS)	Spektrofotometri	(-)
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	Gravimetri	SNI 06-2413-1991
COD	Spektrofotometri	SNI 06-6989.73-2009
BOD (20°C, 5 hari)	Iodometri	SNI 06-6989.72-2009
<i>Total Hardness</i>	Titrimetri	SNI 06-6989.12-2004
Minyak dan Lemak	Spektrofotometri	(-)
KMnO <sub>4</sub>	Titrasi	SNI 06-6869.22-2004
Amonia	Spektrofotometri	SNI 06-6989.30-2005
<i>Fecal Coliform</i>	<i>Multiple Tube Fermentation (MTF)</i>	SNI 19-3957-1995
<i>Total Coliorm</i>	<i>Multiple Tube Fermentation (MTF)</i>	SNI 06-4158-1996

Sumber: Olah Data, 2011

### 3.5 Pengolahan dan Analisis Data

#### 3.5.1 Aspek Kebutuhan

Pengkajian bentuk pemanfaatan air hasil daur ulang dilakukan dengan menganalisis aspek kebutuhan dengan dengan mempertimbangkan:

- Potensi daur ulang air limbah.
- Tingkat kebutuhan air bersih (Alokasi pemanfaatan air daur ulang).

Potensi daur ulang ditentukan dari jumlah air limbah yang dapat didaur ulang. Potensi ini diperoleh dari pengukuran debit harian efluen IPAL eksisting. Fluktuasi debit efluen IPAL eksisting diperlukan untuk menentukan kapasitas unit pengolahan yang diperlukan. Debit maksimum air limbah menentukan jumlah paling besar influen yang dapat masuk ke dalam IDU. Sedangkan debit minimal menentukan jumlah paling kecil influen yang dapat masuk ke dalam IDU. Direncanakan air limbah dari Gedung Perwira dan kantin akan dialirkan ke IPAL rencana sehingga debit influen akan lebih besar dari IPAL eksisting. Potensi ini kemudian akan menentukan jumlah air yang dapat dihasilkan dan dimanfaatkan setelah dilakukan pengolahan sesuai dengan tingkat efisiensi unit pengolahan yang digunakan.

Tingkat kebutuhan air bersih diukur berdasarkan jumlah pemakaian air bersih setiap penggunaan atau neraca air Kantor Pusat Pertamina. Jumlah pemakaian air merupakan besar kebutuhan air yang harus tersedia untuk dapat memenuhi kebutuhan setiap aktivitas atau bentuk penggunaan air. Semakin tinggi jumlah pemakaian, maka semakin tinggi tingkat kebutuhan air sehingga peluang alokasi pemanfaatan daur ulang akan semakin besar.

Proses pemilihan bentuk pemanfaatan daur ulang tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan segi budaya, yaitu mempertimbangkan estetika dan kemampuan penerimaan karyawan di Kantor Pusat Pertamina terhadap penggunaan air daur ulang. Pertimbangan ini dilakukan dengan wawancara dengan beberapa pihak terkait/karyawan Kantor Pusat Pertamina.

### 3.5.2 Aspek Teknis

Setelah ditentukan bentuk pemanfaatan yang akan diaplikasikan di Kantor Pusat Pertamina, selanjutnya dilakukan pemilihan bentuk pengolahan dengan analisis aspek teknis yang terdiri dari:

- Analisis IPAL
- Target baku mutu IDU
- Pemilihan unit pengolahan IDU

Kinerja IPAL eksisting perlu diketahui karena influen IDU merupakan efluen IPAL sehingga dapat dikatakan mutu influen IDU tergantung dari efluen IPAL yang dihasilkan. Analisis IPAL dilakukan dalam upaya memberikan masukan/rekomendasi pada IPAL rencana sehingga diharapkan dapat memenuhi baku mutu sebelum dimanfaatkan untuk IDU. Setiap opsi pemanfaatan daur ulang memerlukan bentuk pengolahan yang berbeda sesuai dengan target baku mutu efluen yang dihasilkan. Pendekatan perencanaan pengolahan daur ulang akan berbeda dengan perencanaan pengolahan air limbah yang konvensional, yang mana di dalam perencanaan yang konvensional umumnya hanya meliputi pengumpulan air limbah, pengolahan dan pembuangan. Sedangkan pada daur ulang, perencanaannya meliputi pengumpulan air limbah, pengolahan, dan pemanfaatan kembali air limbah. Oleh karena itu, pengolahan daur ulang membutuhkan tingkat pengolahan yang lebih tinggi karena standar kualitas air atau baku mutu lebih tinggi dibandingkan pengolahan air limbah konvensional. Selanjutnya, kondisi IPAL tersebut akan menentukan jenis unit pengolahan lanjutan dan jenis *pretreatment* yang diperlukan. Analisis dilakukan dengan mengkaji hasil pengujian setiap parameter sampel.

Air daur ulang atau efluen IDU harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Persyaratan kualitas air daur ulang sesuai dengan peruntukannya ditetapkan mengacu pada *United States Environmental Protection Agency* (U.S. EPA) dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air (PP 82/2001). Standar U.S EPA dipilih karena Indonesia belum memiliki standar baku mutu khusus untuk penggunaan air daur ulang dan karena memiliki standar baku

mutu air daur ulang yang lengkap sesuai bentuk pemanfaatannya. Sedangkan standar pada PP 82/2001 digunakan sebagai pertimbangan baku mutu efluen IDU yang sesuai untuk kondisi di Indonesia.

Tabel 3.3. Baku Mutu Efluen Air Daur Ulang U.S. EPA pada Pemanfaatannya

Parameter	Cooling Tower		Lansekap & Taman		Kebutuhan Non-Potable	
	Standar	Penyisihan	Standar	Penyisihan	Standar	Penyisihan
pH	6-9	0	6-9	0	6-9	0
BOD	≤ 30 mg/l	≥ 49%	≤ 30 mg/l	≥ 49%	≤ 10 mg/l	≥ 80%
TSS	≤ 30 mg/l	≥ 49%	≤ 30 mg/l	≥ 49%	-	-
Kekeruhan	-	-	-	-	≤ 2 NTU	-
Coliform/100ml	200		0	100%	0	100%

Sumber: Olah Data, 2011

Tabel 3.4. Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Kelas pada PP 82/2001

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
Suhu (dari keadaan alami)	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5
Residu Terlarut (TDS)	mg/l	1000	1000	1000	1000
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/l	50	50	400	400
pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
BOD	mg/l	2	3	6	12
COD	mg/l	10	25	50	100
DO	mg/l	6	4	3	0
Fecal Coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000
Total Coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000

Keterangan:

Kelas I digunakan untuk kebutuhan *non-potable*, Kelas II digunakan untuk kebutuhan *cooling tower* dan lansekap/taman

Sumber: Olah Data, 2011

Pertimbangan pemilihan unit pengolahan IDU tergantung dari hasil pengkajian karakteristik efluen IPAL pada setiap parameter yang telah ditentukan. Jenis unit pada IDU harus memiliki kemampuan penyisihan parameter berdasarkan influen dan target efluen IDU sesuai bentuk pemanfaatannya. Sesuai

dengan batasan penelitian ini, mutu influen IDU ditargetkan berdasarkan Pergub DKI 122/2005. Adapun baku mutu efluen IDU ditargetkan berdasarkan pertimbangan standar U.S. EPA dan PP 82/2001. Selain pertimbangan kemampuan penyisihan, peneliti juga melakukan pertimbangan dengan pendekatan ekonomi berupa tingkat efisiensi biaya. Pendekatan ini dilakukan dengan membandingkan unit satu dengan unit lainnya berdasarkan pengumpulan data dan informasi dari survey harga pasar, studi literatur, maupun wawancara pendapat para ahli.

Pemilihan unit dilakukan dengan metode pembobotan. Analisis pembobotan digunakan untuk mengkuantifikasi kelayakan unit yang dipilih. Menurut Mutaqin (2006), metode pembobotan merupakan metode analisis yang bersifat kuantitatif sehingga data yang digunakan harus bersifat kuantitatif. Jika pengolahan dan hasil yang diperoleh dari pengumpulan data primer berupa data kualitatif, maka data tersebut harus dikonversi ke dalam bentuk data kuantitatif. Dalam metode pembobotan, setiap parameter diperhitungkan dengan pembobotan yang berbeda.

Kuantifikasi pemilihan unit dilakukan sebagai berikut:

**a. Analisis tingkat penyisihan (*removal*) parameter unit pengolahan**

Analisis ini mempertimbangkan kemampuan unit dalam menyisihkan parameter yang ditetapkan sesuai target baku mutu. Pemberian skor berdasarkan kemampuan *removal* setiap parameter unit pengolahan. Semakin tinggi penyisihan unit, maka peluang untuk mencapai target baku mutu air daur ulang akan semakin besar sehingga skor semakin besar. Total skor diperoleh berdasarkan kumulatif skor yang didapatkan disetiap parameter pada unit. Skor kemampuan *removal* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**b. Analisis tingkat kebutuhan biaya unit pengolahan**

Setiap unit pengolahan memiliki kebutuhan biaya yang berbeda pula. Dalam penelitian ini, kebutuhan biaya diukur dari biaya pembelian unit pengolahan yang ditawarkan (*capital cost*), biaya operasional dan perawatan (*operational and maintenance cost*), dan surplus biaya dari jumlah air yang

dihasilkan (*product recovery*). Skor yang diberikan untuk desain pengolahan akan semakin kecil jika biaya yang dibutuhkan semakin tinggi.

Tabel 3.5. Skor Kemampuan *Removal* Unit

Parameter	Skor <i>Efficiency Removal</i>				
	1	2	3	4	5
TDS	2% - 20%	20% - 50%	50% - 100%	-	-
TSS	2% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% -80%	80% -100%
BOD	2% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% -80%	80% -100%
COD	2% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% -80%	80% -100%
Amonia	2% - 20%	20% - 50%	50% - 100%	-	-
<i>Fecal Coliform</i>	2% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% -80%	80% -100%
<i>Total Hardness</i>	2% - 20%	20% - 50%	50% - 100%	-	-
Garam/Ion	2% - 50%	50% - 100%	-	-	-

Sumber: Olah Data, 2011

### c. Pemilihan unit pengolahan

Pemilihan dilakukan dengan pembobotan berdasarkan skor yang diperoleh dari kedua analisis diatas. Bobot *removal* diberikan sebesar 40%. Sedangkan bobot biaya diberikan sebesar 60%. Bobot biaya diberikan lebih besar karena efisien biaya merupakan faktor utama dalam mengukur kelayakan IDU sebagai pengganti sumber air utama. Untuk menghitung nilai akhir yang diperoleh digunakan persamaan berikut:

$$\text{Nilai}_{\text{unit}} = \frac{(\text{bobot} \times (\frac{\text{skor}}{10})_{\text{removal}} + (\text{bobot} \times \text{skor})_{\text{biaya}}}{\text{bobot}_{\text{removal}} + \text{bobot}_{\text{biaya}}} \quad (3.1)$$

### 3.5.3 Desain Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang

Desain dilakukan berdasarkan jenis unit pengolahan yang dipilih dalam upaya menghasilkan mutu air daur ulang sesuai bentuk pemanfaatannya. Desain dapat berupa analisis kebutuhan pengolahan pendahuluan (*pretreatment*),

perhitungan unit-unit pengolahan, metode operasional dan perawatan. gambar teknik, dan spesifikasi unit-unit pengolahan yang digunakan.

### 3.5.4 Analisis Pembiayaan dan Kelayakan Ekonomi

Analisis pembiayaan dilakukan dengan menghitung total biaya (*capital cost*, dan *operational & maintenance cost*) yang diperlukan dalam penggunaan IDU. *Capital cost* adalah biaya investasi awal atau biaya pembelian unit-unit pengolahan sehingga IDU siap dioperasikan. Sedangkan *operational & maintenance cost* (biaya O/M) dihitung berdasarkan kebutuhan setiap bulan dalam penggunaan IDU, seperti: biaya listrik, biaya pembelian bahan kimia, biaya tenaga kerja, dan biaya perbaikan dan penggantian peralatan dan lainnya.

Analisis kelayakan diukur pada segi ekonomi dan lingkungan. Kelayakan ekonomi diukur dari perbandingan biaya yang diperlukan untuk memproduksi setiap meter kubik air daur ulang dengan biaya yang dibutuhkan untuk pembelian setiap meter kubik air PDAM/air tanah dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Harga air PDAM/air tanah per m}^3}{\text{Harga air daur ulang per m}^3} \geq 1 \quad (3.2)$$

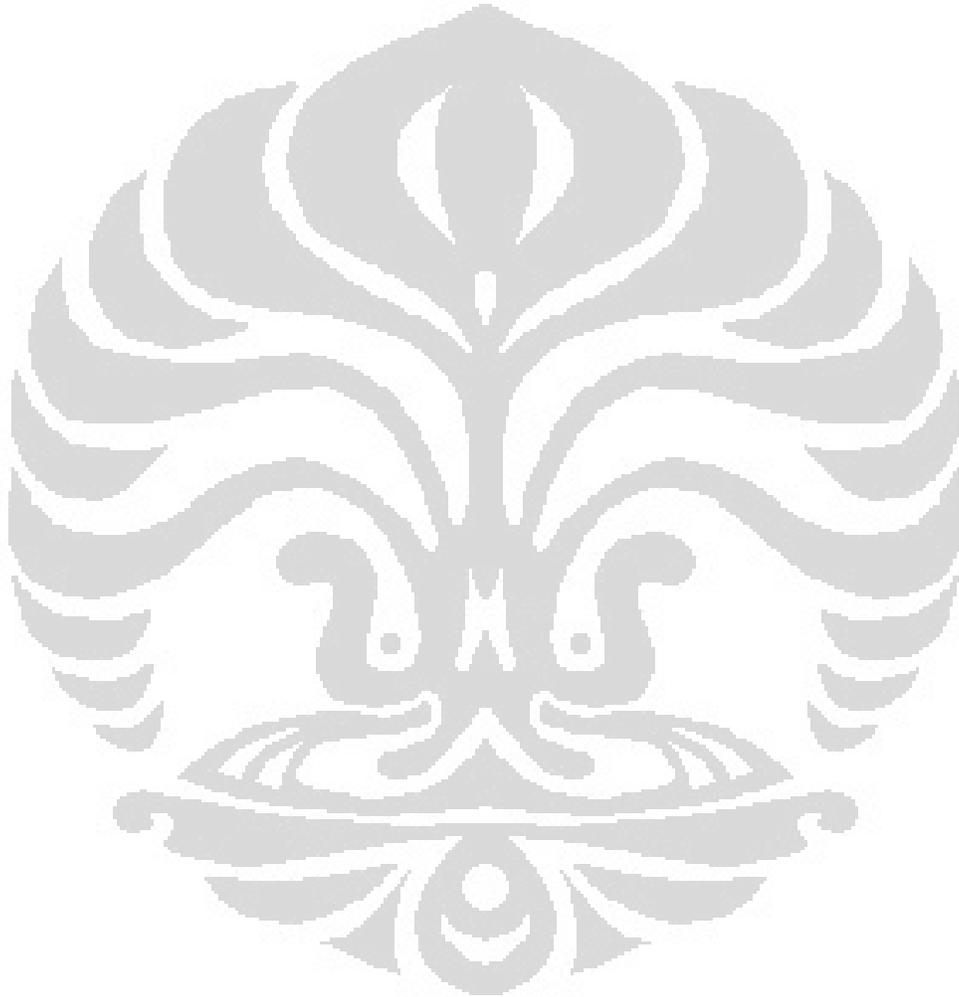
*Payback Period* (PP) atau masa pengembalian biaya investasi dilakukan dengan teknik konvensional, yaitu tanpa mempertimbangkan *interest rate* atau suku bunga (Donald, 1990) dengan persamaan sebagai berikut:

$$PP \text{ (bulan)} = \frac{\text{Biaya Investasi}}{(\text{Penghematan} - \text{Biaya } O/M) \text{ per bulan}} \quad (3.3)$$

Sedangkan kelayakan lingkungan diukur secara kualitatif, yaitu manfaat masa kini dan jangka panjang terhadap upaya pengelolaan lingkungan yang dilakukan PT. Pertamina (Persero). Kelayakan lingkungan dipertimbangkan jika IDU yang direncanakan tidak layak secara ekonomi.

### 3.6 Rekomendasi Desain Instalasi Daur Ulang

Hasil akhir dari penelitian ini adalah desain Instalasi Daur Ulang yang sesuai bentuk pemanfaatan daur ulang dan bentuk pengolahannya. Rekomendasi diberikan sebagai upaya mengoptimalkan kemampuan Instalasi Daur Ulang di Kantor Pusat Pertamina. Rekomendasi berupa saran teknis dan non-teknis.



### 3.7 Jadwal Penelitian

Tabel 3.6. Jadwal Penelitian Skripsi Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah di Kantor Pusat Pertamina

No.	Rencana Kerja	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Penetapan Judul																																
2	Pengambilan dan pengumpulan data primer dan data sekunder																																
3	Pengolahan data primer dan sekunder																																
4	Studi literatur dan analisis hasil pengolahan data																																
5	Analisis desain instalasi daur ulang air limbah																																
6	Studi literatur lanjutan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir																																
7	Presentasi Laporan Tugas Akhir																																
8	Revisi Laporan Tugas Akhir																																
9	Hasil final : Laporan Tugas Akhir																																

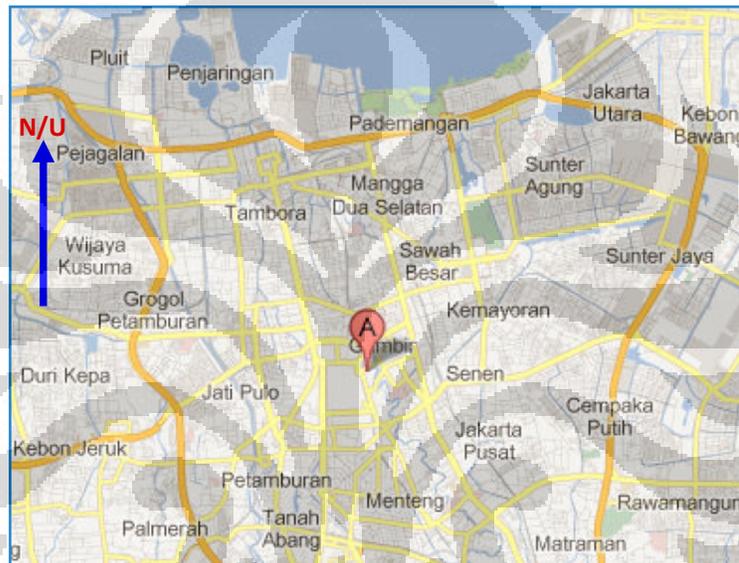
Sumber: Olah Data, 2011

## BAB 4

### GAMBARAN OBJEK PENELITIAN

#### 4.1 Gambaran Umum Kantor Pusat Pertamina

Kantor Pusat Pertamina merupakan salah satu gedung perkantoran milik PT. Pertamina (Persero) yang berlokasi di Jl. Medan Merdeka Timur 1A, Kelurahan Gambir, Kecamatan Gambir, Jakarta Pusat 10110.



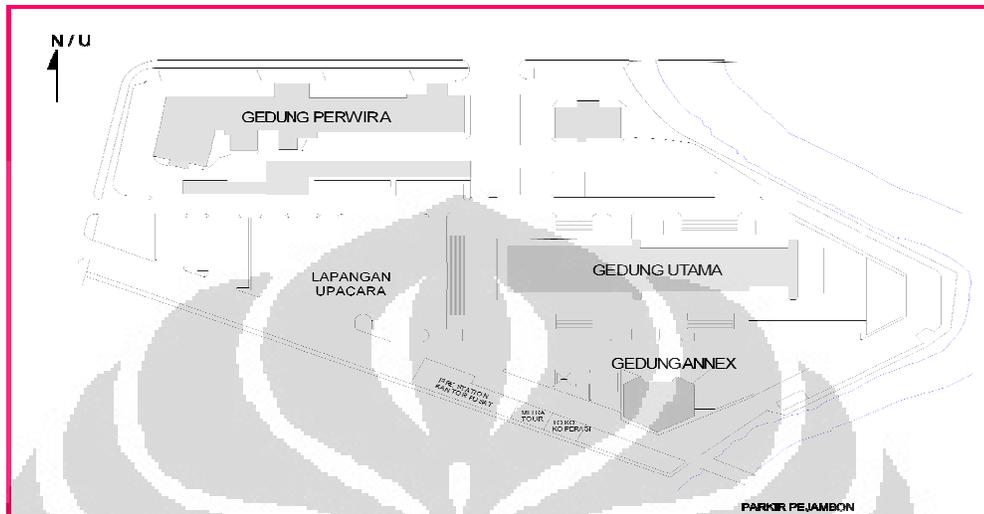
Gambar 4.1. Lokasi Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: *Google Map*, 2012

Batas-batas wilayah Kantor Pusat Pertamina adalah sebagai berikut:

- Utara : Ruas Jl. Perwira – Masjid Istiqlal
- Selatan : Jl. Pejambon – Kostrad
- Barat : Jl. Medan Merdeka Timur – Stasiun Gambir
- Timur : S. Ciliwung – Departemen Luar Negeri RI

Bangunan Kantor Pusat Pertamina telah dibangun dan dioperasikan sejak tahun 1974. Gedung ini dibangun di atas lahan dengan luas tanah seluruhnya sesuai dengan sertifikat tanah hak guna bangunan adalah 39.000 m<sup>2</sup>. Kantor Pusat Pertamina terdiri dari 3 (tiga) gedung, yakni: Gedung Utama, Gedung Annex, Gedung Perwira. *Layout* Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Sedangkan informasi umum setiap gedung di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat dalam Tabel 4.1.



Gambar 4.2. *Layout* Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina, 2012

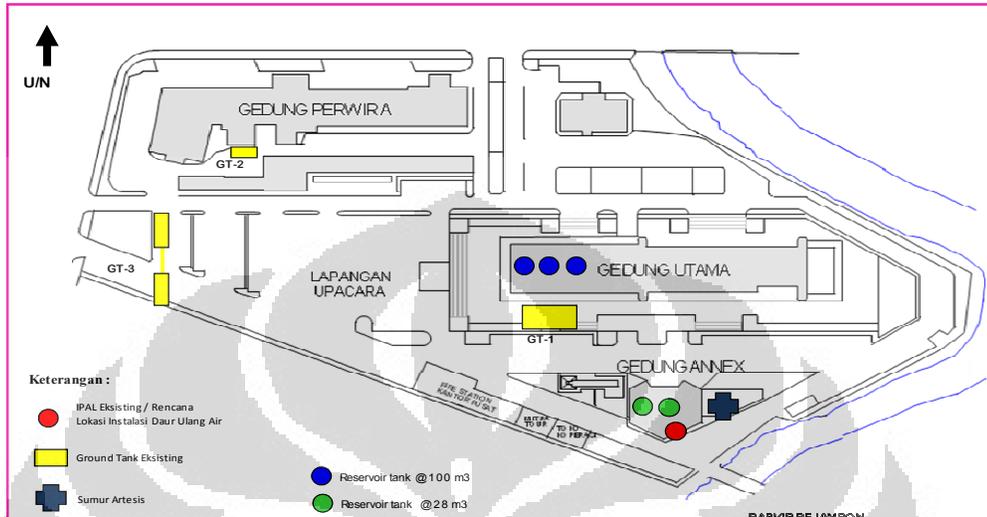
Tabel 4.1. Informasi Umum Gedung di Kantor Pusat Pertamina

No.	Nama Gedung	Jumlah Lantai	Luas Area Operasi (m <sup>2</sup> )	Jumlah Penghuni (jiwa)
1	Gedung Utama	24	48.092	1500
2	Gedung Annex	12	7.914	750
3	Gedung Perwira	2	1.512	100
4	Parkiran <i>basement</i>	-	2.004	-
5	Parkir mobil	-	8.303	-
6	Parkir motor	-	1.032	-
7	Lahan terbuka dan Taman	-	428	-

Sumber: Pertamina, 2012

## 4.2 Sumber Daya Air Kantor Pusat Pertamina

Jenis dan lokasi fasilitas dalam pemanfaatan sumber daya air di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Gambar 4.3.



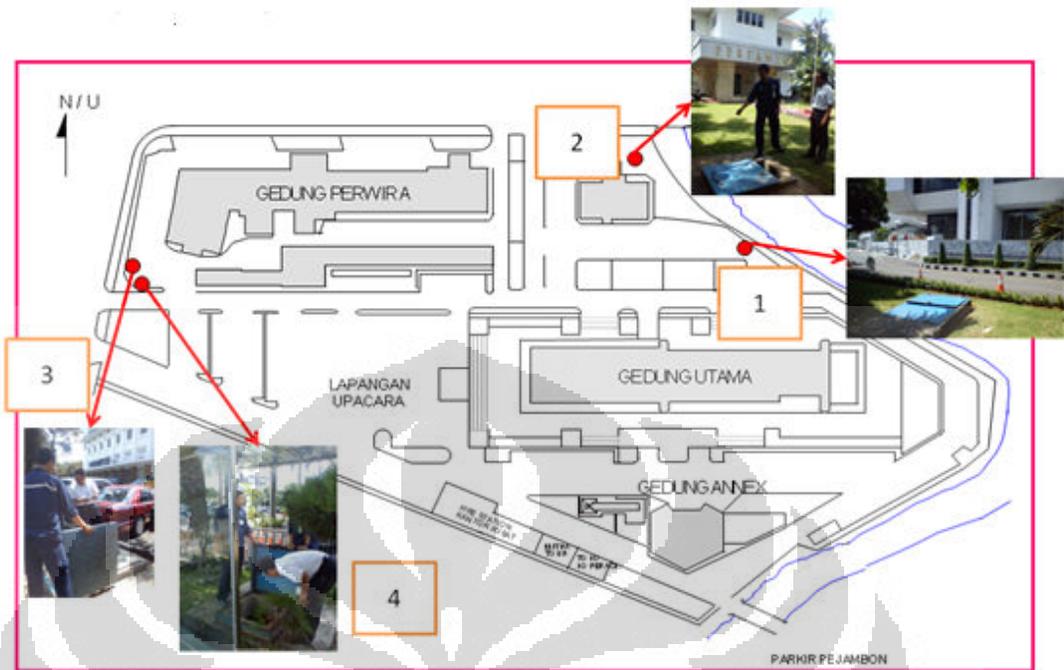
Gambar 4.3. *Layout* Fasilitas Air Kantor Pusat Pertamina.

