



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN LUMPUR
IPA PEJOMPOGAN I DAN II JAKARTA**

SKRIPSI

**MELATI WAHYU RIZKI PRATAMI
0706275681**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2011**

49/FT.TL.01/SKRIP/06/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN LUMPUR
IPA PEJOMPOGAN I DAN II JAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**MELATI WAHYU RIZKI PRATAMI
0706275681**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2011**

49/FT.TL.01/SKRIP/06/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

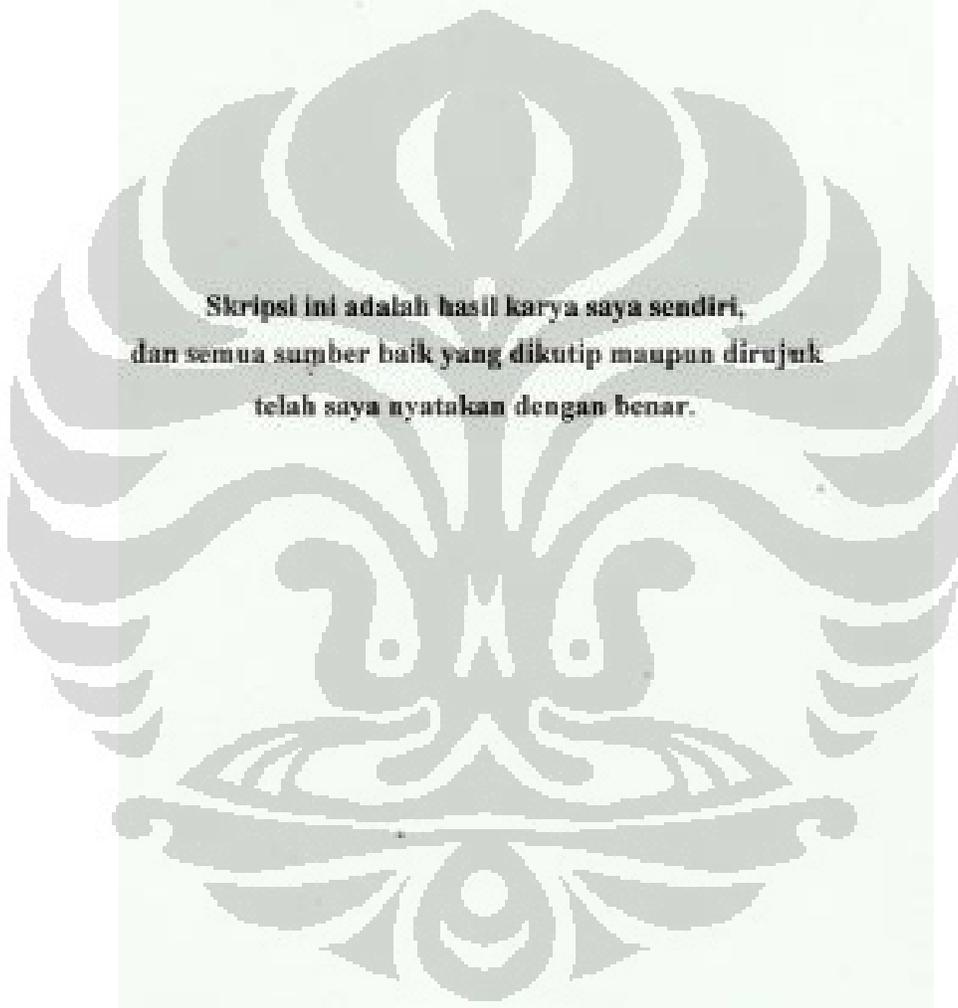
**DESIGN OF SLUDGE TREATMENT PLANT
WTP I AND II PEJOMPOGAN JAKARTA**

UNDERGRADUATED THESIS
Proposed as a requirement to get bachelor degree

MELATI WAHYU RIZKI PRATAMI
0706275681

ENGINEERING FACULTY
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JUNE 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS



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

Nama : Melati Wahyu Rizki Pratami

NPM : 0706275681

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juni 2011

PAGE STATEMENT OF ORIGINALITY

**This undergraduated thesis is the result of my own work,
and all sources of both quoted and referred
had I stated correctly.**

Name : Melati Wahyu Rizki Pratami

Student Number : 0706275681

Signature : 

Date : June 16 2011

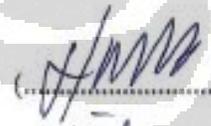
HALAMAN PENGESAHAN

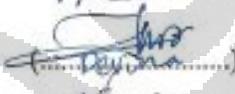
Skripsi ini diajukan oleh :

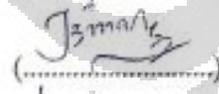
Nama : Melati Wahyu Rizki Pratami
NPM : 0706275681
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Perencanaan Sistem Pengolahan Lumpur IPA I dan II
Pejompongan Jakarta.

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

DEWAN PENGUJI

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

Pembimbing 2 : Devina Fitrika Dewi, S.T., M.Sc. 

Penguji 1 : Ir. Irma Gusniani D., M.Sc. 

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

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Juni 2011

VALIDATION SHEET

This undergraduate thesis submitted by :

Name : Melati Wahyu Rizki Pratami
Student Number : 0706275681
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : Design of Sludge Treatment Plant WTP I and II
Pejompongan Jakarta

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

BOARD OF EXAMINERS

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



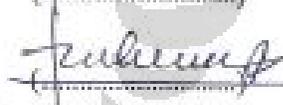
Adviser 2 : Devina Fitrika Dewi, S.T., M.Sc.



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



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



Defined in : Depok

Date : June 16 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, 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 Devina Fitrika Dewi, 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 D., M.Sc dan Ir. G.S B. Andari Kristanto, M.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membantu untuk perbaikan skripsi ini.
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang selalu memberikan doa serta dukungan materil dan moril.
- (4) Para dosen Departemen Teknik Sipil dan Program Studi Teknik Lingkungan, yang telah membimbing dan memberi dukungan moril dan materil selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
- (5) Ir. Winarni, Msc dan Bramato Geritno, ST., MM., atas segala waktu, masukan dan rekomendasi yang sangat serta bermanfaat.
- (6) Bagian produksi IPA I dan II (Kamid, Aly Sunandar, M. Yusuf) , Mba Ria, dan Bapak Zaky dari training center atas kesempatan serta bantuan yang telah diberikan.
- (7) Bhimo Bhaskoro yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta perhatian kepada saya selama penyusunan skripsi.
- (8) Amreta Nandini, Zahra Amalia, dan seluruh rekan-rekan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Indonesia Angkatan 2007 yang selalu setia

memberikan dukungan mental dan semangat kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

- (9) Licka Kamadewi, Sri Diah Handayani, dan Wardoyo selaku laboran yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium dan di lapangan.
- (10) Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberi dukungan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian 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, Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Melati Wahyu Rizki P.
NPM : 0706275681
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk membolehkan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Perencanaan Sistem Pengolahan Lumpur IPA I dan II Pejompongan Jakarta.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 16 Juni 2011

Yang menyatakan



(Melati Wahyu Rizki Pratami)

**PAGE STATEMENT OF FINAL APPROVAL
FOR PUBLICATION OF ACADEMIC INTEREST**

As an academic community of Universitas Indonesia, I undersigned below:

Name : Melati Wahyu Rizki Pratami
Student Number : 0706275681
Study Program : Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Faculty of Engineering University Of Indonesia
Type of Work : Undergraduated Thesis

For the sake of development of science, agreed to grant to the Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty-Free Right** of my scientific work, entitled:

**DESIGN OF SLUDGE TREATMENT PLANT WTP I AND II
PEJOMPONGAN JAKARTA**

Along with existing devices (if necessary). With this non-exclusive royalty-free right University of Indonesia reserve the right to store, media transfer/formatting, managing in the form of a database, maintain, and publish my final project without asking permission from me as long as include my name as the author/creator of the copyright owner.

Thus, I properly made this statement.

Made in : Depok
On : June 16 2011

Stated by



(Melati Wahyu Rizki Pratami)

ABSTRAK

Nama : Melati Wahyu Rizki Pratami
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perencanaan Sistem Pengolahan Lumpur IPA I dan II
Pejompongan Jakarta.

Instalasi Pengolahan Air bersih Pejompongan I dan II merupakan unit pengolahan air bersih yang dimiliki oleh PT. PALYJA. Sumber air baku yang digunakan berasal dari Sungai Krukut dan Kalimalang. Disamping menghasilkan air minum, unit pengolahan air minum ini juga menghasilkan residu. Residu ini ditimbulkan dari unit pengolahan tergantung pada kualitas air baku, proses pengolahan, dan penggunaan bahan kimia, residu ini umumnya berupa lumpur. Lumpur dari unit pengolahan air didefinisikan sebagai akumulasi padatan atau endapan yang dihasilkan dari koagulasi bahan kimia, flokulasi dan sedimentasi air baku. Lumpur dari Pengolahan Air Bersih (IPA) I dan II Pejompongan hingga saat ini masih dibuang ke Sungai Krukut. Berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta NO.582 1995 mengenai Baku Mutu Limbah Cair, lumpur tersebut harus diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi standar baku mutu sehingga tidak merusak lingkungan.

Melihat kondisi tersebut, maka diperlukan sistem pengolahan lumpur serta proses penanganan lumpur pada fasilitas pengolahan air. Metodologi yang digunakan dalam desain perencanaan ini adalah dengan melakukan analisa karakteristik lumpur serta kuantitas lumpur dari data sekunder maupun primer. Dari data *waterbalance* periode 2010 volume lumpur IPA I adalah sebesar 1.808.414 m³/tahun, dan 3.728.688 m³/tahun untuk IPA II. Produksi lumpur dalam massa selama periode 2010 untuk IPA I mencapai 34.291,1 ton/tahun dan IPA II sebesar 37.762,68 ton/tahun. Pemilihan alternatif pengolahan lumpur berdasarkan pertimbangan penggunaan lahan, unit efisiensi, serta aspek lingkungan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka desain unit pengolahan lumpur IPA I terdiri dari 1 unit bak penampung, 2 unit *Gravity thickener*, 1 unit bak penampung lumpur, 2 unit *centrifuge*, 1 unit bak penampung *drycake*, dan 1 unit tangki supernatant dengan estimasi luas lahan yang dibutuhkan adalah sebesar 5060 m². Unit pengolahan lumpur terpilih untuk IPA II terdiri dari 1 unit bak penampung, 3 unit *Gravity thickener*, 1 unit bak penampung lumpur, 2 unit *centrifuge*, 1 unit bak penampung *drycake*, dan 1 unit tangki supernatant dengan estimasi luas lahan yang dibutuhkan adalah sebesar 4467 m².

Kata kunci:

IPA I & II Pejompongan, Lumpur, Instalasi Pengolahan Air Bersih, Sistem pengolahan lumpur

ABSTRACT

Name : Melati Wahyu Rizki Pratami
Study Program : Teknik Lingkungan
Title : Design of Sludge Treatment Plant WTP I and II Pejompongan
Jakarta

Water treatment plant in Pejompongan I and II is a unit of water treatment plant which is owned by PT. PALYJA. Source of raw water for this water treatment plant comes from the Krukut River and Kalimalang River. Besides producing drinking water, this water treatment plant is also produced residues. In form of sludge, these residues which is generated from water treatment unit depends on the quality of raw water, the treatment process, and the used of some chemicals. Water treatment sludge is defined as the accumulated solids or precipitate removed from a sedimentation basin, settling tank, or clarifier in a water treatment. The accumulated solids are the result of chemical coagulation, flocculation, and sedimentation of raw water. Residues from the process of water treatment plant in Pejompongan 1 and II have still discharged into the Krukut River until now. Based on the Governor Regulation No. 582 of 1995 which is about the Standardization of Liquid Waste Quality, residual water should be processed before they are discharged so that they meet the standard of liquid waste quality and good for the environment.

Based on that condition, the sludge treatment system and processes for sludge handling in water treatment facilities is a need. Methodology in this planning design was used analyse of sludge characteristic and quantities from primary and secondary data. From waterbalance data during 2010, volume of sludge from IPA I is about 1.808.414 m³/year, and 3.728.688 m³/year from IPA II. Sludge production during period 2010 from IPA I reach 34.291,1 ton/year dan 37.762,68 ton/year from IPA II. Selection of the best alternative based on land use consideration, efficiency of the unit and environmental aspect. From this consideration, design of sludge treatment for IPA I consist of 1 unit collector basin, 2 units of gravity thickener, 1 unit sludge collector, 2 units centrifuge, 1 unit drycake collector are chosen, with estimated land area required was around 5060 m². Design of sludge treatment selected for IPA II consist of 1 unit collector basin, 3 units of gravity thickeners, 1 unit sludge collector, 2 units centrifuges, 1 unit drycake collector with estimated land area required was around 4467 m².

Key word:

WTP I & II Pejompongan, Sludge, Water Treatment Plant, Design of Sludge Treatment

DAFTAR ISI

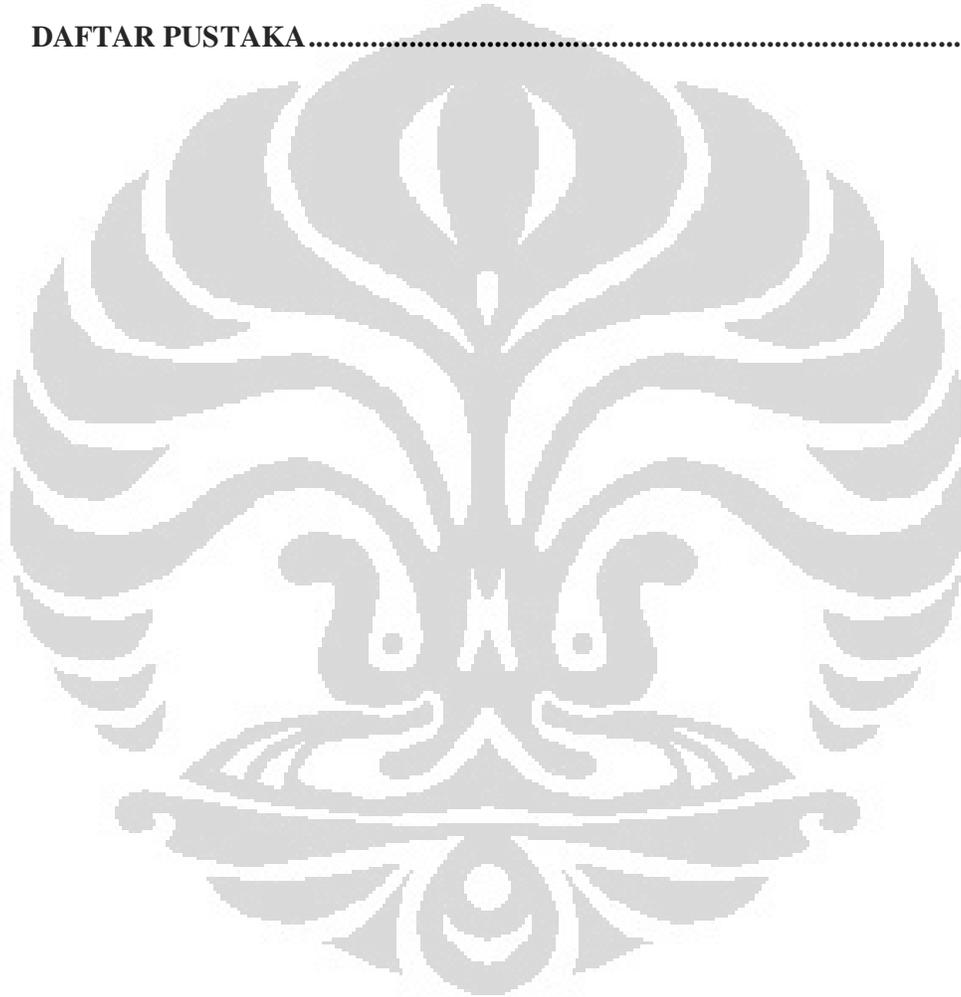
HALAMAN JUDUL	I
TITLE PAGE	II
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	III
STATEMENT OF ORIGINALITY	IV
HALAMAN PENGESAHAN	V
STATEMENT OF LEGITIMATION	VI
KATA PENGANTAR	VII
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	IX
ABSTRAK	XI
ABSTRACT	XII
DAFTAR ISI	XIII
DAFTAR TABEL	XVIII
DAFTAR GAMBAR	XX
DAFTAR LAMPIRAN	XXI
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.5.1. Untuk PT. PALYJA	4
1.5.2. Untuk masyarakat/pihak luar	5
1.5.3. Untuk penulis	5
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 STUDI PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Sumber Lumpur	8
2.3. Karakteristik Lumpur	10
2.3.1. Fisik	10
i. Suhu	10
ii. Kandungan padatan	10
iii. Kekeruhan	11
iv. <i>Specific gravity</i> Lumpur (Ssl)	12
2.3.2. Kimia	13
i. pH	13
ii. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	14
iii. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	14
iv. Kandungan besi	14
2.4. Karakteristik lumpur koagulan	15
2.4.1. Pengaruh tipe dosis koagulan	16
2.4.2. Pengaruh pH dan rasio hidrolisis	16
2.4.3. Efek koagulan	17
2.4.4. Pengaruh terhadap kualitas air baku	17
2.5. Jumlah Lumpur	18

2.5.1.	Perhitungan berat lumpur	18
2.5.2.	Hubungan volume dan massa lumpur.....	18
2.6.	Jenis Pengolahan Lumpur.....	19
2.6.1.	<i>Thickening</i>	19
	i. <i>Gravity thickening</i>	20
	ii. <i>Flotation Thickening</i>	20
	iii. <i>Gravity Belt Thickeners</i>	20
2.6.2.	<i>Conditioning</i>	21
	i. <i>Chemical conditioning</i>	21
	ii. <i>Physical Conditioning</i>	22
2.6.3.	<i>Dewatering</i>	22
	i. <i>Mechanical Dewatering</i>	22
	ii. <i>Non-Mechanical Dewatering</i>	25
2.7.	Pembuangan Akhir.....	25
2.7.1.	Pembuangan langsung ke air permukaan.....	25
2.7.2.	Pembuangan ke perairan laut	27
2.7.3.	Pembuangan ke Waste Water Treatment (WWTP).....	27
2.7.4.	<i>Land Aplication</i>	28
2.7.5.	Penimbunan (<i>Landfill</i>)	28
2.7.6.	Pemanfaatan lain.....	29
2.7.7.	Studi pemanfaatan lumpur IPA di Indonesia	29
2.8.	Peraturan.....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		32
3.1.	Kerangka Kerja	32
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.3.	Pengumpulan data	33
3.4.	Data Primer.....	33
	i.Sampling air buangan	33
	ii.Observasi pengolahan yang dilakukan	34
3.5.	Data Sekunder.....	34
3.6.	Pengolahan dan Analisa data.....	34
3.7.	Desain Pengolahan.....	35
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK PERENCANAAN		36
4.1.	Profil Perusahaan	36
4.2.	Lokasi Instalasi Pengolahan Air (IPA).....	36
4.3.	Kegiatan Perusahaan	37
	4.3.1. Tugas perusahaan.....	37
	4.3.2. Cakupan Pelayanan.....	37
	4.3.3. Fasilitas dan Infrastruktur.....	38
4.4.	Kondisi eksisting daerah studi.....	40
4.5.	Sumber air baku	40
	4.5.1. Kapasitas produksi.....	41
	4.5.2. Instalasi Pengolahan.....	42
	4.5.3. Kondisi pembuangan lumpur eksisting.....	43
BAB 5 PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR.....		45
5.1.	Umum.....	45
5.2.	Rencana Pelayanan	45

5.2.1. Tahap Perencanaan	45
5.2.2. Batas pelayanan	45
5.3. Kuantitas dan kualitas air baku	46
5.3.1. Kuantitas	46
5.3.2. Kualitas	47
5.4. Unit Penghasil Lumpur	51
5.4.1. IPA I.....	51
i.Filtrasi	51
ii.Accelator	52
5.4.2. IPA II.....	54
i.Filtrasi	55
ii.Pulsator	55
5.5. Karakteristik dan kuantitas lumpur.....	57
5.5.1. Bahan Kimia.....	57
5.5.2. Karakteristik Lumpur.....	59
i.Analisa data skunder.....	59
ii.Analisa data primer.....	63
5.5.3. Kuantitas	67
i.Volume.....	67
ii.Massa Lumpur.....	72
iii.	
Hubungan massa-volume lumpur	73
5.6. Lokasi Unit Pengolahan Lumpur.....	74
5.7. Alternatif pengolahan lumpur.....	75
BAB 6 DETAIL DESAIN UNIT-UNIT PENGOLAHAN LUMPUR	77
6.1. IPA I.....	77
6.1.1 Bak Pengumpul.....	77
i.Data Perencanaan	77
ii.Desain	78
iii.Rekapitulasi.....	82
6.1.2. Gravity thickener	83
i.Kriteria desain	83
ii.Data Perencanaan	83
iii.Perhitungan desain.....	83
iv.Supernatan.....	88
v.Rekapitulasi	90
6.1.3. Penampung lumpur.....	90
i.Data perencanaan.....	90
ii.Perhitungan	90
iii.Pengecekan.....	91
iv.Struktur inlet dan outlet	91
v.Rekapitulasi	91
6.1.4. Mechanical Dewatering Belt filter press.....	91
i.Kriteria desain	91
ii.Data perencanaan.....	92
iii.Perhitungan desain.....	92
iv.Rekapitulasi.....	96

6.1.5. Centrifuge.....	96
i.Kriteria desain	96
ii.Data perencanaan.....	97
iii.Perhitungan desain.....	97
iv.Rekapitulasi.....	100
6.1.6. Bak pengumpul drycake.....	101
i.Belt filter press	101
ii.Centrifuge.....	101
iii.Rekapitulasi.....	102
6.1.7. Tangki Supernatan	102
i.Belt filter press	102
ii.Centrifuge.....	103
iii.Rekapitulasi.....	104
6.2. IPA II.....	105
6.2.1. Bak Pengumpul.....	105
i.Data Perencanaan	105
ii.Desain	106
iii.Rekapitulasi.....	110
6.2.2. Gravity thickener	111
i.Kriteria desain	111
ii.Data Perencanaan	111
iii.Perhitungan desain.....	111
iv.Supernatan.....	116
v.Rekapitulasi	118
6.2.3. Penampung lumpur	118
i.Data perencanaan.....	118
ii.Perhitungan	118
iii.Pengecekan.....	119
iv.Struktur inlet dan outlet	119
v.Rekapitulasi	119
6.2.4. Belt filter press.....	119
i.Kriteria desain	119
ii.Data perencanaan.....	120
iii.Perhitungan desain.....	120
iv.Rekapitulasi	124
6.2.5. Centrifuge.....	124
i.Kriteria desain	124
ii.Data perencanaan.....	124
iii.Perhitungan desain.....	125
iv.Kualitas cake lumpur	126
v.Kualitas filtrat	128
vi.Rekapitulasi	128
6.2.6. Bak pengumpul drycake.....	128
i.Belt filter press	129
ii.Centrifuge.....	129
iii.Rekapitulasi.....	130
6.2.7. Tangki Supernatan	130
i.Belt filter press	130