Sumber: Pertamina, 2012

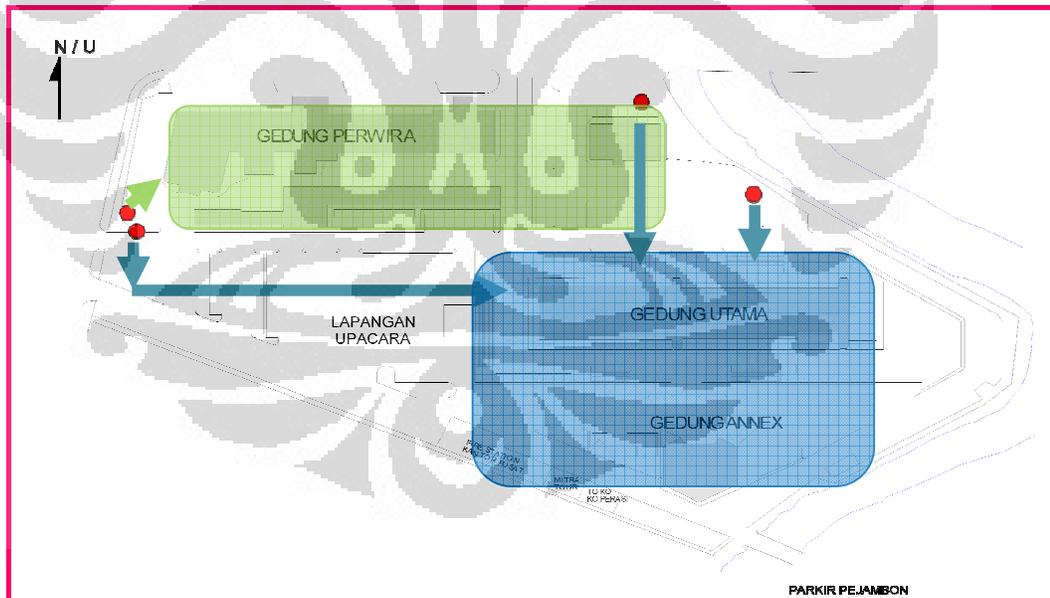
### 4.2.1 Pengelolaan Air Bersih

Dalam melaksanakan aktivitas, Kantor Pusat Pertamina menggunakan sumber air bersih sebagai berikut :

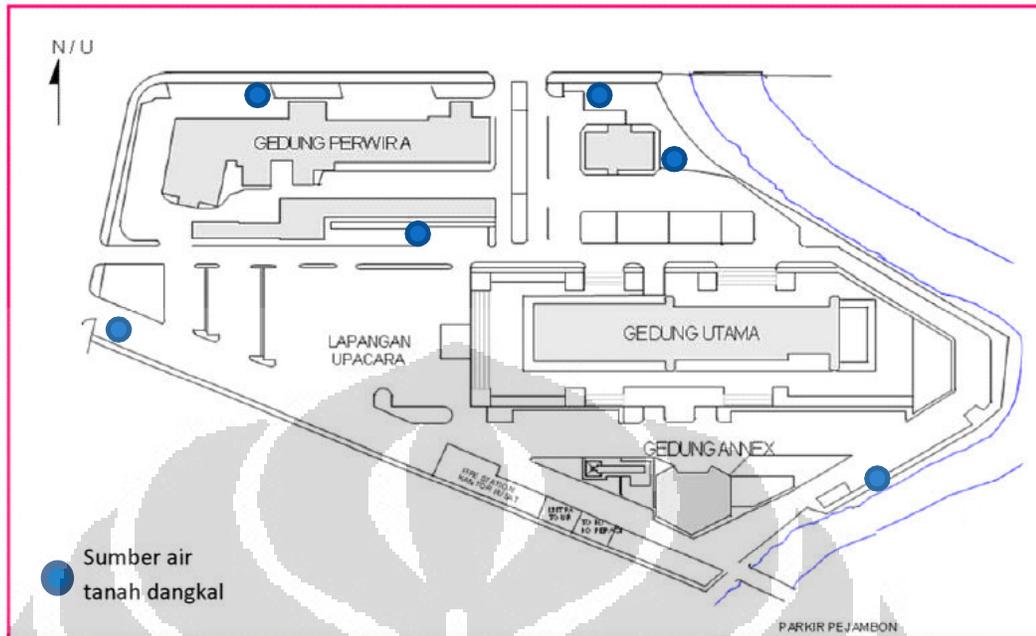
- Air tanah dalam (artesis) sebanyak 1 titik. Hingga November 2010 sumber ini memasok  $\pm$  30% kebutuhan air. Setelah November 2010 sumber ini tidak digunakan lagi.
- Air dari PDAM (PAM-PALYJA) yang melalui 4 buah meter air (Gambar 4.4). Hingga November 2010 sumber ini memasok  $\pm$  70% kebutuhan air. Saat ini sumber ini digunakan untuk memasok hingga 98% kebutuhan air. Peta daerah layanan PDAM ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.
- Air tanah dangkal sebanyak 6 titik yang saat ini digunakan untuk memasok hingga 2% kebutuhan air (Gambar 4.6). Sumber ini hanya digunakan untuk kebutuhan kebersihan dan pertamanan/*landscaping*.



Gambar 4.4. Lokasi Meteran Air PDAM Kantor Pusat Pertamina  
 Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012



Gambar 4.5. Peta Daerah Layanan setiap Meteran Air PDAM  
 Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012



Gambar 4.6. Titik Lokasi Sumber Air Tanah Dangkal

Sumber: Pertamina, 2012

Jumlah pemakaian air bersih tiap bulan pada tahun 2011 berkisar antara 8.456 – 17.286 m<sup>3</sup>/bulan. Jumlah pemakaian air ini dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pemakaian Air Tahun 2011 Kantor Pusat Pertamina

Lokasi Meteran Air	Rata-rata (m <sup>3</sup> /bulan)	Simpangan (m <sup>3</sup> /bulan)	Minimum (m <sup>3</sup> /bulan)	Maksimum (m <sup>3</sup> /bulan)
Merdeka Timur 1A	4.323	823	2.319	5.651
Perwira Pertamina 2	1.824	816	940	3.476
Perwira 2	4.715	614	3.377	5.572
Samping Annex (Air tanah)	4.256	703	3.180	5.568
Perwira 2-4	2.499	2.381	59	4.817
<b>Total</b>	<b>14.742</b>	<b>2.137</b>	<b>8.456</b>	<b>17.286</b>

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

Dari total pemakaian air rata-rata sebesar 14.742 m<sup>3</sup>/bulan tersebut, pemakaian air rata-rata per hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. Perbandingan Pemakaian Air

Hari Pemakaian	Jumlah Pemakaian (m <sup>3</sup> )
Hari Kerja (Senin-Jumat)	451
Sabtu	498
Minggu	410

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

Secara umum dari sejumlah pemakaian diatas, bentuk penggunaan air di Kantor Pusat Pertamina adalah untuk aktivitas domestik, seperti: dapur/*pantry*, kantin/kafetaria, *flushing* kloset, urinoir, kran air *wastafel*, kran dinding, *shower*. Penggunaan lainnya adalah untuk kebutuhan *cooling tower*, *fire system* dan *landscaping*/pertamanan. Khusus untuk *fire system*, pemakaian air hanya kondisional yang tidak dilakukan setiap hari sehingga tidak dilaporkan sebagai penggunaan utama, Berikut hasil evaluasi pemakaian air pada masing-masing bentuk penggunaan:

- a. Evaluasi kebutuhan air aktivitas domestik
  - Kloset-kloset yang digunakan secara umum termasuk tipe standar dengan kapasitas 6 liter per *flush*. Dengan jumlah hari pemakaian 23 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4. Pemakaian Air pada Kloset

	Pria	Wanita	Pengunjung
<b>Jumlah orang</b>	1680	720	360
<b>Persentase penghuni</b>	70%	30%	15% dari penghuni
<b>Jumlah flush</b>	0,5 - 1/hari	3 - 4/hari	0,33/hari
	116 - 232 m <sup>3</sup> /bulan	298 - 397 m <sup>3</sup> /bulan	16,5 m <sup>3</sup> /bulan
<b>Total</b>	430,5 - 645,5 m <sup>3</sup> /bulan		

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

- Urinoir yang digunakan merupakan tipe standar dengan konsumsi 1,9 – 3,8 liter/*flush*. Dengan jumlah hari pemakaian 23 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.5. Pemakaian Air pada Urinoir

	<b>Pria</b>	<b>Pengunjung</b>
<b>Jumlah orang</b>	1680	360
<b>Persentase penghuni</b>	70%	15% dari penghuni
<b>Jumlah flush</b>	2,5/hari	0,17/hari
	183,5 - 367 m <sup>3</sup> /bulan	2,7 - 5,4 m <sup>3</sup> /bulan
<b>Total</b>	186,2 - 372,4 m <sup>3</sup> /bulan	

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

- Pemakaian air pada kran *wastafel* diasumsikan mengkonsumsi air sebanyak 0,8 liter setiap pemakaian. Sedangkan kran dinding dan *shower* diasumsikan mengkonsumsi air sebanyak 6 liter setiap pemakaian. Dengan jumlah hari pemakaian 23 hari, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6. Pemakaian Air pada Kran Air dan Shower

<b>Pemakaian</b>	<b>Karyawan</b>	<b>Pengunjung</b>
<b>Wastafel</b>	3 pemakaian/hari	0,17 pemakaian/hari
	132,5 m <sup>3</sup> /bulan	1,2 m <sup>3</sup> /bulan
<b>Keran dinding</b>	1,6 pemakaian/hari	0,17 pemakaian/hari
	530 - 618 m <sup>3</sup> /bulan	8,5 - 9,9 m <sup>3</sup> /bulan
<b>Shower</b>	0,15 shower/hari	
	82,8 m <sup>3</sup> /bulan	
<b>Total</b>	755 - 843 m <sup>3</sup> /bulan	

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

- Pemakaian air di dapur/*pantry* dan kantin/kafeteria digunakan secara rutin minimal 2 kali sehari dengan jumlah pemakaian 667 -801 m<sup>3</sup>/bulan.

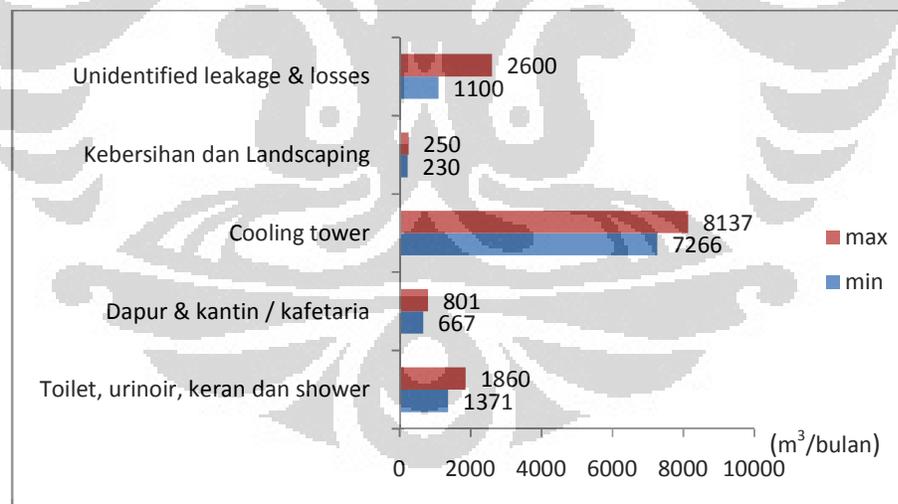
b. Evaluasi kebutuhan air kebersihan dan pertamanan

Pengecekan dilakukan pada titik sumber air tanah dangkal. Kebutuhan penyiraman diperoleh sebesar 8,4 m<sup>3</sup>/hari atau 192 m<sup>3</sup>/bulan. Bila mengakomodasikan 20% kelebihan pemakaian air diperhitungan, kebutuhan air diestimasi sebesar 230 – 250 m<sup>3</sup>/bulan.

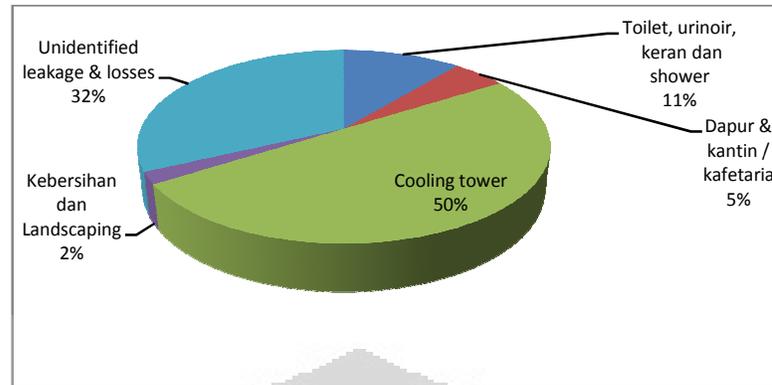
c. Evaluasi kebutuhan air pada *cooling tower*

Berdasarkan informasi dari Pertamina yang melakukan pengukuran bersama PT, LAPI-ITB, konsumsi air untuk *cooling tower* berkisar antara 7.266 – 8.137 m<sup>3</sup>/bulan.

Berdasarkan hasil evaluasi pemakaian air oleh PT. LAPI-ITB, terdapat kehilangan air sebesar 1100 – 2600 m<sup>3</sup>/bulan atau sekitar 32% dari total pemakaian air. Rangkuman kebutuhan air maksimum dan minimum tiap bulan untuk masing-masing bentuk penggunaan dapat dilihat pada Gambar 4.7. Sedangkan persentase pemakaian air rata-rata tiap bulan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7. Rincian Pemakaian Air Kantor Pusat Pertamina  
Sumber : Pertamina (telah diolah kembali), 2011



Gambar 4.8. Persentase Pemakaian Air Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2011

Berdasarkan Neraca Air Eksisting Kantor Pusat Pertamina (Lampiran II), garis besar pemakaian air PDAM setiap gedung di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Gambar 4.9.

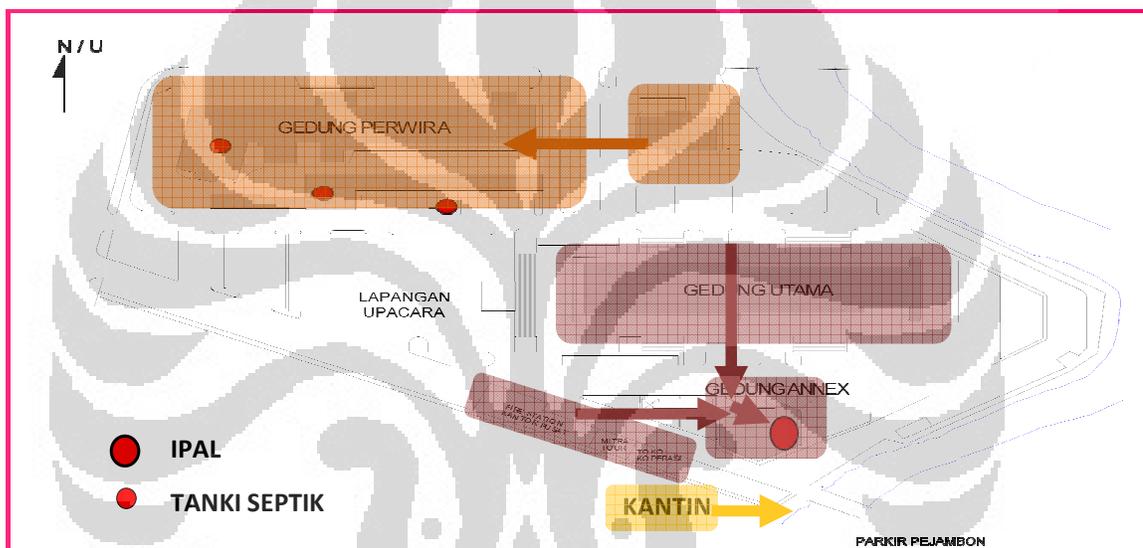


Gambar 4.9. Garis Besar Pemakaian Air PDAM Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

#### 4.2.2 Pengelolaan Air Limbah

Pada kondisi eksisting, air limbah diolah dengan dua cara, yakni dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan tangki septik. Air buangan yang berasal dari kegiatan domestik dan *cooling tower* yang berasal dari Gedung Utama dan Gedung Annex akan menuju ke IPAL yang berada di Gedung

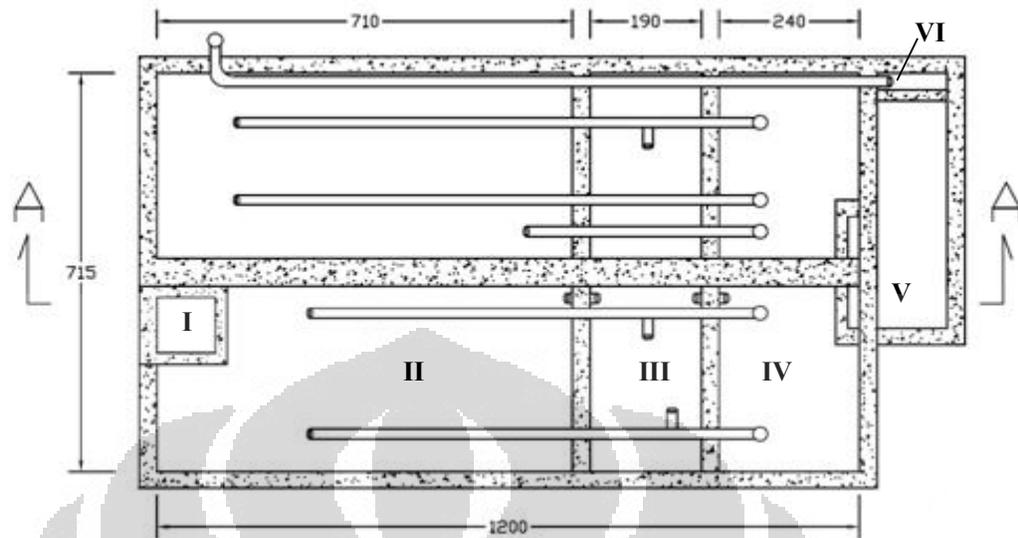
Annex. Khusus untuk Gedung Perwira, air buangan masuk ke dalam Tanki Septik untuk kemudian dibuang ke badan air. Tanki Septik ini berjumlah 3 unit dengan 1 unit berdimensi  $2,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  dan 2 unit berdimensi  $4,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ . Sementara itu air buangan dari kantin yang ada di dekat area parkir Pejambon langsung dibuang ke Kali Ciliwung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Aliran air limbah di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Gambar 4.11. Dalam perencanaan selanjutnya, semua air buangan dari setiap gedung akan dialirkan ke IPAL.



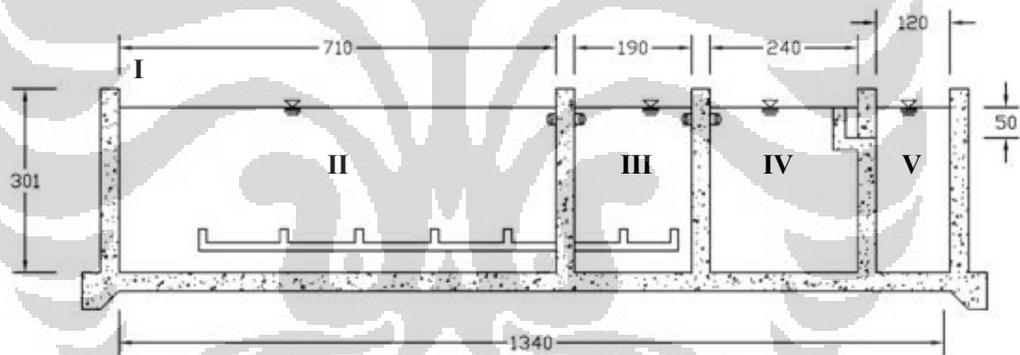
Gambar 4.10. Aliran Air Limbah Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

#### 4.2.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Eksisting

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting di Kantor Pusat Pertamina dibangun pada tahun 1974. Material penampung terbuat dari konstruksi beton bertulang. IPAL ini sebelumnya telah dilakukan beberapa kali perbaikan *Layout* IPAL dapat dilihat pada Gambar 4.12. dan potongan A-A IPAL dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.11. *Layout* IPAL Eksisting Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina, 2012



Gambar 4.12. Potongan A-A *Layout* IPAL Eksisting Kantor Pusat Pertamina  
Sumber: Pertamina, 2012

Keterangan gambar:

- I. *Inlet Chamber*
- II. *Equalization Basin*
- III. *Aeration Basin*
- IV. *Sedimentation Basin*
- V. *Chlorination Basin*
- VI. *Outlet Chamber*

Penanganan air limbah menggunakan IPAL Sistem *Extended Aeration*. IPAL eksisting ini. terdiri dari beberapa unit operasi dan unit proses dalam upaya untuk mendapatkan kualitas air buangan yang dipersyaratkan. Berikut adalah uraian kondisi eksisting unit operasi dan unit proses pada IPAL:

### I. *Inlet Chamber*

Air limbah yang berasal dari 3 lantai terbawah Gedung Utama dan Gedung Annex akan masuk ke *sump pit*. Setelah *sump pit* terisi penuh, air limbah secara otomatis akan dipompa ke *inlet chamber*. Sedangkan lantai 4 ke atas akan langsung masuk ke *inlet chamber*. Sebelum air limbah masuk ke bak, air limbah disaring dari kotoran atau sampah kasar yang berpotensi mengganggu proses pengolahan dengan menggunakan *bar screen*. Kotoran atau sampah kasar yang menumpuk pada *bar screen* dibersihkan secara manual. Sementara padatan lain seperti kotoran manusia yang lolos dari *bar screen* akan dihancurkan oleh *communitor* menjadi partikel yang lebih kecil sehingga mudah untuk diproses secara biologi dalam unit pengolahan utama. Selain itu juga IPAL memiliki *chipoletti weir* yang digunakan untuk memantau debit aliran yang masuk ke dalam IPAL.

Saat ini inlet IPAL dalam kondisi rusak sebagaimana tampak pada Gambar 4.14.a. *communitor* dalam kondisi rusak sehingga padatan tidak dapat dihancurkan. Selain itu, *chipoletti weir* juga dalam kondisi rusak sehingga pemantauan air tidak dapat dilakukan dengan mudah.

### II. *Equalization Basin*

Air limbah akan masuk secara *over flow* dari *inlet chamber*. Oleh karena itu, bak ekualisasi ini berfungsi untuk meratakan kualitas air limbah yang masuk dan sebagai *balancing tank* antara debit air yang masuk dengan debit air yang dialirkan ke *aeration tank*. Pada bak ini, terjadi proses pengenceran air limbah menggunakan air efluen dari bak sedimentasi. Pada bak ekualisasi ini juga dilakukan proses aerasi dalam upaya mengurangi kandungan amonia dalam air limbah. Air limbah selanjutnya dialirkan ke bak aerasi melalui *flow control box* agar air yang akan berpindah ke bak aerasi menjadi konstan sesuai perencanaan.

Saat ini *flow control box* tidak berfungsi optimal dalam menyesuaikan muka aliran sehingga aliran ke bak selanjutnya masih fluktuatif. Selain itu, menumpuknya *scum* maupun benda yang terapung lainnya di lubang alir menyebabkan aliran tidak lancar.

### III. *Aeration Basin*

Air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi akan bercampur dengan flok aktif. Pada bak ini terjadi penguraian limbah oleh bakteri aerobik yang bekerja aktif dengan keberadaan oksigen yang larut dalam bak aerasi. Proses ini disebut dengan *aerobic digestion process*. Bak aerasi dibuat sedemikian rupa sehingga diharapkan terjadi efek pencampuran yang cukup agar seluruh bagian air terkena kontak dengan oksigen. Oksigen terlarut (DO) dihasilkan dari aerator yang dioperasikan selama satu jam sesuai jadwal yang ditentukan setiap hari. Pada unit ini juga terjadi proses yang pengembalian flok aktif dari bak sedimentasi.

Kondisi air saat ini berwarna kehitaman disertai bau yang menyengat. Hal ini menggambarkan bahwa proses aerasi tidak berjalan sempurna atau kondisi kurang aerob. Terdapat dua buah aerator yang bekerja secara bergantian. Pada saat survey pada jam 09:00 hingga jam 16:00 dengan hari yang berbeda, aerator hanya bekerja satu kali sehari selama satu jam dengan jadwal aktivasi tidak menentu.

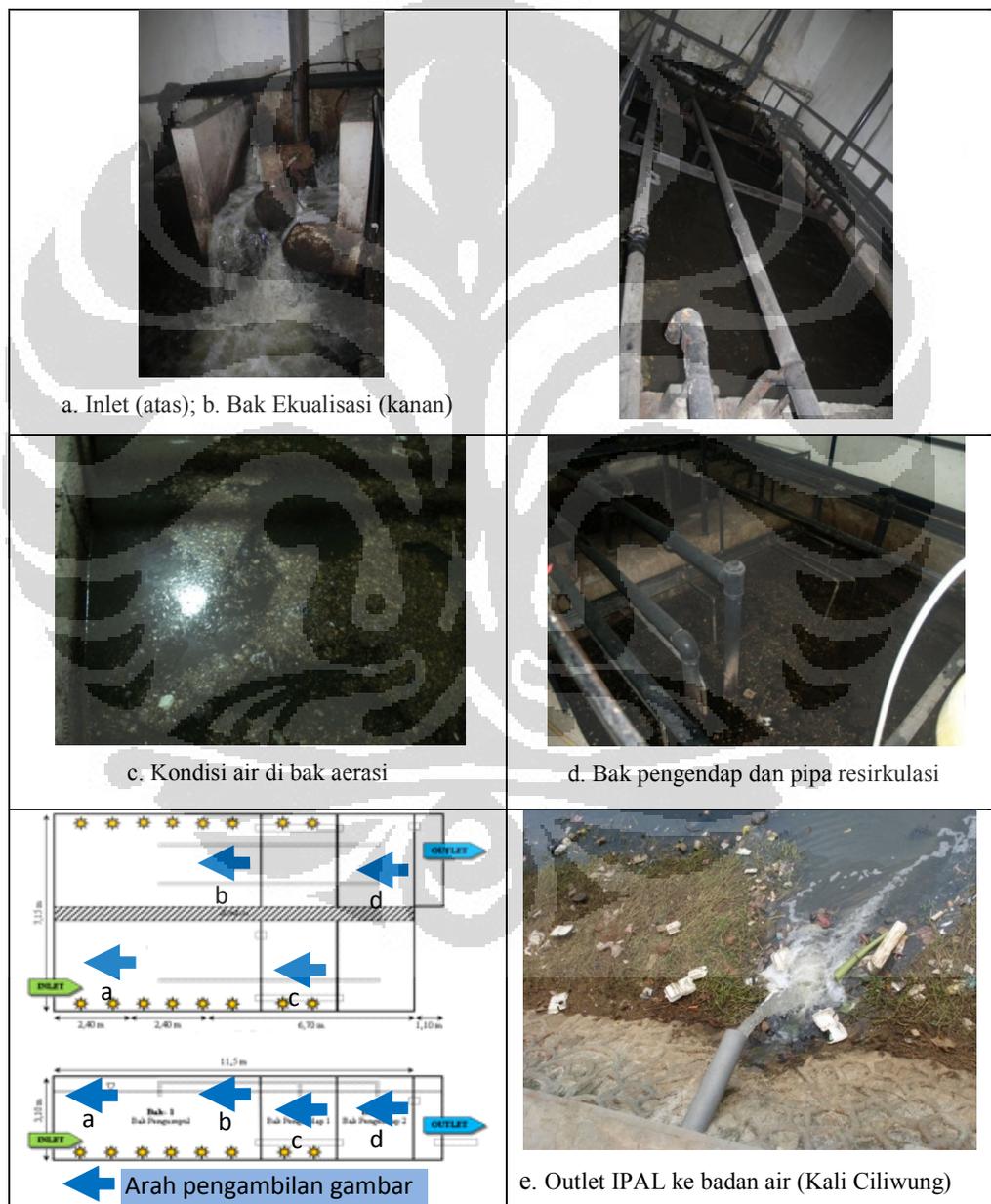
### IV. *Sedimentation Basin*

Dalam bak ini berlangsung pengendapan secara gravitasi. Lumpur aktif dan padatan lainnya ditampung dalam bagian dasar bak yang berbentuk kerucut sehingga meniadakan penggunaan alat *scraper*. Secara berkala lumpur aktif ini akan dikembalikan ke bak aerasi dengan bantuan *air lift system* yang bekerja karena adanya daya dorong dan daya tarik oleh udara yang dihasilkan oleh *blower* yang juga berfungsi sebagai aerator. Pengembalian lumpur aktif ini dimaksudkan untuk meningkatkan dan mempertahankan kemampuan sistem untuk menurunkan derajat polutan. Sementara itu lumpur yang mengambang pada permukaan air akan dialirkan ke *sludge holding tank* oleh *scum skimmer*. Selanjutnya, air yang terolah dialirkan menuju *Chlorination basin*.

## V. Chlorination Basin

Dalam *chlorination basin ini*, air limbah didesinfeksi dengan larutan *chlorine*. Tangki dibuat bersekat agar limbah yang telah dibubuhi desinfektan mendapat efek pengadukan yang cukup sebelum di alirkan ke *outlet basin*.

Saat ini proses desinfeksi tidak lagi berlangsung karena rusaknya *dosing pump*.