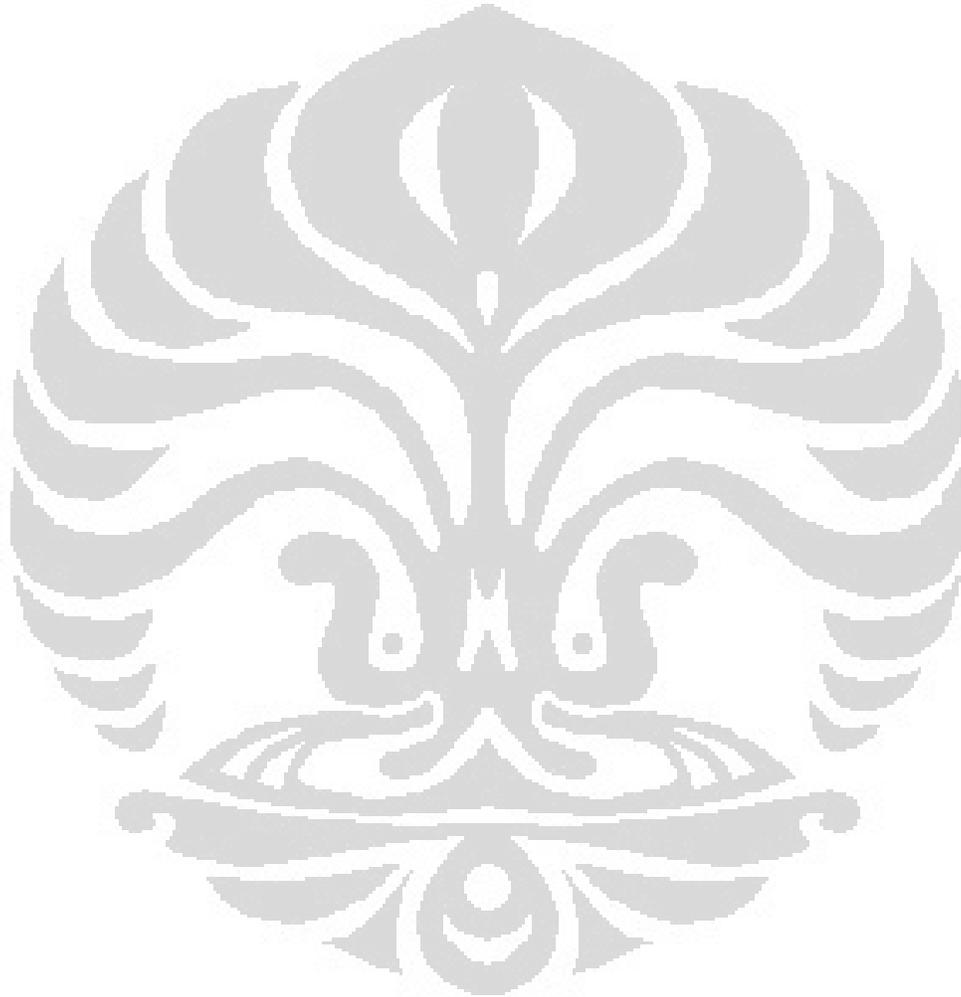
ii. Centrifuge.....	131
iii. Rekapitulasi.....	132
6.3. Pemilihan Proses Pengolahan Lumpur.....	132
6.4. Pembuangan dan atau pemanfaatan lumpur serta supernatan	134
6.4.1 .Supernatan.....	134
6.4.2. Padatan lumpur.....	135
BAB 7 PENUTUP	137
7.1 Kesimpulan.....	137
7.2 Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	139



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Lumpur Koagulan Alum/Besi.....	10
Tabel 2. 2 Data specific gravity serta padatan kering dari berbagai lumpur dari proses pengolahan yang berbeda.....	13
Tabel 2. 3 Karakteristik dominan dari lumpur alum.....	15
Tabel 2. 4. Perbandingan kelebihan dan kekurangan beberapa metode thickening.....	21
Tabel 2. 5 Perbandingan karakteritik cake lumpur metode mechanical dewatering.....	23
Tabel 3. 1 Parameter yang dianalisa pada lumpur IPA I&II Pejompongan.....	34
Tabel 3. 2 Jadwal Rencana Penelitian.....	35
Tabel 4. 1 Batas Wilayah IPA I dan II.....	37
Tabel 4. 2 Sumber, besar aliran, dan klasifikasi air baku.....	41
Tabel 5. 1 Rekapitulasi koefisien koagulan.....	58
Tabel 5. 2 Hasil analisa lumpur effluen IPA I.....	64
Tabel 5. 3 Hasil analisa lumpur effluen IPA II.....	65
Tabel 5. 4 Debit lumpur masing-masing instalasi.....	68
Tabel 5. 5 Rekapitulasi persentase produksi volume lumpur IPA I dan II.....	68
Tabel 5. 6 Perbandingan data <i>water balance</i> dan buangan harian (maks).....	71
Tabel 5. 7 Perbandingan data <i>water balance</i> dan buangan harian (rata-rata)....	71
Tabel 5. 8 Rekapitulasi produksi lumpur IPA I dan II periode 2010 (kg/hari).....	72
Tabel 5. 9 Kandungan padatan kering (Ps) dalam lumpur.....	74
Tabel 6. 1 Data perencanaan bak pengumpul IPA I.....	77
Tabel 6. 2 Rekapitulasi desain bak pengumpul IPA II.....	82
Tabel 6. 3 Kriteria Desain <i>gravity thickener</i>	83
Tabel 6. 4 Data perencanaan desain <i>gravity thickener</i> IPA I.....	83
Tabel 6. 5 Rekapitulasi Dimensi <i>Gravity thickener</i> IPA I.....	90
Tabel 6. 6. Rekapitulasi Dimensi Bak Penampung Lumpur IPA I.....	91
Tabel 6. 7 Kriteria desain <i>belt filter press</i>	92
Tabel 6. 8 Data Perencanaan Unit <i>Belt filter press</i> IPA I.....	92
Tabel 6. 9 Spesifikasi unit <i>Belt filter press</i>	93
Tabel 6. 10 Rekapitulasi <i>Belt filter press</i> IPA I.....	96
Tabel 6. 11 Kriteria Desain <i>Centrifuge</i> IPA I.....	96
Tabel 6. 12 Data Perencanaan Desain <i>Centrifuge</i> IPA I.....	97
Tabel 6. 13 Rekapitulasi Desain Unit <i>Centrifuge</i> IPA I.....	101
Tabel 6. 14 Rekapitulasi Bak Penampung <i>Drycake</i> IPA I.....	102
Tabel 6. 15 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA I (<i>Belt filter press</i>).....	102
Tabel 6. 16 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA I (<i>Centrifuge</i>).....	103
Tabel 6. 17 Rekapitulasi Desain Bak Supernatan IPA I.....	104
Tabel 6. 18 Rekapitulasi data perencanaan bak pengumpul IPA II.....	105
Tabel 6. 19 Rekapitulasi desain bak pengumpul IPA II.....	110
Tabel 6. 20 Data perencanaan desain <i>gravity thickener</i> IPA II.....	111
Tabel 6. 21 Rekapitulasi desain <i>gravity thickener</i> IPA II.....	118
Tabel 6. 22 Rekapitulasi Dimensi Bak Penampung Lumpur IPA II.....	119
Tabel 6. 23 Data Perencanaan Unit <i>Belt filter press</i> IPA II.....	120
Tabel 6. 24 Rekapitulasi <i>Belt filter press</i> IPA II.....	124

Tabel 6. 25 Kriteria Desain Unit <i>Centrifuge</i> IPA II	124
Tabel 6. 26 Data Perencanaan Unit <i>Centrifuge</i> IPA II	124
Tabel 6. 27 Rekapitulasi Desain Unit <i>Centrifuge</i> IPA II	128
Tabel 6. 28 Rekapitulasi Bak Penampung <i>Drycake</i> IPA II.....	130
Tabel 6. 29 Data perencanaan Bak Supernatan IPA II (<i>Belt filter press</i>).....	130
Tabel 6. 30 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA II (<i>Centrifuge</i>).....	131
Tabel 6. 31 Rekapitulasi Desain Bak Supernatan IPA II.....	132
Tabel 6. 32 Perbandingan volume <i>drycake</i> lumpur.....	133
Tabel 6. 33 Perbandingan kebutuhan luas lahan alternatif desain	134



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sumber residual pada IPA.....	8
Gambar 2. 2 Konsentrasi kandungan padatan pada lumpur dari berbagai pengolahan	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4. 1 Peta Lokasi IPA I dan II.....	37
Gambar 4. 2 Lokasi fasilitas pompa, inslasi serta DCR	38
Gambar 4. 3 Perkembangan sambungan pemipaan.....	39
Gambar 4. 4 Grafik air baku dan produksi IPA I & II.....	42
Gambar 4. 5 Diagram alir sistem pengolahan air IPA I dan II.....	43
Gambar 5. 1 Fluktuasi debit air baku IPA I tahun 2010.....	46
Gambar 5. 2 Fluktuasi debit air baku IPA II tahun 2010.....	47
Gambar 5. 3 Kekeruhan Air baku IPA I & II.....	48
Gambar 5. 4 TSS Air Baku IPA I dan II.....	49
Gambar 5. 5 Foto udara pencampuran saluran Tarum Kanal Barat dan Sungai Bekasi	50
Gambar 5. 6 Diagram alir unit penghasil lumpur IPA I	51
Gambar 5. 7 Potongan melintang unit accelator	53
Gambar 5. 8 Diagram alir unit penghasil lumpur IPA II	54
Gambar 5. 9 Pulsator IPA II.....	56
Gambar 5. 10 TSS effluen lumpur IPA I.....	60
Gambar 5. 11 TSS effluen lumpur IPA II.....	60
Gambar 5. 12 TDS effluen lumpur IPA I dan II	61
Gambar 5. 13 Grafik pH minimum effluen lumpur IPA I dan II	62
Gambar 5. 14 Hasil analisa unit accelator dan filtrasi IPA I.....	64
Gambar 5. 15 Hasil analisa unit accelator dan filtrasi IPA II	65
Gambar 5. 16 Fluktuasi volume lumpur IPA I & II tahun 2010	67
Gambar 5. 17 Produksi massa lumpur IPA I dan II Tahun 2010	72
Gambar 5. 18 Diagram alir perencanaan unit pengolahan lumpur IPA I dan II	75
Gambar 5. 19 Alternatif desain pengolahan lumpur IPA I dan II	76
Gambar 6. 1 Hidrograf buangan lumpur harian IPA I kondisi accelator maksimum.....	78
Gambar 6. 2 Penentuan unit pompa bak pengumpul IPA I	82
Gambar 6. 3 Hidrograf buangan lumpur harian rata-rata IPA II.....	105
Gambar 6. 4 Penentuan pompa lumpur bak IPA II	110
Gambar 6. 5 Neraca volume lumpur IPA I.....	132
Gambar 6. 6 Neraca volume lumpur IPA II.....	133

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Lampiran 1: Penempatan IPA I dan II Pejompongan.....	148
Lampiran 2: <i>Water balance</i> IPA I dan II	150
Lampiran 3: Debit air baku dan produksi IPA I dan II jakarta	152
Lampiran 4: Kondisi eksisting lokasi buangan lumpur IPA I dan II.....	153
Lampiran 5: Data sekunder kualitas air baku IPA I:	154
Lampiran 6: Data sekunder kualitas air baku IPA II	155
Lampiran 7: Pencatatan pencucian filter IPA I periode Febuari 2011	156
Lampiran 8: Data buangan lumpur accelator periode Febuari 2011	160
Lampiran 9 : Jadwal pencucian filter IPA II.....	170
Lampiran 10 : Volume air pencucian filter IPA II periode Febuari 2011	171
Lampiran 11 Penggunaan bahan kimia IPA I dan II tahun 2010	172
Lampiran 12: Data sekunder karakteristik lumpur IPA I dan II.....	173
Lampiran 13: Hasil pemeriksaan laboratorium karakteristik lumpur IPA I dan II	175
Lampiran 14. Hasil pemeriksaan laboratorium SG padatan lumpur (Sf) IPA I dan II.....	176
Lampiran 15 Perhitungan massa lumpur IPA I dan II.....	177
Lampiran 16 Rekapitulasi volume dan massa lumpur IPA I dan II	178
Lampiran 17: Persentase volume produksi lumpur IPA I dan II.....	179
Lampiran 18: Buangan dan hydrograph effluen lumpur harian IPA I.....	180
Lampiran 19 Buangan dan hidrograf effluen lumpur harian IPA II.....	182
Lampiran 20 Neraca Volume Lumpur.....	184
Lampiran 21 Neraca Massa Lumpur	179

LAMPIRAN B : GAMBAR DESAIN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan suatu kebutuhan vital bagi makhluk hidup. Lebih dari 70% dari tubuh manusia terdiri dari air dan hampir semua aktivitas manusia membutuhkan air. Dengan pertambahan penduduk yang terus meningkat dan aktivitas masyarakat yang beragam menjadi tantangan kota besar seperti Kota Jakarta untuk mampu menyediakan sarana kebutuhan air bersih yang memadai.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, kegiatan penyelenggaraan sistem penyediaan air minum bertujuan untuk melaksanakan penyediaan air minum kepada masyarakat dimana diselenggarakan oleh suatu badan usaha milik negara/swasta. Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang ini adalah PT PAM Lyonnaise Jaya (PALYJA). PT. PALYJA hadir di Jakarta untuk meningkatkan penyediaan dan pelayanan air bersih ke masyarakat di wilayah barat DKI Jakarta sejak tahun 1998. Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pejompongan I dan II merupakan unit instalasi pengolahan air bersih yang dimiliki PT. PALYJA. IPA Pejompongan I memiliki kapasitas produksi sebesar 2000 l/detik serta kapasitas produksi IPA Pejompongan II adalah sebesar 3600 l/detik.

Tujuan utama instalasi pengolahan air bersih adalah untuk menghasilkan air bersih yang aman dikonsumsi oleh konsumen. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan berbagai macam proses penjernihan air yang dilakukan dalam unit-unit yang terdapat di instalasi. Hasil dari pengolahan ini selain menghasilkan air bersih yang didistribusikan kepada konsumen juga menghasilkan residual atau sisa hasil pengolahan yang berasal dari proses pengolahan (Qasim 1999).

Terdapat empat tipe residu yang dihasilkan dari proses pengolahan air yang tergantung pada jenis pengolahan yaitu lumpur, konsentrat, *ion exchange resin*, dan emisi gas (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Residu yang dihasilkan dari proses pengolahan air tergantung pada sumber air baku serta tipe unit pengolahan yang digunakan. Tipe residu yang dihasilkan dari pengolahan air bersih dengan air baku yang berasal dari air permukaan (sungai) umumnya berupa

lumpur, hal ini dikarenakan proses pengolahan yang digunakan bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi yang berasal dari air baku.

Karakteristik lumpur instalasi pengolahan air dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu kualitas air baku, bahan kimia serta unit pengolahan yang digunakan. Lumpur dari IPA bila langsung dibuang ke badan air akan diperkirakan menimbulkan dampak terhadap lingkungan sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu. Sebelum menentukan pengolahan lumpur yang digunakan, perlu diketahui karakteristiknya sehingga dapat dipilih pengolahan yang sesuai sehingga tidak mencemari lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

Kebutuhan air bersih akan selalu bertambah seiring dengan pertumbuhan penduduk, sehingga menentukan pemilihan tipe air baku dengan menggunakan air permukaan menjadi solusi terbaik dikarenakan debit yang dihasilkan lebih besar. Hal ini mendorong pihak pengolahan air menggunakan sumber air baku yang memiliki kualitas rendah. IPA Pejompongan I dan II mengambil pasokan air baku sebesar 60% dari bendungan Jatiluhur yang dialirkan melalui Saluran Tarum Barat, 35% berasal dari sungai Cisadane, dan 5% dari sungai lainnya (<http://www.palyja.co.id>). Hal ini menjadi masalah ketika kualitas air permukaan tersebut memburuk dikarenakan pencemaran sungai akibat aktivitas industri dan domestik.

Dengan kualitas air baku yang memburuk maka diperlukan unit pengolahan dengan tingkat *efficiency removal* yang tinggi, yang pada akhirnya berimplikasi terhadap peningkatan residual yang dihasilkan. Poin ini menjadi penting ketika utilitas air tidak melihat *residuals management* menjadi suatu permasalahan, namun kenyataannya bahwa hal ini menjadi diperlukan dari tahun ke tahun (Tsang, 2004).

Perhatian tentang peraturan pembuangan residu IPA saat ini meningkat di negara-negara maju. *Public Law 92-500, the Water Pollution Control Act Amandement* tahun 1972, mengkategorikan lumpur dari pengolahan air minum sebagai limbah industri (Kawamura, 1991). Namun, di Indonesia masih sedikit

penelitian mengenai karakteristik serta proses pengolahan lumpur yang berasal dari instalasi pengolahan air.

Residu dari instalasi pengolahan air (IPA) pejompongan I dan II hingga saat ini masih dibuang kembali ke air permukaan (Sungai Krukut) tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini akan menjadi permasalahan ketika residu IPA tersebut memiliki pengaruh terhadap lingkungan. Menurut AWWA Sludge Committee Report (1987), secara umum residu dari IPA memiliki efek terhadap lingkungan yakni berupa meningkatnya zat padatan serta pendangkalan sungai sehingga mengganggu kehidupan biota air.

Dikarenakan belum tersedianya peraturan khusus mengenai air buangan dari instalasi pengolahan air, maka peraturan yang diacu adalah PERGUB DKI NO.582 Tahun 1995 mengenai Baku Mutu Limbah Cair Di Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta dengan kategori sebagai “limbah industri/perusahaan/badan” lainnya. Tertuang dalam UU No 32 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, juga disebutkan bahwa setiap penanggung jawab usaha atau kegiatan wajib melakukan pengelolaan limbah atau hasil usaha kegiatan tersebut. Hal ini menjadi permasalahan ketika PT. PALYJA belum dapat mencapai standar tersebut dikarenakan belum adanya pengolahan limbah/lumpur serta kualitas air baku yang terus memburuk. Selain itu, permasalahan mengenai ketersediaan lahan yang ada menjadi salah satu kendala yang dihadapi PT. PALYJA sehingga belum adanya unit pengolahan limbah/lumpur tersebut.

Dalam menentukan manajemen residu, diperlukan studi awal mengenai karakteristik air baku, penerapan teknologi yang sesuai serta analisa penggunaan lahan di wilayah sekitar, sehingga bisa didapatkan alternatif pengolahan yang sesuai.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengukur dan mengetahui kualitas dan kuantitas lumpur IPA Pejompongan I & II.

- Memberikan kajian serta masukan untuk sistem pengolahan lumpur IPA Pejompongan I & II.
- Estimasi dan analisa mengenai penggunaan dan menghitung luas lahan pengolahan lumpur yang dibutuhkan.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini meliputi:

- Penelitian dilakukan di IPA Pejompongan I dan II.
- Jenis lumpur didasarkan pada lumpur hasil unit proses flokulasi dan koagulasi pada unit pengolahan filter dan sedimentasi
- Kualitas lumpur yang dianalisa merupakan parameter fisik, kimiawi baik dari data primer dan sekunder.
- Data primer adalah pengambilan sampel dengan cara *grab sample*
- Data sekunder adalah semua data yang berasal dari PALYJA
- Menghitung volume lumpur yang berasal dari kedua instalasi pengolahan berdasarkan data *waterbalance* selama periode 2010.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Untuk PT. PALYJA

- Bahan masukan data untuk pihak PT. Palyja terutama dalam kualitas dan kuantitas lumpurnya
- Sebagai dasar pertimbangan langkah selanjutnya serta upaya untuk mendukung pengembangan jangka panjang alternatif pilihan dalam *residual management*.
- Data ini selanjutnya dapat digunakan kembali untuk melihat berbagai metode yang dapat dilakukan untuk penanganan dan pembuangan residu.
- Untuk membandingkan kualitas lumpur yang dihasilkan dari aktivitas instalasi dengan standar baku mutu limbah, dalam hal ini menggunakan peraturan PERGUB DKI NO.582 Tahun 1995 serta PP No 82 Tahun 2001.
- Tren data kualitas air baku, air olahan dan air buangan dapat dijadikan data penting untuk mempertimbangkan langkah penyelesaian selanjutnya

1.5.2. Untuk masyarakat/pihak luar

Sebagai salah satu literatur dan bahan pembelajaran sebagai hasil penelitian kualitas lumpur hasil pengolahan air bersih yang berasal dari IPA yang ada di Indonesia.

1.5.3. Untuk penulis

Sebagai pemenuhan tugas akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pembahasan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini berisikan studi literatur yang berhubungan dengan penelitian. Sumber, karakteristik dan berbagai macam studi literatur mengenai pengolahan lumpur terdapat dalam bab ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metodologi yang dilakukan dalam penelitian laporan tugas akhir ini serta langkah kerja penelitian.

BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK PERENCANAAN

Bab ini berisi mengenai gambaran umum objek perencanaan. Dalam hal ini adalah gambaran umum IPA Pejompongan I dan II Jakarta.

BAB 5 PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR

Bab ini menguraikan mengenai data-data yang dibutuhkan sebelum masuk ke perhitungan desain. Dalam bab ini juga akan dilakukan analisa dari data yang didapat. Selain itu juga akan berisi alternatif-alternatif pengolahan lumpur yang

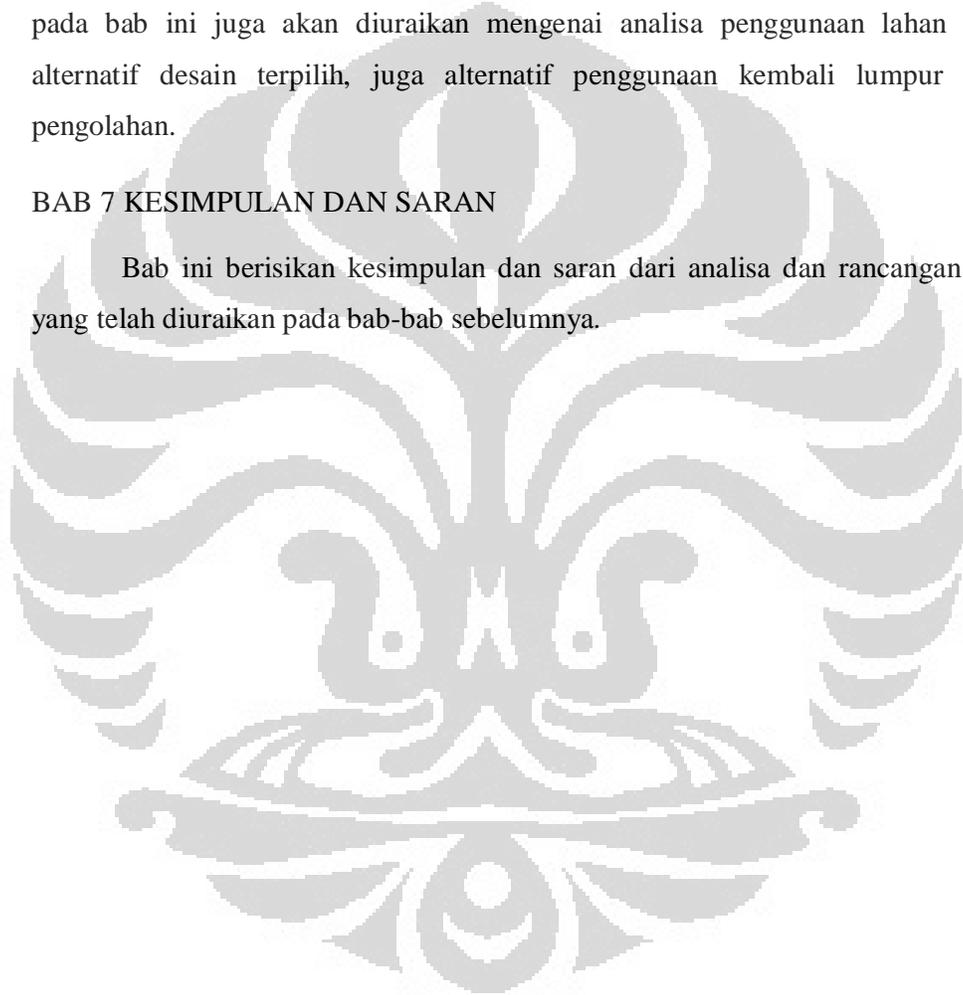
memungkinkan untuk digunakan pada instalasi, serta berbagai pertimbangan yang digunakan sehingga perencanaan pengolahan lumpur yang digunakan tepat guna dan efisien.