Gambar 4.13. Kondisi IPAL Eksisting

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

#### 4.2.4 Karakteristik Influen dan Efluen IPAL

Pihak HSE (*Health, Safety, Environment*) PT Pertamina (Persero), melakukan pengujian mutu efluen IPAL sekali dalam 4 bulan atau 3 kali setahun. Hasil pengujian ini dipaparkan dalam kajian Audit Lingkungan/ AMDAL Kantor Pusat Pertamina. Mutu efluen IPAL pada tahun 2010 dapat dilihat secara rinci pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Mutu Efluen IPAL Tahun 2010  
(Sumber: Pertamina, 2011)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Uji Tahun 2010		
				I	II	III
1	pH	-	6 – 9	7.10	7.20	7.90
2	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	85	19.11	35.16	53.78
3	TSS	mg/l	50	10.00	16.00	48.00
4	Amonia	mg/l	10	10.01	6.62	39.91
5	Minyak dan Lemak	mg/l	10	0.16	0.45	1.13
6	MBAS	mg/l	2	0.01	0.03	0.00
7	COD (dichromat)	mg/l	80	26.36	59.23	85.91
8	BOD (20 <sup>0</sup> C, 5 hari)	mg/l	50	10.5	18.00	30.00

\*) Baku Mutu Berdasarkan Pergub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

Keterangan:

I - Tanggal penerimaan contoh : 28 Januari 2010

II - Tanggal penerimaan contoh : 16 Juni 2010

III - Tanggal penerimaan contoh : 2 November 2010

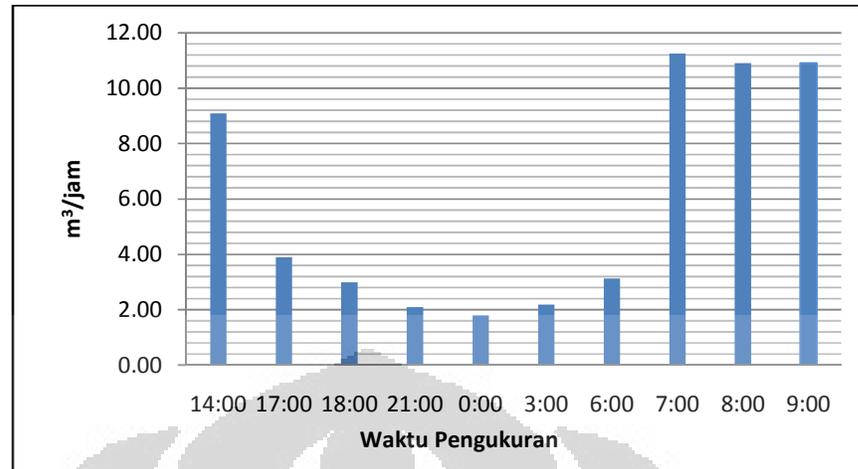


telah melampaui baku mutu

hampir melampaui baku mutu

Pada bulan April 2011, Pertamina bersama PT. LAPI-ITB melakukan evaluasi debit influen dan efluen pada IPAL eksisting. Rekapitulasi hasil pengukuran debit adalah sebagai berikut:

- Rasio air limbah terhadap air bersih diperhitungkan sebesar = 0,69-0,76
- Hasil pengukuran influen hari kerja = 125 m<sup>3</sup>/hari



Gambar 4.14. Fluktuasi Debit Inlet IPAL  
Sumber: Pertamina, 2011

- Hasil pengukuran efluen hari kerja = 120 m<sup>3</sup>/hari, dengan rincian debit sebagai berikut:

Tabel 4.8. Pengukuran Debit Efluen Hari Kerja

	I	II	Rata-rata	Satuan
Qaverage	4,84	5,13	4,98	m <sup>3</sup> /jam
Qmax	18,45	12,69	14,66	m <sup>3</sup> /jam
Qmax/avg	3,81	2,47	2,94	m <sup>3</sup> /jam
Qmin	0,00	0,00	0,23	m <sup>3</sup> /jam
Qmin/avg	0	0	0,05	m <sup>3</sup> /jam

Sumber: Pertamina, 2011

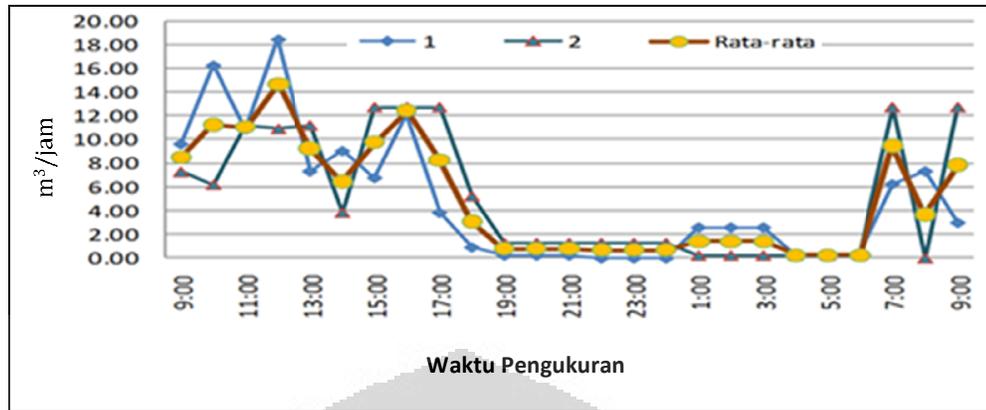
- Hasil pengukuran efluen pada akhir pekan menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.9. Pengukuran Debit Efluen Akhir Pekan

Waktu	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Total
Sabtu – siang	39,3	85,1 m <sup>3</sup> /hari
Sabtu – malam	45,8	
Minggu – siang	45,4	65,6 m <sup>3</sup> /hari
Minggu – malam	20,1	

Sumber: Pertamina, 2012

- Fluktuasi debit efluen IPAL dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Fluktuasi Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina.  
Sumber: Pertamina, 2011

Selain data sekunder, juga dilakukan pengukuran debit dan pengujian sampel sebagai data primer pada IPAL. Hasil pengukuran debit efluen IPAL dapat dilihat pada Lampiran I. Sedangkan hasil pengujian sampel dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Mutu IPAL Tahun 2012  
(Sumber: BPLHD DKI Jakarta, 2012)

Parameter	Satuan	Baku Mutu *	Hasil Uji			
			Influen Puncak (29/2/12) (10:50)	Efluen Puncak (29/2/12) (11:00)	Grab Efluen (29/2/12) (09:40)	Composite Efluen (24/4/12) (09:00-14:00)
pH	–	6 – 9	7,5	7,5	7,5	7,5
Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	85	89,99	60,05	37,94	50,19
TSS	mg/l	50	107	89	43	35
Amonia	mg/l	10	38,36	33,82	34,56	18,5
Minyak dan Lemak	mg/l	10	<1,13	<1,13	<1,13	<1,13
COD	mg/l	80	177,09	239,22	74,56	73,23
BOD	mg/l	50	47,88	56,3	35,75	30,79
Suhu	°C	(-)	27	28	27	27
Total Hardness	mg/l	(-)	(-)	(-)	122,88	91,2
TDS	mg/l	(-)	(-)	(-)	459	419
Fecal Coliform	jml/100 ml	(-)	>16000	(-)	>16000	(-)
Total Coliform	jml/100 ml	(-)	>16000	(-)	>16000	(-)

\* ) Baku Mutu Berdasarkan Pergub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

Keterangan:

     telah melampaui baku mutu

### 4.3 Kondisi Eksisting *Cooling Tower* Kantor Pusat Pertamina

Kebutuhan air *cooling tower* dilaporkan sebagai kebutuhan utama karena konsumsi air pada penggunaan ini sangat besar. Jumlah pemakaian air *cooling tower* pada setiap gedung di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.11. Jumlah Pemakaian Air untuk *Cooling Tower* di Kantor Pusat Pertamina

	Neraca Air Pertamina 2010 (m <sup>3</sup> /hari)	Persentase dari Total Pemakaian u/ <i>Cooling Tower</i>	LAPI - ITB 2011 (m <sup>3</sup> /hari)	Persentase dari Total Pemakaian u/ <i>Cooling Tower</i>
Gedung Utama	131	62	145	62
Gedung Annex	66	31	73	31
Gedung Perwira	14	7	16	7
<b>Total</b>	<b>211</b>	<b>100</b>	<b>235</b>	<b>100</b>

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

Evaluasi ulang terhadap kebutuhan air *cooling tower* telah dilakukan untuk mengetahui kinerja dan efisiensi dari *cooling tower* yang digunakan. Debit aliran *cooling tower* pada setiap gedung dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.12. Debit Aliran *Cooling Tower* di Kantor Pusat Pertamina

<i>Cooling Tower</i>	Gedung Utama (m <sup>3</sup> /menit)	Gedung Annex (m <sup>3</sup> /menit)	Gedung Perwira (m <sup>3</sup> /menit)	Total (m <sup>3</sup> /menit)
1	0.051	0.051	0.0038	0.1058
2	0.045		0.0034	0.0484
3	0.005		0.0040	0.009
<b>Total per Gedung (m<sup>3</sup>/menit)</b>	<b>0.101</b>	<b>0.051</b>	<b>0.0112</b>	<b>0.1632</b>

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

*Cooling tower* yang digunakan di Kantor Pusat Pertamina beroperasi pada suhu air rata-rata 60 – 70<sup>0</sup> C dengan kehilangan air secara teoritis adalah sebesar 1,8 – 1,9%<sup>1</sup>. Berdasarkan kondisi pengaliran eksisting besarnya *evaporation loss* tersebut diperkirakan sama dengan besarnya *blowdown loss*.

<sup>1</sup> *Drift losses* diestimasikan sebesar 0,1 – 0,2 %. Kehilangan akibat penguapan ( $0,00085 \times \text{water flowrate} \times (T_1 - T_2)$ ) dihitung berdasarkan asumsi perbedaan suhu yang terjadi adalah 10<sup>0</sup> C. (Sumber: PT. LAPI-ITB)

Tabel 4.13. Perhitungan Kebutuhan Cooling Tower Harian Kantor Pusat Pertamina

Kehilangan air	Gedung Utama (m <sup>3</sup> /hari)	Gedung Annex (m <sup>3</sup> /hari)	Gedung Perwira (m <sup>3</sup> /hari)	Total (m <sup>3</sup> /hari)
1%	54.6	27.6	6.0	88.2
2%	109.1	55.2	12.1	176.4
3%	163.7	82.8	18.1	264.6
4%	218.2	110.4	24.1	352.7

Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

Dengan waktu operasi rata-rata adalah 15 jam dan kehilangan air sebesar 2%, maka kebutuhan air adalah 176 m<sup>3</sup>/hari (Tabel 4.7). Namun, bila dibandingkan jumlah kebutuhan air yang digunakan (Tabel 4.5), angka yang dihasilkan lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi *cooling tower* lebih rendah dibanding dengan nilai teoritis yang ada.

## BAB 5

### PENGOLAHAN DAN ANALISIS

#### 5.1 Aspek Kebutuhan

##### 5.1.1 Potensi daur ulang air limbah

###### a. Kondisi eksisting

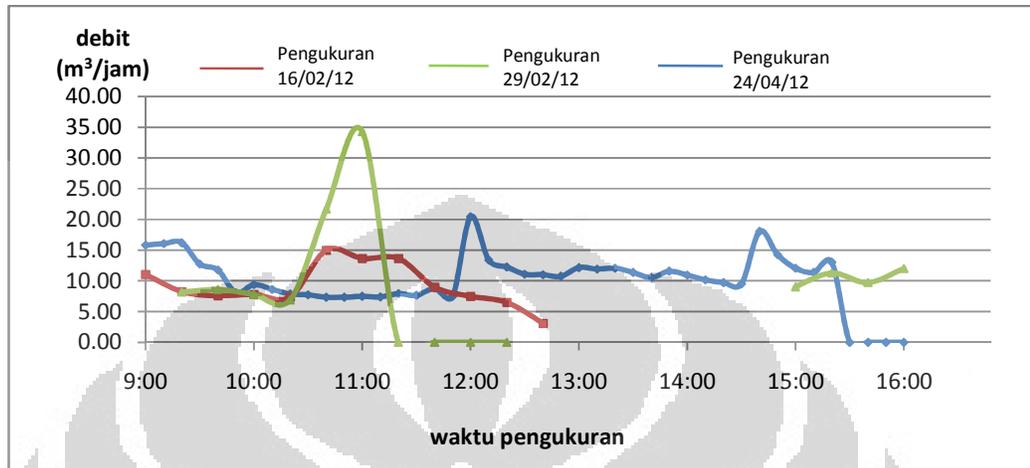
Pada kondisi eksisting, air limbah yang masuk ke IPAL hanya bersumber dari Gedung Utama dan Gedung Annex. Berdasarkan data (Pertamina, 2011), karakteristik debit air pada IPAL eksisting adalah sebagai berikut:

- Debit influen rata-rata pada hari kerja : 125 m<sup>3</sup>/hari
- Debit efluen rata-rata pada hari kerja : 120 m<sup>3</sup>/hari
- Kehilangan dalam IPAL : 5 m<sup>3</sup>/hari

Selain data sekunder diatas, juga dilakukan pengukuran debit secara langsung (data primer). Pengukuran debit hanya dilakukan pada efluen IPAL. Pengukuran debit efluen dilakukan pada jam operasional pekerja di IPAL Pertamina, yakni dari pukul 09:00 hingga pukul 16:00 WIB. Pengukuran dilakukan pada tanggal 16 Februari 2012, 29 Februari 2012 dan 24 April 2012. Pengukuran dilakukan dengan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran I.

Pada pengukuran tanggal 16 Februari 2012 dan pengukuran tanggal 29 Februari 2012, pengukuran debit dilakukan setiap 20 menit. Pada pengukuran ke-I, terdapat kekosongan data dari pukul 13:00 hingga pukul 16:00. Sedangkan pada pengukuran ke-II, terdapat kekosongan data dari pukul 12:40 hingga pukul 14:40. Pada pengukuran tanggal 24 April 2012, pengukuran debit dilakukan setiap 10 menit. Untuk pengukuran ini data yang dihasilkan lebih lengkap dibanding ke dua pengukuran sebelumnya. Data untuk debit pada jam 16:00 seharusnya diukur dalam rentang waktu 16:00-16:40 untuk pengukuran tanggal 16 Februari 2012 dan tanggal 29 Februari 2012 dan 16:00-16:50 untuk pengukuran tanggal 24 April 2012. Namun karena keterbatasan waktu, debit hanya diukur satu kali di jam 16:00. Grafik fluktuasi debit efluen IPAL pada ketiga waktu pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.1. Debit efluen sebesar 0 m<sup>3</sup>/jam terjadi saat *blower* dinyalakan yang menyebabkan tinggi air di *sedimentation basin* tidak mencapai

*weir* outlet sehingga tinggi air di *effluen basin* lebih kecil dari minimum ketinggian pipa outlet.



Gambar 5.1. Grafik Fluktuasi Debit Efluen IPAL  
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Dari Gambar 5.1 diatas, ketiga grafik memperlihatkan perbedaan debit yang cukup besar pada waktu pengukuran yang sama. Hal ini disebabkan karena efluen IPAL eksisting sangat dipengaruhi oleh jumlah aliran yang masuk (influen) ke IPAL. Pada kondisi eksisting saat ini, IPAL memiliki kinerja yang tidak optimal. Terdapat beberapa kerusakan, baik kerusakan peralatan maupun proses yang terjadi dalam IPAL. Aliran limbah dari *sump pit* memiliki debit yang sangat besar. Apabila pompa *sump pit* aktif, maka akan terjadi peningkatan influen yang signifikan. Kondisi ini tidak mampu di-*balancing* oleh bak ekualisasi karena *flow control box* dalam kondisi rusak. Hal yang sangat signifikan mempengaruhi lainnya adalah waktu aktivasi *blower* yang tidak menentu. Hal ini menyebabkan debit yang keluar dari IPAL juga fluktuatif.

Dalam penelitian ini, dilakukan penyederhanaan data dengan cara mengkonversi debit setiap 10 atau 20 menit yang ada menjadi debit rata-rata dalam 1 jam. Hasil pengukuran debit efluen IPAL secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengukuran Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina

Waktu	Pertamina 2011 (April 2011)		Pengukuran pada 16 Februari 2012		Pengukuran pada 29 Februari 2012		Pengukuran pada 24 April 2012	
	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari
9:00	8,60	206,40	<b>8,97</b>	215,28	<b>8,40</b>	201,60	<b>13,45</b>	322,82
10:00	11,90	285,60	<b>10,07</b>	241,68	<b>12,12</b>	290,88	<b>8,06</b>	193,44
11:00	11,80	283,20	<b>12,10</b>	290,40	<b>34,28</b>	822,72	<b>7,79</b>	186,86
12:00	14,66	351,84	<b>5,70</b>	136,80	<b>0,00</b>	0,00	<b>13,15</b>	315,57
13:00	9,80	235,20	<b>9,80</b>	235,20	<b>9,80</b>	235,20	<b>11,61</b>	278,65
14:00	6,60	158,40	<b>6,60</b>	158,40	<b>6,60</b>	158,40	<b>12,11</b>	290,57
15:00	10,00	240,00	<b>10,00</b>	240,00	<b>10,00</b>	240,00	<b>12,17</b>	292,18
16:00	12,50	300,00	<b>12,50</b>	300,00	<b>12,00</b>	288,00	<b>0,00</b>	0,00
17:00	8,50	204,00	8,50	204,00	8,50	204,00	8,50	204,00
18:00	3,90	93,60	3,90	93,60	3,90	93,60	3,90	93,60
19:00	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96
20:00	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96
21:00	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96
22:00	0,23	5,52	0,23	5,52	0,23	5,52	0,23	5,52
23:00	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96
0:00	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96	0,29	6,96
1:00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00
2:00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00
3:00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00	2,00	48,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7:00	10,00	240,00	10,00	240,00	10,00	240,00	10,00	240,00
8:00	4,00	96,00	4,00	96,00	4,00	96,00	4,00	96,00
Debit rata2	119,94	m <sup>3</sup> /hari	109,82	m <sup>3</sup> /hari	127,28	m <sup>3</sup> /hari	112,42	m <sup>3</sup> /hari
	5,00	m <sup>3</sup> /jam	4,58	m <sup>3</sup> /jam	5,30	m <sup>3</sup> /jam	4,68	m <sup>3</sup> /jam

Keterangan:

Q = 0 terjadi saat sump pit pump dihidupkan selama 1 jam

**Value** Diambil dari data Pertamina 2011 (Metode pengukuran debit dengan V-notch)**Value** Hasil pengukuran langsung (Metode pengukuran debit secara volumetrik)

Sumber: Olah Data, 2012

Untuk mendapatkan fluktuasi harian, diperlukan data debit dalam 24 jam. Oleh karena itu, peneliti mengasumsikan debit yang tidak terukur pada ketiga pengukuran diatas yang terjadi pada jam 17:00 hingga jam 08:00 sama dengan data yang pengukuran Pertamina 2011. Pada rentang waktu tersebut, aktivitas kantor dalam kondisi sangat minimal dan tidak terdapat aktivitas lain yang

mempengaruhi perbedaan penggunaan sumber air di Kantor Pusat Pertamina sehingga asumsi yang digunakan dapat dipertanggung-jawabkan.

Untuk membandingkan masing-masing hasil pengukuran, diambil data debit pada 8 jam terukur dan kemudian dicari standar deviasi pada setiap waktu pengukuran. Standar deviasi dapat digunakan untuk membandingkan penyebaran atau penyimpangan dua kelompok data atau lebih dengan mengukur seberapa luas penyimpangan nilai data dari nilai rata-ratanya (Sugiyono, 2009). Persamaan standar deviasi adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\sum(X - \mu)^2 / N} \quad (5.1)$$

Keterangan:

- $\sigma$  : Standar deviasi
- $X$  : nilai setiap data pengamatan
- $\mu$  : nilai rata-rata hitung dari dalam populasi
- $N$  : jumlah data atau pengamatan dalam populasi
- $\Sigma$  : lambang penjumlahan

Apabila standar deviasinya kecil, maka hal tersebut menunjukkan nilai sampel berkumpul atau mengelompok di sekitar nilai rata-rata hitungnya. Artinya karena nilainya hampir sama dengan nilai rata-rata, maka disimpulkan bahwa anggota sampel mempunyai kesamaan. Sebaliknya, apabila nilai deviasinya besar, maka penyebarannya dari nilai tengah juga besar. Hal tersebut menunjukkan adanya nilai-nilai ekstrem baik yang tinggi maupun rendah. Standar deviasi yang besar juga menunjukkan adanya perbedaan jauh diantara anggota populasi. Standar deviasi yang tinggi biasanya dipandang kurang baik bila dibandingkan dengan standar deviasi rendah.

Perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel 5.2. Sedangkan grafik fluktuasi debit efluen dapat dilihat pada Gambar 5.2.

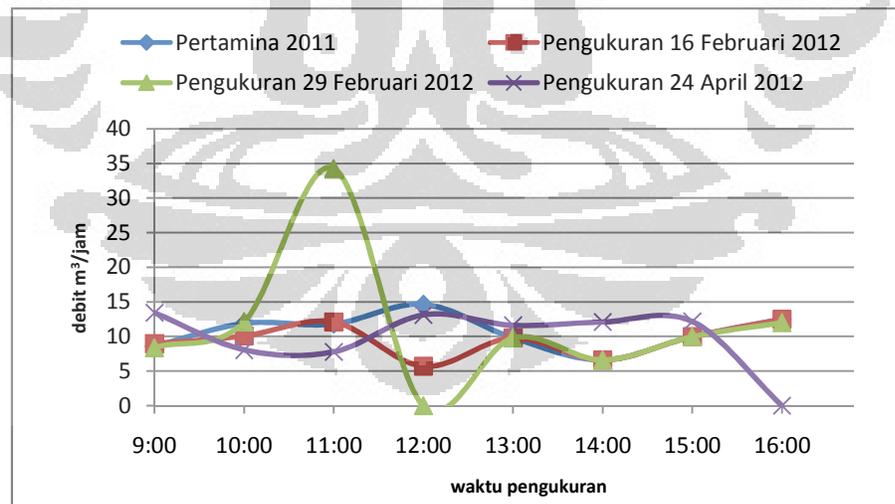
Tabel 5.2. Fluktuasi Debit Efluen IPAL (8 jam terukur)

Waktu Pengukuran	Pertamina 2011 (-/04/11) (m <sup>3</sup> /jam)	Pengukuran 16/02/12 (m <sup>3</sup> /jam)	Pengukuran 29/02/12 (m <sup>3</sup> /jam)	Pengukuran 24/04/12 (m <sup>3</sup> /jam)	Standard Deviasi
9:00	8,6	8,97	8,40	13,45	2,41
10:00	11,9	10,07	12,12	8,06	1,89
11:00	11,8	12,10	34,28	7,79	12,02
12:00	14,66	5,70	0,00	13,15	6,82
13:00	9,8	9,80	9,80	11,61	0,91
14:00	6,6	6,60	6,60	12,11	2,75
15:00	10	10,00	10,00	12,17	1,09
16:00	12,5	12,50	12,00	0,00	6,17
Debit Rata-rata	10,73	9,41	11,65	9,79	m <sup>3</sup> /jam
	85,86	75,24	93,20	78,34	m <sup>3</sup> /8 jam

Keterangan:

Value	Diambil dari data Pertamina 2011
Value	Hasil pengukuran langsung

Sumber: Olah Data, 2012



Gambar 5.2. Grafik Fluktuasi Debit Efluen IPAL (8 jam terukur)

Sumber : Olah Data, 2012

Dari Tabel 5.2 terlihat bahwa standar deviasi debit efluen IPAL setiap jam dihasilkan cukup rendah (kecil dari 3), kecuali pada pukul 11:00, 12:00 dan

pukul 16:00. Standar deviasi pada pukul 12:00 dan 16:00 cukup tinggi disebabkan karena salah satu jadwal pengukuran memiliki nilai 0 (nol), yakni pada saat blower diaktifkan. Sedangkan untuk jam 11, nilai pada pengukuran ke-II jauh lebih tinggi dibandingkan nilai pengukuran lainnya. Hal ini terjadi karena pompa *sump pit* dalam kondisi aktif saat pemakaian air harian pada titik maksimum (jam 11:00 hingga jam 13:00<sup>2</sup>). Hasil debit rata-rata per jam dari masing-masing pengukuran memiliki perbedaan nilai yang sangat kecil baik selama 24 jam terukur (standar deviasi = 0,33) maupun 8 jam terukur (standar deviasi = 0,98). Berdasarkan hasil ini, diasumsikan bahwa debit efluen harian IPAL eksisting dapat diperoleh dari rata-rata keempat pengukuran diatas. Berdasarkan Tabel 5.1 dan Tabel 5.2, debit efluen rata-rata IPAL eksisting adalah sebagai berikut:

- Debit efluen rata-rata dalam 24 jam : 117 m<sup>3</sup>/hari atau 4,89 m<sup>3</sup>/jam
- Debit efluen rata-rata dalam 8 jam : 83,3 m<sup>3</sup>/8 jam (71% dari debit 24 jam) atau 10,4 m<sup>3</sup>/jam

Data debit rata-rata efluen IPAL eksisting akan digunakan untuk mengukur debit efluen IPAL rencana dan kemudian akan digunakan dalam menghitung kapasitas unit pengolahan IDU.

#### **b. Perencanaan**

Sebelum Instalasi Daur Ulang (IDU) dibangun, pihak Pertamina akan melakukan perbaikan IPAL terlebih dahulu (IPAL rencana). Direncanakan air limbah dari Gedung Perwira dan kantin di Parkiran Pejambon akan dimasukkan ke dalam IPAL dengan tujuan agar kebijakan pengelolaan lingkungan pada seluruh aspek penggunaan air di Kantor Pusat Pertamina dapat terwujud. Pada IPAL rencana ini air limbah berasal dari ketiga gedung, yakni Gedung Utama, Gedung Annex, Gedung Perwira, dan ditambah kantin.

Debit air limbah rata-rata pada Gedung Perwira terukur sebesar 55 m<sup>3</sup>/hari<sup>3</sup>. Jumlah pemakaian air dari kantin diasumsikan sebesar ± 5 % dari total pemakaian air. Rata-rata total pemakaian air pada tahun 2011 adalah sebesar

<sup>2</sup> Jam istirahat karyawan di Kantor Pusat Pertamina.

<sup>3</sup> Hasil pengukuran yang dilakukan Pertamina tahun 2011

14.742 m<sup>3</sup>/bulan atau 491 m<sup>3</sup>/hari. Sehingga diperoleh jumlah pemakaian air pada kantin adalah sebesar 24,6 m<sup>3</sup>/hari. Dengan asumsi kehilangan air 32%<sup>4</sup> saat pemakaian dan faktor air limbah sebesar 0.725<sup>5</sup>, debit air limbah dari kantin diperkirakan sebesar 12,1 m<sup>3</sup>/hari.

Dari penambahan dari Gedung Perwira dan kantin ini, debit influen IPAL rencana diperoleh sebesar 190<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/hari. Pada data Pertamina (2011), debit influen IPAL eksisting adalah sebesar 125 m<sup>3</sup>/hari. Dengan debit efluen IPAL eksisting sebesar 120 m<sup>3</sup>/hari, dapat diperoleh persentase air yang keluar dari IPAL (efluen IPAL) adalah sebesar 96% dari total air yang masuk ke IPAL (influen IPAL). Sehingga dapat diasumsikan debit efluen IPAL rencana diperoleh sebesar 182 m<sup>3</sup>/hari atau 7,58 m<sup>3</sup>/jam. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan aliran dari Gedung Perwira dan kantin menyebabkan meningkatnya aliran influen IPAL sebesar 54%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Debit Efluen IPAL pada Hari Kerja(Eksisting dan Rencana)

	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Rata- rata	Maksi- mal	Mini- mal	Satuan	Keterangan
<b>IPAL eksisting</b>	120	4,98	14,7	0,23	m <sup>3</sup> /jam	Berdasarkan debit efluen Pertamina (2011)
<b>IPAL rencana (Qout)*</b>	182	7,58	22,3	0,35	m <sup>3</sup> /jam	+ 54% IPAL eksisting

Keterangan:

\*faktor maksimal dan minimal hari kerja diperoleh dari perbandingan pada debit efluen IPAL eksisting, masing masing sebesar 2,94 dan 0,05 berdasarkan data Pertamina (2011).

Sumber: Olah Data, 2012

Dalam upaya menghasilkan IDU yang efisien, ditentukan dua opsi operasional IDU, yakni opsi 24 jam (*continue*) dan opsi 8 jam (aktivitas kerja optimal dari pukul 09:00 hingga pukul 17:00). Opsi 8 jam dipertimbangkan karena pada kondisi ini debit air yang dapat dimanfaatkan mencapai 71% dari total efluen yang dihasilkan IPAL dalam sehari. Pada opsi 8 jam ini IDU hanya dioperasikan selama aktivitas kerja sehingga air yang diolah hanya efluen IPAL yang dihasilkan pada rentang waktu tersebut. Selain itu, pengoperasian pada

<sup>4</sup> Berdasarkan presentase pemakaian air Kantor Pusat Pertamina

<sup>5</sup> Berdasarkan rasio air limbah terhadap air bersih Kantor Pusat Pertamina dari penelitian PT.

LAPITB

<sup>6</sup> Total air limbah dari Gedung Utama, Gedung Annex, Gedung Perwira, dan kantin

rentang waktu tersebut bertujuan agar pengawasan terhadap unit-unit IDU dapat dilaksanakan lebih efektif dan efisien terhadap pekerja. Pengawasan ini penting karena IDU terdiri dari perangkat mekanik dan elektrikal yang lebih kompleks dibanding IPAL konvensional.