BAB 6 DETAIL DESAIN UNIT-UNIT PENGOLAHAN LUMPUR

Bab ini berisikan tentang rencana rinci alternatif dari alternatif pengolahan lumpur, yaitu berupa kriteria disain serta perhitungan dimensi tiap unit. Selain itu, pada bab ini juga akan diuraikan mengenai analisa penggunaan lahan serta alternatif desain terpilih, juga alternatif penggunaan kembali lumpur hasil pengolahan.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari analisa dan rancangan unit yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.



BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1. Umum

Pengolahan air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok perkotaan yang diproduksi pada instalasi pengolahan air, di lain pihak proses produksi ini diiringi dengan timbulnya residu sebagai produk sampingan pengolahan air (Selintun dan Azikin, 2002). Residu tersebut dapat berupa kandungan organik maupun anorganik tergantung pada sumber air baku serta tipe unit pengolahan yang digunakan serta penggunaan bahan kimia ketika proses pengolahan dilakukan. Terdapat empat tipe residu yang dihasilkan dari proses pengolahan air yaitu lumpur, konsentrat, *ion exchange resin*, dan emisi gas (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Tipe residu yang dihasilkan dari pengolahan air bersih di Indonesia umumnya berupa lumpur, hal ini dikarenakan proses pengolahan yang digunakan bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi yang berasal dari air baku.

Menurut Peavy (1985) instalasi pengolahan air minum yang menggunakan sumber air baku dari air permukaan, yang menjadi penanganan utama adalah kekeruhan dan mikroorganisme yang mungkin bersifat patogen. Bahan kimia yang dipergunakan untuk menangani kekeruhan maupun bakteri patogen dalam proses disinfeksi sebagian mengendap bersama lumpur sisa pengolahan.

Hossain (2006) mengungkapkan bahwa kandungan air di dalam lumpur dapat dikategorikan menjadi air bebas yang tidak mengandung flok, flok air yang terperangkap di dalam lumpur seperti air didalam spons, kapilaritas air yang tertahan antara padatan lumpur karena adanya tegangan permukaan, dan terikatnya air dengan permukaan flok secara kimia.

Berikut tahapan-tahapan yang diperlukan dalam pemilihan manajemen residu (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

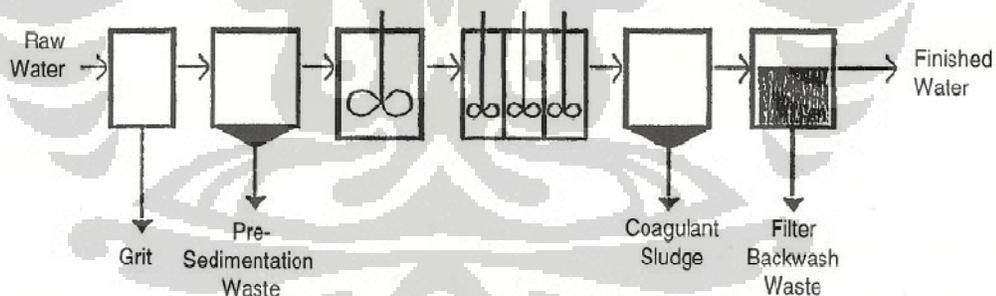
- Tipe dari instalasi pengolahan
- Karakteristik residu
- Peraturan yang berlaku
- Pilihan pengolahan

- Pilihan Pembuangan
 - Sosial
 - Environmental
 - ekonomi

2.2. Sumber Lumpur

Pengolahan air bersih menghasilkan residual dari berbagai macam proses. Residual ini memiliki kandungan organik, anorganik, termasuk di dalamnya alga, bakteri, virus, endapan lumpur, serta presipitasi bahan kimia yang dihasilkan saat proses pengolahan dilakukan (Qasim, 1992).

Sumber utama penghasil lumpur pada proses pengolahan air bersih umumnya berasal dari proses koagulasi dan flokulasi, dimana tujuan utama dari proses ini adalah untuk menghilangkan kekeruhan pada air baku. Fasilitas ini juga digunakan untuk menghilangkan warna, rasa, dan bau, sehingga air tersebut aman dikonsumsi oleh masyarakat. Untuk tujuan tersebut maka diperlukan unit proses lainnya seperti screening, proses kimia, sedimentasi, filtrasi dan sebagainya. Dari masing-masing proses tersebut akan dihasilkan residual yang berbeda karakteristiknya.



Gambar 2. 1. Sumber residual pada IPA

Sumber: AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996.

Berikut unit-unit yang menghasilkan lumpur didalam proses pengolahan air bersih (Metcalf & Eddy, 2004).

- **Screening**

Sebelum masuk dalam pengolahan, air melewati saringan (*screening*) terlebih dahulu. Dalam tahap ini, padatan yang berukuran besar dihilangkan dengan

mekanik. Oleh sebab itu, tipe padatan yang menjadi residu pada unit ini adalah padatan yang berukuran besar. Sedangkan untuk materi organik dalam residual ini tergantung kepada kondisi alam dan musim yang berlangsung.

- **Bak Pengendapan Awal**

Pada bak pengendapan awal, bentuk padatan yang dihasilkan umumnya adalah pasir dan *scum*. Pasir yang mengendap umumnya merupakan padatan anorganik yang dapat mengendap dengan kecepatan pengendapan yang tinggi. Sedangkan residual *scum* berupa material yang mengambang pada air, umumnya berupa lemak, minyak, sabun atau material sejenis. *Spesific gravity scum* umumnya kurang dari 1,0 dan umumnya berkisar antara 0,95.

- **Sedimentasi**

Karakteristik lumpur yang terdapat pada bak sedimentasi pada unit pengolahan air bersih umumnya berupa kandungan bahan kimia berupa koagulan yang digunakan. Presipitasi bahan kimia dengan menggunakan garam logam umumnya akan berwarna gelap dan mengandung banyak besi. Jika berlumpur, hidrasi dari besi atau aluminium akan menyebabkan lumpur menjadi kental. Selain itu, karakteristik lumpur dari bak sedimentasi juga tergantung pada kualitas air baku. Bila sumber air baku memiliki konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi (TSS) maka lumpur dari pengolahan kimia dengan menggunakan koagulan akan memiliki persentase presipitasi hidrosoda dan kekentalan yang tinggi.

- **Filtrasi**

Residual yang berasal dari unit filtrasi berupa air dari pencucian (*filter backwash water*). Residual yang berasal dari unit ini sulit ditangani dikarenakan memiliki kandungan padatan yang sedikit. Padatan dari air pencucian ini akan sulit dipisahkan karena kandungan padatannya relatif kecil, umumnya jumlah padatan yang masuk ke dalam unit ini berkisar 4-10mg/L (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Sedangkan kandungan air yang terdapat pada *filter backwash water* ini relatif besar volumenya, yaitu berkisar antara 2-5% dari total air yang diproses.

2.3. Karakteristik Lumpur

2.3.1. Fisik

i. Suhu

Suhu merupakan ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu di dalam air maka kelarutan oksigen akan semakin kecil (Sawyer, 2003). Suhu maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu limbah cair industri berdasarkan PERGUB DKI No 582 Tahun 1995 adalah sebesar 38⁰ C.

ii. Kandungan padatan

Kandungan padatan pada residual berbeda-beda, tergantung pada beberapa factor, yaitu dari karakteristik air baku, tipe dan dosis koagulan, mekanisme koagulasi, dan pH (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Kandungan padatan pada aliran residual akan memberikan efek yang signifikan terhadap daya tahan tertentu dan proses *dewatering*.

Tabel 2. 1 Karakteristik Lumpur Koagulan Alum/Besi

Kandungan Padatan	Karakteristik Lumpur
0-5%	Cair
8-12%	Semi padat
18-25%	<i>Soft Clay</i>
40-50%	<i>Stiff clay</i>

Sumber: AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996.

- **Total Solid (TS)**

Alearts dan Santika (1987) menyatakan *total solid* atau zat padat total adalah semua zat yang tersisa sebagai residu setelah dikeringkan pada suhu 105°C, terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi. Padatan di dalam air terdiri dari materi anorganik maupun materi organik yang larut, mengendap, maupun tersuspensi.

- **Total Suspended Solid (TSS)**

Total *Suspended Solid* (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah bagian dari padatan total (TS) yang tertahan oleh saringan yang diukur setelah dibakar pada-

suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Umumnya ukuran pori-pori yang digunakan untuk pengukuran TSS adalah sebesar 0,45 - 2,0 μm .

Zat padatan tersuspensi diklasifikasikan menjadi partikel koloid dan partikel biasa. HDR (1995) menyatakan bahwa sedimentasi pada residual padatan dapat memberikan efek terhadap komunitas perairan, alga, *aquatic macrophytes*, dan kemampuan ikan untuk bertelur.

Penggunaan pengukuran TSS umumnya dilakukan pada lumpur, didalam desain *sludge digestion*, *vacuum-filter*, dan unit insenerasi. Berdasarkan PERGUB DKI Nomor 582 Tahun 1995, baku mutu limbah industri untuk TSS adalah sebesar 100 mg/l.

- **Total Dissolved Solid (TDS)**

Total Dissolved Solids (TDS) atau total padatan terlarut adalah semua material padat dalam suatu sampel air yang dapat melewati saringan 2 μm atau kurang dan kemudian diuapkan dan dikeringkan melalui pemanasan dengan temperatur spesifik 180°C selama 1 jam (Standard Methods, 1998).

Berdasarkan PERGUB DKI Nomor 582 Tahun 1995, baku mutu limbah industri untuk TSS adalah sebesar 1000mg/l.

- **Volatile Suspended Solids (VSS)**

Volatile Suspended Solids (VSS) atau padatan tersuspensi mudah menguap adalah jumlah padatan yang menguap dari TSS jika dipanaskan pada suhu $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$. TSS biasanya mengandung 80% dari bahan yang mudah menguap. Umumnya VSS diasumsikan sebagai bahan organik, walaupun beberapa bahan organik tidak akan terbakar dan beberapa bahan anorganik padat rusak pada suhu tinggi.

Dalam unit pengolahan, VSS digunakan untuk mengontrol keberadaan padatan biologis (*biological solids*), serta perkiraan kasar dari jumlah bahan organik yang hadir dalam fraksi padatan air limbah dalam proses lumpur aktif.

iii. **Kekeruhan**

Menurut Vesillind (1980), kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang menyebabkan pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya partikel-partikel kecil dan koloid yang berukuran 10nm sampai 10 μm . Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya-

yang melaluinya, kekeruhan berhubungan dengan kadar zat, ukuran dan bentuk butir zat tersuspensi (Alearts dan Santika, 1987)

Berdasarkan PERGUB DKI Nomor 582 Tahun 1995, baku mutu limbah industri untuk kekeruhan adalah sebesar 100 NTU.

iv. *Specific gravity Lumpur (Ssl)*

Specific gravity merupakan properti yang penting yang menyediakan petunjuk penting tentang karakteristik fisik dan kimia bahan mineral dari lumpur. Kandungan materi organik dapat menurunkan nilai *specific gravity*, sedangkan kandungan logam berat dapat meningkatkan nilai *specific gravity* (Basim, 1999). Nilai *specific gravity* padatan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$SS = \frac{W_{s_t}}{\left(\frac{W_f}{s_f} + \frac{W_v}{s_v}\right)} \quad (2.1)$$

Dimana

SS = *Specific gravity* padatan lumpur

W_{s_t} = Fraksi berat padatan kering total; 1

W_f = Fraksi berat padatan tetap (bahan mineral)

W_v = *Specific gravity* padatan volatile (bahan organik)

s_f = *Specific fravity* padatan padatan tetap

s_v = *Specific fravity* padatan volatile

Sumber: Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2004

Dari persamaan untuk mencari nilai *specific gravity* padatan lumpur diatas, maka hasilnya digunakan kedalam persamaan berikut untuk mendapatkan nilai *specific gravity* lumpur.

$$Ssl = \frac{W_{sl_t}}{\left(\frac{W_w}{s_w} + \frac{W_s}{s_s}\right)} \quad (2.2)$$

Dimana

Ssl = *Specific gravity* lumpur

W_{sl_t} = Fraksi berat lumpur total ; 1

W_w = Fraksi berat air

W_s = Fraksi berat padatan kering

S_w = *Specific gravity* air

S_s = *Specific gravity* padatan lumpur

Sumber: Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2004

Nilai S_s berbeda pada setiap proses serta operasi pengolahan yang digunakan. Berikut perbandingan nilai *specific gravity* lumpur (S_s) untuk proses pengolahan yang berbeda.

Tabel 2. 2 Data *specific gravity* serta padatan kering dari berbagai lumpur dari proses pengolahan yang berbeda.

Lumpur dari proses operasi / pengolahan	<i>Specific grafity</i> padatan (S_s)	<i>Specific grafity</i> lumpur (S_s)	Padatan Kering
			$\text{Kg}/10^3\text{m}^3$
Sidimentasi primer	1,4	1,02	110-170
Activated Sludge	1,25	1,005	70-100
Trickling Filter	1,45	1,025	60-100
Filtrasi	1,2	1,005	12-24

Sumber: Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2004

Dalam penelitian Geritno (2008), Nilai *specific gravity* lumpur (S_s) IPA I Pejompongan adalah sebesar 1,009. Sedangkan dalam penelitian Novak (1989), besar nilai *specific grafity* padatan (S_s) pada lumpur dengan menggunakan koagulan alumunium hidroksida adalah sebesar 1,03.

2.3.2. Kimia

i. pH

Menurut Sawyer, *et al.* (1993), pH digunakan secara umum untuk menyatakan intensitas kondisi keasaman atau kebasaan dari suatu larutan, dapat digunakan untuk mengekspresikan konsentrasi ion hydrogen atau lebih tepatnya aktivitas ion hydrogen. pH merupakan parameter kimia yang penting dan harus-dipertimbangkan dalam proses koagulasi, desinfeksi, pelunakan air, dan kontrol korosi.

Kontrol pH pada air buangan yang berasal dari pengolahan air juga diperlukan. Penelitian telah membuktikan bahwa air buangan yang memiliki kandungan alumunium anorganik dan pH dibawah 6 akan membahayakan organisme perairan (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Berdasarkan PERGUB

DKI No 582 Tahun 1995, baku mutu limbah industri untuk pH adalah sebesar 6-8,5.

ii. **Biological Oxygen Demand (BOD)**

Menurut Mustofa (2000), BOD adalah banyaknya oksigen terlarut dalam suatu perairan yang dibutuhkan untuk metabolisme mikroorganisme dalam mencerna berbagai bahan organik yang terdapat dalam perairan.

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yang ada di dalam air untuk mendekomposisi bahan organik secara aerobik pada waktu tertentu (umumnya 5 hari) dengan suhu 20°C (Alearts dan Santika, 1987). Batas maksimal baku mutu limbah industri dalam pergub DKI no 582 tahun 1995 untuk COD adalah 75 mg/L.

iii. **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi secara kimiawi senyawa organik yang terdapat di dalam air limbah (Setiaty dkk, 1995). Nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang ekuivalen dengan bahan organik yang terurai dengan menggunakan senyawa kimia potassium dikromat (Metcalf dan Eddy, 2004). Batas maksimal baku mutu limbah industri dalam Peraturan Gubernur DKI no 582 tahun 1995 untuk COD adalah 100 mg/L.

iv. **Kandungan besi**

Kandungan logam dari residu pengolahan air bersih penting untuk diketahui, hal ini dikarenakan alasan berikut (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

- Memiliki pengaruh yang kuat terhadap buangan residu pada *sanitary landfill*.
- Memiliki efek menghambat proses yang terjadi bila dibuang ke WWTP.
- Berpotensi merugikan pada residual dari pengolahan limbah di WWTP.
- Kemungkinan akan memberikan efek terhadap toksisitas keseluruhan effluen pada WWTP.

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir disetiap tempat. Pada umumnya, besi yang ada di air dapat bersifat (Alaerts dan Santika, 1987).

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri)
- Tersuspensi sebagai koloidal dengan diameter < 1mm
- Tergabung dengan zat organis atau zat padat inorganik

Menurut Cornwell *et al.*, (1987) batas maksimum kandungan kronis total besi untuk makluk yang hidup di air adalah sebesar 1,000 $\mu\text{g/L}$, sedangkan dalam pergub DKI no 582 tahun 1995, standar maksimum untuk baku mutu limbah adalah sebesar 5 mg/L.

2.4. Karakteristik lumpur koagulan

Pada proses koagulasi garam alumunium digunakan sebagai koagulan dan menghasilkan lumpur yang kental serta mengandung alumunium hidroksida, partikel lain dan material yang terflokulasi (Alberta Environment, 2006). Lumpur alum sulit untuk proses *dewatering* karena sifatnya yang *thixotropic* dan kental seperti gelatin (UMA group, 1984). Tabel 2.2 menunjukkan karakteristik dominan dari lumpur alum.

Tabel 2. 3 Karakteristik dominan dari lumpur alum.

Parameter	Besaran umum
pH	5.5-7.5
Total solid (%)	0.1-4
Suspended solid (%)	75-99 dari total solid
Aluminum (%)	4-11 dari total solid
Fosfor total (mg/L-P)	0.3-200

Sumber: UMA Group, 1984

Seperti halnya *alum sludge*, presipitasi dari garam besi yakni *ferric hidroksida* ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) juga bersifat hidrofilik dan sulit untuk dipadatkan. (Williams dan Culp, 1986)

2.4.1. Pengaruh tipe dosis koagulan

Telah banyak dilaporkan bahwa air baku yang tinggi kekeruhannya menghasilkan lumpur lebih terkonsentrasi, sehingga lebih mudah dalam proses *dewatering*, tidak seperti air yang memiliki kekeruhan air baku rendah dimana perlakuan lumpur akan menjadi lebih sulit (Bache *et al.*, 1999).

Penggunaan dosis koagulan yang tinggi relatif terhadap TSS (atau kekeruhan), mengakibatkan kemampuan pengeringan (*dewaterability*) menjadi lebih rendah baik dalam kecepatan maupun tingkat pengeringan untuk lumpur alum ataupun besi (Bache *et al.*, 1995).

Koagulasi dalam dosis yang rendah dalam proses netralisasi harus menghasilkan tolakan elektrostatis (*electrostatic repulsion*) minimum diantara permukaan zat padat, yang menunjukkan daya tarik antara partikel yang sangat tinggi dan menghasilkan *compressive yield stress* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dosis koagulan rendah akan menghasilkan lumpur yang lebih bermasalah yang umumnya tidak diamati (Dixon *et al.*, 2004).

Aggregat dari koagulan alum (Bache *et al.*, 1991) dan ferric (Fearing *et al.*, 2004) akan menjadi lemah dan lebih mudah pecah pada dosis koagulan yang tinggi (diatas dosis optimum). Nilai Df (fractal dimension) akan berkurang seiring dengan peningkatan dosis alum (Tambo dan Watanabe, 1979)

Meningkatkan dosis koagulan menunjukkan kekuatan ion yang lebih besar dalam supernatan yang mengurangi tolakan antara partikel bermuatan dan memiliki respon yang lebih cepat dan nilai Df yang rendah (Lo dan Waite, 2000).

2.4.2. Pengaruh pH dan rasio hidrolisis

Knocke, Hamon, & Dunlin (1987) menemukan bahwa *dewaterability* baik lumpur alum dan besi meningkat seiring dengan menurunnya pH. Hal tersebut menunjukkan efek yang signifikan kecuali untuk kompresibilitas dalam filtrasi. Efek tersebut dilaporkan meningkat ketika kekeruhan rendah, maka disarankan mekanisme yang digunakan berkaitan dengan presipitasi koagulan.

Agregat yang lebih besar terbentuk pada pH tinggi, tetapi hal tersebut menunjukkan *dewatering* yang buruk karena kepadatan lebih rendah (Kawamura, 2000)

2.4.3. Efek koagulan

Sebagian besar literatur membandingkan lumpur alum dan lumpur besi, dan disimpulkan bahwa lumpur besi lebih cepat (Monk dan Willis, 1987; Waite, 2002; Cornwell, 1999) dalam proses *dewatering* dibandingkan dengan lumpur alum (Parsons dan Jefferson, 2006).

Sebaliknya, Harbaour *et al.* (2004) menemukan bahwa penggunaan koagulan besi menyebabkan konsentrasi padatan akhir yang lebih rendah. Perilaku *dewatering* lumpur besi tampaknya lebih rendah dibandingkan dengan lumpur alum.

Beberapa penulis (Calkins & Novak, 1973; Dillon, 1997; Russel & Peck, 1998) telah mencatat *dewaterability* dari lumpur hidroksida magnesium lebih sulit dibandingkan dengan lumpur alum.

Sebaliknya, beberapa penulis lain telah melaporkan manfaat dalam jumlah lumpur (Chitranshi & Chaudhuri, 1983) dan kualitas (terutama kecepatan *dewatering*) dengan menggunakan koagulan magnesium. Rupanya bentuk agregat magnesium terbentuk lebih cepat dibandingkan agregat dari alum (Thompson *et al.*, 1972).

2.4.4. Pengaruh terhadap kualitas air baku

Dalam setiap pekerjaan pengolahan air, kualitas lumpur bervariasi musiman bahkan mungkin harian. Fluktuasi alam dalam kualitas air baku dapat menyebabkan perubahan besar dalam konsistensi dari lumpur IPA yang diproduksi (Dillon, 1997) yakni melalui perubahan morfologi, ukuran, dan kekuatan yang mendasari agregat atau struktur flok (Jarvis & Parsons, 2004).