Berdasarkan debit efluen rata-rata IPAL eksisting dan perhitungan penambahan, maka debit efluen IPAL rencana adalah sebagai berikut:

- Debit efluen dalam 24 jam :  $182 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $7,58 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Debit efluen dalam 8 jam :  $129 \text{ m}^3/8 \text{ jam}$  atau  $16,1 \text{ m}^3/\text{jam}$

Berdasarkan perbandingan opsi 24 jam dan opsi 8 jam diatas, air yang dapat dimanfaatkan opsi 24 jam adalah 41% lebih besar dari opsi 8 jam sehingga potensi air yang dapat dihasilkan opsi 24 jam dalam satu hari akan lebih besar. Besar potensi ini akan mempengaruhi jumlah air yang dapat dihasilkan IDU yang selanjutnya akan mengurangi kebutuhan air PDAM lebih besar. Sehingga pembayaran rekening PDAM dapat lebih murah.

Opsi 8 jam memiliki debit rata-rata per jam 53% lebih besar dari opsi 24 jam sehingga kapasitas unit yang diperlukan lebih sedikit. Hal ini akan menyebabkan biaya investasi awal (*capital cost*) unit pada opsi 8 jam lebih mahal dibandingkan opsi 24 jam. Selain itu opsi 8 jam membutuhkan listrik besar pada pemakaian pompa karena kapasitas pompa yang digunakan lebih besar dari opsi 24 jam. Berdasarkan kondisi ini, opsi yang dipilih adalah opsi 24 jam.

Pengoperasian IDU pada opsi 24 diupayakan tidak akan berlangsung secara kontinu selama 24 jam. Hal ini dilakukan untuk menyediakan waktu perawatan dan pendinginan pompa untuk mencegah *overheat*. Kondisi ini dapat dihasilkan dengan meningkatkan kapasitas produksi per-jam yang mana juga meningkat jumlah unit yang dibutuhkan. Sistem yang akan dipasang pada IDU merupakan sistem semi otomatis. Sistem ini dipilih dengan tujuan untuk meminimalisir campur tangan pekerja dan ketidak-efienan alat karena bekerja terus-menerus yang menyebabkan alat lebih cepat rusak. Selain itu, sistem ini dapat menyesuaikan dengan kondisi debit influen yang sangat fluktuatif. IDU hanya bekerja jika *feed tank* terisi maksimum.

Dalam perencanaanya, diasumsikan 100% efluen IPAL dapat dijadikan influen IDU untuk dimanfaatkan kembali. Ditargetkan sebesar 60 sampai 70%<sup>7</sup> influen yang masuk ke IDU dapat dimanfaatkan kembali (efluen IDU). Sedangkan 30 - 40% merupakan sisa yang tidak dapat terolah oleh IDU. Berdasarkan Tabel 5.4, efluen IDU dengan *recovery* 70% memiliki jumlah air terolah lebih besar dibanding *recovery* 60%.

Tabel 5.4. Perbandingan Potensi IDU tanpa dan dengan Penambahan dari Gedung Perwira dan Kantin

Aliran	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Keterangan
Debit masuk IDU (tanpa G.Perwira, kantin)	117	4,89	100% Qout IPAL
Debit keluar IDU (tanpa G.Perwira, kantin)	82,2	3,43	70% Qin IDU
	70,5	2,94	60% Qin IDU
Debit masuk IDU (tanpa kantin)	170	7,09	100% Qout IPAL
Debit keluar IDU (tanpa kantin)	119	4,97	70% Qin IDU
	102	4,26	60% Qin IDU
Debit masuk IDU rencana	182	7,58	100% Qout IPAL
Debit keluar IDU rencana	127	5,31	70% Qin IDU
	109	4,55	60% Qin IDU

Sumber: Olah Data, 2012

Kebijakan dalam IPAL rencana masih dapat berubah. sehingga ada kemungkinan air limbah dari Gedung Perwira dan kantin atau kantin saja tidak dialirkan ke IPAL rencana atau tetap menggunakan IPAL eksisting. Efluen IPAL merupakan influen IDU. Dengan adanya penambahan air limbah dari Gedung Perwira dan kantin, maka enfluen IPAL rencana meningkat sebesar 54% dibanding efluen IPAL eksisting. Sedangkan penambahan dari Gedung Perwira tanpa kantin, maka efluen limbah pada IPAL rencana meningkat sebesar 45% dibanding efluen IPAL eksisting.

Berdasarkan Tabel 5.4, potensi lebih besar diperoleh jika ada penambahan influen dari Gedung Perwira dan Kantin. Potensi yang lebih besar ini dapat menjadi pertimbangan dalam mengambil kebijakan oleh pihak Pertamina

<sup>7</sup> Angka ini merupakan rekomendasi efisiensi unit IDU berdasarkan dokumen teknis PT. Inzan Permata

dengan tetap memasukan air limbah dari Gedung Perwira dan kantin pada IPAL rencana. Hal ini disarankan karena semakin besar potensi atau jumlah air yang terolah, maka pengurangan pemakaian air PDAM akan lebih besar.

Dari data tersebut dapat diketahui potensi air optimal yang dapat dimanfaatkan kembali adalah  $127 \text{ m}^3/\text{hari}$ , yakni hasil opsi 24 jam dengan penambahan dari Gedung Perwira dan kantin (IPAL rencana) dan dengan *recovery* 70% air dapat terolah.



Gambar 5.3. Skema Pengelolaan Air Limbah Eksisting  
Sumber: Olah Data, 2012



Gambar 5.4. Skema Pengelolaan Air Limbah Rencana  
Sumber: Olah Data, 2012

### 5.1.2 Alokasi pemanfaatan air daur ulang

Air hasil pengolahan IDU akan dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan air sehingga menggantikan fungsi dari sumber air utama. Setiap bentuk penggunaan, memiliki standar kualitas air yang berbeda. Air yang akan digunakan harus memiliki kualitas sama atau lebih baik dibanding baku mutu. Akibat perbedaan kebutuhan kualitas ini, maka bentuk pengolahan juga akan berbeda yang mana akan menentukan kualitas air terolah.

Pada perencanaan IDU ini, akan dipilih salah satu bentuk pemanfaatan yang paling potensial. Bentuk pemakaian dan jumlah air yang digunakan di Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Bentuk dan Jumlah Pemakaian Air Eksistingdi Kantor Pusat Pertamina

Bentuk Penggunaan Air Bersih	Persentase Pemakaian Air (%)	Debit Pemakaian Air Rata-rata (m <sup>3</sup> /hari)	Sumber Air
Kebersihan dan Pertamanan	2	8	Air tanah dangkal
<i>Cooling Tower</i>	49	223	PDAM
Aktivitas Domestik	50	228	PDAM

Sumber: Olah Data, 2012

Semakin tinggi jumlah pemakaian air, maka tingkat kebutuhan air semakin besar sehingga alokasi pemanfaatan air daur ulang akan semakin besar. Berdasarkan Tabel 5.5, jumlah pemakaian air paling besar adalah penggunaan kebutuhan domestik, yakni sebesar 228 m<sup>3</sup>/hari (50%) dari total pemakaian air sehingga pemanfaatan air daur ulang untuk opsi ini paling potensial.

Namun, proses pemilihan bentuk pemanfaatan daur ulang harus dilakukan dengan mempertimbangkan faktor budaya, yakni mempertimbangkan kemampuan penerimaan karyawan di Kantor Pusat Pertamina terhadap penggunaan air daur ulang. Berdasarkan diskusi dengan beberapa perwakilan karyawan Kantor Pusat Pertamina, disimpulkan bahwa sebagian besar karyawan belum mampu menerima pemakaian air daur ulang untuk aktivitas domestik. Hal ini dikarenakan dianggap tidak layak secara estetika dan ketidakpercayaan karyawan terhadap kemampuan Pertamina dalam menjamin kualitas air daur ulang yang akan dihasilkan. Dari hasil ini disimpulkan bahwa air daur ulang tidak berpeluang untuk dimanfaatkan untuk aktivitas domestik.

Kebutuhan air untuk *cooling tower* juga dilaporkan sangat tinggi. *Cooling tower* memerlukan kualitas yang lebih rendah dibanding penggunaan domestik sehingga memerlukan tingkat pengolahan yang lebih rendah. Hal ini akan menghasilkan biaya yang diperlukan untuk Instalasi Daur Ulang dapat lebih murah. Opsi pemanfaatan ini tidak memiliki hambatan sehingga penulis dan pihak Pertamina menyepakati bahwa pemanfaatan air hasil daur ulang akan digunakan untuk *cooling tower*.

Tabel 5.6. Jumlah Pemakaian Air *Cooling Tower* per Gedung

	Persentase dari Total Pemakaian u/ Cooling Tower (%)	Pemakaian Air Rata-rata (m <sup>3</sup> /hari)
Gedung Utama	62	138
Gedung Annex	31	70
Gedung Perwira	7	15
Total	100	223

Sumber: Olah Data, 2012

Berdasarkan Tabel 5.6, kebutuhan air total untuk *cooling tower* adalah sebesar 223 m<sup>3</sup>/hari. Sedangkan potensi optimal air daur ulang yang dihasilkan adalah sebesar 127 m<sup>3</sup>/hari sehingga tidak semua pemakaian air PDAM untuk opsi ini dapat digantikan.

Dalam penelitian ini, diupayakan IDU yang didesain se-efisien mungkin. Penempatan lokasi IDU akan mempengaruhi jarak IPAL dan IDU serta jarak IDU dan *cooling tower*. Pihak Pertamina menginginkan lokasi IDU berada disatu ruangan dengan IPAL. Namun mengingat terbatasnya ruang kosong diruangan yang ada, maka IDU direncanakan akan ditempatkan di selatan Gedung Annex. Lokasi IDU dapat dilihat pada Gambar 5.5. Lokasi ini merupakan lokasi pipa outlet IPAL sebelum masuk ke Kali Ciliwung sehingga tidak diperlukan instalasi pemipaan baru untuk menyuplai aliran efluen IPAL ke pipa inlet IDU.

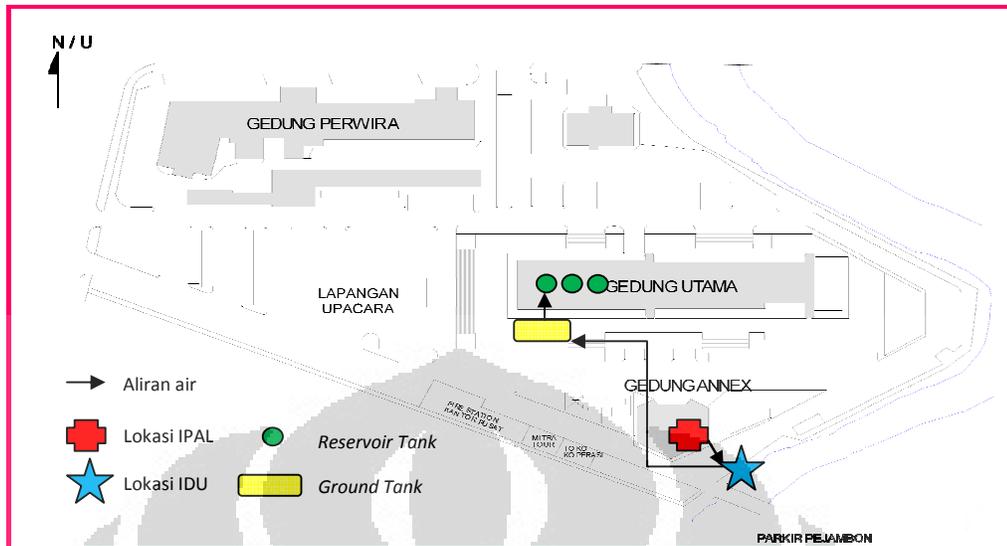
Posisi IDU berdekatan dengan Gedung Utama dan Gedung Annex sehingga pemanfaatan air daur ulang diprioritaskan untuk kedua gedung tersebut. Berhubung semua gedung di Kantor Pusat Pertamina hanya memiliki satu pipa transmisi, maka diperlukan instalasi pemipaan baru untuk air daur ulang. Gedung Utama memiliki jumlah lantai lebih banyak dibanding Gedung Annex sehingga akan membutuhkan daya pompa yang lebih besar dan panjang pipa yang lebih panjang untuk dapat mengalirkan air ke *cooling tower* yang berada diatap gedung. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan biaya menjadi lebih besar.

Opsi pemanfaatan dengan biaya yang lebih kecil adalah *cooling tower* Gedung Annex. Kebutuhan air untuk *cooling tower* sebesar 70 m<sup>3</sup>/hari. Dengan potensi optimal air daur ulang sebesar 127 m<sup>3</sup>/hari, maka masih terdapat kelebihan air sebanyak 57 m<sup>3</sup>/hari. Kelebihan air ini dapat dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan kebersihan dan pertamanan.sebesar 8 m<sup>3</sup>/hari yang mana mengajurkan

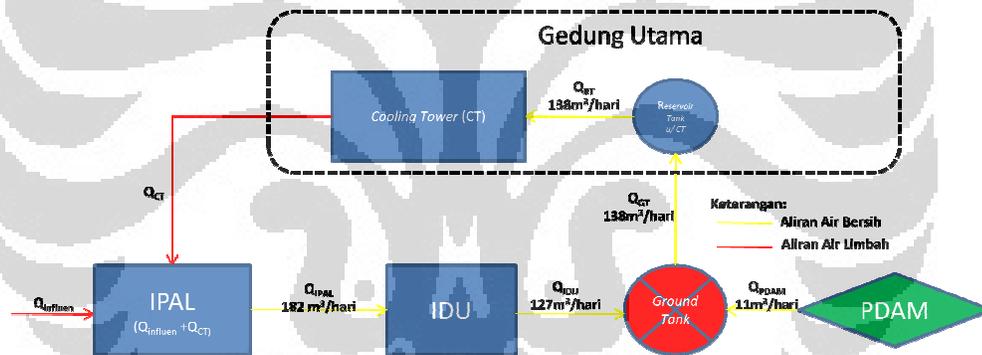
kualitas lebih rendah dari *cooling tower*. Namun, opsi ini masih menyisakan air dalam jumlah sebesar  $49 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Opsi pemanfaatan untuk *cooling tower* Gedung Utama dapat menjadi lebih murah dengan memanfaatkan fasilitas yang telah tersedia. Opsi ini dapat dilakukan dengan mempartisi *ground tank* yang ada didekat Gedung Utama. Jika tidak memungkinkan, dapat dilakukan dengan membangun *ground tank* baru dengan kebutuhan biaya yang lebih tinggi (Gambar 5.6). Selain berfungsi untuk menampung air terolah sebelum dipompa ke atap gedung, hal ini juga bertujuan untuk memisahkan air dari PDAM dan air daur ulang agar tidak bercampur. Selanjutnya opsi tersebut ditunjang dengan memanfaatkan salah satu pompa dan *reservoir tank* yang berada di atap Gedung Utama yang mana akan dikhususkan untuk menyuplai *cooling tower*. Kebutuhan *ground tank* ini dapat diabaikan jika daya pompa yang tersedia untuk memompa air dari IDU langsung ke *reservoir tank* mencukupi (Gambar 5.7). Gedung Utama memiliki 3 *reservoir tank* masing-masing berkapasitas  $100 \text{ m}^3$ . Kebutuhan air untuk *cooling tower* di Gedung Utama sangat besar, yakni sebesar  $138 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau 57% dari total pemakaian air di gedung ini sebesar  $241 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Jika dihitung secara kasar, dari total kapasitas *reservoir tank*  $300 \text{ m}^3$ , dibutuhkan *reservoir tank* dengan kapasitas sekitar  $171 \text{ m}^3$ . Namun, pemakaian air untuk *cooling tower* berlangsung hampir kontinu selama lebih dari 15 jam sehingga hanya akan membutuhkan *reservoir tank* dengan kapasitas yang jauh lebih kecil dari  $171 \text{ m}^3$ .

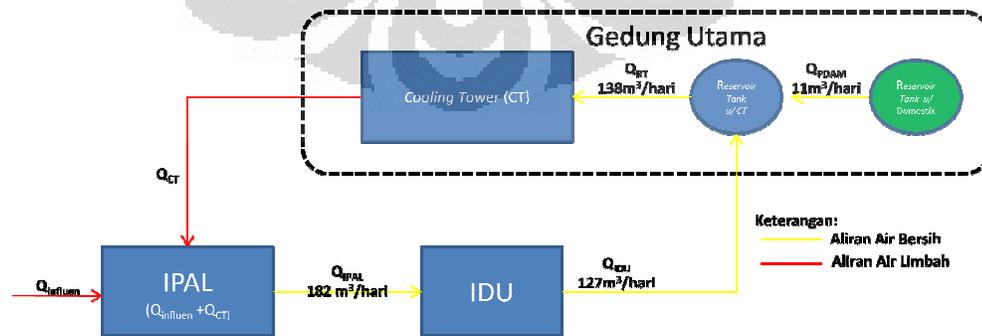
*Reservoir tank* kapasitas  $100 \text{ m}^3$  yang ada dirasa lebih cukup untuk memenuhi kebutuhan. Kapasitas *Reservoir tank* yang dibutuhkan akan dihitung pada sub bab selanjutnya dengan membandingkan aliran produksi IDU dengan aliran air pada *cooling tower* yang terukur sebesar  $0,101 \text{ m}^3/\text{menit}$  atau  $6,06 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Kebutuhan air untuk *cooling tower* Gedung Utama rata-rata sebesar  $138 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Dengan suplai dari IDU sebesar  $127 \text{ m}^3/\text{hari}$ , kekurangan sebesar  $11 \text{ m}^3/\text{hari}$  dapat disuplai dari PDAM. Air hasil pengolahan IDU dapat dimanfaatkan optimal dan ketergantungan air dari PDAM untuk *cooling tower* dapat dikurangi.



Gambar 5.5. Lokasi Rencana Instalasi Daur Ulang  
 Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012



Gambar 5.6. Aliran Penggunaan Air Daur Ulang dengan *Ground Tank*  
 Sumber: Olah Data, 2012



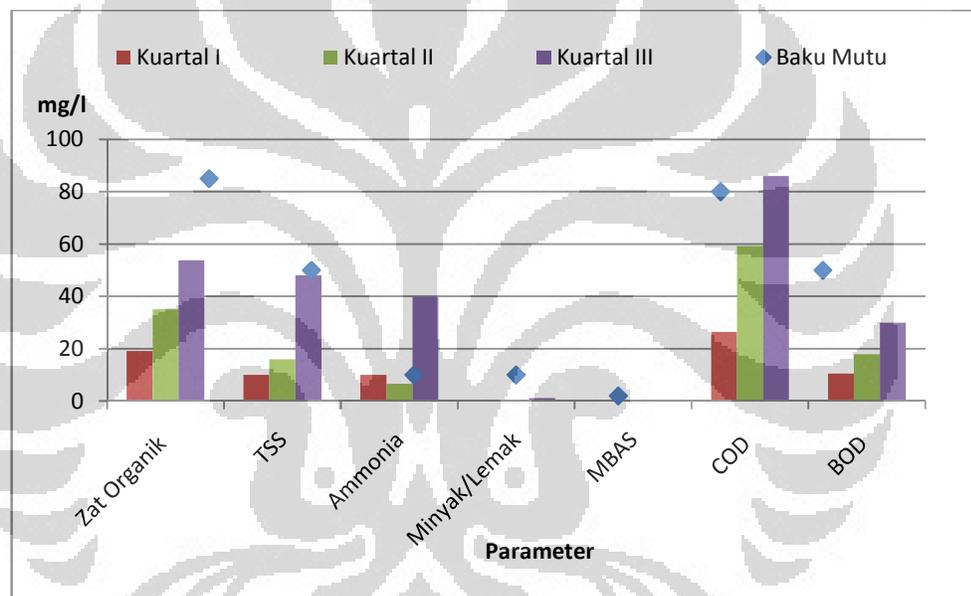
Gambar 5.7. Aliran Penggunaan Air Daur Ulang tanpa *Ground Tank*  
 Sumber: Olah Data, 2012

## 5.2 Aspek Teknis

### 5.2.1 Analisis IPAL

Setelah menentukan opsi bentuk pemanfaatan, selanjutnya dilakukan pengkajian efluen IPAL dalam rangka menentukan pengolahan yang sesuai untuk mencapai target baku mutu yang ditetapkan untuk *cooling tower*.

Berdasarkan hasil pengujian mutu efluen IPAL tahun 2010 (Tabel 4.7), grafik mutu efluen IPAL tahun 2010 dapat dilihat pada Gambar 5.8. Pengujian efluen IPAL dilakukan sekali dalam 4 bulan, yakni pada bulan Januari (Kuartal I), Juni (Kuartal II), dan November (Kuartal III).



Gambar 5.8. Grafik Mutu Efluen IPAL Tahun 2010

Sumber: Pertamina, 2011

Dari Gambar 5.8 terlihat semakin bertambahnya kuartal, hampir semua konsentrasi parameter efluen IPAL semakin meningkat kecuali parameter amonia yang mana mutu pada kuartal II lebih rendah dibanding yang lain. Sedangkan mutu parameter MBAS hampir mendekati 0 (nol) pada ketiga kuartal. Hal ini menggambarkan bahwa semakin lama mutu efluen yang dihasilkan semakin buruk sehingga dapat disimpulkan semakin lama kinerja IPAL semakin rendah. Kondisi ini disebabkan oleh prosedur operasional IPAL tidak berjalan dengan semestinya. Sebagai contoh adalah jadwal aktivasi aerator yang tidak menentu

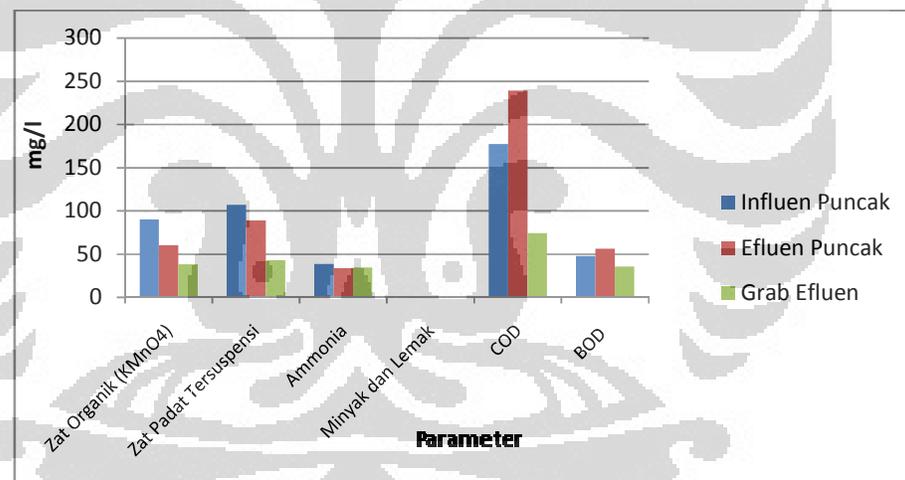
dan hanya dilakukan satu kali selama satu jam sehingga menyebabkan kebutuhan oksigen tidak terpenuhi. Kekurangan oksigen (kondisi anaerob) pada IPAL terlihat pada kondisi air dan lumpur yang berwarna hitam dan bau yang menyengat pada bak aerasi. Idealnya kondisi air dan lumpur berwarna cokelat. Dari laporan yang dikemukakan bahwa dalam proses pengolahan seharusnya dilakukan *seeding* mikroba secara rutin untuk membantu penguraian limbah. Namun saat survey dilakukan, ditemukan bahwa *seeding* sudah lama tidak dilakukan. Jumlah mikroba yang ada kemungkinan jauh berkurang dari kebutuhan. Hal ini terlihat dari pembentukan flok yang kurang baik sehingga menyebabkan lambatnya proses pengendapan. Pada IPAL ini juga tidak terdapat upaya pembuangan lumpur. Selain itu juga disebabkan oleh banyaknya peralatan yang rusak, seperti *communitor* dan *flow control box*. Kerusakan *communitor* menyebabkan ukuran padatan yang besar tidak dapat direduksi. Kerusakan *flow control box* menyebabkan aliran menjadi sangat fluktuatif sehingga semakin membebani pengolahan biologis yang ada.

Kondisi kinerja IPAL yang buruk ini sedang diupayakan untuk dievaluasi. Berdasarkan keterangan pihak Pertamina, selama tahun 2011 telah cukup banyak perbaikan yang dilakukan. Namun, perbaikan ini baru sebatas memperbaiki peralatan mekanis yang rusak, seperti *blower* dan pompa. Upaya yang paling penting dari IPAL ini adalah perbaikan prosedur, pengawasan dan perawatan yang ada agar IPAL dapat bekerja optimal. Influen IDU sangat tergantung pada efluen IPAL sehingga evaluasi IPAL ini sangat penting dilakukan sebelum IDU dibangun.

Pada penelitian ini, juga dilakukan pengujian sampel langsung (data primer) untuk mengetahui mutu influen dan efluen IPAL eksisting secara aktual. Pengujian sampel influen dilakukan pada kondisi debit puncak dan pengujian sampel efluen dilakukan pada kondisi debit puncak dan debit normal, yakni *grab* sampel dan *composite* sampel. Pengambilan sampel influen dan efluen (debit puncak, *grab* sampel) dilakukan pada tanggal 29 Februari 2012. Sedangkan pengambilan *composite* sampel efluen dilakukan pada tanggal 24 April 2012.

Pengambilan sampel influen puncak yang terjadi pada jam 10:50, yakni saat pompa *sump pit* aktif. Aliran limbah dari tiga lantai gedung terbawah dengan

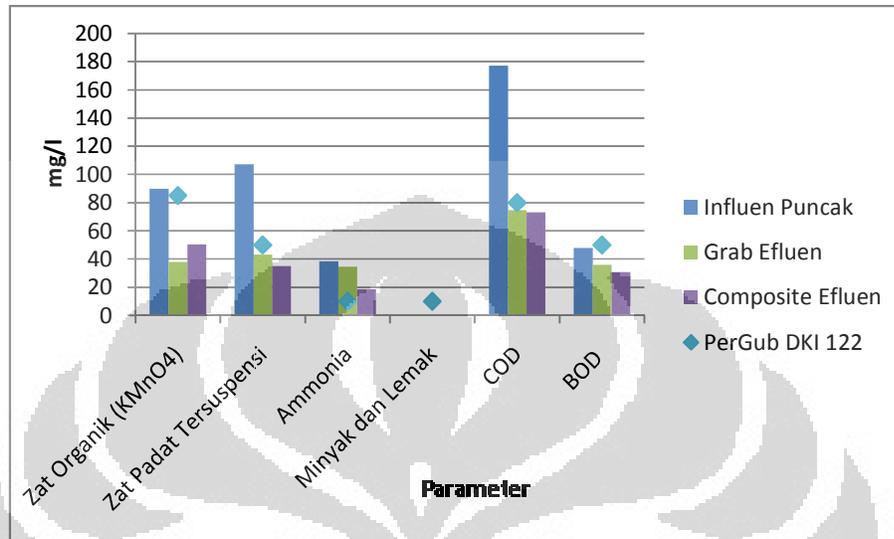
aktivitas pemakaian air sejenis dialirkan ke *sump pit* terlebih dahulu sehingga mutu influen puncak ini dapat dianggap sama dengan mutu influen aliran normal. Sedangkan efluen puncak dilakukan pada jam 11.00, yakni pada saat ketinggian air di *weir* outlet meningkat secara signifikan akibat aliran influen puncak. Pengambilan sampel *grab* efluen dilakukan pada jam 09:40 atau aliran di IPAL berlangsung normal. Pengambilan sampel *composite* efluen dilakukan dengan cara mengambil sampel air setiap 30 menit dari jam 09:30 sampai jam 14:00 yang kemudian dicampurkan/dihomogenkan menjadi satu mutu sampel. *Composite* sampel diuji dengan tujuan untuk melihat mutu efluen IPAL eksisting secara keseluruhan dalam satu hari yang mana selanjutnya dibandingkan dengan hasil *grab* sampel. Perbandingan ini digunakan untuk melihat seberapa fluktuatif mutu efluen IPAL eksisting. Semakin fluktuatif mutu efluen, maka kebutuhan bak ekualisasi sebelum masuk ke unit pengolahan IDU semakin besar.



Gambar 5.9. Grafik Perbandingan Mutu Influen dan Efluen IPAL Eksisting  
Sumber: Olah Data, 2012

Efluen puncak dipertimbangkan karena saat terjadi influen puncak (*sump pit* dalam kondisi aktif), debit efluen meningkat secara signifikan. Hal ini terjadi karena *flow control box* yang rusak menyebabkan terjadinya *short cut* air limbah ke outlet IPAL sehingga air limbah tidak mengalami proses pengolahan. Hal ini dapat dibuktikan dari mutu efluen puncak mendekati mutu influen puncak

(Gambar 5.9). Nilai ini jauh lebih tinggi dibanding mutu efluen dalam kondisi aliran normal (*grab* efluen).



Gambar 5.10. Grafik Perbandingan Mutu Influen dan Berbagai Kondisi Efluen IPAL Eksisting  
Sumber: Olah Data, 2012

Pada Gambar 5.10 terlihat bahwa mutu *grab* sampel mendekati mutu *composite* sampel. Hal ini membuktikan bahwa mutu efluen harian cukup merata/tidak terlalu fluktuatif. Efluen puncak hanya terjadi selama lebih kurang 4 menit sehingga tidak begitu berpengaruh terhadap hasil efluen secara keseluruhan karena terjadi pengenceran yang tinggi dengan efluen normal. Berdasarkan hasil ini, maka IDU tidak memerlukan bak ekualisasi sehingga biaya yang dibutuhkan akan semakin rendah.

Tabel 5.7. Hasil Pengujian *Coliform* IPAL Eksisting

Parameter	Satuan	Hasil Uji Influen	Hasil Uji Efluen
<i>Fecal Coliform</i>	jml/100ml	>16000	>16000
<i>Total Coliform</i>	jml/100ml	>16000	>16000

Sumber: Olah Data, 2012

Tabel 5.7 menunjukkan bahwa baik *fecal coliform* maupun *total coliform* pada efluen IPAL memiliki mutu besar dari 16.000. Hal ini terjadi karena aktivitas

pembubuhan desinfektan tidak pernah lagi dilakukan disebabkan *dosing pump* yang ada dalam kondisi rusak.

### 5.2.2 Target Baku Mutu Instalasi Daur Ulang

Indonesia belum memiliki peraturan atau standar khusus yang mengatur tentang baku mutu air untuk *cooling tower*. Berdasarkan Tabel 3.3, baku mutu efluen air daur ulang untuk penggunaan *cooling tower* menurut U.S. EPA adalah sebagai berikut:

Tabel 5.8. Baku Mutu Air untuk *Cooling Tower* U.S. EPA

Parameter	Baku Mutu <i>Cooling Tower</i>	
	Standar	Penyisihan
pH	6-9	0
BOD	≤ 30 mg/l	≥ 49%
TSS	≤ 30 mg/l	≥ 49%
Kekeruhan	-	-
<i>Coliform</i>	200 jml//100ml	

Sumber: Olah Data, 2012

Pada penelitian juga digunakan standar pada PP 82/2001 (Berdasarkan Tabel 3.4) sebagai pertimbangan baku mutu efluen IDU untuk kondisi di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 5.9. Baku Mutu Kelas I dan Kelas II PP 82/2001

Parameter	Satuan	Kelas	
		I	II
TDS	mg/l	1000	1000
TSS	mg/l	50	50
BOD	mg/l	2	3
COD	mg/l	10	25
<i>Fecal coliform</i>	jml/100 ml	100	1000

Sumber: Olah Data, 2012

Dalam PP 82/2001 (Tabel 5.9) tersebut, air kelas dua dapat diperuntukan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air. Air kelas dua dipilih karena paling mendekati nilai baku mutu yang ditetapkan U.S. EPA dibanding kelas lainnya. Air kelas satu mensyaratkan mutu yang lebih tinggi sehingga membutuhkan unit IDU dengan *removal* yang lebih tinggi. Dengan tujuan penggunaan untuk *cooling tower*, target kelas satu membutuhkan tingkat pengolahan yang lebih tinggi sehingga tidak efisien secara ekonomi.

Berdasarkan kedua peraturan tersebut, parameter yang dipertimbangkan adalah TDS, TSS, BOD, COD, dan *fecal coliform*. TDS dipertimbangkan karena dapat meningkatkan *electrical conductivity* larutan yang mengandung ion-ion sehingga meningkatkan reaksi korosi (Metcalf & Eddy, 2003). Mutu TDS pada efluen IPAL eksisting sebesar 459 mg/l atau sudah memenuhi baku mutu baik kelas I maupun kelas II sehingga tidak diperlukan upaya pengurangan konsentrasi TDS. Parameter TSS pada air kelas dua mensyaratkan konsentrasi yang sama dengan air kelas satu, yaitu 50 mg/l. Nilai ini lebih rendah dibanding persyaratan U.S. EPA kurang dari 30 mg/l sehingga pada penelitian ditargetkan mutu TSS efluen IDU kurang dari 30 mg/l. Parameter BOD pada air kelas dua mensyaratkan konsentrasi yang tidak jauh berbeda dengan air kelas satu yaitu masing-masing 2 mg/l dan 3 mg/l. Namun, mutu ini dirasa terlalu tinggi untuk penggunaan *cooling tower* sehingga persyaratan mutu U.S. EPA kurang dari 30 mg/l dirasa sudah mencukupi. Sedangkan untuk COD masing-masing 10 mg/l dan 25 mg/l. Baku mutu COD pada kelas dua dirasa sudah cukup tinggi untuk penggunaan air untuk *cooling tower*. Untuk parameter *fecal coliform*, kelas dua mensyaratkan mutu 1000 jml/100 ml dibandingkan air kelas satu yang hanya 100 jml/ 100 ml. Nilai ini lebih rendah dibanding persyaratan U.S. EPA kurang dari 200 mg/l sehingga pada penelitian ditargetkan mutu *fecal coliform* efluen IDU kurang dari 200 mg/l. *Fecal coliform* merupakan indikator keberadaan mikroorganisme patogen lain yang berasal dari tinja. Oleh karena itu, *fecal coliform* dipertimbangkan karena air daur ulang mungkin akan mengalami kontak dengan manusia. Selain itu, mikroorganisme dapat menyebabkan *scaling* dan korosi akibat aktivitas biologi

yang dihasilkan mikroorganismenya pada sistem pemipaan *cooling tower* (Metcalf & Eddy, 2003).

Selain kelima parameter tersebut, juga dipertimbangkan parameter amonia dan *total hardness*/kesadahan. Sistem pada *cooling tower* juga dapat mengurangi konsentrasi amonia melalui *blowdown* dan evaporasi karena panas yang dihasilkan *cooling tower*. (Metcalf & Eddy, 2003). Amonia dipertimbangkan karena dapat menyebabkan korosi pada pipa dan perangkat *cooling tower* yang bermaterial logam. Sedangkan kesadahan dipertimbangkan karena dapat menyebabkan terbentuknya endapan pada pipa dan peralatan *cooling tower* akibat panas yang dihasilkan. Parameter amonia tidak dipersyaratkan dalam U.S. EPA maupun PP 82/2001. Mutu amonia pada efluen IPAL terukur sebesar 35 mg/l. Mutu ini masih lebih tinggi dibanding baku mutu Pergub DKI 122/2005 sehingga konsentrasi amonia harus diturunkan dari kondisi awal. Parameter kesadahan juga tidak dipersyaratkan pada kedua peraturan tersebut. Berdasarkan NAS 1972 dalam Metcalf & Eddy (2007), mutu maksimal kesadahan untuk *cooling tower* adalah 650 mg/l. Sedangkan mutu kesadahan pada efluen IPAL terukur sebesar 123 mg/l. Mutu kesadahan ini sudah cukup rendah sehingga tidak diperlukan lagi upaya pengurangan konsentrasi kesadahan.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka parameter yang diupayakan untuk dikurangi oleh IDU adalah TSS, COD, BOD, amonia, dan *fecal coliform*.

Tabel 5.10. Mutu Influen dan Efluen IPAL Eksisting

NO.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil Uji		Efisiensi IPAL (%)
				Influen	Efluen	
1	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	85	89,99	37,94	58
2	TSS	mg/l	50	107	43	60
3	Amonia	mg/l	10	38,36	34,56	10
4	Minyak dan Lemak	mg/l	10	<1,13	<1,13	0
5	COD	mg/l	80	177,09	74,56	58
6	BOD	mg/l	50	47,88	35,75	25
7	<i>Total Hardness</i>	mg/l	-	-	122,88	-
8	TDS	mg/l	-	-	459	-
9	<i>Fecal coliform</i>	jml/100ml	-	-	>16000	-

Sumber: Olah Data, 2012

Berdasarkan Tabel 5.10, hampir semua mutu parameter pada efluen berada dibawah baku mutu Pergub DKI 122/2005 kecuali untuk parameter amonia. Mutu amonia di efluen tidak jauh berbeda dengan mutu amonia di influen sehingga dapat disimpulkan penguraian amonia di IPAL tidak berlangsung optimal. Amonia pada *composite* sampel cukup rendah dibanding yang lain kemungkinan disebabkan terjadinya kontak dengan udara saat proses pencampuran dilakukan. Hal ini terjadi disebabkan proses aerasi di IPAL tidak optimal. Pada IPAL rencana nanti, diharapkan proses aerasi dilakukan secara optimal sehingga target baku mutu 10 mg/l untuk amonia dapat terpenuhi. IDU akan dibangun setelah IPAL rencana telah beroperasi, maka mutu amonia influen IDU diasumsikan akan memenuhi baku mutu. Pada IDU ini ditentukan target baku mutu efluen IDU sebesar 50% nilai influen. Baku mutu *fecal coliform* tidak diatur dalam Pergub DKI 122/2005. Dalam IPAL rencana direkomendasikan untuk melakukan desinfeksi sehingga *fecal coliform* tidak melebihi 2000 jml/100ml.

Aktivitas pemakaian air di Gedung Perwira sejenis dengan aktivitas di kedua gedung lainnya sehingga memiliki mutu air limbah yang sama. Mutu air limbah dari kantin diprediksi memiliki mutu parameter minyak dan lemak lebih tinggi dari mutu ketiga gedung. Pada IPAL rencana direkomendasikan untuk memasang *grease trap*. Selain itu aliran limbah dari kantin cukup kecil, yaitu hanya 16,7 m<sup>3</sup>/hari atau 8,8 % dari total air limbah yang dihasilkan Kantor Pusat Pertamina sehingga mutu efluen bak ekualisasi di IPAL dapat diasumsikan tidak terjadi perubahan. Berdasarkan kondisi ini, maka mutu influen IPAL rencana sama dengan IPAL eksisting. Dalam desain IDU ini, kinerja IPAL rencana harusnya lebih baik dibanding IPAL eksisting sehingga diprediksi mutu efluen IPAL rencana lebih kecil sama dibanding IPAL eksisting. Selanjutnya, mutu efluen IPAL rencana merupakan mutu influen IDU. *Efficiency removal* minimal yang harus dicapai IDU untuk menghasilkan air terolah yang sesuai target baku mutu dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Target Mutu Efluen dan *Efficiency Removal* Instalasi Daur Ulang

Parameter yang akan Diproses	Pergub No. 122/2005	Mutu Influen IDU	Kelas II (PP No. 82/2001)	U.S. EPA	Target Mutu Efluen IDU	<i>Efficiency Removal</i> Minimal (%)
TSS (mg/l)	50	43	50	≤ 30	≤ 30	≥ 30,2
COD (mg/l)	80	74,56	25	-	25	66,5
BOD(mg/l)	50	35,75	3	≤ 30	≤ 30	≥ 16,1
NH <sub>3</sub> (mg/l)	10	10	-	-	50% awal	50
<i>Fecal coliform</i> (jml/100ml)	-	≤ 2000	1000	200	200	≥ 90

Sumber: Olah Data, 2012

### 5.3 Pemilihan Unit Pengolahan

Instalasi Daur Ulang (IDU) merupakan bagian dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL), dimana IPAL dirancang untuk menghasilkan kualitas air lebih tinggi. Dengan demikian diperlukan tingkat pengolahan yang lebih tinggi dibanding tingkat pengolahan sekunder, yaitu pengolahan tersier (*advanced wastewater treatment*). Kebutuhan pengolahan tersier berdasarkan pertimbangan kebutuhan untuk menghilangkan konstituen melampaui kemampuan pengolahan sekunder dalam rangka menghasilkan air terolah sesuai baku mutu yang diperlukan. Teknologi *advanced wastewater treatment* saat ini yang paling banyak digunakan dalam IDU adalah teknologi membran.

Dalam desain IDU ini, pengolahan tersier yang dipertimbangkan untuk digunakan adalah *Ultrafiltration* (UF) dan *Reverse Osmosis* (RO). Pemilihan teknologi ini didasari atas kemampuan membran dalam menghilangkan konstituen yang jauh lebih baik dari teknologi lainnya. Selain itu, unit tersebut telah umum diaplikasikan dalam lingkup Teknik Lingkungan dan mudah diperoleh dipasaran. Proses pemilihan unit pengolahan berdasarkan kemampuan unit dalam memenuhi kriteria sebagai berikut:

#### 5.3.1 Tingkat penyisihan parameter unit pengolahan

Parameter yang akan diolah adalah TSS, BOD, COD, amonia dan *fecal coliform*. Unit yang dipilih harus mampu menghilangkan konstituen yang ada

untuk mencapai baku mutu yang ditetapkan. Semakin tinggi *efficiency removal* unit, maka semakin besar peluang unit tersebut dipilih.

Penelitian ini tidak menyertakan *pilot plant* sehingga mutu efluen IDU hanya sebatas nilai teori. Kemampuan penyisihan UF dan RO dalam mengolah influen IDU dengan mutu efluen IPAL eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.12. Hasil efluen diperoleh dari *efficiency removal* minimal tiap unit dalam teori.

Tabel 5.12. Kemampuan *Removal* UF dan RO

Parameter	Influen (mg/l)	Removal UF	Efluen UF (mg/l)	Removal RO	Efluen RO (mg/l)	Target Mutu Efluen IDU (mg/l)
TDS	459	0 - 2%	459	90 - 98%	45,9	tidak ditentukan
TSS	43	96 - 99,9%	1,72	96 - 100%	1,72	≤ 30
COD	74,56	75 - 90%	18,64	85 - 95%	7,46	25
BOD	35,75	80 - 90%	7,15	30 - 60%	14,3	≤ 30
Amonia	10	5 - 15%	9,5	90 - 98%	0,5	50% awal
<i>Fecal Coliform</i>	2000	48 - 78 %	1040	> 90%	200	200 (jml/100ml)
<i>Total Hardness</i>	122	-	122	80-85%*	24,4	tidak ditentukan

Sumber: Olah Data, 2012

Dari Tabel 5.12 dapat dilihat bahwa pada hampir semua parameter RO memiliki *efficiency removal* yang lebih tinggi dibanding UF. Sedangkan penyisihan BOD RO lebih rendah dari UF. Pada RO, TDS dapat dihilangkan sebesar 90-98% dibanding UF yang hanya 2%. RO juga memiliki kemampuan penghilangan kesadahan 80 – 85 % sehingga dapat mengurangi kesadahan di influen IDU. Hal ini berdampak semakin kecilnya kemungkinan *scaling*. Kelebihan penyisihan RO paling utama terlihat pada kemampuan mereduksi *fecal coliform* sebesar > 90% sehingga tidak diperlukan lagi proses desinfeksi. Hal ini tentu berdampak pada semakin kecilnya kebutuhan biaya yang diperlukan.

RO memiliki kelebihan menyisihkan parameter garam dan ion serta konstituen ukuran nano lainnya seperti virus karena memiliki ukuran pori yang jauh lebih kecil yang tidak dimiliki UF. Hal ini menguntungkan dalam mengelola parameter lain yang mungkin akan dipertimbangkan di masa depan.

Berdasarkan Tabel 3.5, skor kemampuan *removal* yang diperoleh UF dan RO adalah sebagai berikut:

Tabel 5.13. Skor UF dan RO

Parameter	Skor Removal	
	UF	RO
TDS	1	3
TSS	5	5
BOD <sub>5</sub>	4	2
COD	4	5
Amonia	1	3
<i>Fecal Coliform</i>	3	5
<i>Total Hardness</i>	0	3
Garam/Ion	0	3
<b>Total Skor</b>	<b>18</b>	<b>29</b>

Sumber: Olah Data, 2012

### 5.3.2 Kebutuhan biaya unit pengolahan.

Dari Tabel 5.13, RO memiliki kemampuan penyisihan yang lebih baik dibanding UF. Namun, pertimbangan lain juga perlu dilakukan khususnya biaya. Analisis perbandingan kebutuhan biaya RO dan UF adalah sebagai berikut:

- *Capital Cost*

Biaya awal ini dihitung dengan harga unit setiap meter kubik. Perhitungan harga berdasarkan harga rata-rata produk dengan kualitas pabrik yang sama. Berdasarkan informasi PT. Inzan Permata, biaya awal untuk unit lengkap UF rata-rata sekitar Rp 48.000.000,00 per m<sup>3</sup>/jam kapasitas produksi. Sedangkan RO rata-rata sekitar Rp 72.000.000,00 per m<sup>3</sup>/jam kapasitas produksi. Paket unit untuk kedua unit hanya berbeda pada jenis modul dan kebutuhan pompa. Harga modul UF kapasitas 1 m<sup>3</sup>/jam sekitar Rp 5.500.000. Sedangkan modul RO dengan kualitas fabrikasi yang sama kapasitas 1 m<sup>3</sup>/jam sekitar Rp. 3.600.000 sehingga harga pembelian modul RO lebih murah 34%. Namun, kebutuhan tekanan operasi RO lebih besar hingga mencapai 10 kali lipat kebutuhan tekanan operasi UF sehingga RO membutuhkan pompa yang lebih besar yang kemudian berdampak pada

biaya pompa yang lebih mahal. Ukuran pori RO jauh lebih kecil dibanding UF sehingga RO membutuhkan *pretreatment* lebih kompleks dibanding UF untuk menurunkan kecepatan masa terjadinya *fouling*. *Fouling* pada membran dapat menurunkan persentase *recovery* dan menurunkan kualitas air produk. Pada proses desalinasi, umumnya RO di *pretreatment* dengan UF atau MF (Mikrofiltrasi) terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan biaya *pretreatment* RO dapat lebih besar. Dengan kebutuhan pengolahan 182 m<sup>3</sup>/hari atau kapasitas produksi 7,58 m<sup>3</sup>/hari  $\approx$  8 m<sup>3</sup>/jam, maka dibutuhkan biaya untuk pengadaan UF sebesar Rp 384.000.000,00 Sedangkan RO sebesar Rp. 576.000.000,00. UF membutuhkan proses desinfeksi menggunakan sinar Ultra Violet (UV) dengan harga Rp. 16.000.000,00 untuk kapasitas 2 m<sup>3</sup>/jam. Dengan kebutuhan pengolahan 127 m<sup>3</sup>/hari atau 5,31 m<sup>3</sup>/jam  $\approx$  6 m<sup>3</sup>/jam, maka dibutuhkan biaya untuk pengadaan UV sebesar Rp. 48.000.000,00. Sedangkan RO tidak membutuhkan desinfeksi. Total kebutuhan UF adalah Rp. 432.000.000,00 dan RO adalah Rp 576.000.000,00

- *Operational and Maintenance Cost*

Biaya operasional sangat dipengaruhi oleh kebutuhan listrik dalam operasional IDU. Kebutuhan listrik digunakan untuk pompa dan peralatan kelistrikan. Jumlah pemakaian listrik pada peralatan kelistrikan UF tidak jauh berbeda dari RO sehingga tidak dibandingkan. Kebutuhan tekanan operasi RO lebih besar hingga mencapai 10 kali lipat kebutuhan tekanan operasi UF menyebabkan biaya listrik untuk pemompaan RO juga melonjak 10 kali lipat dari UF. Kebutuhan listrik untuk UF rata-rata sekitar 0,25 kW per m<sup>3</sup> produk. Sedangkan RO membutuhkan listrik rata-rata sekitar 2,5 kW per m<sup>3</sup> produk. Hal ini menyebabkan biaya listrik RO dapat lebih mahal 10 kali lipat dibanding UF. Untuk perawatan hal yang dibandingkan adalah harga penggantian modul membran. Rata-rata penggantian membran adalah 3-5 tahun tergantung kondisi operasi dan mutu influen. Harga modul RO 34% lebih murah dibanding modul UF sehingga biaya penggantian modul lebih murah. Berdasarkan informasi PT. Inzan Permata, *operational and*

*maintenance cost* Rp 1000,00 per m<sup>3</sup> air yang diolah. Sedangkan untuk RO rata-rata sebesar Rp 2500,00 per m<sup>3</sup> air yang diolah. Dengan jumlah air yang diolah sebesar 182 m<sup>3</sup>/hari, UF membutuhkan biaya operasional sebesar Rp. 5.460.000,00 per bulan. Sedangkan RO sebesar Rp 13.650.000,00 per bulan

- *Product Recovery*

UF memiliki *recovery* 70-80%. Sedangkan RO memiliki *recovery* 80-90% sehingga produk yang dihasilkan RO 10% lebih besar dibanding UF. Dengan debit masuk 182 m<sup>3</sup>/hari, air produk RO diperoleh sebesar 154 m<sup>3</sup>/hari (85% *recovery*). Sedangkan UF sebesar 136 m<sup>3</sup>/hari (75% *recovery*). Jika dibandingkan dengan harga air PDAM Rp 12.550 per m<sup>3</sup>, RO dapat memiliki surplus pengurangan pemakaian PDAM sebesar (154-136) m<sup>3</sup>/hari \*12.550/ m<sup>3</sup> = Rp 225.900,00 per hari atau Rp. 6.777.000,00 per bulan.

Berdasarkan analisis kebutuhan biaya diatas, diasumsikan masa pemakaian unit RO dan UF berlangsung selama satu tahun sehingga diperoleh besar pembiayaan masing-masing unit adalah sebagai berikut:

Tabel 5.14. Perbandingan Kebutuhan Biaya UF dan RO dalam 1 Tahun

Unit Pengolahan	Biaya per tahun (Rp)				Skor
	Capital Cost	O/M Cost	<i>Product Recovery</i>	Total	
UF	432.000.000	67.752.000	0	499.752.000	3
RO	576.000.000	163.800.000	81.324.000	658.476.000	2

Sumber: Olah Data, 2012

### 5.3.3 Pemilihan unit pengolahan

Rangkuman hasil skor kedua analisis dalam pemilihan unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Pembobotan Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	Skor Efisiensi Unit	Skor Kebutuhan Biaya
	40%	60%
Ultrafiltrasi (UF)	18	3
<i>Reverse Osmosis</i> (RO)	29	2

Sumber: Olah Data, 2012

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai akhir dengan menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$\text{Nilai}_{\text{UF}} = \frac{(40\% \times (\frac{18}{10})_{\text{removal}} + (60\% \times 3)_{\text{biaya}})}{40\%_{\text{removal}} + 60\%_{\text{biaya}}} = 2,52$$

$$\text{Nilai}_{\text{RO}} = \frac{(40\% \times (\frac{29}{10})_{\text{removal}} + (60\% \times 2)_{\text{biaya}})}{40\%_{\text{removal}} + 60\%_{\text{biaya}}} = 2,36$$

Dari hasil diatas, UF memperoleh nilai yang lebih tinggi dari pada RO sehingga UF dipilih sebagai unit pengolahan IDU.

### 5.4 Desain Instalasi Daur Ulang

Berdasarkan Tabel 5.12, kemampuan UF dapat memenuhi baku mutu tanpa *pretreatment* kecuali untuk parameter *fecal coliform*. Selain itu, juga diukur kemampuan UF dalam memenuhi target mutu efluen dengan menggunakan baku mutu Pergub 122/2005. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan, seburuk-buruknya efluen IPAL harus memenuhi baku mutu Pergub DKI 122/2005.

Tabel 5.16. Ultrafiltrasi tanpa *Pretreatment* dengan Influen Pergub DKI 122/2005

Parameter	Influen (mg/l)	Removal UF	Efluen UF (mg/l)	Target Mutu Efluen IDU (mg/l)
TDS	459	2%	450	tidak ditentukan
TSS	85	96%	3,4	≤ 30
COD	80	75%	20,00	25
BOD	50	80%	10,00	≤ 30
NH <sub>3</sub>	10	5%	9,5	50% awal
<i>Fecal Coliform</i>	2000	48%	1040	200 (jml/100ml)

Sumber: Olah Data. 2012

Dari Tabel 5.16 terlihat bahwa UF masih mampu memenuhi mutu efluen IDU yang ditetapkan kecuali *fecal coliform*. Namun, *pretreatment* tetap diperlukan untuk mengurangi kecepatan masa terjadinya *fouling* sehingga operasional dan perawatan lebih efisien. *Pretreatment* yang digunakan adalah *Activated Carbon* (AC). AC dipilih karena AC mampu menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa fenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain. Pada IDU digunakan khususnya untuk menyisihkan parameter amonia yang kurang dimiliki oleh UF.

Untuk penyisihan *fecal coliform* akan dilakukan proses desinfeksi menggunakan unit ultraviolet (UV). UV dipilih dalam upaya menghindari penggunaan bahan kimia umum seperti klorin. Selain sebagai disinfektan, klorin juga dapat bereaksi dengan amonia melalui *breakpoint chlorination* sehingga meningkatkan kebutuhan klorin. Klorin juga dapat menyebabkan scaling karena panas yang dihasilkan *cooling tower*.

Beberapa kelebihan UV sebagai disinfeksi dibandingkan dengan disinfeksi kimiawi (Metcalf & Eddy, 2003) yaitu:

- Menghasilkan lebih sedikit produk sampingan
- Efektif membunuh bakteri dan virus serta patogen
- Ekonomis serta pemasangan dan operasi yang mudah
- Waktu kontak singkat
- Tidak dibutuhkan penyimpanan disinfektan

Berdasarkan analisis diatas, maka disimpulkan unit pengolahan yang digunakan adalah filter carbon aktif, ultrafiltrasi (UF), dan ultraviolet (UV) dengan kemampuan *removal* IDU sebagai berikut:

Tabel 5.17. Kemampuan *Removal* IDU

Parameter	Influen (mg/l)	Removal AC	Efluen AC (mg/l)	Removal UF	Efluen UF (mg/l)	UV	Efluen Akhir (mg/l)	Mutu Efluen IDU (mg/l)
TDS	459	-	459	2%	450	-	450	tidak ditentukan
TSS	43	60%	17,2	95%	0,86	-	0,86	≤ 30
COD	74,6	75%	18,6	80%	3,73	-	3,73	25
BOD	35,8	75%	8,94	85%	1,34	-	1,34	≤ 30
Amonia	10	50%	5	15%	4,25	-	4,25	50% awal
<i>Fecal Coliform</i>	2000	-	2000	48%	1040	95%	52	200 (jml/100ml)

Sumber: Olah Data. 2012

#### 5.4.1 Desain Bak Penampung

Bak penampung berfungsi untuk menyeragamkan debit air dari outlet IPAL ke inlet IDU. Bak ini juga dapat berfungsi sebagai bak ekualisasi yang mana mampu menyeragamkan mutu influen IDU jika *detention time* memenuhi. Ekualisasi tidak begitu diperlukan karena hasil pengujian menunjukkan mutu efluen IPAL tidak fluktuatif. Bak penampung dirancang sekecil mungkin untuk menghemat biaya. Namun, dalam desain ini diupayakan bak penampung dapat memenuhi kriteria minimum ekualisasi untuk menghindari kemungkinan terburuk terjadi fluktuasi mutu limbah saat operasional.

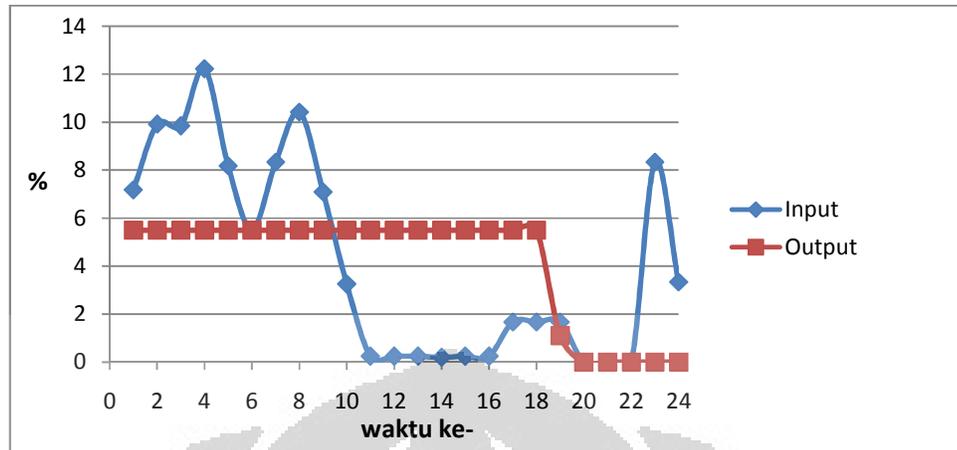
IDU direncanakan untuk dapat beroperasi kurang dari 24 jam. Dalam desain dipilih pengoperasian ≤ 20 jam sehingga terdapat *spare* waktu selama ≥ 4 jam. Dengan input 182 m<sup>3</sup>/hari, operasional 20 jam akan membutuhkan kapasitas minimal sebesar 9,1 jam. Profil input bak penampung sama dengan output IPAL sehingga persentase input disesuaikan dengan kondisi efluen IPAL tiap jam. Mulut bak dirancang sama tinggi dengan pipa outlet IPAL sehingga tidak memerlukan pompa. Direncanakan IDU memiliki kapasitas produksi 10 m<sup>3</sup>/jam

sehingga persentase output per jam adalah  $(10/182) \times 100\% = 5,49\%$  untuk jam 09:00 sampai 03.00 hari berikutnya dan output sisanya sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau 1,1 % pada jam 03:00 sampai jam 04:00.