Telah banyak dilaporkan bahwa air baku yang tinggi kekeruhannya menghasilkan lumpur yang lebih terkonsentrasi, sehingga lebih mudah untuk proses *dewatering* sedangkan sebaliknya, untuk air baku yang rendah kekeruhannya maka proses pengolahan lumpurnya akan lebih sulit penanganannya (Bache *et al.*, 1999; Qasim *et al.*, 2000; Knocke & Wakeland, 1983)

2.5. Jumlah Lumpur

2.5.1. Perhitungan berat lumpur

Banyaknya jumlah lumpur yang dihasilkan dapat menggunakan perhitungan dari produksi lumpur dari koagulan alum dan besi dengan menggunakan persamaan berikut (Cornwell *et al.*, 1987)

$$S = (8,34 Q) (0,44 Al + SS + A) \quad (2.3)$$

Dimana,

S = Produksi lumpur (lb/day)

Al = Dosis alum (mg/L as 17,1% Al_2O_3)

SS = Kekeruhan air baku (NTU)

Q = Debit instalasi (mgd)

A = Padatan bahan kimia tambahan ditambahkan seperti polimer/PAC (mg/L)

Dari persamaan rumus 2.1 diatas menunjukkan bahwa kuantitas lumpur dipengaruhi oleh debit, dosis koagulan, bahan kimia tambahan, serta kualitas air baku. Persamaan diatas digunakan untuk koagulan alum, dimana konstanta 0,44 digunakan apabila konsentrasi Al_2O_3 dalam koagulan sebesar 17,1%.

Berikut persamaan untuk menghitung produksi lumpur dari koagulan besi.

$$S = (8,34 Q) (2,9 Fe + SS + A) \quad (2.4)$$

Dimana,

Fe = Dosis koagulan besi (mg/L)

2.5.2. Hubungan volume dan massa lumpur

Volume lumpur tergantung pada kandungan air serta karakteristik padatan yang ada didalamnya. Hubungan volume serta massa lumpur ini ditulis dalam persamaan berikut.

$$V = \frac{M_s}{\rho_w S_{sl} P_s} \quad (2.5)$$

Dimana,

V = volume (m^3)

M_s = Berat lumpur kering

ρ_w = Berat jenis air

S_{sl} = *Specific gravity* lumpur

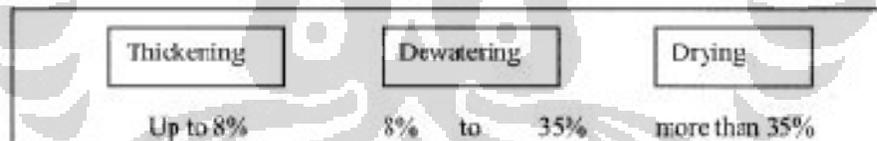
P_s = persen padatan kering dalam decimal.

Sumber: Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2004

2.6. Jenis Pengolahan Lumpur

Penanganan lumpur koagulan termasuk didalamnya pengangkutan, pengolahan serta pembuangan dari lumpur alum. Persyaratan ekonomi, dan peraturan serta faktor lain perlu dipertimbangkan dalam pemilihan pengolahan sebelum pembuangan akhir. Tujuan dari pengolahan lumpur adalah untuk mengurangi kandungan air dan dalam beberapa kasus dapat digunakan untuk memulihkan *coagulant chemical* (Hosain, 2006).

Berikut konsentrasi kandungan padatan pada lumpur koagulan dari berbagai proses pengolahan lumpur



Gambar 2. 2 Konsentrasi kandungan padatan pada lumpur dari berbagai pengolahan

Sumber: ASCE/AWWA, 1998

2.6.1. *Thickening*

Merupakan proses pengolahan untuk meningkatkan konsentrasi padatan dalam lumpur dengan memisahkannya dari air (Metcalf&Eddy, 2004). Proses konsentrasi lumpur merupakan proses yang penting untuk mendapatkan efisiensi penghilangan kandungan padatan dalam proses pengolahan. Proses pemadatan ini memiliki efek yang langsung terhadap proses setelahnya seperti *conditioning* dan

dewatering., selain itu dapat memberikan efisiensi dan penghematan yang sangat berbeda dalam hal operasi dan pembiayaan (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

i. Gravity thickening

Teknik ini merupakan cara yang paling simple dan murah dalam pengoperasiannya. Prinsip kerjanya adalah dengan mengendapkan padatan yang memiliki nilai *specific gravity* yang lebih besar dari air. *Thickener* dapat dioperasikan dengan aliran kontinu, pembebanan hidraulik, dan konsentrasi padatan harus dikontrol (Aldeeb, 2000). Dalam mendesain, karakteristik residu harus diperhatikan variasinya dalam setiap musim (Montgomery, 1985).

Menurut Reynold dan Richard (1996), *gravity thickener* umumnya memadatkan lumpur dua kali dari kandungan padatan sebelumnya sekaligus mengurangi volume lumpur setengah dari volume asalnya. Dalam aplikasinya, overflow rate *grafity thickener* berkisar antara 107 – 1.739 gpd/ft² dan menghasilkan lumpur dengan konsentrasi padatan sebesar 1-20%, dengan rata-rata sebesar $7,1 \pm 5,9$ % padatan (McCormick *et al.*, 2009).

ii. Flotation Thickening

Teknik ini menggunakan gelembung udara untuk mengangkan partikel padatan. Udara ditambahkan dengan tekanan ke aliran residu dari WTP. Gelembung udara akan mengapung ke permukaan air dan membawa partikel-partikel padat yang dapat dihilangkan dengan skimming (Aldeeb, A.A., 2000). Teknik ini ideal untuk padatan yang memiliki densitas yang rendah. Menurut Metcalf & Eddy (2004) operasi metode ini akan menjadi masalah ketika beban padatan melebihi 10 kg/m²h. Terdapat tiga metode yang digunakan yakni *dissolved air flotation*, *dispersed air flotation*, dan *vacuum flotation*.

iii. Gravity Belt Thickeners

Teknik ini menggunakan sabuk horizontal berporos yang bergerak. Residu yang berasal dari WTP akan mulai mengeluarkan air ketika sabuk digerakkan. Konsentrasi padatan akan meningkat dan residu akan dikumpulkan kedalam wadah pada akhir sabuk (Aldeeb, A.A., 2000).

Berikut perbandingan kelebihan serta kekurangan dari beberapa metode *thickening*.

Tabel 2. 4. Perbandingan kelebihan dan kekurangan beberapa metode *thickening*.

Metode	Kelebihan	Kekurangan
<i>Gravity thickening</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Operator tidak memerlukan keterampilan khusus - Biaya operasi murah - Penggunaan energi minimum - Umumnya tidak diperlukan penggunaan <i>chemical conditioning</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan lahan yang luas - Padatan yang mengapung
Flotation <i>Thickening</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan konsentrasi padatan yang lebih baik daripada <i>gravity thickening</i> - Memerlukan luasan lahan yang lebih sedikit - Tidak menggunakan/ sedikit menggunakan <i>chemical conditioning</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya operasi lebih mahal - Penggunaan energi yang cenderung besar - Operator membutuhkan keahlian khusus - Memiliki kapasitas penyimpanan sangat sedikit dibandingkan dengan <i>gravity thickener</i> - Membutuhkan polimer <i>conditioning</i> untuk menangkap padatan yang lebih tinggi atau meningkatkan loading
Gravity belt <i>Thickening</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan lahan cenderung lebih sedikit 	<ul style="list-style-type: none"> - Memerlukan biaya yang besar - Konsumsi energi yang tinggi - Memerlukan operator yang memiliki keahlian khusus - Perawatan yang sulit - Memerlukan <i>polymer conditioning</i>

Sumber: Wastewater Sludge Processing, Turovskiy & Mathai, 2006

2.6.2. Conditioning

Proses ini berguna untuk memudahkan lumpur untuk mengurangi kandungan airnya sehingga dapat membantu proses selanjutnya (Qasim, 1992). Proses ini dilakukan sebelum proses *dewatering* secara mekanis. *Conditioning* dapat dilakukan dengan *freezing* dan *thawling*, serta dengan penambahan bahan kimia. Bahan kimia yang umumnya digunakan untuk proses ini adalah kapur, FeCl_3 , alum, dan polimer (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

i. *Chemical conditioning*

Chemical conditioning merupakan pengkondisian dengan menambahkan senyawa kimia sehingga meningkatkan performa proses *dewatering*. Proses ini melibatkan penambahan *ferric klorida*, *fly ash*, kapur, atau polimer. Tipe dan dosis bahan kimia yang digunakan berbeda tergantung kualitas bahan baku, tipe lumpur, dan

konsentrasi padatan yang diinginkan pada proses *thickening* dan *dewatering* (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Montgomery (1985) mengungkapkan bahwa *polymer* umumnya digunakan sebagai bahan kimia dalam proses ini, kapur umumnya digunakan untuk lumpur alum (*alum sludge*). Dosis bahan kimia optimum yang dibutuhkan dalam proses conditioning umumnya didapat dari penelitian lapangan.

Di IPA Cilandak, untuk mendapatkan 25% padatan pada *cake* dengan menggunakan *mechanical dewatering* dengan *centrifuge* diperlukan 4kg *polymer cationic* untuk 1000 kg lumpur. Sedangkan dengan menggunakan unit *belt filter press*, untuk mendapatkan 20% padatan pada *cake* lumpur diperlukan 6kg *polymer cationic* untuk setiap 1000 kg lumpur (Palyja, 2009).

ii. **Physical Conditioning**

Teknik ini cenderung meningkatkan properti fisik dari residu WTP. Prosesnya dapat berupa *freeze-thaw* atau *thermal conditioning* pada temperatur yang tinggi (EPA, 1996).

2.6.3. **Dewatering**

Merupakan proses penghilangan kandungan air sehingga lumpur dapat diangkut ke tempat pembuangan akhir (Qasim, 1992). Metcalf & Eddy (2004) mengungkapkan bahwa pemilihan proses *dewatering* ditentukan berdasarkan tipe lumpur, karakteristik, dan luas lahan yang tersedia.

i. **Mechanical Dewatering**

Konsentrasi padatan hasil *mechanical dewatering* berbeda-beda tergantung pada karakteristik lumpur serta jenis pengolahan yang digunakan. Berikut merupakan hasil persentase padatan *cake* lumpur dari berbagai jenis lumpur serta tipe unit *mechanical dewatering* yang digunakan.

Tabel 2. 5 Perbandingan karakteristik *cake* lumpur metode *mechanical dewatering*

Tipe lumpur	Specific Gravity Padatan (Ss)	Konsentrasi padatan pada <i>cake</i> (%)		
		Vacuum Filtration	Centrifuge	Pressure Filtration
<i>Lime sludge</i> (Mg rendah)	1,19	56,1	60,6	69,5
<i>Iron sludge</i>	1,16	50,1	55,6	64,6
<i>Ferric Hidroxide</i>	1,07	22,7	28,2	36,2
<i>Lime sludge</i> (Mg tinggi)	1,05	21	24,8	34,6
Alumunium hidroksida	1,03	17,2	19	23,2

Sumber: Novak, 1989

- **Belt filter presses**

Prinsip kerja *belt filter press* adalah dengan melewati lumpur diantara dua poros sabuk yang digulung dan dipasang dengan diameter poros yang berbeda. *Belt filter press* terdiri dari empat zona, yaitu zona *polymer conditioning*, zona drainase dengan grafitasi, zona tekanan rendah, dan zona tekanan tinggi (Aldeeb, A.A., 2000).

Tipe dan karakteristik dari residu memegang peranan penting dalam performa *belt filter press*. Faktor lain yang mempengaruhi diantaranya adalah *sludge conditioning*, *belt pressure*, kecepatan, tegangan, tipe, dan perforasi dari sabuk (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

Qasim *et al.* (2000) menjelaskan bahwa *belt filter press* memiliki keunggulan untuk digunakan bila kondisi lumpur yang dihasilkan memiliki kadar padatan yang tinggi, dan relatif memerlukan sumber daya energi yang kecil. Agar bisa mendapatkan performa *dewatering* yang baik, alum residual harus di kondisikan terlebih dahulu dengan polimer untuk menghasilkan flok yang besar dan kuat sehingga mudah dikeringkan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (McCormick, N *et al.*, 2009) menunjukkan bahwa dari enam instalasi yang menggunakan *belt filter press* sebagai unit *dewatering*, memiliki kapasitas loading rate antara 876-

2,244 lbs//jam (kg/jam). Sedangkan untuk monitoring persentase padatan pada *cake* lumpur dari 7 instalasi, berkisar antara $24,6 \pm 10 \%$.

- **Centrifugal**

Metode ini menggunakan tenaga sentrifugal untuk proses *dewatering*, yaitu dengan membuat putaran rotasi yang cepat pada silindernya sehingga memisahkan padatan dari air (Aldeeb, A.A., 2000). Terdapat dua tipe sentrifugal yang umum digunakan, yaitu *basket bowl* dan *solid bowl centrifugal*. Untuk menaikkan performa, maka diperlukan *chemical conditioning*. Menurut Cornwell dan Westerhoff (1981) kelemahan cara ini adalah diperlukannya tenaga listrik dan biaya perawatan yang besar, selain itu performa metode ini sangat sensitif dan bergantung pada komposisi dan *chemical conditioning* pada lumpur.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh McCormick *et al.* (2009) menunjukkan bahwa dari enam instalasi yang menggunakan *belt filter press* sebagai unit *dewatering*, memiliki kapasitas loading rate antara 750-3200 lbs//jam (kg/jam). Sedangkan untuk monitoring persentase padatan pada *cake* lumpur dari delapan instalasi, berkisar antara $25,2 + 5,5 \%$.

- **Pressure Filter**

Teknik ini mulanya digunakan untuk residu hasil industri, namun kini digunakan juga untuk *dewatering* lumpur dari WTP. Residu dari WTP akan dipompa diantara dua piringan dengan tekanan yang tinggi ($350-1575 \text{ kN/m}^2$). Air akan melewati filter dan padatan akan tertahan. Tekanan akan bertahan hingga kandungan padatan telah mencapai kadar yang diperlukan (Aldeeb, A.A., 2000). Filtrat air tersebut akan memiliki kandungan padatan tersuspensi kurang dari 10 mg/L (Montgomery, 1985). Teknik ini memerlukan biaya operasi dan perawatan yang tinggi bila dibandingkan dengan sistem mekanikal *dewatering* lainnya.

- **Vacuum filter**

Teknik ini umum digunakan pada residu WTP dan baik untuk *dewatering* residu dari kapur pada proses pelunakan, namun tidak pada alum residuals. Performa vacuum filter dipengaruhi oleh media filter, level *vacuum*, siklus waktu, dan *sludge conditioning* (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

ii. Non-Mechanical Dewatering

Metode ini menggunakan prinsip evaporasi secara alami serta perkolasi (Qasim, 1992). Keunggulan dari proses ini adalah kemudahan dalam operasi dan perawatan, operasional energy yang murah bila dibandingkan dengan sistem mekanik. Namun kelemahan dari sistem ini adalah diperlukannya area yang luas, bergantung pada kondisi iklim (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Metode ini dapat berupa *sand drying beds*, *freeze assisted sand beds*, dan *Lagoons*.

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan oleh McCormick *et al.* (2009) untuk non-mechanical *dewatering* pada beberapa IPA di bagian Amerika Utara.

Tabel 2. 6 Perbandingan karakteristik hasil lumpur unit *non mechanical dewatering*

Keterangan	Drying Bed			Lagoon	
	Sand	Solar	Freeze-thaw	Clarification	Dewatering
Durasi (bulan)	6-12	2-5	30	3-36	4-180
Solid cake(%)	60	40	-	12,2+7,2	16

Sumber: McCormick *et al.*, 2009

2.7. Pembuangan Akhir

Pemilihan alternatif pembuangan akhir harus mempertimbangkan peraturan yang berlaku serta aspek pembiayaan. Menurut Elliot dan Dempsey (1991) faktor lain seperti karakteristik lumpur juga menjadi poin penting untuk mempertimbangkan metode pembuangan akhir yang akan digunakan.

2.7.1. Pembuangan langsung ke air permukaan

Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan di Indonesia dalam pembuangan akhir lumpur instalasi pengolahan air bersih. Studi AWWA (1986) di Amerika menunjukkan bahwa sekitar 50% dari total residu yang dihasilkan dengan jumlah paling sedikit 548,820 m³ ton dipompa secara langsung ke air permukaan, kebanyakan residu ini merupakan *alum sludge*. Residu ini dibuang ke perairan terdekat seperti danau, pond, dan sungai. Namun di Amerika kini pembuangan air residu ke badan air secara langsung dilarang dibawah peraturan perundang-undangan Federal Water Pollution Act Amendment pada tahun 1072, dan Clean Water Act pada tahun 1977.

Pembuangan ke badan air dipertanyakan karena dampak terhadap kualitas air badan penerima harus diperhatikan. Untuk IPA yang tidak menggunakan proses pelunakan air (*non-softening plant*) kandungan kimia padatan lumpur terdiri dari 75% alum atau hidroksida besi dan 25% merupakan polymer (AWWA Sludge Disposal committee, 1987).

Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui dampak pembuangan residu IPA ke badan perairan terhadap biota air. AWWA Sludge Committee Report (1987) mengungkapkan bahwa lumpur alum memiliki beberapa efek terhadap lingkungan yakni berupa meningkatnya zat padatan, komponen beracun, toksisitas aluminium, dan *benthic deposit* pada badan air penerima.

George *et al.* (1995) melakukan tes toksisitas pada lumpur alum yang berasal dari sepuluh instalasi pengolahan air. Organisme yang diuji adalah alga (*Selenastrum capricornutum*), protozoa, ikan, dan bacteria yang hidup di laut. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa lumpur alum yang bereaksi dengan bahan alami di perairan beracun untuk *S. capricornutum* pada seluruh level pH bila perairan tersebut memiliki kesadahan yang kurang dari 35 mg CaCO₃/L. Lumpur alum mengakibatkan reduksi pH, kadar DO, peningkatan partikel tersuspensi, dan larutan dalam konsentrasi alum dapat beracun bagi ikan (Heil dan Barbarick, 1989). Hall dan Hall (1989) menyatakan bahwa suspensi partikel lumpur beracun bagi invertebrata.

Sebelum memilih alternatif pembuangan residu ke badan air dilakukan diperlukan dua poin yang penting dilakukan, yakni (EPA, 1996; Montgomery, 1985).

1. Melakukan *toxicity test* terhadap residu buangan
2. Kondisi badan air penerima harus diinvestigasi secara keseluruhan, hal ini menyangkut frekuensi pembuangan, pencampuran, aliran badan air, dan beban buangan residu.

Kesadahan, alkalinitas, pH, DO, sulfat, dan parameter kualitas air lainnya dapat meminimisasi efek dari logam berat. Pembuangan secara langsung ke badan air yang asam (pH kurang dari 6) harus dicegah dikarenakan hal ini dapat meningkatkan pelarutan logam di air dan meningkatkan efek toksisitas (AWWA/ASCE/EPA, 1996).

2.7.2. Pembuangan ke perairan laut

Dalam studinya di kawasan New York Bight, Pararas- Carayannis (1973) mengemukakan bahwa *density* bakteri koliform serta konsentrasi nutrisi pada area penimbunan lumpur tersebut relatif tinggi, konsentrasi DO berkurang pada bagian dasar laut ketika musim panas. Sedimen dasar permukaan laut tersebut juga memiliki konsentrasi logam berat yang tinggi. Fauna bentik terkena dampak dari aktifitas penimbunan lumpur di laut tersebut.

Young dan Barbe (1973) juga mengemukakan terdapatnya gangguan yang bersifat menghambat pertumbuhan fitoplankton pada area pembuangan lumpur di kawasan New York Bight.

2.7.3. Pembuangan ke *Waste Water Treatment (WWTP)*

Beberapa faktor perlu dipertimbangkan untuk mengevaluasi pembuangan residual ke instalasi pengolahan limbah (IPAL). Faktor dari IPAL yang perlu dipertimbangkan adalah kompatibilitas proses pengolahan, kapasitas pengolahan, dan syarat pembuangan akhir. Sedangkan faktor dari pihak instalasi pengolahan air (IPA) perlu mempertimbangkan *pretreatment* yang dipersyaratkan, fasilitas penyimpanan, dan sistem pengangkutan yang akan digunakan. Biaya, peraturan yang berlaku dan kontrak perjanjian layanan juga harus dievaluasi (AWWA, 1996). Kota Durham, North Carolina telah dikembangkan prosedur *dewatering* dan pengasaman lumpur alum untuk digunakan kembali pada WTP dan WWTP (Bowen *et al.*, 1992).

U.S Environmental Protection Agency (EPA's) mengatur mengenai standar buangan sehingga diperlukan persyaratan pengolahan awal (*pretreatment*). Hal tersebut ditentukan berdasarkan pertimbangan poin berikut.

1. Dampak residu terhadap sistem pengangkutan (saluran pemipaan, korosi, dan terhadap sistem pemompaan)
2. Dampak residu terhadap cairan/padatan lain di dalam proses sistem pengolahan yang terdapat di IPAL (konsentrasi padatan, kebutuhan aliran ekualisasi, debit pembuangan)
3. Perhatian/kekhawatiran mengenai *biotoxicity* (di dalam IPAL/ effluen IPA)

Tsang dan Hurdle (1991) mengatakan bahwa ketika jumlah lumpur alum dialirkan dalam jumlah yang banyak ke influen IPAL, terdapat beberapa toksisitas yang kronis terhadap biota perairan. Namun dalam jumlah aliran yang sedikit, tidak ada efek toksik yang tercatat.

2.7.4. Land Application

Pilihan *land application* untuk buangan lumpur yang berasal dari IPA termasuk didalamnya adalah penggunaan untuk pertanian, aplikasi *silvicultural*, dan penggunaan untuk reklamasi (U.S. EPA, 1995)

Potensi kerugian dari aplikasi ini adalah meningkatnya konsentrasi logam pada tanah dan kemungkinan terhadap air tanah, adsorpsi fosfor tanah oleh air residu, menurunnya produktifitas tanah, meningkatnya nitrogen menyebabkan perpindahan nitrat ke air tanah, dan kemungkinan dampak yang disebabkan oleh kristal padat aluminium (Dempsey *et al.*, 1990)

Untuk menghindari dampak negatif akibat kandungan logam yang terdapat di dalam lumpur diperlukan pengaturan pH lebih dari 6 tanah campuran serta campuran pupuk fosfor untuk meningkatkan kualitas tanah. Untuk penggunaan lumpur sebagai *land application* dibutuhkan uji properti fisik seperti kohesi, *aggregation*, kekuatan, dan tekstur untuk menentukan pengesahan terhadap pemilihan *land application* tersebut (Aldeeb, 1999).

2.7.5. Penimbunan (Landfill)

Pembuangan dengan cara penimbunan dapat diaplikasikan dalam bentuk yang berbeda seperti *co-disposal*, *monofiling*, atau penstabilan tanah. Nielsen *et al.* (1973) mengatakan bahwa pembuangan dengan cara *sanitary landfill* merupakan solusi yang paling ekonomis untuk lumpur alum dengan kandungan padatan 15% atau lebih.

Lumpur alum diklasifikasikan sebagai limbah industri sehingga dideskripsikan sebagai limbah berbahaya. Beberapa studi menunjukkan bahwa konsentrasi dari alum, klorida, dan besi merupakan komponen utama di dalam residu yang berasal dari IPA (Aldeeb, 1999).

Kontaminasi air tanah akibat peluruhan logam yang terdapat di residu merupakan pertimbangan lingkungan yang penting. Faktor yang mempengaruhi peluruhan logam adalah konsentrasi logam yang terdapat di residu dan sejauh

mana logam ini dapat berpindah di dalam lahan yang tersedia (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996).

Percobaan mengenai penggunaan lumpur IPA sebagai material penutup timbunan telah beberapa kali dilakukan. Lumpur hasil *dewatering* yang langsung digunakan sebagai materi penutup maupun lumpur yang dicampur dengan tanah digunakan dalam percobaan tersebut. Metode ini menghasilkan beberapa keuntungan, diantaranya sebagai berikut.

1. Ketersediaan dari material penutup.
2. Pengurangan biaya untuk penyediaan tanah
3. Memperbaiki properti fisik pada residu IPA dikarenakan pencampurannya dengan tanah dan dapat meningkatkan fungsi operasional TPA (*landfill*) dapat tercapai

Penelitian membuktikan bahwa dengan penambahan 50-100 % residu IPA dari berat tanah total sudah dapat dijadikan sebagai penutup tanah yang baik pada proses penimbunan (Cornwell & Westerhoff, 1981)

Elliot Dan Dempsey (1991) mengungkapkan bahwa kekurangan dari metode ini adalah diperlukannya area yang cukup luas. Dalam metode pembuangan dengan penimbunan, properti fisik seperti kompresibilitas, plastisitas dan kuat geser dari residu IPA merupakan faktor penting yang harus diketahui. Properti fisik ini akan mempengaruhi penanganan lumpur, kontrol struktur penimbunan, penurunan timbunan, dan stabilitas timbunan (EPA, 1996)

2.7.6. Pemanfaatan lain

Dalam penelitian Rodríguez *et al.* (2011), lumpur dari hasil pengolahan air bersih dapat digunakan sebagai bahan baku campuran semen. Dalam penelitian ini, lumpur yang telah dikeringkan digunakan sebagai pengganti tanah lempung (*clay*) dan dicampur dengan kapur dan pasir. Menurut Sales, Souza dan Almeida (2010) lumpur dari IPA dapat digunakan sebagai bahan campuran beton dengan campuran serbuk gergaji. Aplikasi campuran kedua bahan ini dapat digunakan untuk menghasilkan beton ringan (*lightweight coarse aggregate*.)

2.7.7. Studi pemanfaatan lumpur IPA di Indonesia

Selintung, M dan Azikin, (2002) mengungkapkan bahwa salah satu potensi pemanfaatan lumpur adalah sebagai bahan bangunan khususnya batu bata atau

abu merah. Studi tersebut dilakukan di IPA Somba Opu, Makasar, dimana lumpur yang dihasilkan diolah kembali menjadi batu bata tipe *hand trown stocks* dengan kategori kelas kuat 25 serta memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dari batu bata lokal.

Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan di PDAM Surabaya, lumpur dapat diaplikasikan untuk penggunaan lainnya seperti hal berikut.

1. Melaksanakan teknologi *alum recovery*, yaitu mengambil alum didalam lumpur untuk dipakai kembali (Wahyudin dan Wulandari, 2001)
2. Melaksanakan teknologi *reused*, yaitu memanfaatkan lumpur sebagai bahan baku pembuatan batako (Maulanie dan Nurjati, 2002)
3. Melaksanakan teknologi *reused* yaitu memanfaatkan lumpur sebagai tanah urug untuk pertanian (Andriati, 1989)

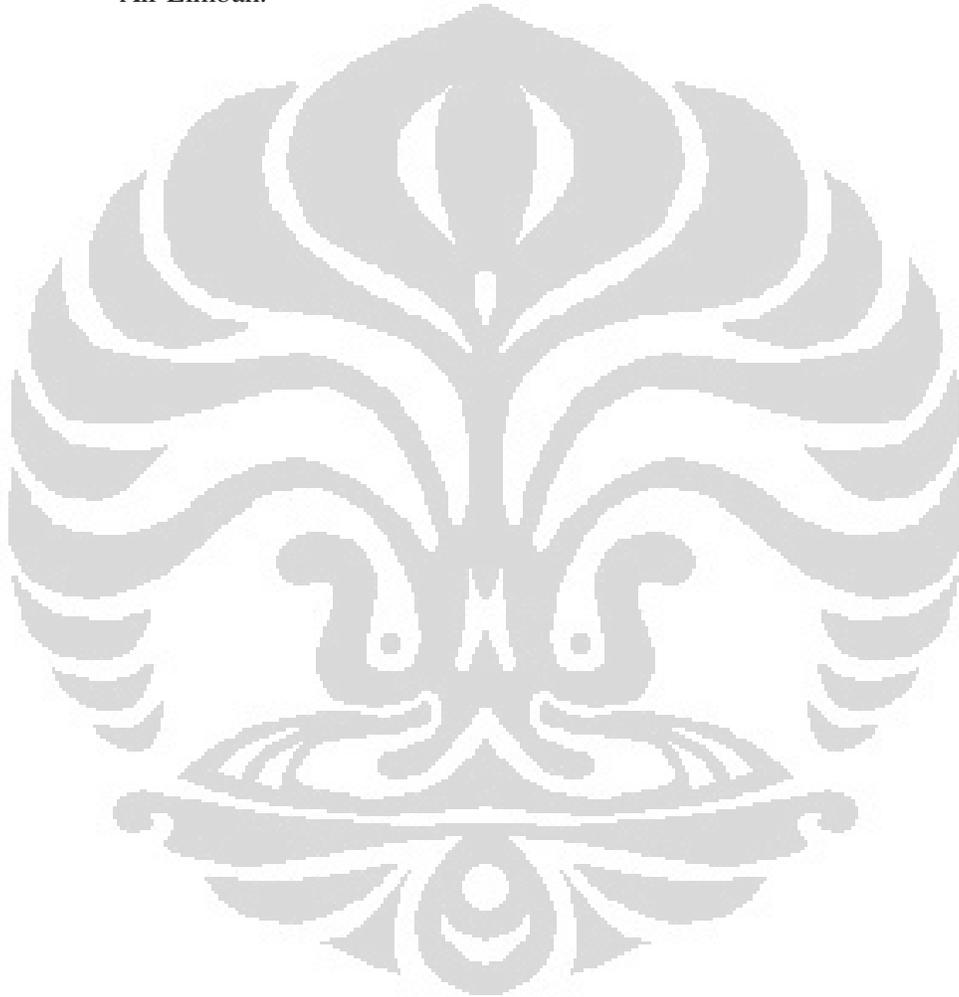
2.8. Peraturan

Undang-undang yang berlaku di Indonesia yang berkaitan dengan residu IPA serta pembuangan lumpur adalah sebagai berikut.

- UU 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
Disebutkan bahwa setiap penanggung jawab usaha atau kegiatan wajib melakukan pengelolaan limbah atau hasil usaha kegiatan tersebut.
- PP No 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
Disebutkan dalam pasal 9 ayat 3, bahwa limbah akhir dari proses pengolahan air baku menjadi air minum, wajib diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sumber air baku dan daerah terbuka.
- Undang-Undang Republik Undonesia No 7 Tahun 2004.
Disebutkan dalam pasal 24, bahwa Setiap orang atau badan usaha dilarang melakukan kegiatan yang mengakibatkan rusaknya sumber air dan prasarannya, mengganggu upaya pengawetan air, dan/atau mengakibatkan pencemaran air.
- PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

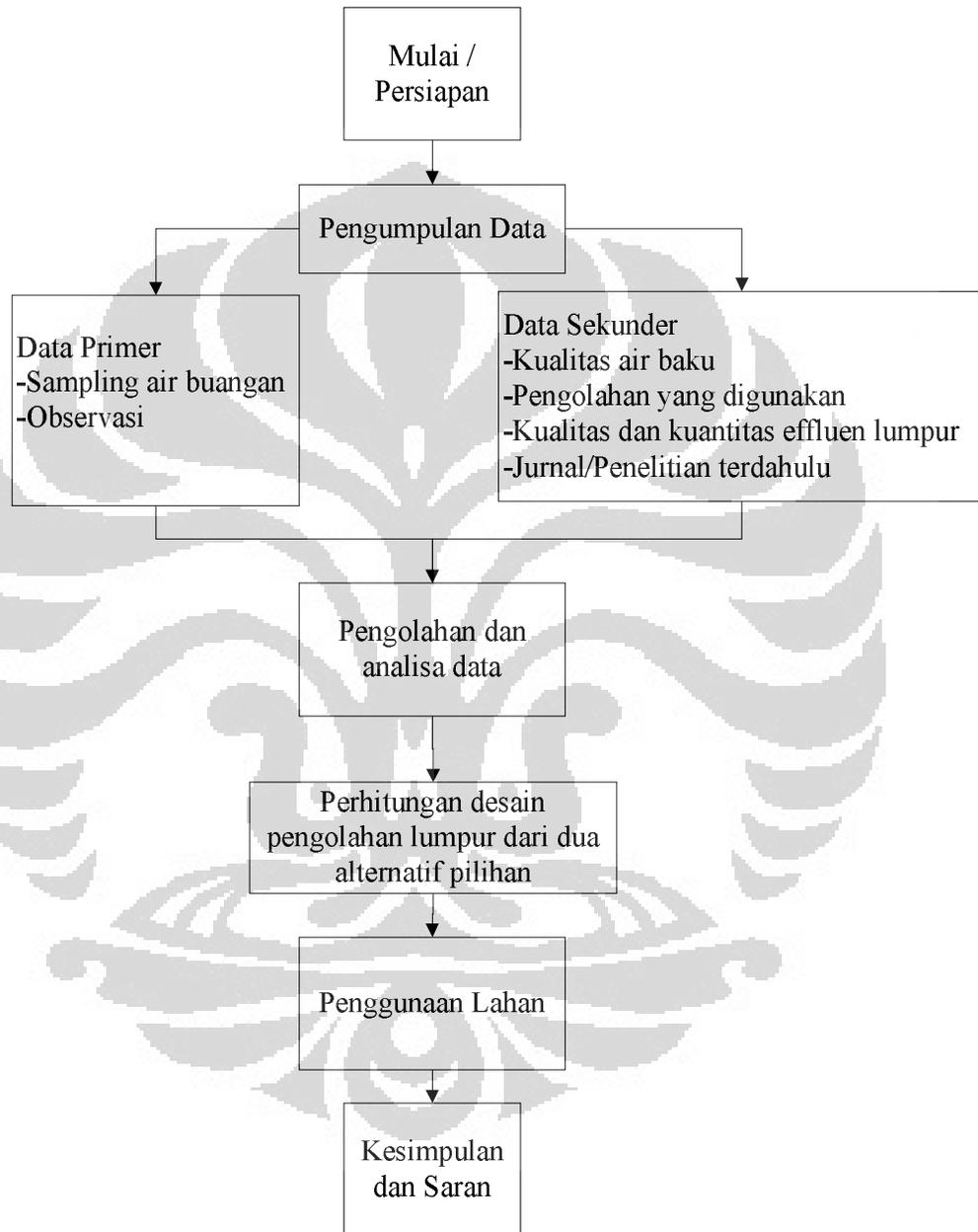
Mengatur mengenai kriteria baku mutu air berdasarkan kelas, serta pengendalian pencemaran air agar sesuai dengan baku mutu air.

- Pergub DKI Jakarta No 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air Serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah Daerah Khusus Ibukota.
- Pergub DKI Jakarta No 220 Tahun 2010 tentang Perizinan Pembuangan Air Limbah.



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Kerja



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilakukan di Instalasi pejompongan I dan II Jakarta, pada bulan Desember 2010 - Mei 2010. Pengambilan sampel untuk identifikasi zat pencemar dilakukan pada outlet masing-masing instalasi. Pengambilan sampel lumpur juga dilakukan pada unit sedimentasi dan filtrasi. Pengambilan sampel ini dilakukan pada bulan Desember 2010 – Februari 2011. Penelitian laboratorium pada sampel telah dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil Universitas Indonesia, Depok. Penelitian tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai dasar pemilihan unit pengolahan lumpur yang digunakan. Pada tabel 3.2 merupakan rencana waktu penelitian yang akan digunakan.

3.3. Pengumpulan data

Data-data yang dipakai didapatkan dari pengolahan data primer dan data sekunder. Data yang didapat akan digunakan sebagai pedoman untuk perencanaan yang sesuai dengan kondisi lapangan.

3.4. Data Primer

Pengumpulan data primer didapatkan dengan pengamatan secara langsung serta pengambilan sampel lumpur yang kemudian akan dilakukan pengecekan skala laboratorium dan dianalisa hasilnya.

i. Sampling air buangan

Hal ini bertujuan untuk menganalisa karakterisasi residu yang dihasilkan dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Instalasi Pejompongan I dan II. Alasan lain diperlukannya pemeriksaan karakterisasi residu IPA ini adalah sebagai penilaian ketaatan baku mutu limbah cair serta untuk penyusunan strategi operasi penanganan lumpur.

Pengambilan sampel dilakukan pada unit sedimentasi, filtrasi, serta saluran output pada masing-masing instalasi, yang kemudian diteliti karakteristik fisik dan kimia. Karakteristik yang dianalisis dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Parameter yang dianalisa pada lumpur IPA I&II Pejompongan

Parameter		Metode yang digunakan	Parameter		Metode yang digunakan
Fisik	Temperatur	Penyesuaian	Kimia	pH	Potensiometri
	Tss	Gravimetri		BOD	Inkubasi 5 hari
	TDS	Gravimetri		COD	Refluks
	VSS	Gravimetri		Besi	Spektrofotometri
	Kekeruhan	Nefelometri			
	<i>Specific gravity</i> padatan tetap	ASTM D 854-58			

ii. Observasi pengolahan yang dilakukan

Pengamatan langsung unit-unit proses dan operasional yang digunakan secara keseluruhan. Pengamatan juga dilakukan terhadap lumpur yang dihasilkan serta saluran pembuangan eksisting.

3.5. Data Sekunder

- i. Data dan laporan mengenai unit pengolahan yang digunakan
 - Lokasi instalasi pengolahan air minum.
 - Gambar unit proses dan pengolahan yang digunakan.
 - Diagram alir proses pengolahan.
- ii. Kualitas air baku serta air buangan
- iii. Kuantitas effluen lumpur dari data water balance
- iv. Kuantitas effluen lumpur dari data operasional harian
- v. Jurnal/ penelitian terdahulu.

3.6. Pengolahan dan Analisa data

Pengolahan dan analisa dari pengujian karakteristik air residu digunakan untuk memperkirakan pengaruh air residu terhadap lingkungan, pentaatan baku mutu lingkungan, serta untuk menyusun operasi pengolahan lumpur yang sesuai. Dari data primer dan sekunder yang didapat kemudian akan dianalisis yang kemudian akan digunakan untuk merencanakan sistem pengolahan lumpur pada instalasi Pengolahan Air Minum Pejompongan I & II. Desain pengolahan yang dibuat merupakan sistem pengolahan lumpur yang berasal dari kedua instalasi pengolahan air tersebut serta mempertimbangkan efisiensi penggunaan luas lahan yang dibutuhkan.

3.7. Desain Pengolahan

Dari perencanaan pengolahan lumpur yang telah ditentukan kemudian dijelaskan mengenai spesifikasi teknis serta dilakukan perhitungan dimensi tiap unit yang diperlukan. Dari desain pengolahan ini kemudian akan disimpulkan apakah desain tersebut dapat diaplikasikan secara nyata di lapangan. Tabel 3. 2 Jadwal Rencana Penelitian

Tabel 3. 2 Jadwal Rencana Penelitian

Kegiatan	Des		Jan				Feb				Mar				April				Mei				Juni		
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
Gambaran umum instalasi																									
Kualitas air baku dan air buangan																									
Peta Lokasi Instalasi																									
Diagram alir proses pengolahan																									
Pengambilan sampel																									
Survey lapangan (Instalasi)																									
Analisa data																									
Perhitungan desain rencana																									
Analisa penggunaan lahan																									
Penulisan Laporan																									
Pengecekan data dan laporan																									
Presentasi dan sidang skripsi																									

BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK PERENCANAAN

4.1. Profil Perusahaan

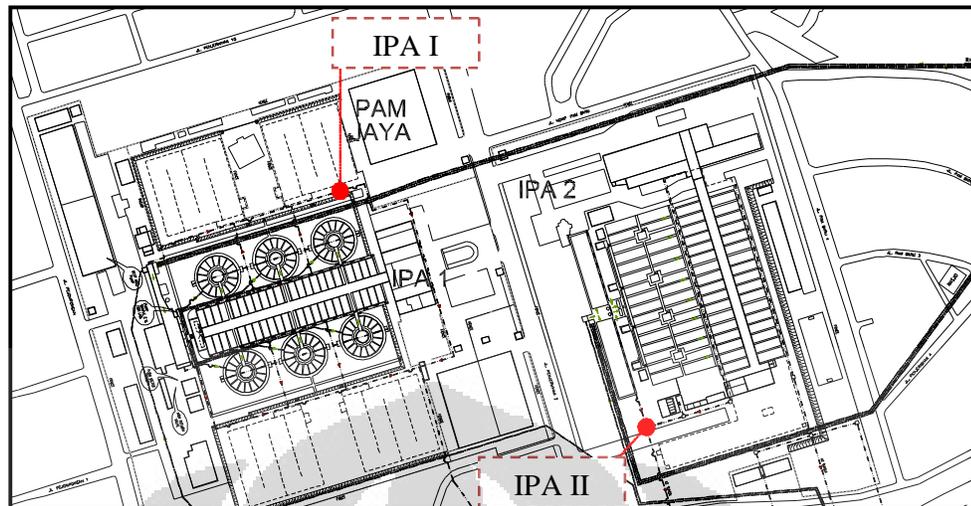
PT PAM Lyonnaise Jaya (Palyja) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penyediaan dan pelayanan air bersih di wilayah Barat DKI Jakarta. Palyja menandatangani perjanjian kerjasama dengan Perusahaan Daerah Air Minum Jakarta Raya (PAM JAYA) dengan kontrak selama 25 tahun yang dimulai sejak tanggal 1 Febuari 1998.

PALYJA merupakan bagian dari Suez Environment, yang merupakan anak perusahaan Suez yang bergerak di bidang air, pelayanan limbah, peralatan terkait yang penting bagi kehidupan sehari-hari dan pelestarian lingkungan yang terkemuka di Perancis. Suez Environnement memberikan solusi inovatif bagi jutaan orang dan industri terutama di bidang air bersih, pengolahan limbah, area manajemen limbah. Mulai tahun 2006 Palyja menandatangani kerja sama dengan PT Astratel Nusantara, merupakan anak perusahaan PT Astra International Tbk yang bergerak di bidang infrastruktur.

Dengan melakukan perjanjian kerjasama tersebut, Palyja berusaha meningkatkan pelayanan air bersih di wilayah barat Jakarta. Hal ini terbukti dengan peningkatan pelayanan dari 33,8 % pada tahun awal (1998) menjadi 64,7% pelanggan pada tahun 2009. Namun untuk tingkat kehilangan air yang dialami Palyja masih tinggi yakni sebesar 42,3 % pada tahun 2010.

4.2. Lokasi Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Pada dasarnya Palyja memiliki empat unit instalasi pengolahan air untuk mengolah air baku menjadi air bersih, namun sesuai dengan batasan penelitian maka dalam penulisan ini hanya akan menjelaskan dua unit instalasi pengolahan utama, yakni IPA I dan II Pejompongan. IPA I dan II Pejompongan terletak di Jl Penjernihan II, Kecamatan Tanah Abang, Kotamadya Jakarta Pusat. IPA I dan II terletak disekitar kawasan perumahan dan perkantoran, hal tersebut merupakan salah satu pertimbangan yang penting dalam desain pengolahan lumpur. Peta lokasi IPA I dan II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi IPA I dan II.

Sumber: PALLYJA

Adapun batas-batas wilayah untuk IPA I dan II Pejompongan secara langsung tertera pada tabel 4.1. Untuk gambar tempat IPA I dan II terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 4. 1 Batas Wilayah IPA I dan II

Batas	IPA I	IPA II
Utara	Jl. Penjernihan II	Pemukiman dan Jl. Pam Baru
Selatan	Jl. Pejompongan	Jl. Penjernihan 2
Barat	Pemukiman dan perkantoran	Jl. Komp. Pam Baru
Timur	Pemukiman dan perkantoran	Jl. Klungkung dan pemukiman

Sumber: Observasi Penulis, 2011

4.3. Kegiatan Perusahaan

4.3.1. Tugas perusahaan

Sesuai dengan dokumen AMDAL PT. Palyja, tujuan kegiatan Proyek Penyediaan dan Pelayanan Air Bersih di Wilayah Barat Jakarta adalah :

- Memaximumkan efisiensi dari sistem penyediaan air bersih yang ada.
- Meningkatkan pelayanan air bersih dan jumlah pelanggan

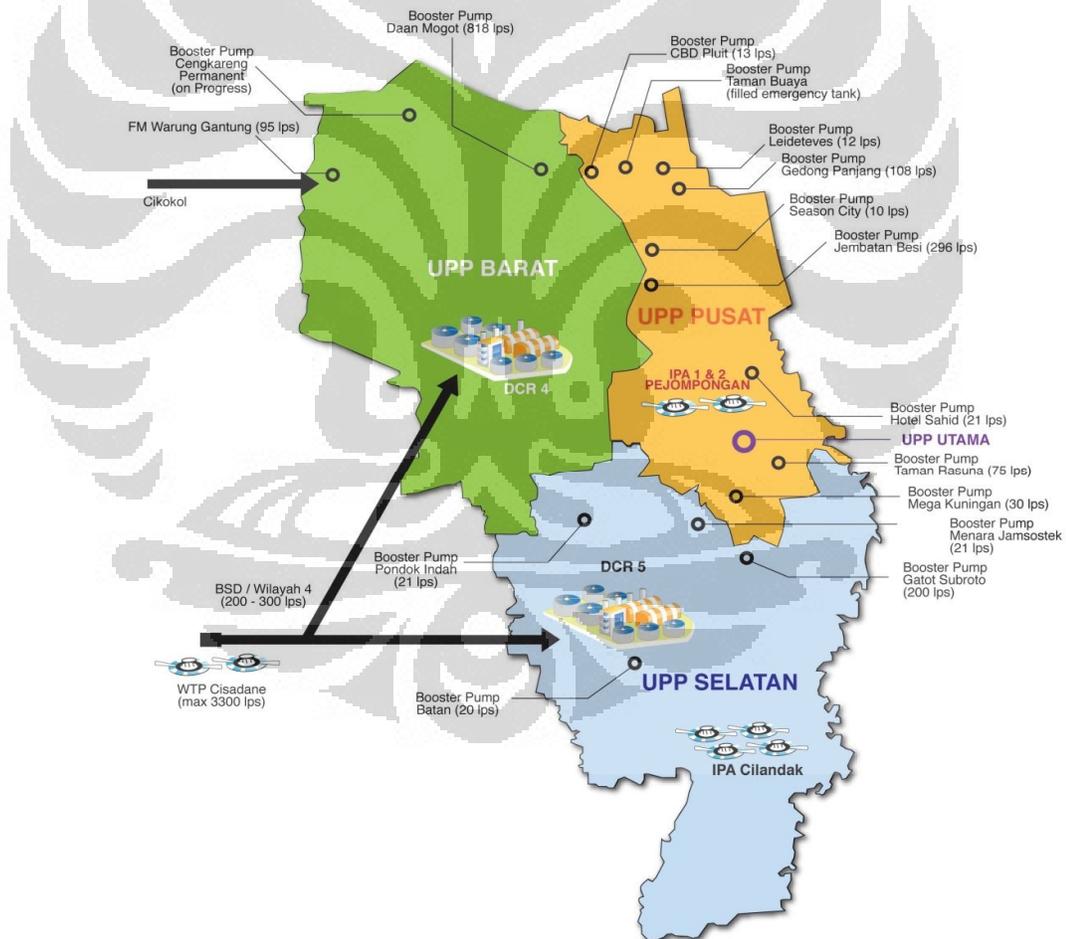
4.3.2. Cakupan Pelayanan

Daerah tanggung jawab Palyja adalah bagian barat DKI Jakarta. Bagian tersebut mencakup bagian barat Sungai Ciliwung, yaitu Jakarta Pusat, Jakarta Barat, Jakarta Selatan, dan sebagian Jakarta Utara. Dengan rasio cakupan wilayah sebesar 64,7%, pada akhir tahun 2010 Palyja memiliki jumlah sambungan sebanyak 419,776 dan melayani populasi melebihi 2,85 juta orang.