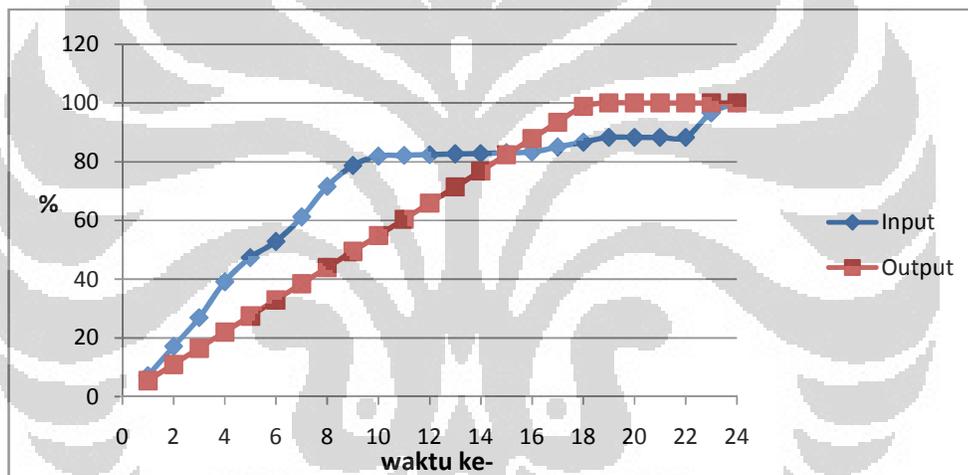
Tabel 5.18. Aliran Bak Penampung dalam Satu Hari

Waktu ke -	Jam	Input (%)		Output (%)		Selisih
		Tiap Jam	Akumulasi	Tiap Jam	Akumulasi	
1	09.00 - 10.00	7,17	7,17	5,49	5,49	1,68
2	10.00 - 11.00	9,92	17,09	5,49	10,99	6,10
3	11.00 - 12.00	9,84	26,93	5,49	16,48	10,45
4	12.00 - 13.00	12,22	39,15	5,49	21,98	17,17
5	13.00 - 14.00	8,17	47,32	5,49	27,47	19,85
6	14.00 - 15.00	5,50	52,83	5,49	32,97	19,86
7	15.00 - 16.00	8,34	61,16	5,49	38,46	22,70
8	16.00 - 17.00	10,42	71,59	5,49	43,96	27,63
9	17.00 - 18.00	7,09	78,67	5,49	49,45	29,22
10	18.00 - 19.00	3,25	81,92	5,49	54,95	26,98
11	19.00 - 20.00	0,24	82,17	5,49	60,44	21,73
12	20.00 - 21.00	0,24	82,41	5,49	65,93	16,47
13	21.00 - 22.00	0,24	82,65	5,49	71,43	11,22
14	22.00 - 23.00	0,19	82,84	5,49	76,92	5,92
15	23.00 - 00.00	0,24	83,08	5,49	82,42	0,67
16	00.00 - 01.00	0,24	83,32	5,49	87,91	-4,59
17	01.00 - 02.00	1,67	84,99	5,49	93,41	-8,41
18	02.00 - 03.00	1,67	86,66	5,49	98,90	-12,24
19	03.00 - 04.00	1,67	88,33	1,10	100	-11,67
20	04.00 - 05.00	0,00	88,33	0,00	100	-11,67
21	05.00 - 06.00	0,00	88,33	0,00	100	-11,67
22	06.00 - 07.00	0,00	88,33	0,00	100	-11,67
23	07.00 - 08.00	8,34	96,66	0,00	100	-3,34
24	08.00 - 09.00	3,34	100,00	0,00	100	0,00

Sumber: Olah Data, 2012



Gambar 5.11. Profil Aliran Bak Penampung tiap Jam  
Sumber: Pengolahan Data, 2012



Gambar 5.12. Profil Kumulatif Aliran Bak Penampung tiap Jam  
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Berdasarkan Tabel 5.18, operasional IDU (output) hanya berlangsung selama 18,2 jam setiap harinya

### 1) Kriteria desain bak penampung

- Bak penampung dibangun sebanyak 1 bak
- Debit input ( $Q_{in}$ ) =  $182 \text{ m}^3/\text{hari}$  (Ave = 7,58; Max = 22,31; Min = 0 ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ))
- Debit output ( $Q_{out}$ ) =  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$

## 2) Perhitungan desain bak penampung

Kapasitas bak penampung yang diperlukan dihitung berdasarkan selisih debit input dan output akumulatif sebagai berikut:

- Maksimum = 29,22%
- Minimum = -12,24%

$$\text{volume } (V) = (|\max| + |\min|\%) \times Q_{in} \quad (5.2)$$

Sehingga kapasitas (volume) bak penampung yang diperlukan adalah:

$$\text{volume } (V) = (|29,22| + |-12,24|\%) \times 182m^3 = 75,5m^3$$

Diameter pipa inlet bak penampung sama dengan pipa outlet IPAL. Sedangkan diameter pipa outlet bak penampung dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{out} &= v \times A = v \times 1/4\pi D^2 \\ D &= \sqrt{(4 \times Q_{out}) / (v \times \pi)} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Diameter pipa yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{(4 \times 0,0028 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)} \\ D &= 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \approx 38,1 \text{ mm atau } 1,5 \text{ inch} \end{aligned}$$

## 3) Pengecekan desain bak penampung

Waktu detensi minimum untuk ekualisasi adalah 4 – 8 jam. Volume bak yang diperlukan adalah 75,5 m<sup>3</sup> sehingga bak penampung memberikan:

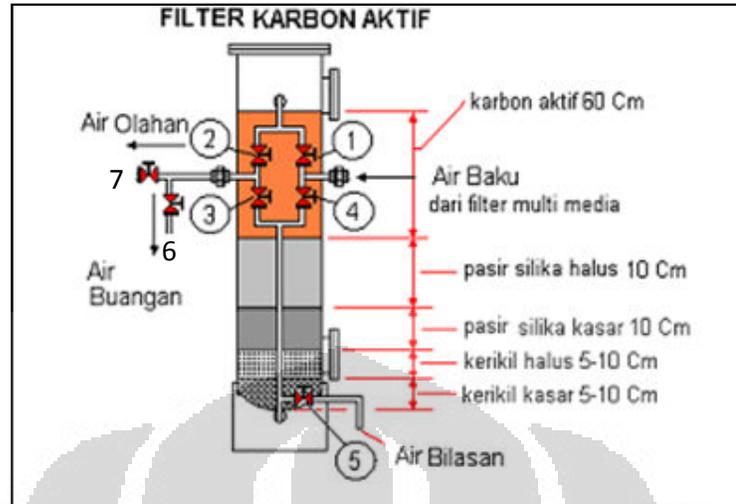
$$\text{waktu detensi } (t) = \frac{75,5 \text{ m}^3}{182 \text{ m}^3 \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}} = 9,95 \text{ jam}$$

Dari hasil diatas, bak penampung memiliki waktu detensi sebesar 9,95 jam sehingga dapat difungsikan sebagai bak ekualisasi .

#### 5.4.2 Desain Filter Karbon Aktif

Karbon aktif yang digunakan terbuat dari arang tempurung kelapa yang telah diaktivasi menggunakan uap air bertekanan (*steam*) dan bahan aditif lainnya untuk meningkatkan daya adsorpsi. Jenis AC yang akan digunakan adalah *Granular Activated Carbon* (GAC) dengan ukuran antara 2 - 4 mm. Filter karbon aktif dilengkapi dengan *screen* pada bagian atas untuk menghindari mengembangnya media karbon aktif akibat aliran air. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap, maka proses penyerapan akan berhenti. Pada saat ini diperlukan penggantian saringan dengan arang aktif yang baru. Kontakor AC mengisi sebanyak 60 - 65% volume tanki. Kapasitas AC yang tersedia adalah 7 - 9 m<sup>3</sup>/ jam dengan volume tanki diameter 750 dan tinggi 1800 mm (Sumber: PT. Inzan Permata). Skema susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- kerikil kasar = 5-10 cm
- kerikil halus = 5 - 10 cm
- pasir silika kasar = 10 cm
- pasir silika halus = 10 cm
- karbon aktif = 60 cm



Gambar 5.13. Skema Operasi Saringan Karbon Aktif  
Sumber: PT. Inzan Permata (telah diolah kembali), 2012

Tabel 5.19. Metode Operasional Saringan Karbon Aktif

Proses Penyaringan	Proses Pembilasan	Proses <i>Backwash</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Buka valve 1,3, dan 7</li> <li>Tutup valve 2,4,5, dan 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buka valve 1 dan 5</li> <li>Tutup valve 2,3, dan 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buka valve 2,4, dan 6</li> <li>Tutup valve 1,3,5, dan 7</li> </ul>

Sumber: PT. Inzan Permata (telah diolah kembali), 2012

Tabel 5.20. Ketentuan Desain kontaktor GAC

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
Debit	Q	m <sup>3</sup> /jam	50-400
Volum Bed	V <sub>b</sub>	m <sup>3</sup>	10-50
Luas Potongan Melintang	A <sub>b</sub>	m <sup>2</sup>	5-30
Panjang	L	M	1,8-4
Fraksi <i>void</i>	A	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,38-0,42
Massa jenis GAC	P	kg/m <sup>3</sup>	350-550
Kecepatan	v <sub>f</sub>	m/jam	5-15
Waktu kontak efektif	T	menit	2-10
<i>Empty bed contact time</i>	EBCT	menit	5-30
Waktu operasi	T	Hari	100-600

Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

### 1) Kriteria desain AC

- Debit per hari = 182 m<sup>3</sup>/hari
- Debit input (Q<sub>in</sub>) = 10 m<sup>3</sup>/jam (18,2 jam operasional)
- Digunakan AC dengan *typical* kapasitas 8 m<sup>3</sup>/jam

### 2) Perhitungan kontaktor GAC

Jumlah unit kontaktor AC yang diperlukan:

$$\text{Jumlah AC} = \frac{Q_{in}}{\text{Kapasitas AC}} = \frac{10 \text{ m}^3 / \text{jam}}{8 \text{ m}^3 / \text{jam}} = 1,25 \text{ unit} \approx 2 \text{ unit}$$

Setiap unit kontaktor AC mengolah 5 m<sup>3</sup> input yang masuk selama 18,2 jam

EBCT = 10 menit = 0,2 jam

volume *bed* (V<sub>b</sub>) tersedia = 3,14 × 0,75<sup>2</sup> × 0,6 = 1,06 m<sup>3</sup>

Kebutuhan volume *bed* (V<sub>b</sub>) = Q<sub>in</sub> per kontaktor × EBCT

= 5 m<sup>3</sup>/jam × 0,2 jam

= 1 m<sup>3</sup> < 1,06 m<sup>3</sup>

Massa GAC yang dibutuhkan:

Massa GAC yang diperlukan per kontaktor adalah:

$$\rho_{GAC} = \frac{m_{GAC}}{V_b} \quad (5.4)$$

$$m_{GAC} = \rho_{GAC} \times V_b$$

GAC dipasaran: massa 2 liter karbon = 1 kg

$$m_{GAC} = \frac{0,5 \text{ kg}}{\text{liter}} \times 1060 \text{ liter} = 530 \text{ kg}$$

Laju Penggunaan Karbon (CUR):

Waktu penggantian material AC rata-rata (t) 8 -12 bulan (tergantung kondisi air yang akan diolah (Sumber: PT Inzan Permata). Asumsi pemakaian 10 bulan = 300 hari

$$CUR = \frac{m_{GAC}}{Q_{in} \times t} \quad (5.5)$$

$$CUR = \frac{530.000 \text{ gram GAC}}{182 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 300 \text{ hari}} = 9,7 \text{ gram GAC} / \text{m}^3$$

Diameter pipa inlet dan outlet:

Diameter pipa filter AC dihitung dengan Persamaan 5.3. Debit input dan output AC sama sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$  sehingga diameter pipa yang dibutuhkan adalah:

$$D = \sqrt{(4 \times 0,0028 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)}$$

$$D = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \approx 38,1 \text{ mm} \text{ atau } 1,5 \text{ inch}$$

### 3) Pengecekan desain

Pengecekan dilakukan terhadap kapasitas AC terpasang jika salah satu kontaktor tidak beroperasi:

$$\text{EBCT} = V_b \text{ tersedia} / Q_{in} = 1,06 \text{ m}^3 / 10 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,106 \text{ jam} \text{ atau } 6,36 \text{ menit} \text{ (5 - 30 menit)}$$

$$T = \text{EBCT} / 3 = 2,12 \text{ menit} \text{ (2-10 menit)}$$

Desain ini memenuhi sehingga tidak disediakan kontaktor AC cadangan.

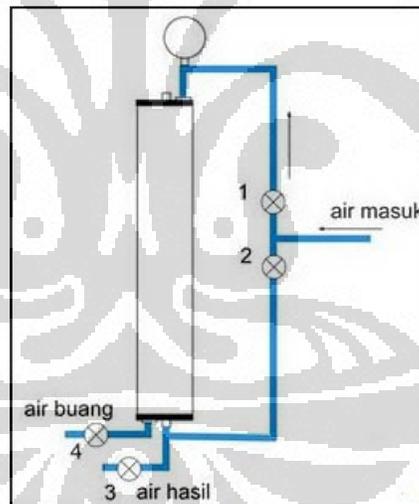
#### 5.4.3 Desain Ultrafiltrasi

Air baku yang telah melewati proses penyaringan di filter karbon aktif kemungkinan masih membawa kekeruhan yang berasal dari media itu sendiri sehingga diperlukan *cartridge filter* sebelum masuk ke unit UF. Saringan skala mikron (*cartridge filter*) ini dapat menyaring padatan atau kekeruhan sampai ukuran  $0,1 - 0,5 \mu\text{m}$  atau mikron. *Cartridge filter* yang telah kotor ditandai dengan bercak kotoran pada *cartridge* dan tekanan pompa naik sehingga *cartridge filter* harus segera diganti dengan yang baru. Penggantian *cartridge filter* untuk masing-masing *plant* berbeda-beda namun rata-rata pemakaian diganti dalam interval waktu 12 hingga 14 bulan.

Untuk unit UF, dianjurkan melakukan *backwash* setiap hari selama 3 hingga 5 menit dan *cross flushing* selama 30 detik setiap minimal 4000 liter produksi. Bila kapasitas terus menurun dalam jangka waktu lama maka perlu dilakukan *cleaning* menggunakan *oxalic acid* dengan cara merendam UF dengan larutan *oxalic acid* sebanyak 0,5 kg/ tabung selama 6 hingga 8 jam (Sumber: PT. Inzan Permata).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan membran UF adalah sebagai berikut :

- Tekanan air masuk sebaiknya tidak lebih dari 3 bar ( $300 \text{ kN/m}^2$ ), ideal pengoperasian pada 1,72 bar ( $172 \text{ kN/m}^2$ ) atau kurang. Semakin kecil tekanan maka daya saring akan lebih bagus, tetapi *recovery* akan semakin berkurang.
- Menghindari kaporit masuk kedalam UF dalam jangka waktu lama kecuali hanya untuk disinfeksi.



Gambar 5.14. Skema Operasi Ultrafiltrasi  
Sumber: PT. Inzan Permata (telah diolah kembali), 2012

Tabel 5.21. Metode Operasional Ultrafiltrasi

Proses Produksi	Proses <i>Backwash</i>	Proses <i>Cross Flushing</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buka valve 1 dan 3</li> <li>• Tutup valve 2 dan 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buka valve 2 dan 4</li> <li>• Tutup valve 1 dan 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buka valve 1 dan 4</li> <li>• Tutup valve 2 dan 3</li> </ul>

Sumber: PT. Inzan Permata (telah diolah kembali), 2012

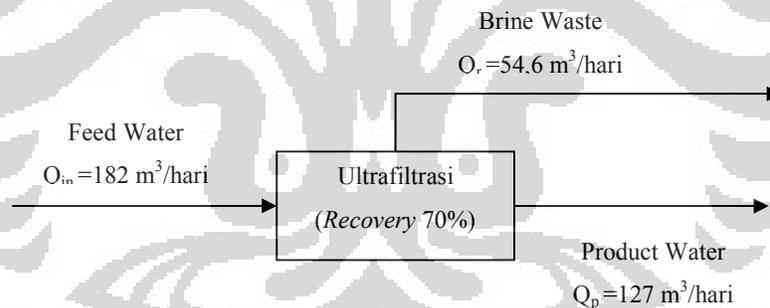
### 1) Kriteria desain UF

- Kapasitas IDU = 10 m<sup>3</sup>/jam
- Waktu operasi unit = 18,2 jam/hari
- Q<sub>p</sub> = 182 m<sup>3</sup>/hari = 9,1 m<sup>3</sup>/jam
- Kapasitas modul membran = 1000-1200 liter/jam
- Dimensi modul membran = Diameter 6 inch x panjang 40 inch
- Jenis membrane = *capillary*
- Material = PS

### 2) Perhitungan desain UF

#### Aliran pada UF:

- Debit *Feed Water* (Q<sub>in</sub>) = 182 m<sup>3</sup>/hari
- Asumsi efisiensi ultrafiltrasi = 70%
- *Product water* (Q<sub>p</sub>) = 127 m<sup>3</sup>/hari
  - *Brine Waste* (Q<sub>r</sub>) = 54,6 m<sup>3</sup>/hari



Gambar 5.15. Aliran Proses UF

Sumber: Olah Data, 2012

#### Kebutuhan modul membran:

$$\text{Jumlah modul} = \frac{Q_{in}}{\text{kapasitas per modul}} = \frac{10.000 \text{ liter / jam}}{1000 \text{ liter / jam}} = 10 \text{ unit}$$

#### Kebutuhan daya :

Desain Tekanan Operasi = 172 kN/m<sup>2</sup> per m<sup>3</sup>

$$\text{Kebutuhan daya} = \text{desain tekanan operasi} \times Q_{\text{in}} \quad (5.6)$$

$$\text{Kebutuhan daya} = \frac{172 \text{ kN/m}^2 \times 182 \text{ m}^3 / \text{hari}}{86400 \text{ detik/hari}} = 0,36 \text{ kW} = 360 \text{ W per m}^3$$

Kebutuhan daya pompa adalah sebagai berikut:

Asumsi efisiensi pompa 95%

$$\text{Daya Pompa} = \frac{360 \text{ W}}{0,95} = 378,95 \text{ W} = 0,38 \text{ kW}$$

Asumsi efisiensi motor 90%

$$\text{Daya Motor} = \frac{378,95 \text{ W}}{0,90} = 421,05 \text{ W} = 0,42 \text{ kW}$$

Diameter pipa inlet dan outlet:

Diameter pipa UF dihitung dengan persamaan 5.3. Debit input UF sebesar 10 m<sup>3</sup>/jam sehingga diameter pipa inlet yang dibutuhkan adalah:

$$D = \sqrt{(4 \times 0,0028 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)}$$

$$D = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \approx 38,1 \text{ mm atau } 1,5 \text{ inch}$$

Debit output UF sebesar 7 m<sup>3</sup>/jam sehingga diameter pipa outlet yang dibutuhkan adalah:

$$D = \sqrt{(4 \times 0,00194 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)}$$

$$D = 0,028 \text{ m} = 28 \text{ mm} \approx 31,75 \text{ mm atau } 1,25 \text{ inch}$$

### 3) Pengecekan desain UF

Pengecekan dilakukan pada kebutuhan minimum modul membran untuk dapat mengolah input 182m<sup>3</sup>/hari dengan operasional dibawah 20 jam.

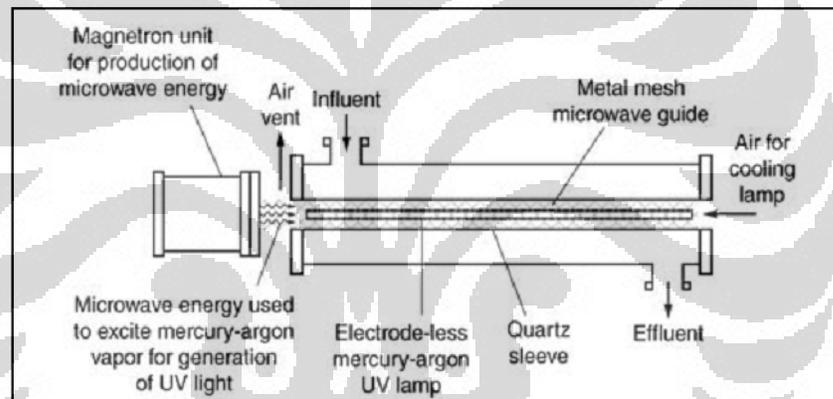
$$\text{Jumlah modul} = \frac{\text{kapasitas produksi per hari}}{\text{kapasitas per modul} \times \text{jumlah jam operasi per hari}} \quad (5.7)$$

$$\text{Jumlah modul minimum} = \frac{182 \text{ m}^3 / \text{hari}}{1 \text{ m}^3 / \text{jam} \times 20 \text{ jam} / \text{hari}} = 9 \text{ modul}$$

Desain ini memenuhi sehingga tidak diperlukan cadangan jika 1 modul tidak beroperasi

#### 5.4.4 Desain Ultra Violet (UV)

Air yang telah melewati UF, selanjutnya air dialirkan ke unit desinfeksi UV. Air yang keluar dari UV merupakan air hasil olahan sudah bebas dari bakteri.



Gambar 5.16. Aliran pada Tabung UV  
Sumber: Metcalf & Eddy, 2007

#### 1) Kriteria desain UV

- Debit input ( $Q_{in}$ ) =  $127 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $7 \text{ m}^3/\text{jam}$  ( $70\% Q_{in}$  UF)
- Debit output ( $Q_{out}$ ) = Debit input ( $Q_{in}$ )
- Target pengolahan = *fecal coliform* 200 jml/100ml

#### 2) Perhitungan desain UV

##### Dosis UV:

Berdasarkan Tabel 5.16, jumlah *coliform* yang ada pada efluen UF berkisar 1040 jml/100ml. Berdasarkan Tabel 5.22 dengan target efluen maksimal sebesar 200 jml/100ml, maka dibutuhkan dosis UV minimal  $35 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ .

Tabel 5.22. Kebutuhan dosis UV pada Berbagai Jenis Efluen

Type of wastewater	Initial coliform count, MPN/100 mL	UV dose, mJ/cm <sup>2</sup>			
		Effluent standard, MPN/100 mL			
		1000	200	23	≤2.2
Raw wastewater	10 <sup>7</sup> –10 <sup>9</sup>	90–130			
Primary effluent	10 <sup>7</sup> –10 <sup>9</sup>	90–130			
Trickling filter effluent	10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	40–50	50–70	70–90	90–110
Activated sludge effluent	10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	40–50	50–70	70–90	90–110
Filtered activated sludge effluent	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	35–45	50–60	70–80	80–100
Nitrified effluent	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	35–45	50–60	70–80	80–100
Filtered nitrified effluent	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	30–40	50–70	70–80	80–100
Microfiltration effluent	10 <sup>1</sup> –10 <sup>3</sup>		25–35	30–40	40–50
Reverse osmosis	~ 0	–	–	–	5–10
Septic tank effluent	10 <sup>7</sup> –10 <sup>9</sup>	90–130			
Intermittent sand filter effluent	10 <sup>2</sup> –10 <sup>4</sup>		10–15	30–40	50–60

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2012

Intensitas UV:

Tabel 5.23. Absorbansi dan Transmisi UV terhadap Berbagai Influen

Type of wastewater	Absorbance, a.u./cm	Transmittance, %
Primary	0.55 to 0.30	28 to 50
Secondary	0.35 to 0.15	45 to 70
Nitrified secondary	0.25 to 0.10	56 to 79
Filtered secondary	0.25 to 0.10	56 to 79
Microfiltration	0.10 to 0.04	79 to 91
Reverse osmosis	0.05 to 0.01	89 to 98

Sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2012

Absorbansi air (A) yang digunakan = 0,1 cm<sup>-1</sup> (Tabel 5.22)Panjang gelombang UV yang diinginkan (I<sub>t</sub>) = 254 nm = 254 x 10<sup>-7</sup> cm

$$A = \log_{10} \frac{I_0}{I_t} \quad (5.8)$$

$$A = \log_{10} I_0 - \log_{10} I_t$$

Intensitas lampu UV yang diperlukan adalah:

$$0,1 = \log_{10} I_o - \log_{10}(254 \times 10^{-7})$$

$$0,1 = \log_{10} I_o + 4,595$$

$$\log_{10} I_o = -4,495$$

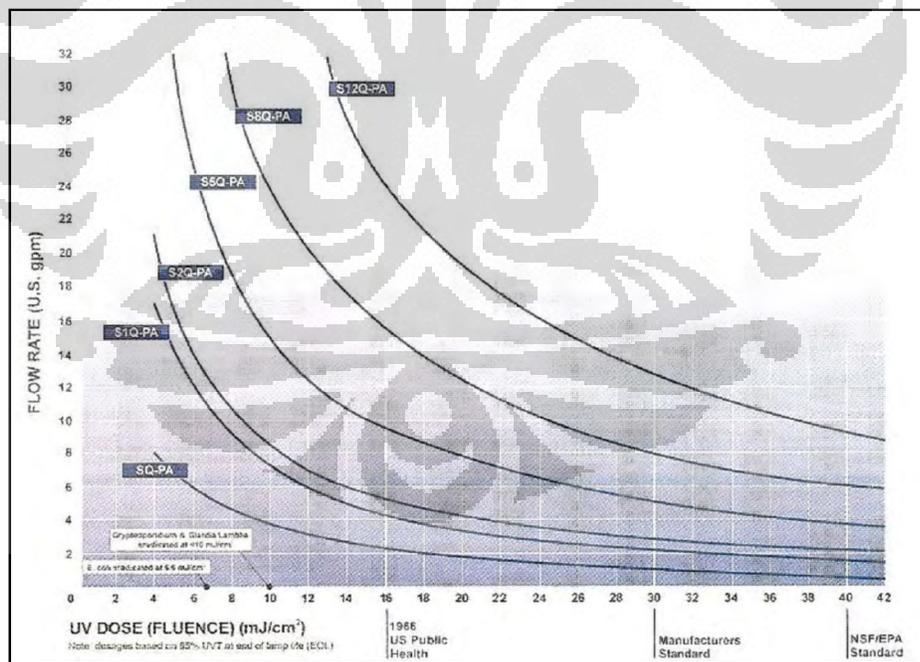
$$I_o = 3,199 \times 10^{-7} \text{ cm} = 319 \text{ nm}$$

Transmisi UV yang diperlukan adalah:

$$UVT(\%) = \frac{I_t}{I_o} \times 100\% \quad (5.9)$$

$$UVT(\%) = \frac{254 \text{ nm}}{319 \text{ nm}} \times 100\% = 79,6\% \text{ (79 - 91\%)}$$

Kebutuhan jumlah unit UV:



Gambar 5.17. Kebutuhan Dosis UV berbanding Debit

Sumber: R-Can Inc, 2012

UV yang digunakan adalah UV merek Sterilight S12Q-PA dengan kapasitas 2,04 m<sup>3</sup>/jam atau 34 liter/menit. Jumlah unit yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas per unit} = 2,04 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Debit input (Q}_{in}\text{)} = 10 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah unit UV} = (10/2,04) \text{ m}^3/\text{jam} = 4,9 \text{ unit} \approx 5 \text{ unit}$$

Disediakan 1 unit cadangan sehingga unit yang dibutuhkan adalah 6 unit UV.