4.3.3. Fasilitas dan Infrastruktur

Palyja memiliki dua unit instalasi utama yakni Pejompongan I dan Pejompongan II yang memasok sekitar 60,85% suplai air di wilayah sebelah Barat Jakarta. Dua unit instalasi pengolahan air tambahan yang dimiliki Palyja adalah instalasi Cilandak dan Taman Kota, namun sejak tahun 2007 instalasi Tamana Kota ditutup dikarenakan buruknya kualitas air baku. Berikut kapasitas produksi masing-masing unit pengolahan

Pejompongan I	: 2.000 liter/detik
Pejompongan II	: 3.600 liter/detik
Cilandak	: 400 liter/detik
Taman Kota	: 200 liter/detik

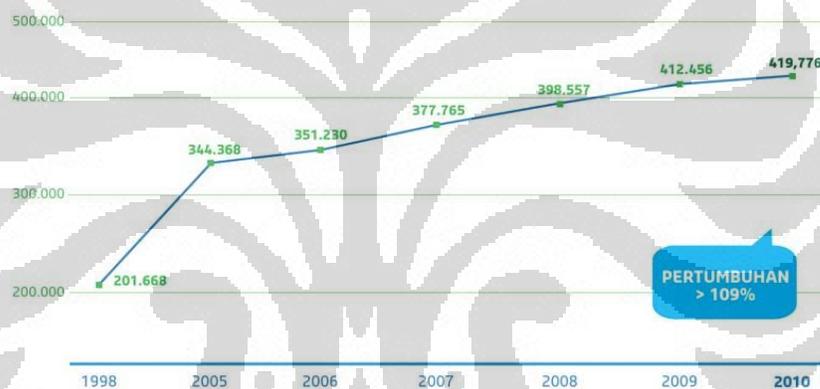


Gambar 4. 2 Lokasi fasilitas pompa, inslasi serta DCR

Sumber: PALYJA

PALYJA juga memperoleh olahan yang dipasok oleh pihak ketiga. Air tersebut dialurkan ke *Distribution Central Reservoir* (DCR) 4 yang terletak di Kebon Jeruk dan DCR 5 di Lebak Bulus. Kedua pusat distribusi tersebut dilengkapi dengan stasiun pompa dan reservoir dengan kapasitas volume masing-masing sebesar 22,500 m³. Pasokan air bersih pada kedua fasilitas ini mampu mensuplai 34,85% dari total pelanggan yang ada. Pada gambar 4.2 diatas menunjukkan lokasi fasilitas pompa, instalasi dan DCR PALYJA.

PALYJA terus mengembangkan dan merehabilitasi jaringan distribusi air minum. Selama 12 tahun sejak beroperasi pada awal 1998 hingga akhir 2010, perusahaan telah berhasil melakukan peningkatan sambungan air bersih sebesar 109%. Perkembangan sambungan pipa air bersih sejak awal operasi hingga kini disajikan dalam gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Perkembangan sambungan pemipaan

Sumber: PALYJA

Dalam mendistribusikan air bersih, Palyja membentuk suatu permanent area. Permanent Area adalah suatu isolasi hidrolis dari jaringan distribusi area dengan satu atau beberapa inlet yang di ukur dan data dikirim secara on line ke pusat data (DMCC). Semua inlet dilengkapi dengan *Pressure Reducing Valve* (PRV) untuk mengontrol aliran dan tekanan dari permanen area. Strategi ini digunakan untuk mengontrol, mengatur distribusi air di jaringan, mengetahui jumlah penjualan, tingkat kebocoran, perencanaan, pelaksanaan dan pemantauan dampaknya. Area ini dibagi menjadi tiga yakni Unit Pelayanan Pelanggan (UPP) barat, pusat, dan selatan.

Kegiatan monitor debit, tekanan, dan kualitas air dari proses produksi hingga distribusi dilakukan dengan pengoperasian *Distribution Monitoring Control Center*

(DMCC). DMCC dioperasikan sejak tahun 2006 yang fungsinya adalah sebagai berikut.

- Memonitor kualitas air selama produksi sehingga dapat mendeteksi dan menindak lanjuti gangguan dengan segera.
- Memonitor suplai distribusi (kualitas dan kuantitas) air PALYJA selama 24 jam.
- Menerima, memproses, mendistribusikan informasi yang berkaitan dengan gangguan distribusi.
- Membuat laporan produksi & distribusi Air Palyja (harian, mingguan dan bulanan).

4.4. Kondisi eksisting daerah studi

Sesuai dengan batasan penelitian, lokasi eksisting yang akan dijabarkan adalah IPA I dan II Pejompongan. Pada sub-bab ini akan menjelaskan kondisi eksisting sumber air baku, instalasi pengolahan, dan pembuangan lumpur daerah studi.

4.5. Sumber air baku

Sumber air baku IPA I dan II Pejompongan menggunakan air permukaan yang berasal dari Tarum Kanal Barat dan Banjir Kanal. Tarum Kanal Barat digunakan sejak tahun 1997 yang mengalirkan air dari Waduk Jatiluhur dengan saluran terbuka sepanjang ± 70 km yang dioperasikan oleh Perum Jasa Tirta II (PJT II). Air baku tersebut mengalami pencemaran akibat pertemuan beberapa sungai diantaranya Kali Bekasi, Kali Cikeas, Kali Cikarang, Kali Cibeet, dan Kali Jambu yang mengalami pencemaran berat akibat limbah industri dan domestik yang dibuang ke kali tersebut. Sedangkan Banjir Kanal digunakan sejak tahun 1955 pada IPA II dan kini digunakan hanya dalam keadaan darurat, hal ini dikarenakan kualitas air baku yang buruk

Pada tabel 4.2 berikut menjelaskan sumber air baku serta kualitas air baku yang digunakan di IPA I dan II Pejompongan.

Tabel 4. 2 Sumber, besar aliran, dan klasifikasi air baku

No.	Nama IPA	Sumber Air Baku	Kewenangan Air Baku	Besar aliran	Peruntukan Sungai *
1.	IPA Pejompongan 1	Kanal Tarum Barat	PJT II	2200 L/s	Kelas B
2.	IPA Pejompongan 2	Kanal Tarum Barat	PJT II	4003 L/s	Kelas B
		Banjir Kanal	Dinas PU		Kelas C

* Sesuai Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 tahun 1995

Sumber: PALYJA

Air baku dari saluran Kanal Tarum Barat dialirkan ke IPA I dan II dari bangunan penangkap air (*intake*) di Cawang. Sedangkan bangunan penangkap air dari Banjir Kanal terletak di Pusat Logistik PALYJA yang terletak di Jl. Karet Pasar Baru Barat, Jakarta.

Permasalahan yang sering dihadapi berhubungan dengan ketersediaan air baku pada kedua instalasi ini diantaranya adalah;

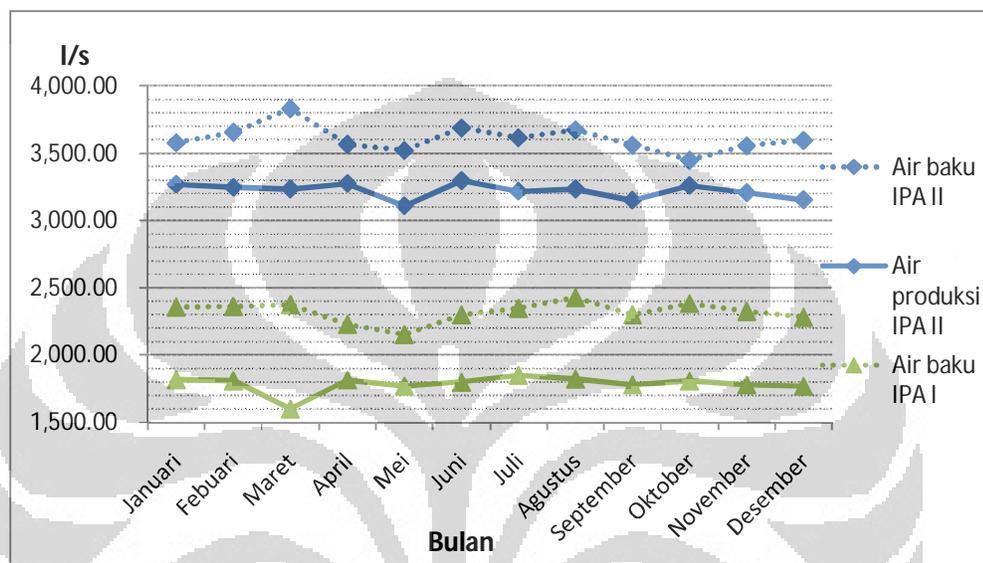
1. Kualitas: pencemaran di air baku dari buangan limbah (domestik atau non domestik) serta kekeruhan yang tinggi pada musim hujan.
2. Ketidakstabilan suplai air baku menyebabkan tidak terpenuhinya kapasitas untuk operasi optimum instalasi pengolahan air (kuantitas dan kontinuitas air baku).

4.5.1. Kapasitas produksi

Kapasitas produksi untuk IPA I adalah sebesar 2000 liter/detik, sedangkan untuk IPA II sebesar 3600 liter/detik. Namun, untuk debit air baku dan produksi di lapangan fluktuatif dan tidak mencapai nilai tersebut. Untuk Kisaran air baku yang masuk ke IPA I adalah 2.150,78– 2.427,27 liter/detik, dari debit tersebut dihasilkan kisaran debit produksi antara 1.598,61 – 1848,12 liter/detik. Kisaran debit air baku yang masuk di IPA II berkisar 3.449,98 - 3.830,74 liter/detik, dengan debit air produksi yang dihasilkan berkisar antara 3.108,43 – 3.219,43 liter/detik. Berikut grafik debit air baku dan air produksi selama tahun 2010 dari data *waterbalance* PALYJA (Lampiran 2).

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa debit air produksi dari kedua instalasi menunjukkan jumlah yang berbeda dari debit air baku yang masuk. Hal ini dikarenakan pada air hasil produksi dari instalasi juga digunakan untuk kebutuhan air operasional kantor IPA I dan II. Disamping itu, dalam proses pengolahan air bersih-

akan dihasilkan residu yang dapat berupa lumpur, konsentrat, ataupun emisi gas. Dilihat dari sumber air baku yang digunakan yakni dari air permukaan, residu yang dihasilkan dari proses pengolahan air bersih ini berupa lumpur yang mengandung padatan tersuspensi yang terdapat pada air baku. Hal ini dikarenakan proses pengolahan yang digunakan bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi tersebut.



Gambar 4. 4 Grafik air baku dan produksi IPA I & II

Sumber: PALYJA

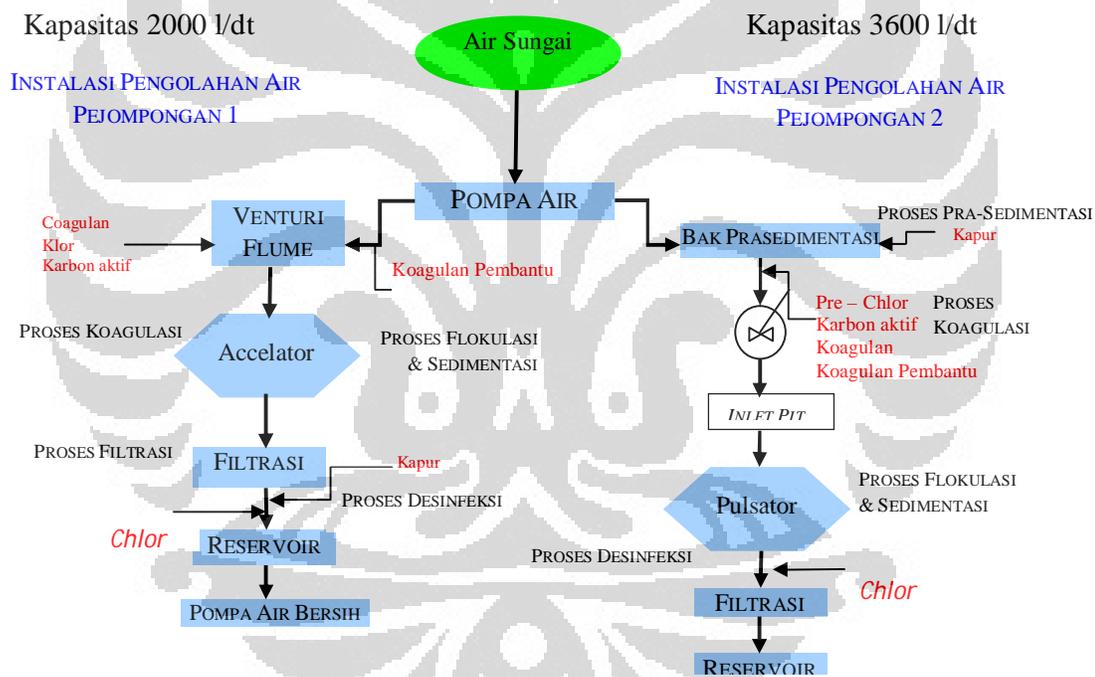
4.5.2. Instalasi Pengolahan

Instalasi pengolahan air pada IPA I dan II pada dasarnya menggunakan proses yang sama. Untuk IPA I, sistem pengolahan air terdiri dari bak venturi, accelator, filtrasi, dan disinfeksi. Sedangkan untuk IPA II terdiri dari bak sedimentasi, pulsator, filtrasi, dan disinfeksi.

Unit pengolahan awal (*preliminary treatment*) IPA I merupakan bak venturi yang berfungsi sebagai tempat mengumpulkan air baku yang telah diambil dari *intake* sebelum dialirkan ke unit pengolahan selanjutnya. Penambahan bahan kimia dilakukan pada saluran terbuka yang menghubungkan antara bak venturi dengan saluran menuju accelator. Bak venturi didisain dengan adanya terjunan dan penyempitan agar aliran air menjadi turbulen sehingga bahan kimia yang ditambahkan tercampur sempurna. Untuk IPA II menggunakan bak prasedimentasi yang berfungsi untuk mengendapkan partikel yang kasar dan halus secara gravitasi.

Fungsi lainnya dan mekanisme bak sedimentasi IPA II sama dengan bak venturi pada IPA I.

Proses flokulasi kedua instalasi ini menggunakan tenaga hidrolis, dimana digunakan terjunan pada saluran terbuka yang menghubungkan bak venturi menuju unit accelerator pada IPA I, dan pada bak prasedimentasi menuju pulsator pada IPA II. Proses koagulasi dan sedimentasi pada IPA I terjadi pada accelerator, dan pulsator pada IPA II. Untuk proses filtrasi kedua instalasi ini menggunakan saringan pasir untuk menyaring flok-flok yang terbentuk. Sebelum air dialirkan ke reservoir, dilakukan proses desinfeksi dengan menggunakan klorin. Untuk detail unit serta proses yang digunakan akan dijelaskan pada bab selanjutnya. Pada gambar 4.5 berikut menggambarkan diagram alir sistem pengolahan air yang dilakukan di IPA I dan II.



Gambar 4. 5 Diagram alir sistem pengolahan air IPA I dan II

Sumber: PALYJA

4.5.3. Kondisi pembuangan lumpur eksisting

Saat ini, lumpur dari IPA I dan II masih langsung dibuang ke Sungai Krukut yang letaknya tidak jauh dari kedua instalasi tersebut. Lumpur yang berasal dari filtrasi merupakan air dari pencucian bak filtrasi pada masing-masing instalasi. Sedangkan

untuk lumpur yang berasal dari sedimentasi pada IPA I berasal dari accelator dan pulsator untuk IPA II.

Untuk lumpur yang berasal dari filtrasi, waktu pembuangan lumpur tergantung pada waktu pencucian. Dalam menentukan siklus pencucian filter bergantung pada waktu dan *headloss* pada filter. Untuk waktu ditetapkan tidak boleh melebihi 72 jam, sedangkan untuk *headloss* maksimal 1,8 mCE. Untuk IPA I, jadwal pencucian berdasarkan waktu operasi tiap unit yakni selama 72 jam. Hal ini berbeda dari kondisi IPA II dimana waktu pencucian berdasarkan *headloss* juga umur filter. Lumpur pada accelator dan pulsator dibuang secara semi otomatis. Untuk pengaturan pembuangan lumpur unit ini tergantung pada kondisi air baku dan hasil jartes.

Terdapat satu saluran pembuangan lumpur pada IPA I yang langsung dialirkan ke Sungai Krukut. Sedangkan di IPA II terdapat empat saluran pembuangan lumpur, tiga saluran untuk air pencucian dan satu untuk lumpur dari pulsator. Di IPA I terdapat satu saluran yang mengalirkan lumpur dari instalasi tersebut menuju saluran buangan di IPA II. Gambar peta outlet kondisi eksisting terdapat pada Lampiran 4

BAB 5

PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR

5.1. Umum

Dalam bab ini, dijelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah produksi lumpur serta faktor lainnya yang perlu dipertimbangkan dalam desain pengolahan lumpur. Analisa pra-desain ini diperlukan untuk mengarahkan dan memecahkan beberapa elemen spesifik dari proyek tersebut. Poin yang akan dijelaskan dalam bab ini meliputi rencana pelayanan, kuantitas dan karakteristik air baku, unit penghasil lumpur, kuantitas dan karakteristik lumpur, lokasi unit pengolahan, serta alternatif pengolahan lumpur yang digunakan.

Salah satu hal yang penting dilakukan sebelum merencanakan dan mendesain unit lumpur yaitu menentukan jumlah produksi lumpur dari kondisi eksisting. Pendekatan perhitungan lumpur ini dilakukan dengan menggunakan rumus 2.1. Dari rumus tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah lumpur yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah debit instalasi, dosis koagulan, partikel tersuspensi air baku, dan penambahan bahan kimia seperti polimer. Selain produksi lumpur, hal lain yang perlu dipertimbangkan juga akan dijabarkan pada bab ini sebelum masuk ke tahap desain.

5.2. Rencana Pelayanan

5.2.1. Tahap Perencanaan

Pembangunan unit pengolahan lumpur pada kedua instalasi akan dibangun dalam satu tahap. Pemilihan tahapan tersebut berdasarkan bahwa tidak akan terjadi peningkatan kapasitas produksi air pada IPA 1 dan 2.

5.2.2. Batas pelayanan

Lumpur yang akan diolah berasal dari unit filtrasi dan unit sedimentasi. Unit sedimentasi pada IPA I merupakan accelator, sedangkan untuk IPA II adalah pulsator. Lumpur yang berasal dari bak venturi pada IPA I dan bak pengendapan awal di IPA II tidak termasuk dalam perhitungan desain sesuai dengan batasan studi penelitian. Disamping hal tersebut, batasan ini juga dikarenakan permasalahan pembuangan lumpur yang berasal dari instalasi pengolahan air bersih ini umumnya merupakan lumpur hasil koagulasi dan flokulasi akibat adanya penambahan zat kimia, sehingga apabila dibuang langsung ke sungai maka dikhawatirkan akan

menyebabkan terjadinya dampak terhadap lingkungan. Dalam buku *Engineering and design water supply, water treatment mobilization construction*, lumpur dari bak prasedimentasi untuk instalasi pengolahan air bersih bisa dikembalikan ke sumber air baku.

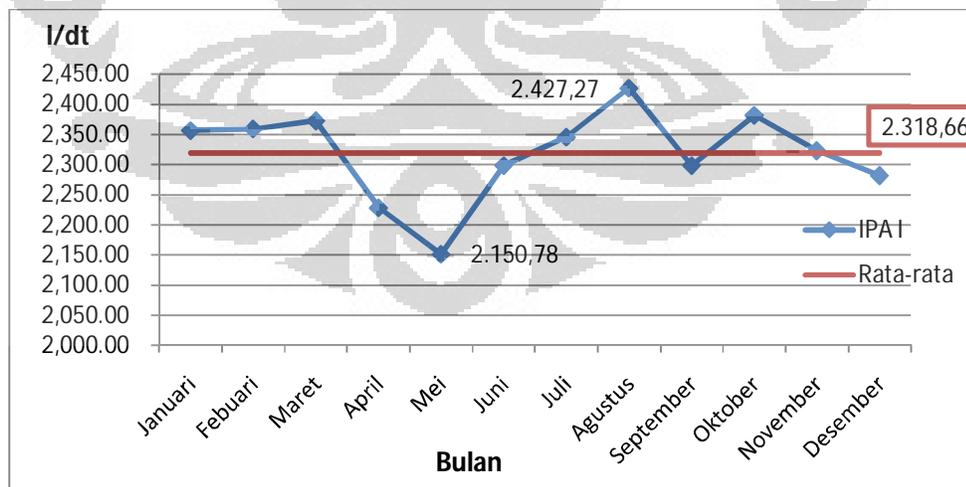
5.3. Kuantitas dan kualitas air baku

Kuantitas serta karakteristik air baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi jumlah lumpur yang dihasilkan. Rumus perhitungan jumlah lumpur dengan acuan Cornwel *et al.* pada tahun 1987 (Rumus 2.3) menunjukkan bahwa jumlah produksi lumpur akan sebanding dengan kuantitas air baku yang digunakan. Selain itu, jumlah produksi lumpur juga akan sebanding juga dengan jumlah bahan kimia yang digunakan sesuai dengan kualitas air baku.

5.3.1. Kuantitas

Debit air baku berbeda-beda tiap harinya, dalam tahun 2010 debit air baku IPA I rata-rata setiap harinya adalah berkisar antara 2.100-2.500 liter/detik. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa air baku untuk IPA I berasal dari Kanal Tarum Barat yang dipompa melalui stasiun pompa Cawang menuju IPA I.

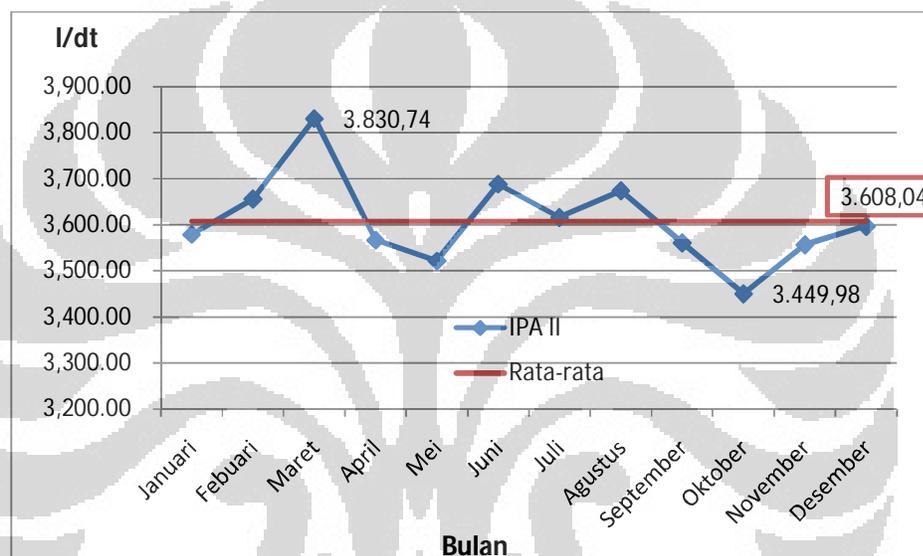
Fluktuasi debit air baku selama tahun 2010 dapat dilihat pada gambar 5.1. Debit air baku terkecil dilalui pada bulan Mei, sedangkan bulan Agustus merupakan bulan dimana debit air baku dalam keadaan maksimal. Debit rata-rata air baku untuk IPA I selama tahun 2010 adalah 2.3218,66 liter/detik.



Gambar 5. 1 Fluktuasi debit air baku IPA I tahun 2010

Sumber: PALYJA

Air baku untuk IPA II juga berasal dari Kanal Tarum Barat dan Banjir kanal. Air baku dari Banjir kanal hampir tidak pernah digunakan karena kualitas air yang sangat buruk sehingga dapat menurunkan kualitas air baku yang digunakan. Debit air baku berbeda-beda tiap harinya, dalam tahun 2010 rata-rata setiap harinya adalah berkisar antara 3.400-3.900 l/detik. Berikut merupakan fluktuasi debit air baku selama tahun 2010. Debit maksimal selama tahun 2010 mencapai 3.830,74 detik, pada bulan Agustus, sedangkan debit minimalnya adalah sebesar 3.449,98 l/detik yang terjadi pada bulan April. Debit rata-rata IPA II pada tahun 2010 adalah sebesar 3.439,14 l/detik.



Gambar 5. 2 Fluktuasi debit air baku IPA II tahun 2010

Sumber: PALYJA

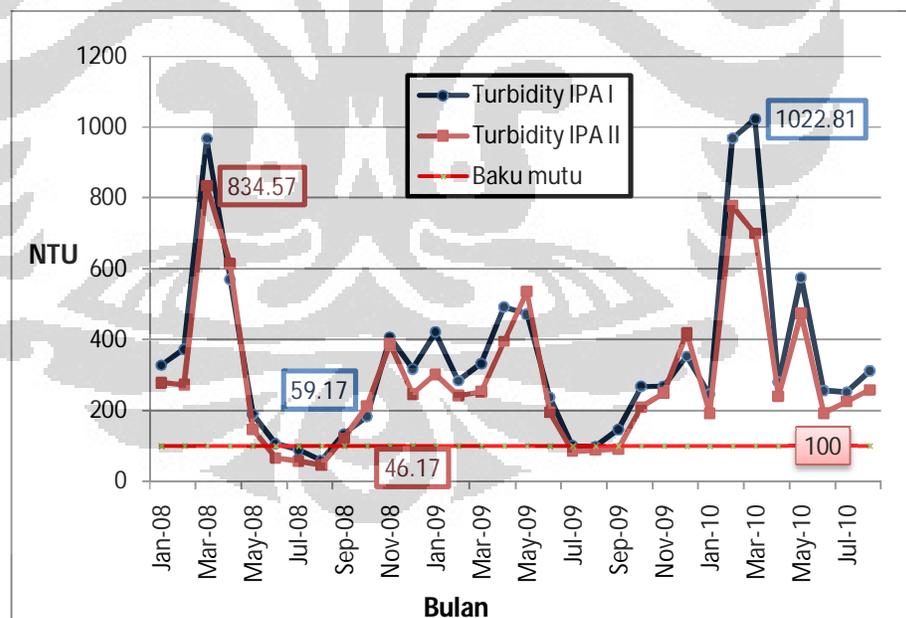
5.3.2. Kualitas

Untuk mengetahui karakteristik lumpur hasil pengolahan air bersih ini, pihak PALYJA telah melakukan analisa terhadap lumpur yang dihasilkan. Pengujian ini berupa analisa TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Prochedures*) yang dilakukan untuk menentukan tingkat mobilitas dari zat-zat organik dan inorganik di dalam limbah cair. Hasil dari analisa ini menunjukkan bahwa tidak ada parameter yang melebihi baku mutu yakni PP 18/19 Jo PP 85/99 sehingga lumpur dari proses pengolahan air bersih di IPA I dan II Pejompongan tidak termasuk dalam kategori limbah B3 (ITB, 2006).

Pada penyediaan air bersih, sistem pengolahan difokuskan untuk menghilangkan partikel padatan terlarut, padatan tersuspensi, serta polutan lain

dalam air baku hingga memenuhi standar air minum berdasarkan Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Besarnya efisiensi pengolahan sangat dipengaruhi oleh kualitas air baku yang masuk. Kualitas air baku juga berpengaruh terhadap kuantitas dan karakteristik lumpur yang dihasilkan. Parameter utama pada air baku yang mempengaruhi kualitas lumpur yang dihasilkan adalah *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan.

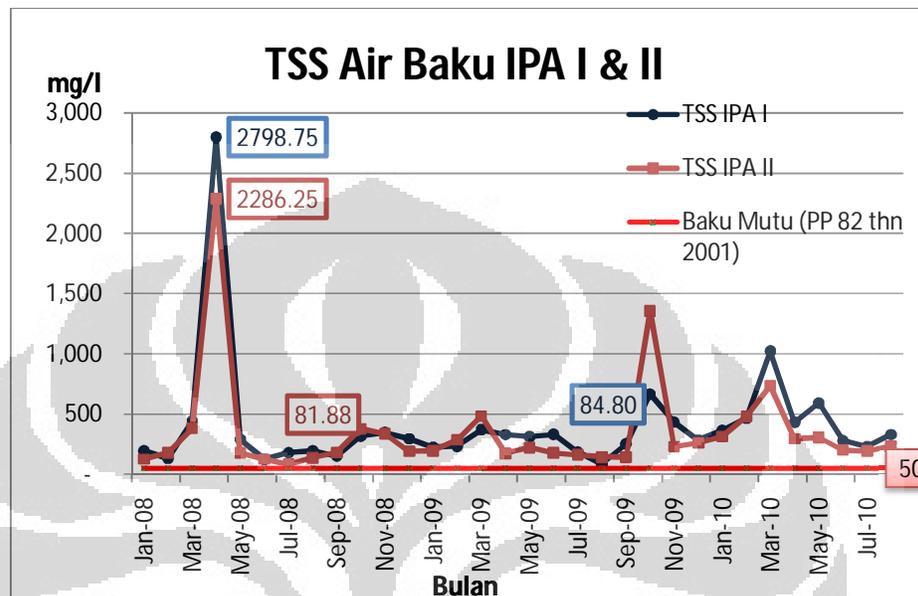
Berikut merupakan data sekunder kualitas air baku yang digunakan IPA I dan II. Data ini merupakan hasil pemeriksaan laboratorium PALYJA selama 3 tahun terakhir. Nilai kekeruhan rata-rata air baku selama 3 tahun pada IPA I adalah sebesar 347,2 NTU, sedangkan untuk IPA II sebesar 294 NTU. Dari gambar 5.3 dapat kita lihat bahwa kekeruhan air baku IPA I dan II tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan air baku yang digunakan sama. Kekeruhan maksimum IPA I mencapai 1022,81 NTU yang terjadi pada bulan April 2010, sedangkan kekeruhan minimum mencapai 59,17 pada bulan Agustus 2010. Untuk IPA II, kekeruhan maksimum mencapai 832,57 pada bulan April 2008, sedangkan nilai minimum mencapai 46,17 NTU pada bulan Agustus 2008.



Gambar 5. 3 Kekeruhan Air baku IPA I & II

Sumber: PALYJA

Nilai baku mutu kekeruhan air baku untuk golongan B yakni untuk air minum berdasarkan Pergub DKI No. 582 Tahun 1995 adalah sebesar 100 NTU. Dari gambar 5.3 menunjukkan bahwa kekeruhan air baku yang digunakan rata-rata telah melewati baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 5. 4 TSS Air Baku IPA I dan II

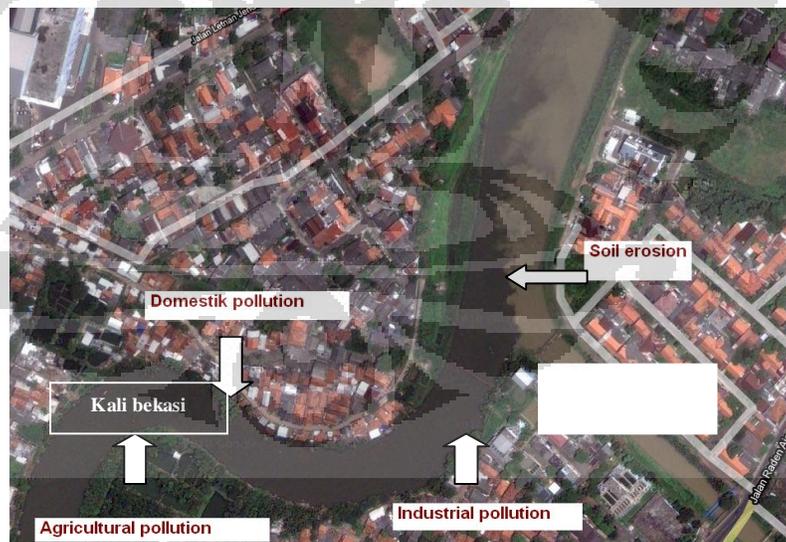
Sumber: PALYJA

Sama halnya dengan kekeruhan, kandungan TSS air baku antara IPA I dan II tidak jauh berbeda. Nilai TSS rata-rata selama 3 tahun untuk IPA I sebesar 402,3mg/l, untuk IPA II sebesar 348,9 mg/l. Gambar 5.4 menunjukkan bahwa nilai TSS maksimum untuk IPA I mencapai 2798,75 mg/l dan 2286,25 mg/l untuk IPA II. Nilai maksimum tersebut terjadi pada bulan yang sama yakni bulan April 2008. Sedangkan nilai TSS minimum untuk IPA I adalah sebesar 84,80 mg/l Agustus 2009 dan 81,88 mg/l untuk IPA II pada bulan Juli 2008.

Nilai baku mutu kekeruhan air baku golongan B yakni untuk air minum berdasarkan Pergub DKI No. 582 Tahun 1995 adalah sebesar 100 mg/l. Sedangkan apabila dibandingkan dengan PP 82 Tahun 2001 Baku mutu TSS air untuk kelas I yakni untuk air minum adalah sebesar 50 mg/l. Gambar 5.4 menunjukkan bahwa TSS air baku yang digunakan rata-rata telah melewati kedua baku mutu tersebut. Untuk tabel data sekunder kualitas air baku IPA I dan II terdapat pada lampiran 5 dan 6.

Dari parameter kekeruhan dan TSS menunjukkan bahwa air baku yang digunakan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Seperti instalasi lainnya yang ada di Jakarta, hampir semua instalasi pengolahan air minum kesulitan untuk mencari air baku dengan kualitas yang sesuai dengan baku mutu dikarenakan pencemaran air akibat limbah cair domestik dan industri. Kondisi ini mendorong pihak instalasi menggunakan sumber air baku dengan kualitas yang buruk sehingga lebih difokuskan untuk mengubah sistem proses dan pengolahan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan yang ada.

Sumber air baku kedua instalasi yang digunakan berasal dari Tarum Kanal Barat, yang mengalirkan air dari waduk jati luhur dengan saluran terbuka. Dalam artikel yang dimuat di Koran Kompas (2010), buruknya kualitas air baku ini disebabkan oleh pencemaran yang terjadi di aliran dari Jatiluhur. Pencemaran terjadi dikarenakan aliran Kanal Tarun Barat bersimpangan dengan Kali Bekasi yang tercemar akibat limbah domestik, industri, dan pertanian. Sedangkan Saluran Tarum Kanal Barat tercemar erosi tanah yang ada di sekitar bantaran saluran terbuka tersebut. Dari gambar satelit google earth berikut dari lokasi pertemuan antara kedua sungai ($-6^{\circ} 15' 6.64''$, $+106^{\circ} 59' 47.72''$) dapat dilihat pencampuran antara kedua sungai tersebut.



Gambar 5. 5 Foto udara pencampuran saluran Tarum Kanal Barat dan Sungai Bekasi

Sumber: Gambar satelit google earth

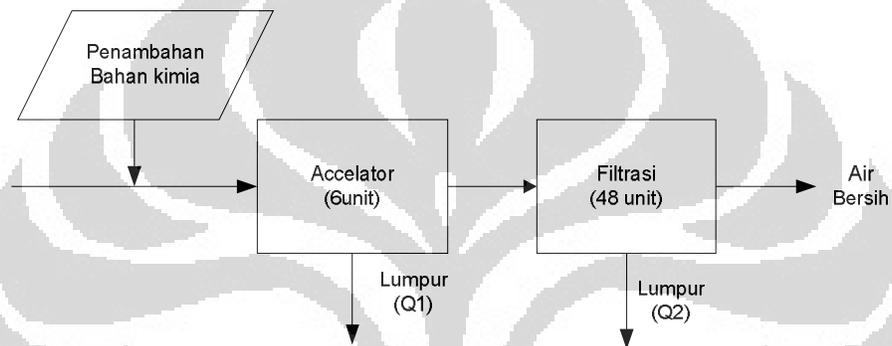
5.4. Unit Penghasil Lumpur

5.4.1. IPA I

IPA I Pejompongan dibangun pada tahun 1953 oleh ONDEO Degremont. Untuk unit pengolahan penghasil lumpur di Instalasi Pengolahan Air Pejompongan I merupakan unit accelator dan filtrasi. Proses yang terjadi pada unit accelator adalah flokulasi dan sedimentasi. Lumpur yang berasal dari unit ini merupakan hasil sedimentasi presipitasi bahan kimia dari koagulan dengan air baku yang digunakan.

Sedangkan lumpur yang dari unit filtrasi berasal dari air pencucian (*backwash*).

Gambar 5.6 merupakan diagram alir unit penghasil lumpur pada IPA I.



Gambar 5. 6 Diagram alir unit penghasil lumpur IPA I

Sumber: Observasi Penulis, 2011

i. Filtrasi

Terdapat 48 unit saringan cepat tipe Aquazur T dengan panjang 3,85 m dan lebar 1,1 m. Unit filtrasi ini memiliki kecepatan mengendap sebesar $102,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. Proses pencucian filter (*backwash filter*) dilakukan selama 3 menit untuk pemompaan udara, 6 menit pemompaan udara dan air, dan 7 menit dengan pembilasan menggunakan air. Air yang telah difilter dialirkan melalui shimpon menuju *reservoir*. Proses desinfeksi dilakukan sebelum masuk ke *reservoir* dengan penambahan zat kimia klorin.

Pencucian filter pada IPA I dilakukan jika angka Head Loss mencapai 1,8 mCE dan apabila umur filter mencapai 72 jam. Apabila salah satu poin tersebut telah melewati angka yang ditetapkan maka proses pencucian tetap dilakukan. Oleh sebab jadwal pencucian filter berubah setiap harinya dan tidak ada waktu yang tetap untuk pencucian setiap filter.

Perhitungan volume lumpur dari unit filter digunakan dua sekunder. Untuk memperoleh kedua data tersebut untuk menghitung volume lumpur dari unit filter ini digunakan asumsi bahwa volume lumpur setara dengan volume air yang digunakan dalam proses pencucian. Nilai ini didapat dari debit air yang dipompakan ke unit filter dikalikan dengan waktu. Volume air yang digunakan diperhitungkan dari debit pompa ketika 6 menit pertama untuk pelepasan, dan 7 menit terakhir untuk pembilasan. Kapasitas debit pompa yang digunakan untuk mengalirkan air pencucian filter ini adalah sebesar 200 liter/detik.

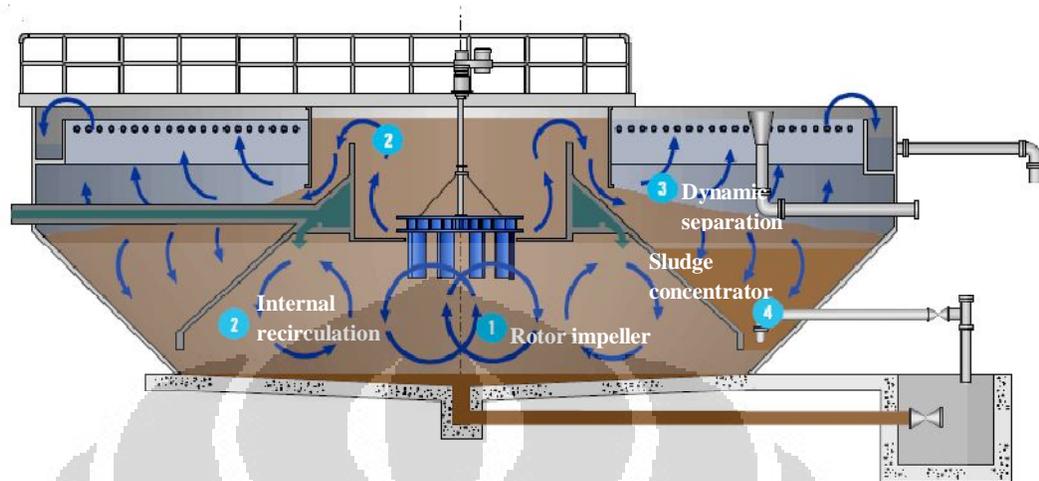
Data sekunder kedua yang digunakan merupakan data water balance untuk penggunaan air untuk unit filter selama tahun 2010. Data ini yang kemudian akan digunakan untuk mendesain unit pengolahan lumpur IPA I. Data kedua yang digunakan merupakan data pencatatan pencucian filter harian selama satu bulan yakni bulan Februari 2011. Pencatatan pencucian filter harian ini digunakan untuk mendesain unit bak pengumpul/ bak ekualisasi. Pencatatan pencucian filter harian IPA I pejompongan selama sebulan Februari 2011 terdapat pada Lampiran 7.

ii. Accelator

Terdapat 6 unit accelator dengan diameter 23 m dan luas area permukaan sebesar 350 m². Accelator merupakan unit yang memiliki teknologi resirkulasi lumpur. Prinsip pengolahan yang digunakan adalah mengoptimalkan proses flokulasi dan meningkatkan kecepatan pengendapan flok, dengan menggunakan teknologi resirkulasi lumpur yang terjadi jika konsentrasi lumpur di pengadukan sekunder berkisar 8-12%. Unit ini dibagi menjadi 2 zona yaitu zona pengendapan dan zona sirkulasi. Zona pengendapan dilengkapi dengan trap doors dan klep pembuangan lumpur. Pada zona sirkulasi, lumpur yang terbentuk diresirkulasikan kembali untuk menambah kecepatan pengendapan flok di zona pengadukan sekunder. Terjadinya resirkulasi lumpur ini karena pada bagian ini dilengkapi dengan trap doors, yaitu sekat terbuka yang merupakan tempat jalannya lumpur untuk diresirkulasikan kembali ke daerah primary settling zone. Gambar 5.7 berikut merupakan gambaran potongan unit accelator IPA I.

Masing-masing unit accelator dilengkapi dengan satu klep central dan enam katup pembuang lumpur (KPL). Klep central ini berfungsi untuk membantu membuang lumpur apabila konsentrasinya sudah terlalu tinggi. Accelator dilengkapi

dengan impeller untuk pengadukan dan mencegah pengendapan di bagian tengah. Flok akan mengendap dan terkumpul di konsentrator.



Gambar 5. 7 Potongan melintang unit accelator

Sumber : Degremont Technologies

Didalam accelator terjadi kombinasi beberapa proses yakni koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Air masuk melalui pipa influen, ke arah pengadukan primer. Di bagian pengadukan primer terjadi proses koagulasi, yakni pencampuran mekanik dengan impeller, sehingga air yang sebelumnya telah ditambahkan koagulan di *ventury flume* akan bercampur dgn lumpur hasil proses resirkulasi. Lumpur ini akan membantu proses pengikatan flok-flok. Selanjutnya dialirkan ke atas menuju pengadukan skunder, dimana proses flokulasi dilakukan. Flok-flok yang terbentuk kemudian akan mengendap pada bagian bawah accelator yang disebut konsentrator, sedangkan air yang jernih (supernatan) dialirkan ke atas permukaan accelator yang kemudian dialirkan ke unit filtrasi. Pada konsentrator ini terdapat KPL otomatis yang diatur pembukaannya untuk membuang lumpur.

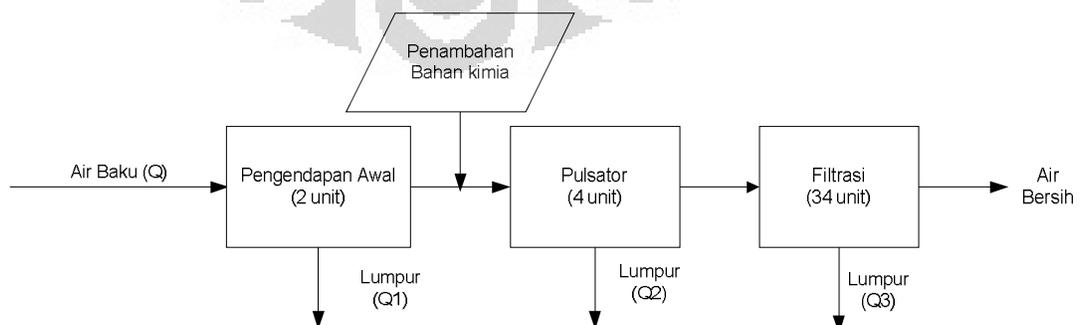
Sama halnya seperti unit filtrasi, perhitungan volume lumpur dari unit accelator digunakan dua data sekunder. Data sekunder yang digunakan merupakan data *water balance* buangan lumpur unit accelator selama tahun 2010. Data dari *waterbalance* akan digunakan untuk mendesain unit pengolahan lumpur IPA I. Sedangkan data kedua yang digunakan merupakan buangan lumpur dari KPL dan klep sentral selama satu bulan yakni bulan Febuari 2011. Data buangan harian lumpur unit accelator ini digunakan untuk mendesain unit bak pengumpul/bak ekualisasi.

Data buangan harian lumpur dari unit accelator ini berasal dari lumpur yang dibuang dari KPL dan klep central. Lumpur yang dibuang melalui klep sentral setiap harinya rata-rata dibuang selama 1 kali. Rata-rata durasi buangan tersebut adalah 10 menit dengan debit 200 liter/detik dengan waktu pembuangan lumpur sekitar pukul 08.00 WIB.