#### Waktu kontak:

Berdasarkan Gambar 5.17, dosis UV yang diperlukan untuk mendesinfeksi 34 liter/menit atau 9 gpm adalah 40 mJ/cm<sup>2</sup>. Nilai ini lebih besar dari kebutuhan dosis, yaitu 35 mJ/cm<sup>2</sup> sehingga diharapkan besar reduksi *coliform* dapat lebih baik. Waktu kontak yang diperlukan setiap kontaktor UV dihitung sebagai berikut:

$$\text{waktu kontak} = \frac{\text{kebutuhan dosis UV}}{\text{dosis UV tersedia} \times \text{menit}} \quad (5.10)$$

$$\text{waktu kontak} = \frac{35 \text{ mJ/cm}^2}{40 \text{ mJ/cm}^2 \times \text{menit}} = 0,875 \text{ menit} = 52,5 \text{ detik}$$

#### Masa Pemakaian Lampu UV:

Lampu sinar UV beroperasi tekanan menengah dan intensitas rendah sehingga memerlukan penggantian setelah pemakaian 8.000 sampai 12.000 jam. Dengan pemakaian 20 jam/hari, maka masa pemakaian diperkirakan adalah (10.000 jam/(20 jam/hari)) = 500 hari.

#### Diameter pipa inlet dan outlet:

Diameter pipa UV dihitung dengan Persamaan 5.3. Debit input sama dengan output sebesar 7 m<sup>3</sup>/jam sehingga diameter pipa yang dibutuhkan adalah:

$$D = \sqrt{(4 \times 0,00194 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)}$$

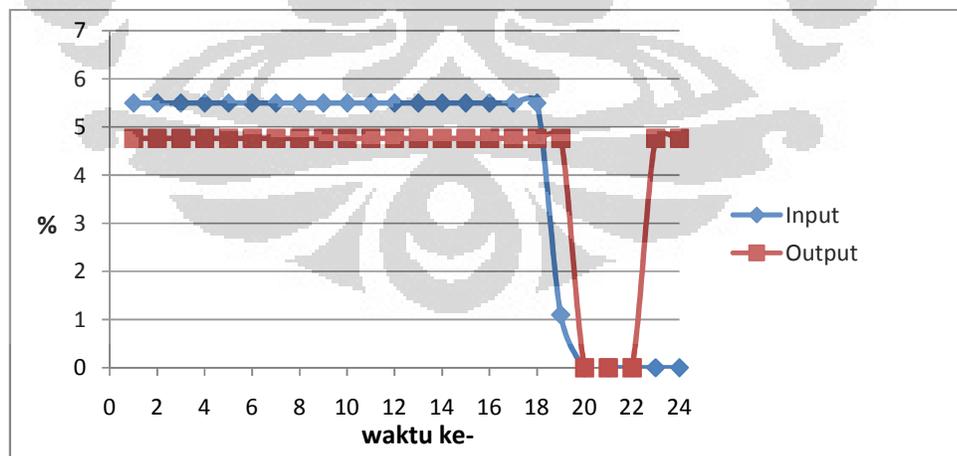
$$D = 0,028 \text{ m} = 28 \text{ mm} \approx 31,75 \text{ mm atau } 1,25 \text{ inch}$$

#### 5.4.5 Desain *Reservoir Tank*

Dikarenakan debit air yang masuk dan keluar dari *ground tank* sama, yakni  $7 \text{ m}^3/\text{jam}$ , maka kapasitas tampung *ground tank* sama dengan  $0 \text{ m}^3$  sehingga *ground tank* tidak diperlukan. Namun, dalam desain ini *ground tank* dipertimbangkan untuk menampung debit sementara sebelum dipompa menuju *reservoir tank* yang berada di atap Gedung Utama. Hal ini dilakukan karena dikhawatirkan pompa yang tersedia tidak/belum beroperasi disaat IDU beroperasi sehingga *ground tank* dapat digunakan untuk menampung air terolah sebelum digunakan.

Dalam desain ini hanya dihitung kebutuhan *reservoir tank* untuk menyuplai input dari IDU dan output ke *cooling tower*. Debit efluen dari IDU sebesar  $127 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Dengan debit  $7 \text{ m}^3/\text{jam}$ , persentase input per jam adalah  $(7/127) \times 100\% = 5,49\%$  untuk operasi jam 09:00 sampai 03.00 hari berikutnya dan output sisanya sebesar  $1,4 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau  $1,1 \%$  pada jam 03:00 sampai jam 04:00. Jam operasi *reservoir tank* ini disesuaikan dengan jam operasi IDU.

Pemakaian air pada *cooling tower* Gedung Utama terukur sebesar  $6,06 \text{ m}^3/\text{jam}$  yang mana merupakan output *reservoir tank*. Persentase pemakaian adalah  $(6,06/127) \times 100\% = 5,49\%$  untuk operasi jam 07:00 sampai 04.00 hari berikutnya.



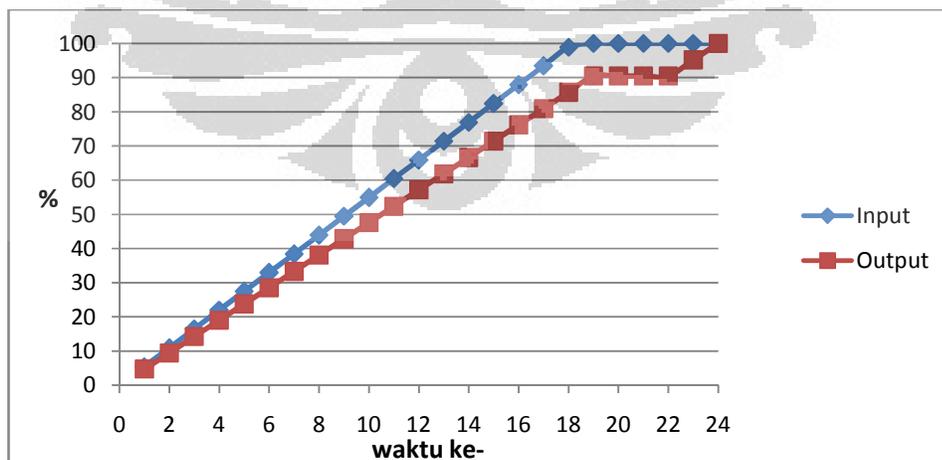
Gambar 5.18. Profil Aliran *Reservoir Tank* tiap Jam

Sumber: Olah Data, 2012

Tabel 5.24. Aliran *Reservoir Tank* dalam Satu Hari

Waktu ke -	Jam	Input (%)*		Output (%)		Selisih
		Tiap Jam	Akumulasi	Tiap Jam	Akumulasi	
1	09.00 - 10.00	5,49	5,49	4,76	4,76	0,73
2	10.00 - 11.00	5,49	10,99	4,76	9,52	1,47
3	11.00 - 12.00	5,49	16,48	4,76	14,29	2,20
4	12.00 - 13.00	5,49	21,98	4,76	19,05	2,93
5	13.00 - 14.00	5,49	27,47	4,76	23,81	3,66
6	14.00 - 15.00	5,49	32,97	4,76	28,57	4,40
7	15.00 - 16.00	5,49	38,46	4,76	33,33	5,13
8	16.00 - 17.00	5,49	43,96	4,76	38,10	5,86
9	17.00 - 18.00	5,49	49,45	4,76	42,86	6,59
10	18.00 - 19.00	5,49	54,95	4,76	47,62	7,33
11	19.00 - 20.00	5,49	60,44	4,76	52,38	8,06
12	20.00 - 21.00	5,49	65,93	4,76	57,14	8,79
13	21.00 - 22.00	5,49	71,43	4,76	61,90	9,52
14	22.00 - 23.00	5,49	76,92	4,76	66,67	10,26
15	23.00 - 00.00	5,49	82,42	4,76	71,43	10,99
16	00.00 - 01.00	5,49	87,91	4,76	76,19	11,72
17	01.00 - 02.00	5,49	93,41	4,76	80,95	12,45
18	02.00 - 03.00	5,49	98,90	4,76	85,71	13,19
19	03.00 - 04.00	1,10	100,00	4,76	90,48	9,52
20	04.00 - 05.00	0,00	100,00	0,00	90,48	9,52
21	05.00 - 06.00	0,00	100,00	0,00	90,48	9,52
22	06.00 - 07.00	0,00	100,00	0,00	90,48	9,52
23	07.00 - 08.00	0,00	100,00	4,76	95,24	4,76
24	08.00 - 09.00	0,00	100,00	4,76	100,00	0,00

Sumber: Olah Data, 2012

Gambar 5.19. Profil Kumulatif Aliran *Reservoir Tank* tiap Jam

Sumber: Olah Data, 2012

### 1) Kriteria desain *Reservoir Tank*

- Bak penampung dibangun sebanyak 1 bak
- Debit input ( $Q_{in}$ ) = 127 m<sup>3</sup>/hari (Max = 7 m<sup>3</sup>/jam; Min = 1,4 m<sup>3</sup>/jam)
- Debit output ( $Q_{out}$ ) = 6,06 m<sup>3</sup>/jam

### 2) Perhitungan desain *Reservoir Tank*

Kapasitas bak penampung yang diperlukan dihitung berdasarkan selisih debit input dan output akumulatif sebagai berikut:

- Maksimum = 13,19%
- Minimum = 0,00%

Kapasitas (volume) bak penampung dihitung dengan Persamaan 5.2 sebagai berikut:

$$\text{volume } (V) = (|13,19| + |0,00|) \times 127 \text{ m}^3 = 16,75 \text{ m}^3$$

Volume yang dibutuhkan untuk *reservoir tank* jauh lebih kecil dari bak penampung, yaitu sebesar 75,5 m<sup>3</sup>. Tanki yang tersedia dengan kapasitas 100 m<sup>3</sup> digunakan untuk bak penampung. Dengan demikian, hanya diperlukan pengadaan *reservoir tank* dengan kapasitas 16,75 m<sup>3</sup> (diameter 1,65 m dan tinggi 2 m). Diameter pipa inlet sama dengan pipa outlet UV. Sedangkan diameter pipa outlet dihitung dengan Persamaan 5.3 sebagai berikut:

$$D = \sqrt{(4 \times 0,00168 \text{ m}^3 / \text{detik}) / (3 \text{ m/detik} \times \pi)}$$

$$D = 0,0267 \text{ m} = 26,7 \text{ mm} \approx 31,75 \text{ mm atau } 1,25 \text{ inch}$$

Berdasarkan hasil desain unit pengolahan, skema Instalasi Daur Ulang adalah sebagai berikut:



Gambar 5.20. Skema Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang

Sumber: Olah Data, 2012

Sedangkan kebutuhan unit pengolahan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.25. Kebutuhan Unit Pengolahan Instalasi Daur Ulang

Jenis Pengolahan	Jumlah (Unit)	Kapasitas per Unit (m <sup>3</sup> /jam)
<i>Storage Tank</i>	1	100 (m <sup>3</sup> )
<i>Reservoir Tank</i>	1	17 (m <sup>3</sup> )
<i>Activated Carbon (AC)</i>	2	7-9
<i>Ultrafiltration (UF)</i>	10	1-1,2
<i>Ultraviolet (UV)</i>	5+1 (cadangan)	2

Sumber: Olah Data, 2012

Neraca Air Rencana Kantor Pusat Pertamina dapat dilihat pada Lampiran III. Sedangkan skema aliran Instalasi Daur Ulang (IDU) selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran IV.

### 5.5 Analisis Biaya untuk Studi Kelayakan

Setelah ditentukan jenis dan jumlah unit yang diperlukan, selanjutnya diestimasi kebutuhan biaya yang harus disediakan Kantor Pusat Pertamina untuk membangun IDU. Spesifikasi unit dan peralatan yang dipilih dapat dilihat dalam Lampiran V. Dalam menghitung kebutuhan biaya investasi awal, harga unit dan peralatan lainnya diambil dari beberapa katalog dari berbagai produsen berbeda sesuai rekomendasi PT. Inzan Permata. Harga yang ditawarkan dapat lebih murah atau lebih mahal dari harga sebenarnya. Biaya operasional yang diperlukan hanya dihitung berdasarkan pemakaian listrik karena sistem IDU yang ditawarkan beroperasi secara semi otomatis sampai otomatis. Hal ini memungkinkan kebutuhan tenaga kerja khusus untuk operasi IDU dapat diabaikan.

Estimasi biaya investasi awal dapat dilihat pada Tabel 5.26. Sedangkan estimasi biaya operasional dan biaya perawatan dapat dilihat masing-masing pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28.

Biaya investasi awal yang dikeluarkan adalah Rp. 630.204.000,00. Biaya ini dapat ditekan jika pada realisasinya dapat memanfaatkan peralatan yang telah tersedia, seperti: tanki bak penampung dan pompa input *reservoir tank*. Biaya O/M yang dikeluarkan adalah Rp. 8.511.524,00 setiap bulannya. Biaya ini dapat ditekan jika masa penggantian unit lebih lama dari perkiraan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengoptimalkan perawatan non-biaya, seperti optimasi metode proses sehingga kerusakan dapat dikurangi. Salah satunya adalah dengan mengatur tekanan operasional membran dibawah tekanan maksimum membran. Selain itu, juga dilakukan optimasi *flushing* dan *backwashing* modul UF serta *backwashing filter* karbon aktif. Total biaya (*Capital, O/M*) yang diperlukan hingga tahun ke-n dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.26. Estimasi Biaya Investasi Awal Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina

No.	Keterangan	Jumlah	Unit	Harga/ Unit (Rp.)	Total (Rp.)
<b>I BAK PENAMPUNG</b>					
1	Pompa Output	1		4.500.000,00	4.500.000,00
2	Tanki 100 m <sup>3</sup>	1		100.000.000,00	100.000.000,00
<b>II PRETREATMENT</b>					
1	<i>Activated Carbon Filter</i>	2		40.000.000,00	80.000.000,00
2	<i>Pressure Gauge</i>	2		200.000,00	400.000,00
3	<i>Piping Equipment</i>	2	Set	500.000,00	1.000.000,00
<b>III TREATMENT</b>					
1	<i>Cartridge Filter 0,1</i>	2		1.500.000,00	3.000.000,00
2	<i>Cartridge Filter 0,5</i>	2		1.500.000,00	3.000.000,00
3	Pompa Sentrifugal	2		4.800.000,00	9.600.000,00
4	Membran Ultrafiltrasi + tabung	10	set	6.500.000,00	65.000.000,00
5	<i>Pressure Gauge</i>	10		200.000,00	2.000.000,00
6	<i>Safety Valve</i>	10	set	100.000,00	1.000.000,00
7	<i>Piping Equipment</i>	10	set	500.000,00	500.000,00
<b>IV DESINFEKSI</b>					
1	Ultraviolet (1 set cadangan)	6	set	12.000.000,00	72.000.000,00
2	<i>Piping Equipment</i>	6	set	500.000,00	3.000.000,00
<b>V RESERVOIR TANK</b>					
1	Pompa Input	1		2.550.000,00	2.550.000,00
2	Tanki 17 m <sup>3</sup>	1		30.000.000,00	30.000.000,00
<b>VI BACKWASH</b>					
1	Pompa	1		4.800.000,00	4.800.000,00
2	Tanki	1		3.000.000,00	3.000.000,00
3	<i>Pressure Gauge</i>	1		200.000,00	200.000,00
4	<i>Piping Equipment</i>	1	set	500.000,00	500.000,00
<b>VII PERALATAN PENDUKUNG</b>					
1	Kabel	3	set	1.500.000,00	4.500.000,00
2	Pipa HDPE Ø 1 1/2 "	4	m	55.000,00	220.000,00
3	Pipa HDPE Ø 1 1/4 "	50	m	40.000,00	2.000.000,00
4	Aksesoris Pipa	3	set	300.000,00	900.000,00
5	<i>Panel Control</i>	1	set	120.000.000,00	120.000.000,00
6	<i>Flow Meter</i>	5	set	300.000,00	1.500.000,00
7	<i>Frame</i>	1	set	10.000.000,00	10.000.000,00
<b>IX LAIN-LAIN</b>					
1	Biaya Instalasi dan lainnya	20	%		105.034.000,00
<b>Total Biaya Investasi (Capital Cost)</b>					<b>630.204.000,00</b>

Sumber: Olah Data, 2012

Tabel 5.27. Estimasi Biaya Operasional Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina

N o.	Alat	Daya (kW)	Jumlah	Waktu Operasi (jam/hari)	Total Listrik (kWh)/ Bulan	TDL (Rp/kWh)	Biaya Listrik (Rp)
1	Pompa Output Bak Penampung	0,4	1	20	240	800	192.000
2	Pompa Setrifugal UF	0,75	2	20	900	800	720.000
3	Pompa Backwash	0,75	1	0,067	1,51	800	1.206
4	Pompa Input Reservoir Tank	0,5	1	20	300	800	240.000
5	UV	0,042	5	20	126	800	100.800
6	Lain-lain	1	1	20	600	800	480.000
<b>Total Biaya Operasional (Operational Cost) per Bulan</b>							<b>1.734.006</b>

Sumber: Olah Data, 2012

Tabel 5.28. Estimasi Biaya Perawatan Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina

N o.	Keterangan	Jumlah	Unit	Masa Penggantian (bulan)	Harga/ Unit (Rp.)	Total (Rp.)	Biaya per Bulan (Rp.)
1	GAC	1060	Kg	10	20.000	21.200.000	2.120.000
2	Modul UF	10	unit	36	5.500.000	55.000.000	1.527.778
3	Cartridge Filter	4	Unit	12	1.500.000	6.000.000	500.000
4	Lampu UV	6	Unit	17	5.000.000	30.000.000	1.796.407
5	Lain-lain	1		6	5.000.000	5.000.000	833.333
<b>Total Biaya Perawatan (Maintenance Cost) per Bulan</b>							<b>6.777.518</b>

Sumber: Olah Data, 2012

Tabel 5.29. Estimasi Total Biaya Instalasi Daur Ulang

Tahun (n)	Total Biaya hingga Tahun ke-n	Total Produksi (m <sup>3</sup> )	Harga Air per m <sup>3</sup> (Rp.)
5 tahun	1.140.895.457,80	228.600,00	4.990,79
4 tahun	1.038.757.166,24	182.880,00	5.679,99
3 tahun	936.618.874,68	137.160,00	6.828,66
2 tahun	834.480.583,12	91.440,00	9.125,99

Sumber: Olah Data, 2012

Diasumsikan jangka waktu operasi IDU selama 2 sampai 5 tahun. Dari Tabel 5.29, dapat dilihat harga air daur ulang berdasarkan jangka waktu operasi.

Semakin lama jangka waktu operasi, maka harga air daur ulang akan semakin murah.

Kelayakan IDU diukur dengan menggunakan Persamaan 3.2. Dengan produksi air atau *product recovery* sebesar 70% dari input selama 2 tahun dan harga pembelian air PDAM di Kantor Pusat Pertamina adalah Rp. 12.550,00 per m<sup>3</sup>, nilai kelayakan IDU adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Rp. 12.550,00}}{\text{Rp. 9.126,00}} = 1,36 \geq 1$$

Berdasarkan hasil diatas, IDU yang dibangun layak untuk diaplikasikan. Dalam analisis pembiayaan ini juga diestimasi besar penghematan yang diperoleh akibat keberadaan IDU. Penghematan bersih diukur dari selisih penghematan PDAM dikurangi biaya operasional dan perawatan IDU.

Tabel 5.30. Estimasi Penghematan Kantor Pusat Pertamina

Input (m <sup>3</sup> /hari)	Product Recovery	Output (m <sup>3</sup> /hari)	Harga PDAM per m <sup>3</sup> (Rp.)	Penghematan PDAM per Bulan (Rp.)	Penghematan Bersih per Bulan (Rp.)
182	60%	109,2	12.550	41.113.800,00	32.602.275,70
	70%	127,4	12.550	47.966.100,00	39.454.575,70

Sumber: Pengolahan Penulis

Berdasarkan Tabel 5.30, *payback period* IDU dapat dihitung dengan persamaan 3.3, yaitu 16 bulan untuk *product recovery* 70% dan 19 bulan untuk *product recovery* 60%.

## 5.6 Rekomendasi dalam Instalasi Daur Ulang

Berdasarkan kondisi yang ada, dapat diberikan rekomendasi sebagai berikut:

- Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kondisi IPAL eksisting dinilai kurang memadai karena mutu efluen IPAL belum memenuhi baku mutu Pergub DKI 122/2005 sehingga diperlukan perbaikan (IPAL rencana). Hal ini dilakukan dalam upaya menghasilkan mutu efluen IPAL (influen IDU) yang lebih baik sehingga kinerja IDU dapat lebih optimal yang mana pada akhirnya akan menghasilkan IDU yang lebih efisien secara ekonomi.
- IDU akan menghasilkan *retentate*/konsentrat hasil pengolahan unit ultrafiltrasi. Jumlah konsentrat cukup besar, yakni sebesar 55 – 72,8 m<sup>3</sup>/hari atau 30 – 40 % dari input yang masuk. Dalam penelitian tidak dilakukan *pilot plant* sehingga air hasil pengolahan IDU hanya sebatas nilai teori. Oleh karena itu, mungkin diperlukan *treatment* tambahan sebelum konsentrat dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk kebutuhan lainnya seperti kebutuhan pertamanan dan *flushing* toilet. Saat ini pemipaan *flushing* toilet menyatu dengan pemipaan air bersih lainnya sehingga diperlukan pemipaan khusus untuk *flushing* toilet ini agar tidak bercampur dengan air bersih. Dengan adanya pemanfaatan konsentrat ini, maka potensi daur ulang akan meningkat sehingga kebutuhan PDAM dapat dikurangi hingga 40 persen.

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

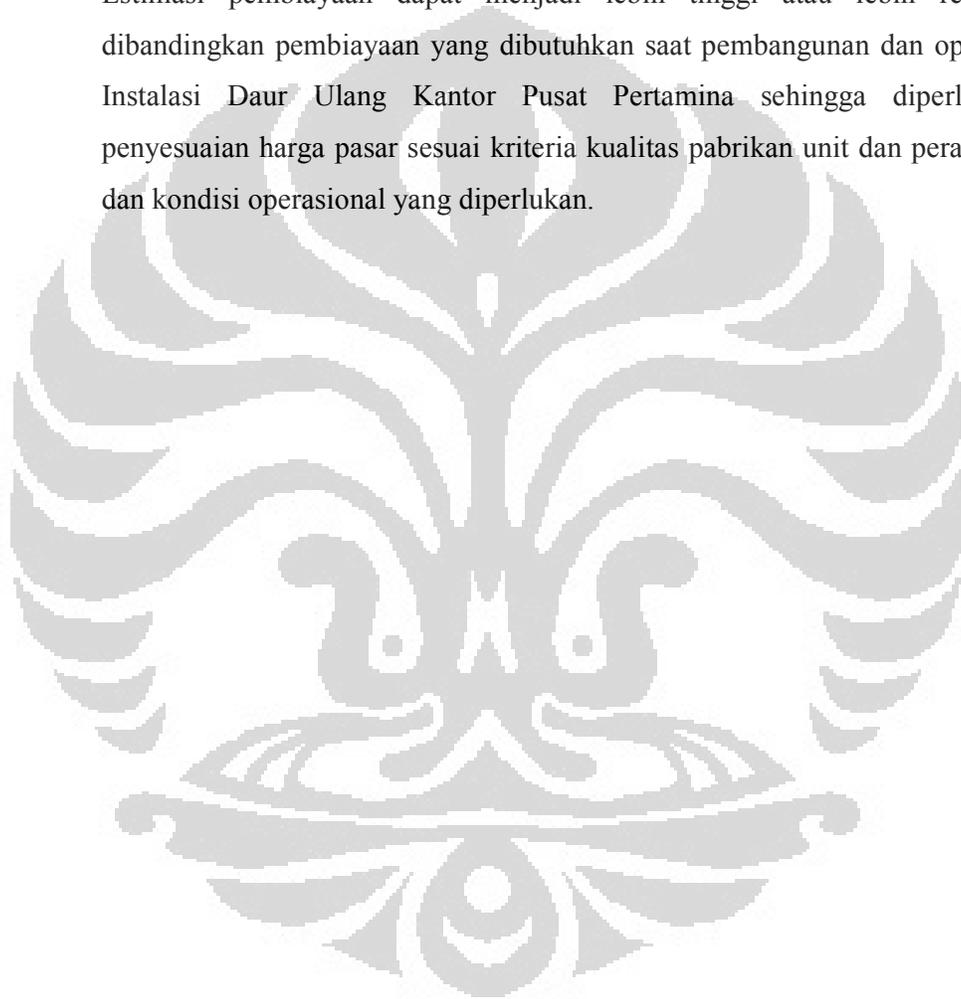
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di IPAL Kantor Pusat Pertamina (PT. Pertamina (Persero)) dengan judul “Desain Instalasi Daur Ulang Air Limbah Domestik Kantor Pusat Pertamina – Jalan Medan Merdeka Timur No.1A”, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan analisis aspek kebutuhan dan aspek teknis, bentuk pemanfaatan air daur ulang direkomendasikan untuk penggunaan *cooling tower* Gedung Utama. Sedangkan bentuk pengolahan Instalasi Daur Ulang yang direkomendasikan adalah kombinasi *pretreatment* filter karbon aktif, *maintreatment* ultrafiltrasi (UF), dan desinfeksi ultraviolet (UV).
- Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina dapat menghasilkan air daur ulang dengan kapasitas produksi 109 hingga 127 m<sup>3</sup>/hari atau 60 hingga 70 persen dari potensi air limbah yang dapat didaur ulang sebesar 182 m<sup>3</sup>/hari yang bersumber dari Gedung Utama, Gedung annex, Gedung Perwira, dan kantin Kantor Pusat Pertamina. Air daur ulang ini dapat mengurangi konsumsi PDAM sebesar 24 hingga 28 persen.
- Dengan biaya investasi awal diestimasi sebesar Rp. 630.204.000 dan biaya operasional dan perawatan diestimasi sebesar Rp. 8.511.524 setiap bulannya, Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina dianggap layak secara ekonomi dengan harga produksi air daur ulang sebesar Rp. 9.126 per m<sup>3</sup> (jangka waktu operasi 2 tahun) atau harga produksi air daur ulang sebesar Rp. 4.990 per m<sup>3</sup> (jangka waktu operasi 5 tahun) dibandingkan harga air PDAM sebesar Rp. 12.550 per m<sup>3</sup>. Penghematan yang diperoleh Kantor Pusat Pertamina sebesar Rp. 41.113.800 sampai Rp. 47.966.100 setiap bulannya dengan *payback period* diperkirakan selama 16 sampai 19 bulan.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis terkait hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Diperlukan *pilot plant* untuk mengetahui kinerja *removal* dilapangan sesuai spesifikasi unit pengolahan yang akan digunakan pada Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina.
- Estimasi pembiayaan dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan pembiayaan yang dibutuhkan saat pembangunan dan operasi Instalasi Daur Ulang Kantor Pusat Pertamina sehingga diperlukan penyesuaian harga pasar sesuai kriteria kualitas pabrikan unit dan peralatan dan kondisi operasional yang diperlukan.



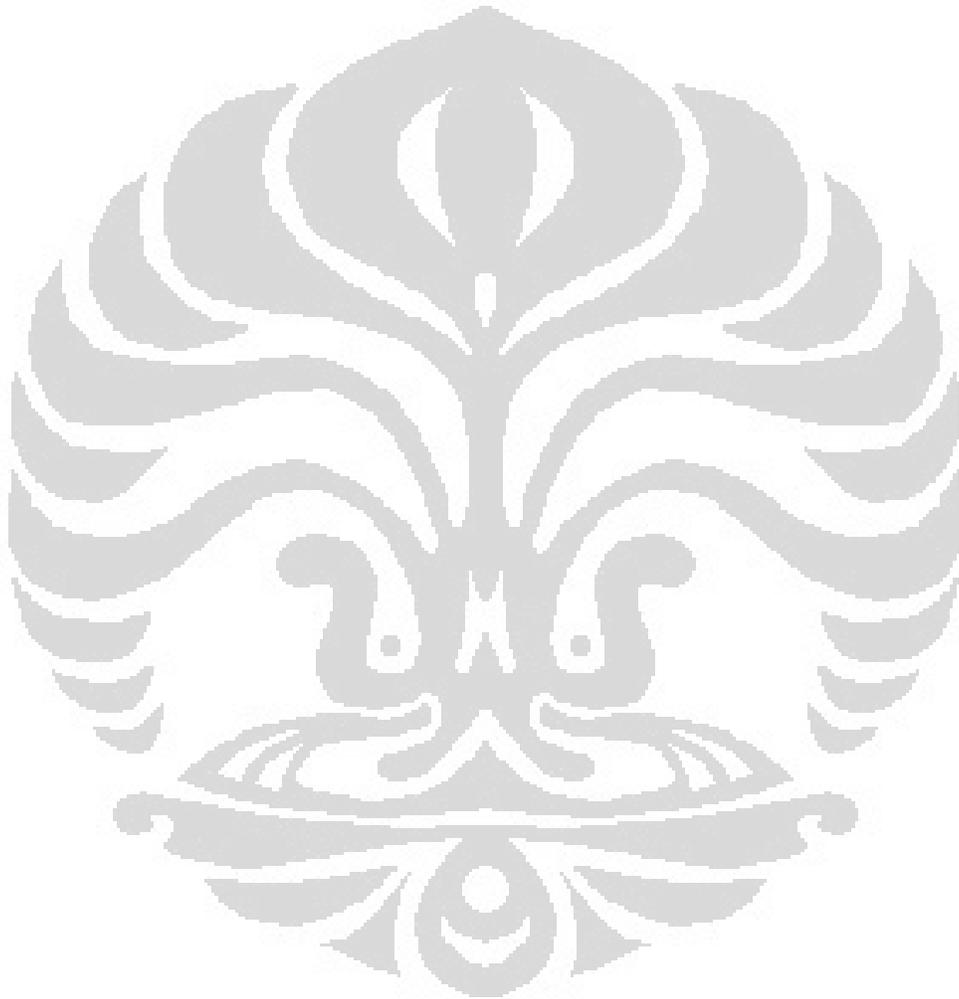
## DAFTAR REFERENSI

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Donald G. Newnan. (1990). *Engineering Economic Analysis 3rd edition*. Engineering Press, Inc.
- Environmental Protection Agency : *Water Reuse Guidelines*.
- Hindarko, S. (2003). *Mengolah Air Limbah: Supaya Tidak Mencemari Orang Lain*. Jakarta: Penerbit ESHA.
- JICA. (1990). *The Studi on Urban Drainage and Wastewater Disposal Project in The City of Jakarta*. Jakarta: JICA.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Lintong, S. 2011. (Maret, 2011) “Pasokan Air Bersih Aetra Terganggu”. Arsip : Badan Regulator PAM DKI. <http://www.jakartawater.org/>. Diakses pada tanggal 27 November 2011.
- Maurizt, N. kompas.com (Maret, 2011). “PDAM: Kebocoran Air Minum sulit Diatasi”. 27 November 2011. <http://nasional.kompas.com/read/2011/03/16/1523154/PDAM.Kebocoran.Air.Minum.Sulit.Diatasi> .
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (4th edition)*. New York: McGraw-Hill Book.
- Metcalf & Eddy. (2007). *Water reuse: Issues, Technologies, and Applications*. New York: McGraw-Hill Book.
- Said, Nusa Idaman. (2000). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup*. JTL DTL BPPT.
- PBS&J, McGuire. (2004). *City of San Diego Water Reuse Study 2005: Water Reuse Goals, Opportunities & Values*. American Assembly Workshop I. October 6-7, 2004. <http://www.sandiego.gov/water/waterreustudy/index.shtm>.

- Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- Pinoto, Djoko. (2003), Sumbangan Brantas Untuk Pembangunan Berkelanjutan, disajikan dalam Seminar Sistem Monitoring Pencemaran Lingkungan Sungai dan Teknologi Pengelolaannya, Hotel Panghegar, Bandung. PPET-LIPI .
- Qasim, Syed R. (1985). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. USA: CBS College Publishing.
- Soeparman, Suparmin. (2001). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair: Suatu Pengantar*. Jakarta: Penerbit Buku kedokteran EGC.
- Sukyar (Agustus, 2009). "Cekungan Air Tanah Jakarta Kritis". Arsip: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 27 November 2011. <http://www.esdm.go.id/>.
- Sugiyono, (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: Alfabeta
- Suprihatin. (2009). "Penerapan Air Daur Ulang di Berbagai Negara". Workshop Air Daur ulang dalam Perspektif Islam, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Tchobanoglous, George, & Rolf, Eliassen. 1979. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw-Hill Book.
- Tortajada, Cecilia (2006). *Water Management in Singapore*. Journal of Water Resources Development, 22, 227.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Konservasi Sumber Daya Air.
- Universitas Indonesia (2008). Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia.
- Urkiaga, A., & Fuentes, De las L., et.al. (2006). *Methodologies for Feasibility Studies Related to Wastewater Reclamation and Reuse Projects*. Journal of Desalination, 187, 263-269.
- Veenstra, (1995), *Wastewater Treatment*, IHE Delf.

WALHI (Maret, 2009). “WALHI: Kondisi Air Tanah Jakarta Kritis”. 27 November 2011. <http://berita.liputan6.com/read/174828/walhi-kondisi-air-tanah-jakarta-kritis>.

Wiwekowati. vivanews.com (Februari, 2009). “BPLHD: Air Tanah Jakarta Tak Layak Dikonsumsi”. 27 November 2011. [http://dunia.vivanews.com/news/read/34520air\\_tanah\\_jakarta\\_tak\\_layak\\_konsumsi](http://dunia.vivanews.com/news/read/34520air_tanah_jakarta_tak_layak_konsumsi)



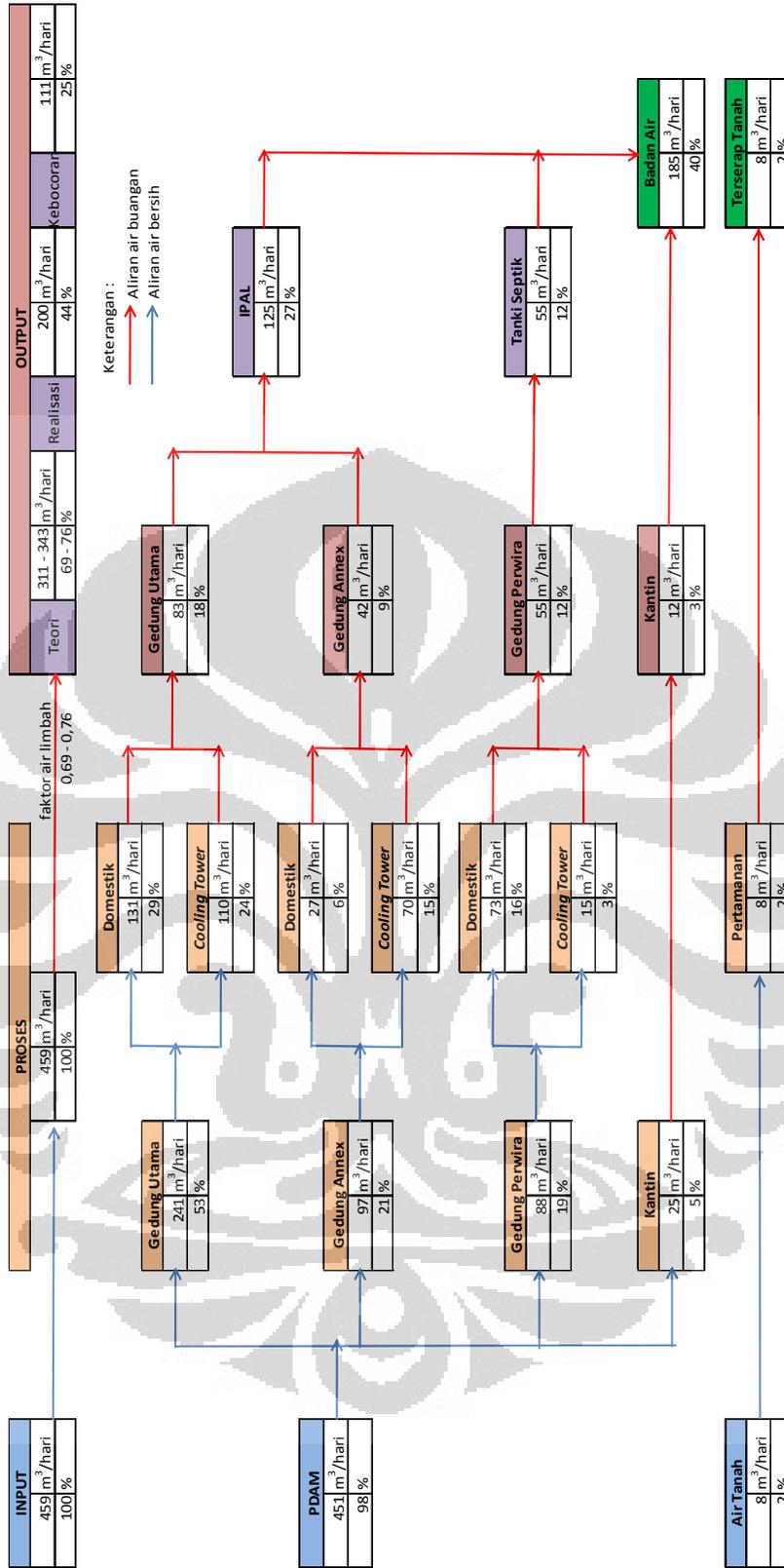
**Lampiran I. Hasil Pengukuran Debit Efluen IPAL Kantor Pusat Pertamina.**

Jam Ukur	Debit Efluen (m <sup>3</sup> /jam)	
	Pengukuran pada Tanggal: 16 Februari 2012	Pengukuran pada Tanggal: 29 Februari 2012
9:00	11,04	–
9:20	8,25	8,20
9:40	7,61	8,59
10:00	7,80	7,78
10:20	7,40	6,94
10:40	15,00	21,69
11:00	13,65	34,29
11:20	13,65	0,00
11:40	9,00	0,00
12:00	7,48	0,00
12:20	6,50	0,00
12:40	3,12	–
13:00	–	–
13:20	–	–
13:40	–	–
14:00	–	–
14:20	–	–
14:40	–	–
15:00	–	9,07
15:20	–	11,29
15:40	–	9,73
16:00	–	12,00

Pengukuran pada Tanggal 24 April 2012					
Jam ukur	Debit Efluen (Liter per detik)				Debit Efluen (m <sup>3</sup> /jam)
	Pengukuran I	Pengukuran II	Pengukuran III	Pengukuran Rata-rata	
9:00	4,77	3,97	4,42	4,39	15,80
9:10	4,68	4,48	4,20	4,45	16,04
9:20	4,92	4,13	4,46	4,50	16,22
9:30	3,61	3,51	3,52	3,55	12,76
9:40	3,09	3,70	3,04	3,28	11,79
9:50	2,24	2,15	2,35	2,25	8,10
10:00	3,04	2,53	2,26	2,61	9,40
10:10	2,36	2,55	2,26	2,39	8,61
10:20	2,45	1,74	2,37	2,19	7,88
10:30	2,26	1,93	2,26	2,15	7,74
10:40	2,04	1,90	2,19	2,04	7,36
10:50	2,09	2,02	2,04	2,05	7,37

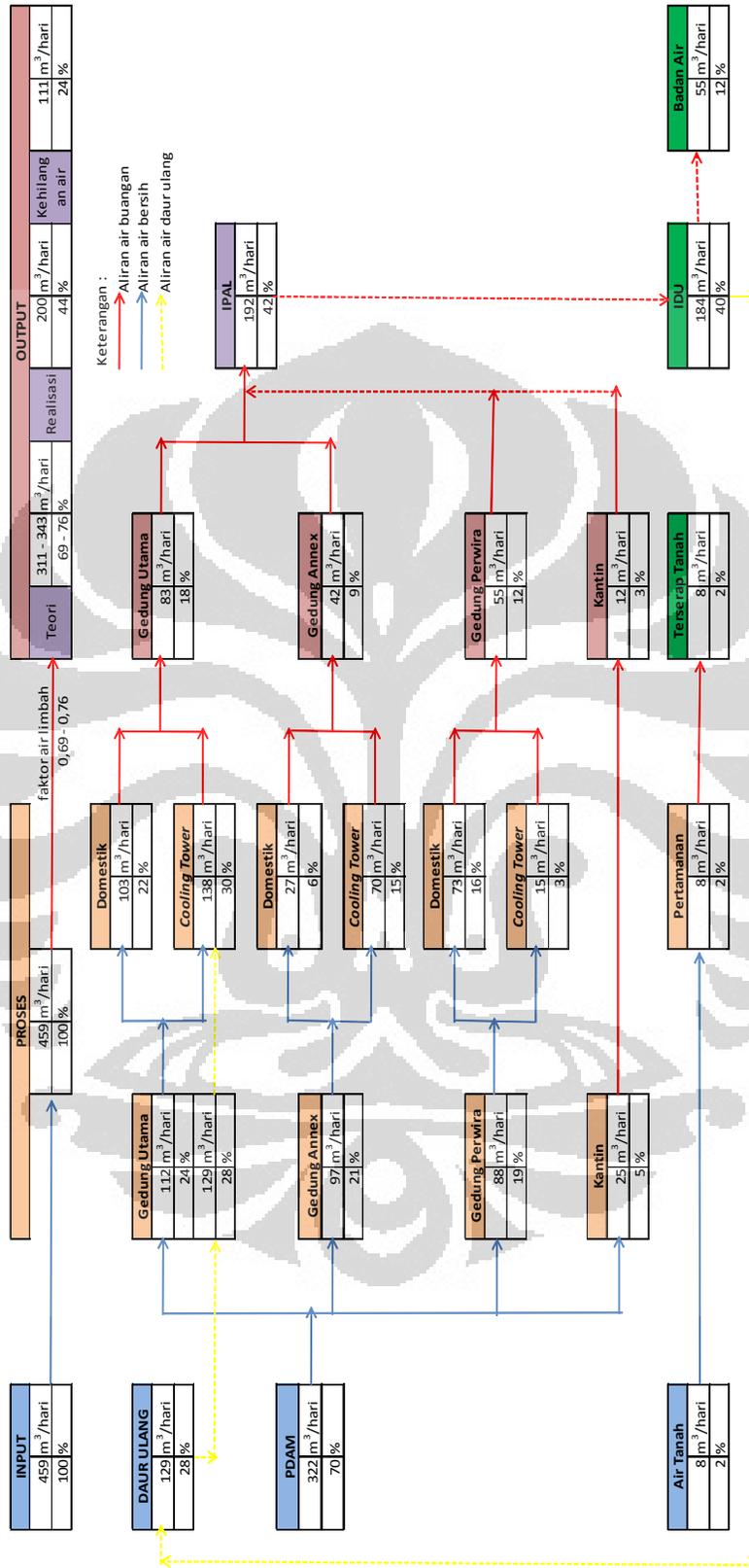
11:00	2,01	1,85	2,38	2,08	7,48
11:10	1,99	2,15	2,01	2,05	7,39
11:20	2,27	2,10	2,25	2,20	7,93
11:30	2,24	2,09	2,03	2,12	7,63
11:40	2,31	2,45	2,57	2,44	8,79
11:50	2,14	2,03	2,07	2,08	7,48
12:00	6,17	5,14	5,72	5,68	20,43
12:10	3,96	3,60	3,58	3,71	13,37
12:20	3,49	3,45	3,25	3,40	12,24
12:30	3,07	3,04	3,11	3,08	11,08
12:40	3,06	2,97	3,15	3,06	11,01
12:50	3,13	2,93	2,91	2,99	10,75
13:00	3,28	3,28	3,60	3,38	12,18
13:10	3,32	3,21	3,41	3,31	11,92
13:20	3,45	3,17	3,43	3,35	12,06
13:30	3,35	3,04	3,09	3,16	11,37
13:40	3,13	2,68	2,99	2,93	10,56
13:50	3,19	3,15	3,31	3,21	11,57
14:00	3,18	2,97	3,00	3,05	10,97
14:10	2,79	2,89	2,80	2,83	10,18
14:20	2,78	2,55	2,77	2,70	9,71
14:30	2,71	2,57	2,61	2,63	9,47
14:40	5,11	4,70	5,22	5,01	18,04
14:50	4,15	3,96	3,78	3,96	14,27
15:00	3,39	3,22	3,45	3,36	12,08
15:10	3,18	3,24	3,07	3,16	11,39
15:20	3,85	3,35	3,68	3,62	13,05
15:30	0	0	0	0	0
15:40	0	0	0	0	0
15:50	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0

Lampiran II. Neraca Air Eksisting Kantor Pusat Pertamina

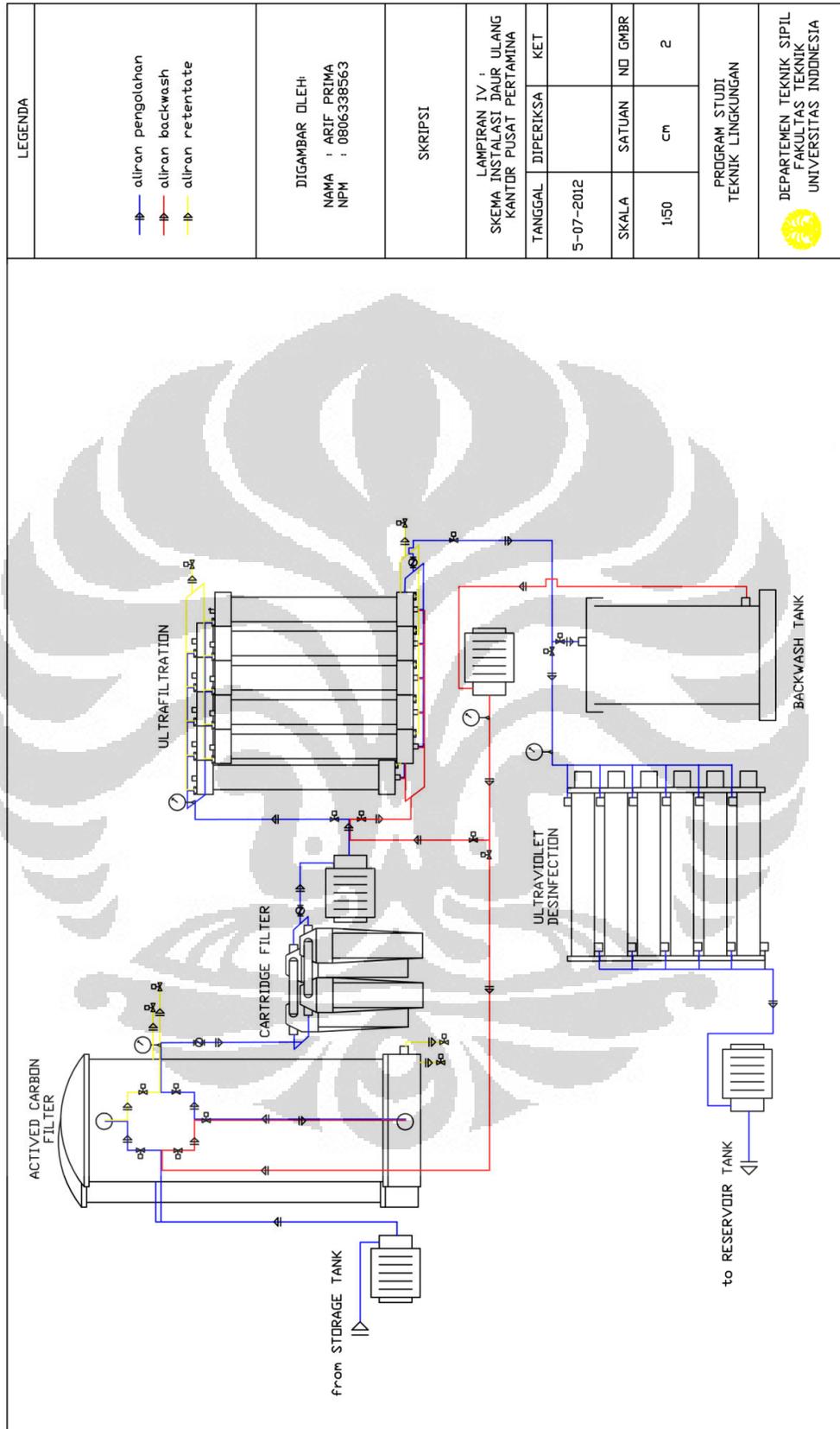


Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012

Lampiran III. Neraca Air Rencana Kantor Pusat Pertamina



Sumber: Pertamina (telah diolah kembali), 2012



LEGENDA

- aliran pengalihan
- aliran backwash
- aliran retentate

DIGAMBAR OLEH:  
 NAMA : ARIF PRIMA  
 NPM : 0806338563

SKRIPSI

LAMPIRAN IV :  
 SKEMA INSTALASI DAUR ULANG  
 KANTOR PUSAT PERTAMINA

TANGGAL	DIPERIKSA	KET
5-07-2012		
SKALA	SATUAN	NO GMBR
1:50	cm	2

PROGRAM STUDI  
 TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK  
 UNIVERSITAS INDONESIA

**Lampiran IV. Spesifikasi Unit dan Peralatan Instalasi Daur Ulang  
Kantor Pusat Pertamina**

**1. Bak Penampung**

**a. Tanki**

Volume	: 100 m <sup>3</sup>
Material	: <i>Fiberglass</i>
Dimensi	: (sesuai pesanan)
Harga	: Rp. 100.000.000,00
Jumlah	: 1

**b. Pompa Output**

Jenis Pompa	: Pompa Air Celup (Grundfos – Unilift CC7A)
Material	: <i>Cast Iron</i>
Daya Listrik	: 400 Watt
Daya Dorong	: 7 meter
<i>Total Head</i>	: 7 meter
Kapasitas	: 14,5 m <sup>3</sup> /jam
Inlet	: 1 ¼ inch
Harga	: Rp 4.500.000,00
Jumlah	: 1

**2. Reservoir Tank**

**a. Tanki**

Volume	: 17 m <sup>3</sup>
Material	: <i>fiberglass</i>
Dimensi	: Diameter 165 cm, Tinggi 200 cm
Harga	: Rp 30.000.000,00
Jumlah	: 1

**b. Pompa Input**

Jenis	: Pompa Air Jet Pump – Shimizu (PC-502-BIT)
Kapasitas	: 100 liter/menit
Daya Listrik	: 500 Watt
<i>Suction Head</i>	: 50 meter
<i>Discharge Head</i>	: 50 meter
<i>Total Head</i>	: 100 meter
Voltage/Hz/Phase	: 220V/50 Hz/1
Ukuran Pipa	: 1,25” x 1”
Harga	: Rp 2.550.000,00

Jumlah : 1

### 3. *Pretreatment Equipment*

#### a. *Filter Activated Carbon*

Tekanan : 4 Bars  
 Kapasitas : 7 – 9 m<sup>3</sup>/jam  
 Ukuran : D 750 mm × L 1800 mm  
 Material : FRP/PVC/SS  
 Pipa Inlet/ Outlet : 1,5 inch  
 Sistem : *Semiautomatic Backwash*  
 Media AC : Arang Kelapa (*Granular*)  
 Harga Media Filter : Rp. 20.000,00 per kg  
 Media Penahan : Sand dan Gravel  
 Harga *Sand* : Rp. 3.900,00 per kg  
 Harga *Gravel* : Rp. 4.300,00 per kh  
 Harga per Unit Komplit : Rp 40.000.000,00  
 Jumlah : 2

### 4. *Treatment Equipment*

#### a. *Cartridge Filter 0,1 dan 0,5 Mikron*

Tekanan : 3 Bars  
 Kapasitas : 30 Liter/menit  
 Ukuran : D 12 cm × L 55 cm  
 Material : Plastik/*wool*  
 Pipa Inlet/ Outlet : 1 inch  
 Harga per Unit Komplit : Rp 1.500.000,00  
 Jumlah : 2 + 2

#### b. *Membran Ultrafiltrasi*

Merek : GDP Type S-640  
 Kapasitas : 1000 - 1200 Liter/jam  
 Jenis Membran : Kapiler  
 Material : PS  
 Dimensi : D 6 inch x L 40 inch  
 Harga per Modul : Rp 5.500.000,00  
 Jumlah : 10

#### c. *Pompa Ultrafiltrasi*

Tipe pompa : Sentrifugal – CNP (CHL 4-40)  
 Kapasitas : 5 m<sup>3</sup>/jam  
 Daya : 0,75 kW/ 1 HP/ 380 V/ 50 Hz/ 2950 RPM  
 Head : 30 m

Tekanan	: 3 bar
Harga	: Rp 4.800.000,00
Jumlah	: 2

## 5. Backwash Equipment

### a. Tanki

Volume	: 1 m <sup>3</sup>
Material	: <i>fiberglass</i>
Dimensi	: Diameter 60 cm, Tinggi 100 cm
Harga	: Rp 3.000.000,00
Jumlah	: 1

### b. Pompa

Tipe pompa	: Sentrifugal – CNP (CHL 4-40)
Kapasitas	: 5 m <sup>3</sup> /jam
Daya	: 0,75 kW/ 1 HP/ 380 V/ 50 Hz/ 2950 RPM
Head	: 30 m
Tekanan	: 3 bar
Harga	: Rp 4.800.000,00
Jumlah	: 1

## 6. Ultraviolet

### Tabung dan Lampu Ultraviolet

Tipe	: Ultraviolet Sterilight S12Q-PA
Dimensi	: L×W×H×Dcell (94×8,9×8,9×8,9 (cm))
Kapasitas	: 2,04 m <sup>3</sup> /jam
Daya Lampu	: 42 Watt
<i>Electrical Voltage</i>	: 100 - 130V/50 - 60Hz
Tekanan Operasi (Max)	: 8,26 bar
Temperatur Ambien	: 2 - 40 <sup>0</sup> C
Harga per Paket	: Rp 12.000.000,00
Jumlah	: 6

## 7. Perlengkapan Lainnya

### a. Kabel

Tipe	: Standard (10A. Min) SNI
Harga	: Rp 1.500.000,00
Jumlah	: 3 set

### b. Pipa HDPE 1 ½”

Diameter	: 1 1/2”
----------	----------

- Harga per meter : Rp 55.000,00  
Jumlah : 4 meter
- c. Pipa HDPE 1 ¼”**
- Diameter : 1 1/4 “  
Harga per meter : Rp 40.000,00  
Jumlah : 50 meter
- d. Flow Meter**
- Jenis : SS double scale (gpm dan lpm)  
Lubang Input/Output : 1/2 inch  
Harga per Unit : Rp. 300.000,00  
Jumlah : 4
- e. Pressure Gauge**
- Jenis : SS double scale (psi dan bar)  
Lubang Input/Output : 5/8 inch  
Harga per Unit : Rp. 200.000,00  
Jumlah : 13
- f. Panel Kontrol**
- Harga : Rp 120.000.000,00



**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 : 212 - 213 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : DWICA WULANDARI  
 Alamat : Jalan Pd Putri Asri, Depok  
 Tgl Penerimaan Contoh : 29 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 29 Februari 2012 - 15 Maret 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Inlet Debit Puncak ; Outlet Debit Puncak

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			212	213	
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	107.0	89.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	47.88	56.30	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	177.09	239.22	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	38.36	33.82	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan Lemak	mg/L	< 1.13	< 1.13	Spektrophotometer
6	Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	89.99	60.05	SNI 06-6989.22-2004

**Keterangan :**

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

212 = Inlet Debit Puncak

213 = Outlet Debit Puncak

Jakarta, 22 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/LL, Rev 1; 01 Februari 2006



**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 : 211 / LAB. 2 - LC/II/2012  
 Contoh dari : DWICA WULANDARI  
 Alamat : Jalan Pd Putri Asri, Depok  
 Tgl Penerimaan Contoh : 29 Februari 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 29 Februari 2012 - 15 Maret 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Outlet (Grab Sampling)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	43.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	35.75	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	74.56	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	34.56	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan Lemak	mg/L	< 1.13	Spektrophotometer
6	Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	37.94	SNI 06-6989.22-2004
7	Total Hardness	mg/L	122.88	SNI 06-6989.12-2004
8	Zat Padat Terlarut	mg/L	459.0	SNI 06-2413-1991

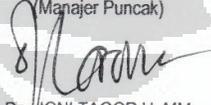
Keterangan :

Parameter yang tercantik telah telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 22 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.LI.; Rev 1; 01 Februari 2006



**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 : 488 - 489 / LAB. 2 - LC/IV/2012  
 Contoh dari : **DWICA WULANDARI**  
 Alamat : Kampus UI, Depok  
 Tgl Penerimaan Contoh : 24 April 2012  
 Tgl Pengujian Contoh : 24 April 2012 - 03 Mei 2012  
 Jenis Contoh : Air Limbah  
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet (Composite Sampling)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			488	489	
1	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	197.0	35.0	Spektrophotometer
2	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	136.76	30.79	SNI 6989.72:2009
3	COD (Dichromat)	mg/L	324.78	73.23	SNI 6989.73:2009
4	Ammonia	mg/L	93.38	18.50	SNI 06-6989.30-2005
5	Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	197.58	50.19	SNI 06-6989.22-2004
6	Total Hardness	mg/L	86.40	91.20	SNI 06-6989.12-2004
7	Zat Padat Terlarut	mg/L	715.0	419.0	SNI 06-2413-1991
8	Bakteri Koli	Jml/100 mL	-	> 16000	SNI 06-4158-1996
9	Bakteri Koli Tinja	Jml/100 mL	-	> 16000	SNI 19-3957-1995

Keterangan :

488 = Inlet

489 = Outlet

-) tidak dilakukan pengujian

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 9 Mei 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