Sistem pembuangan lumpur dari KPL berbeda dengan klep sentral. Lumpur dibuang berdasarkan frekuensi dan interval disesuaikan dengan keadaan debit air baku, konsentrasi lumpur saat *jar tes* dan interval yang diinginkan. Masing-masing unit memiliki 6 KPL, masing-masing KPL akan membuang lumpur dari accelator sesuai dengan interval dan durasi yang ditetapkan dan dilakukan secara bergantian. Lama klep tersebut dibuka untuk membuang lumpur disebut dengan durasi. Interval merupakan rentang waktu yang dibutuhkan untuk membuka klep satu ke klep yang lainnya setelah durasi telah dipenuhi. Frekuensi dan interval ini berubah untuk setiap jam disesuaikan dengan keadaan debit air baku, konsentrasi lumpur saat *jar tes*. Debit buangan lumpur setiap bukaannya adalah 40 liter/detik. Untuk data buangan lumpur dari unit accelator selama bulan Febuari 2011 terdapat pada Lampiran 8.

5.4.2. IPA II

Berbeda dari IPA I, pada IPA II, unit penghasil lumpur berasal dari bak pengendapan awal, pulsator dan filtrasi. Sama halnya dengan unit accelator, pada unit pulsator proses yang terjadi merupakan flokulasi dan sedimentasi. Pada bak pengendapan awal, lumpur yang dihasilkan berasal dari proses pengendapan air baku sebelum masuk ke unit pengolahan. Lumpur dari pulsator berasal dari proses pengendapan partikel flok-flok yang terbentuk pada dasar pulsator. Sedangkan lumpur dari filtrasi merupakan lumpur dari air pencucian unit filter. Gambar 5.8 merupakan diagram alir unit penghasil lumpur pada IPA II.



Gambar 5. 8 Diagram alir unit penghasil lumpur IPA II

Sumber: Observasi Penulis, 2011

Untuk pembahasan selanjutnya hanya akan dibahas lumpur yang dihasilkan dari unit filter dan pulsator sesuai dengan batasan penelitian.

i. Filtrasi

Terdapat 34 unit saringan pasir cepat Degremont Aquazur dengan tipe T. Tiap unit memiliki panjang 15 m dan lebar 4,8 m dan luar permukaan sebesar 72 m^2 . Debit dan beban permukaan untuk semua filter adalah sebesar 3600 liter/detik dan $5,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$. Pencucian tiap unit filter pada IPA II dilakukan setelah umur filtrasi mencapai 72 jam, sehingga dalam kondisi yang normal tiap filter memiliki jadwal tetap untuk pencucian. Untuk jadwal pencucian unit filter IPA II terdapat pada lampiran 9.

Proses pencucian filter (*backwash*) dilakukan dengan tiga tahap, tahap pertama merupakan penghembusan dimana pompa akan menghembuskan udara selama 1-2 menit. Tahap selanjutnya adalah proses penghembusan dan pecucian, pada tahap ini udara dan air dihembuskan dari dasar filter selama 8 menit. Pompa yang digunakan untuk mengalirkan air ini sebanyak 1 buah dengan kapasitas debit pompa sebesar 200 liter/detik. Tahap ketiga adalah tahap pencucian dimana pompa udara dimatikan dan air tetap dipompa ke dalam filter selama 6 menit. Pada tahap ketiga ini digunakan 2 pompa untuk mengalirkan air dengan kapasitas debit masing-masing pompa adalah sebesar 200 liter/detik. Dari data jadwal pencucian filter dan kapasitas pompa serta waktu rata-rata pencucian maka didapatkan volume buangan lumpur dari unit filter IPA II yang terdapat pada lampiran 10.

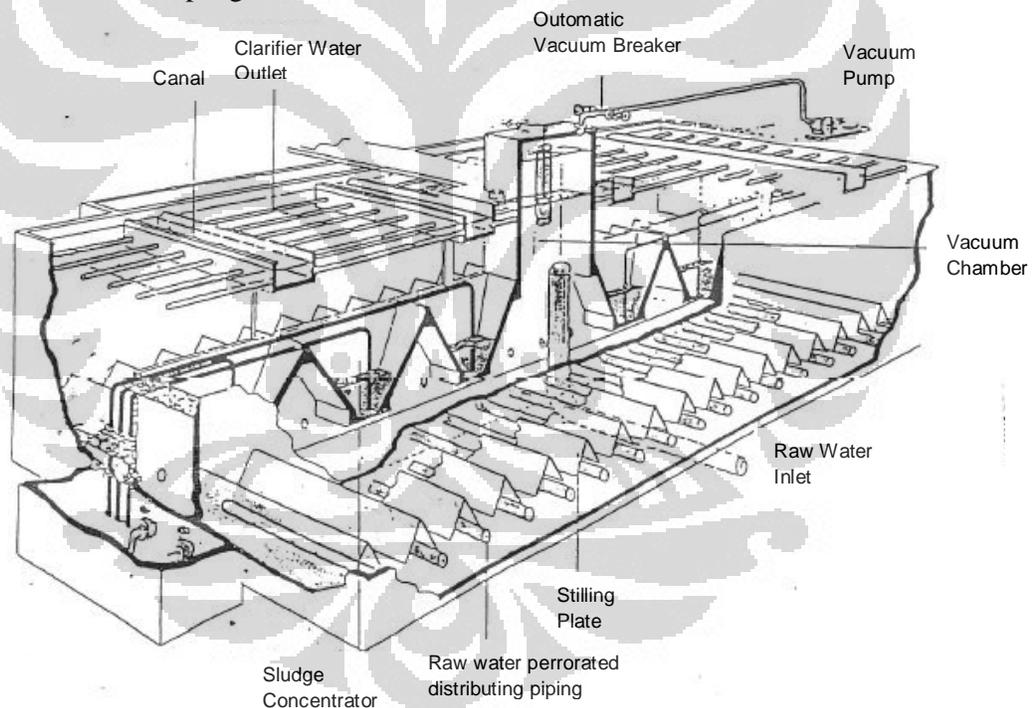
ii. Pulsator

Terdapat empat unit pulsator dengan ukuran masing-masing panjang 24,9 m, lebar 40 m, dan luas pengendapan efektif 828 m^2 . Pada unit ini terjadi penggabungan beberapa proses yakni proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Unit ini memanfaatkan kontak antar partikel flok untuk memisahkan partikel lainnya. Penambahan koagulan dilakukan di unit ini agar terbentuk flok-flok, selanjutnya pulsasi aliran diatur sedemikian hingga agar flok-flok yang terbentuk berukuran semakin besar sehingga dapat diendapkan di ruang lumpur. pengolahan dalam unit pulsator dilakukan dengan selimut lumpur (*sludge blanket*) dimana aliran air di dalam bak dari bawah keatas dengan dasar bak yang datar dilengkapi dengan jajaran pipa-pipa berlubang yang berfungsi untuk mendistribusikan air baku secara seragam ke seluruh bagian dasar *clarifier*. Pada bagian atas terdapat saluran terbuka yang

berfungsi sebagai effluen weir. Berikut beberapa kelengkapan utama unit pulsator, serta gambar bagian pulsator IPA II pada Gambar 5.9.

- **Ruang hampa udara (*vacuum chamber*)**

Ruang ini berfungsi untuk mengatur level air didalamnya mencapai level yang diinginkan. Saat level air mencapai level yang diinginkan, *floating switch* akan menggerakkan *automatic air release valve* untuk menghubungkan ruang fakum dengan udara luar. Penurunan level air ini akan mendorong distribusi air yang merata melalui pipa diffuser dan *stilling plate* ke seluruh permukaan *sludge blanket*. Pengosongan air dalam *vacuum chamber* menyebabkan *sludge blanket* mengembang keatas dan sebagian akan *overflow* kedalam konsentrator. Peristiwa ini berulang kembali sehingga menghasilkan proses flokulasi-sedimentasi yang efektif. Lama waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan ruang vacuum adalah 5-10 detik, sementara waktu pengisian kembali 20-40 detik.



Gambar 5. 9 Pulsator IPA II

Sumber: PALYJA

- **Sludge blanket**

Merupakan daerah paling penting di dalam pulsator. Lapisan ini memiliki konsentrasi flok yang sangat tinggi. Konsentrasi lumpur yang berada di dalam sludge blanket harus berada dalam kisaran 10-30 % dengan variasi konsentrasi di sepanjang

ketinggian lapisan sludge blanket tidak boleh lebih besar dari 5%. Untuk mengetahui konsentrasi lumpur pada pulsator menggunakan prosedur Sludge cohesion Test.

- **Konsentrator**

Berfungsi untuk menampung *overflow* lumpur dari *sludge blanket*. Lumpur dalam konsentrator dibuang dengan pengaturan waktu dan frekuensi berdasarkan prosedur pembuangan lumpur. Durasi waktu pembuangan lumpur pada konsentrator berkisar 20-30 detik. Masing-masing pulsator memiliki delapan konsentrator. Penentuan interval maupun durasi dapat dilakukan dengan perhitungan atau menggunakan tabel sesuai dengan persentase lumpur dan kualitas air baku.

Lumpur dari unit pulsator berasal dari konsentrator, dimana pengaturan pembuangan lumpur pada unit ini juga menggunakan sistim durasi dan interval. Pengaturan durasi dan interval dipengaruhi oleh debit air baku, konsentrasi lumpur pada konsentrator. Masing-masing pulsator memiliki 8 konsentrator. Rata-rata interval pembuangan lumpur pada pulsator ini adalah 1 kali/jam dengan durasi 30 detik. Debit air buangan pada masing-masing konsentrator adalah sebesar 100 liter/detik. Sehingga volume buangan lumpur setiap jamnya dari 32 konsentrator adalah sebanyak 96 m³.

5.5. Karakteristik dan kuantitas lumpur

5.5.1. Bahan Kimia

Jumlah lumpur yang dihasilkan akan setara dengan jumlah penggunaan bahan kimia pada proses pengolahan. Bahan kimia yang dimaksud adalah koagulan, polymer atau koagulan aid. Koagulan yang digunakan di IPA I dan II adalah Alumunium Sulfat, PAC, Sudfloc A dan Hincó Alpha. Sedangkan bahan kimia tambahan sebagai koagulan aid adalah activated carbon, Magnafloc LT-35, SNF FL 45 C, dan Sudfloc C. Untuk menghitung berat lumpur sesuai dengan rumus Cornwell *et al.* (1987) pada Rumus 2.3, maka diperlukan perubahan koefisien pada masing-masing konstanta untuk koagulan. Untuk tabel penggunaan bahan kimia IPA I dan II terdapat pada lampiran 11.

Koagulan yang umumnya sering digunakan dalam industri air minum adalah alum. Berat molekul alum ini adalah sebesar 594, dengan kandungan 2 mol alumunium yang memiliki berat molekul masing-masing 27. Sehingga dari kandungan tersebut terdapat 9,1 % alum. Alumunium hidroksida (Al₂O₃) memiliki berat molekul 132, sehingga 1 mg/l alumunium akan dihasilkan 4,89 mg padatan

(132/27). Artinya jika kita tambahkan 1mg/l alum ke dalam air akan menghasilkan 0,44 mg/l padatan alumunium organik.

Koagulan yang digunakan pada IPA 1&2 pejompongan adalah koagulan Alum Chloro Hydrate (ACH). Dosis koagulan yang digunakan sangat dipengaruhi oleh kualitas air baku pada saat itu. Tabel 5.1 merupakan data penggunaan bahan kimia selama tahun 2010.

Polimer FL 45 digunakan pada IPA1 apabila kekeruhan air baku telah melebihi 500 NTU. Sudfloc A dan Hincos Alpha merupakan jenis koagulan ACH yang digunakan di IPA I dan II, sedangkan bahan kimia yang lain merupakan jenis koagulan aid. Sudfloc A dan Hincos alpha memiliki 23,5 % alumunium hidroksida, sehingga didalamnya terdapat 12,44 % alumunium. Maka bila 1 mg/l sudfloc A atau Hincos Alpha dimasukkan ke air maka jumlah padatan yang akan terbentuk adalah sebesar 0,61 mg/l. Angka ini didapat dari persentase alumunium yang dikalikan dengan padatan yang dihasilkan per mg/l alumunium yakni 4,89. Untuk koagulan PAC, koagulan ini memiliki 30,9 % alumunium hidroksida sehingga didalamnya terdapat 16,36% alumunium. Setiap 1 mg/l PAC akan menghasilkan padatan yang terbentuk adalah sebesar 0,80 mg/l. Semua koefisien ini yang kemudian akan digunakan dan dimasukkan ke dalam Rumus 2.3. Tabel 5.1 berikut merupakan rekapitulasi perubahan koefisien untuk masing-masing koagulan yang digunakan.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi koefisien koagulan

Bahan kimia	% Al ₂ O ₃	%alumunium	Padatan Terbentuk (mg/l)
Alumunium sulfat	17,1	9,05	0,44
PAC	30,9	16,36	0,80
Sudfloc A	23,5	12,44	0,61
Hincos Alpha	23,5	12,44	0,61

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Dalam menentukan jumlah lumpur yang dihasilkan, digunakan modifikasi dengan merubah koefisien-koefisien yang telah dijelaskan sebelumnya kedalam rumus 2.1 sehingga menjadi persamaan sebagai berikut.

$$S = (8,34 \times Q) (0,44 Al + 0,61 C + 0,8 P + SS + CA) \quad (5.1)$$

Dimana,

S = Produksi lumpur (lb/day)

Al = Dosis koagulan alum (mg/l)

C = Dosis koagulan Sudfloc A dan Hinc Alpha (mg/l)

P = Dosis koagulan PA (mg/l)

SS = Kekerusuhan air baku (TSS, mg/l)

Q = Debit instalasi (mgd)

CA = Padatan bahan kimia tambahan ditambahkan seperti *polymer/koagulan aid* (mg/L)

5.5.2. Karakteristik Lumpur

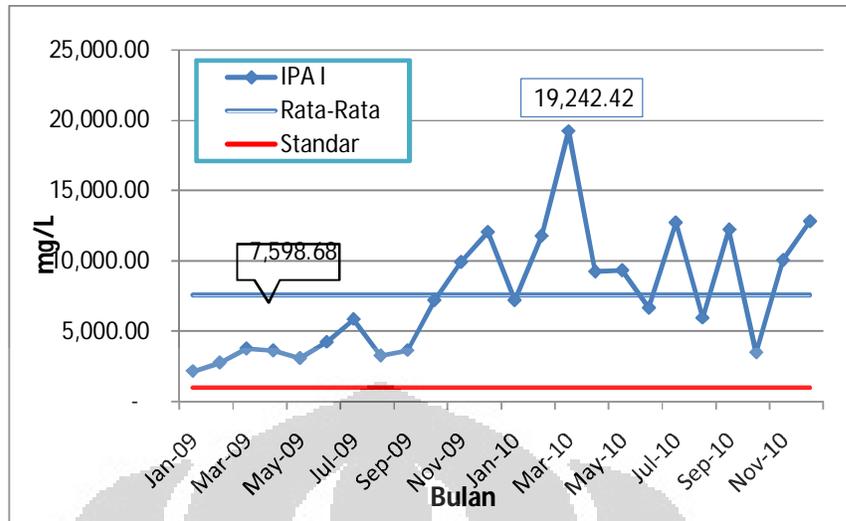
Data kualitas buangan IPA I dan II dilakukan dengan metode, yaitu dengan melakukan pengambilan data primer dan sekunder.

i. Analisa data sekunder

Data sekunder yang digunakan merupakan data hasil penelitian laboratorium PALYJA terhadap air buangan lumpur selama Januari 2009 – November 2010. Data sekunder yang digunakan merupakan data TSS, TDS, serta Ssl lumpur effluen. Data sekunder ini yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan desain, hal ini dikarenakan data yang tersedia lebih menggambarkan karakteristik lumpur yang berubah-ubah selama satu tahun. Untuk tabel data sekunder karakteristik effluen lumpur IPA I dan II terdapat pada lampiran 12.

- TSS

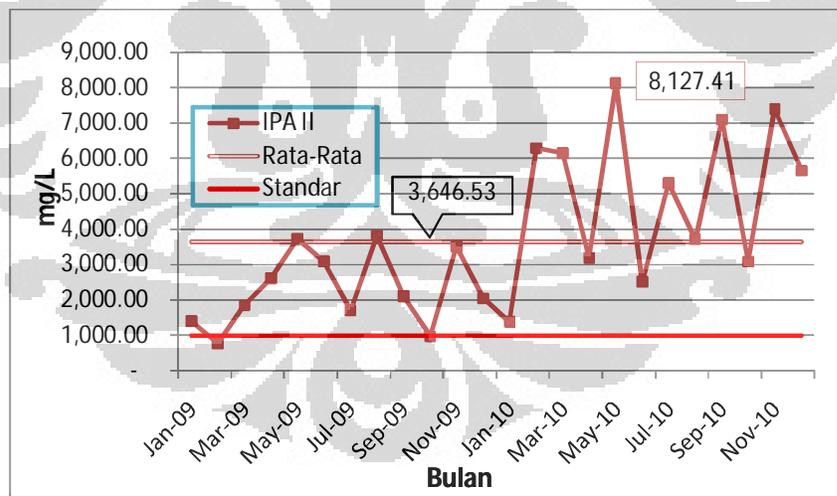
Berikut merupakan grafik data sekunder kualitas effluen lumpur IPA I dan II Januari 2009-November 2010. Pengukuran parameter TSS IPA I dilakukan pada titik sampling swapantau yang merupakan titik terluar sebelum lumpur dialirkan ke sungai. Dari grafik dibawah ini menunjukkan bahwa nilai TSS maksimum IPA I mencapai 19.242,42 mg/l, dengan nilai rata-rata sebesar 7.598,68 mg/l.



Gambar 5. 10 TSS effluen lumpur IPA I

Sumber: PALYJA

Sedangkan untuk IPA II, pengambilan sampel dilakukan pada titik sampling IPA II terluar sebelum dialirkan ke sungai. Titik sampling IPA I dan II ini terletak pada lokasi yang berbeda. Grafik menunjukkan bahwa nilai maksimum TSS lumpur IPA II mencapai 8.127,41 mg/l dan nilai TSS rata-rata untuk periode Januari 2009-November 2010 adalah sebesar 3.646,53 mg/l.



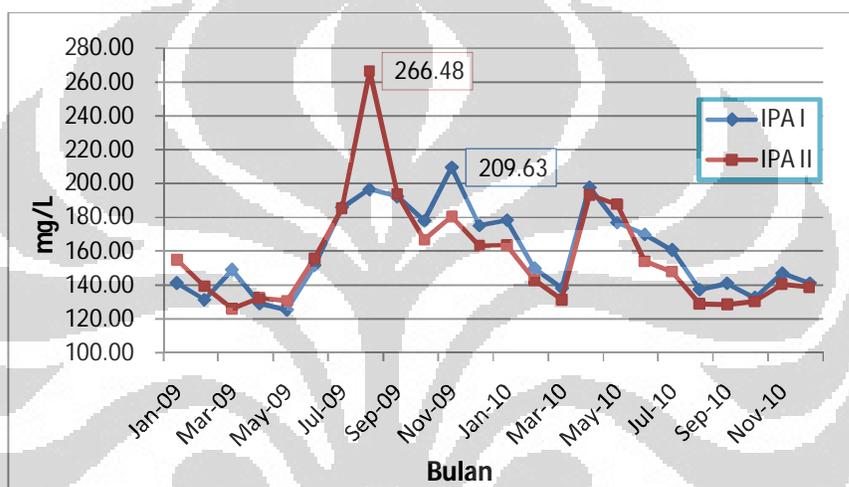
Gambar 5. 11 TSS effluen lumpur IPA II

Sumber: PALYJA

Dari kedua grafik TSS untuk IPA I dan II menunjukkan bahwa nilai parameter TSS rata-rata telah melewati baku mutu sesuai dengan Pergub DKI No 582 Tahun 1995 untuk kategori limbah cair industri.

- **TDS**

Berikut merupakan grafik data sekunder kualitas effluen lumpur IPA I dan II Januari 2009-November 2010. Sama seperti halnya TSS, pengukuran TDS dilakukan pada titik pengambilan sampel terluar pada masing-masing instalasi. Dari grafik dibawah ini menunjukkan bahwa nilai TDS maksimum IPA I mencapai 209,63 mg/l, sedangkan untuk IPA II sebesar 266,48 mg/l. Baku mutu TDS untuk limbah cair industri sesuai dengan Pergub DKI No 582 Tahun 1995 adalah sebesar 1000 mg/l. Nilai ini menunjukkan bahwa kandungan TDS pada effluen lumpur instalasi masih memenuhi baku mutu tersebut.



Gambar 5. 12 TDS effluen lumpur IPA I dan II

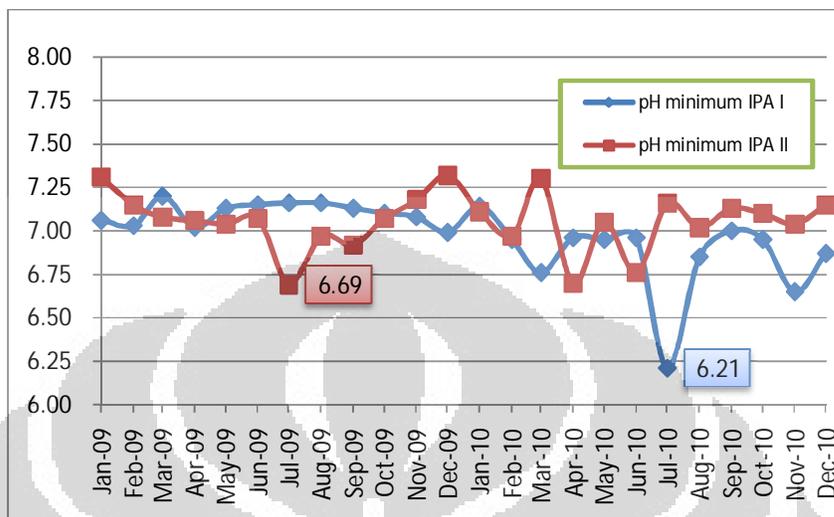
Sumber: PALYJA

- **Tingkat keasaman (pH)**

Kontrol tingkat pH pada lumpur hasil koagulasi perlu diketahui agar tidak membahayakan lingkungan perairan tempat lumpur tersebut dialirkan. Menurut AWWA/ASCE/U.S EPA (1996) effluen lumpur atau air buangan yang mengandung aluminium organik akan membahayakan organism perairan jika mencapai pH diawah 6. Telah diketahui bahwa IPA I dan II menggunakan koagulan aluminium, maka lumpur yang dihasilkan merupakan hasil presipitasi koagulan tersebut dengan kandungan padatan yang terdapat pada air baku.

Gambar 5.13 berikut merupakan grafik pH minimum bulanan effluen lumpur IPA I dan II selama Januari 2009 – Desember 2010. Dapat dilihat bahwa nilai pH minimum untuk IPA I adalah 6,21, sedangkan nilai pH minimum untuk effluen lumpur IPA II adalah sebesar 6,69. Dari nilai tersebut maka lumpur tersebut apabila

dilihat dari tingkat keasamannya tidak akan langsung membahayakan makluk hidup yang ada di perairan.



Gambar 5. 13 Grafik pH minimum effluen lumpur IPA I dan II

Sumber: PALYJA

- **Specific gravity of sludge (Ssl)**

Untuk mendapatkan nilai Ssl, digunakan acuan Wastewater engineering, Metcalf & Eddy (2004) yaitu pada Rumus 2.2. Data *specific gravity* lumpur untuk pengendapan primer umumnya sebesar 1,02 (Waste water engineering, Metcalf-Eddy). Dalam penelitian Geritno (2008) nilai Ssl lumpur effluen IPA I Pejompongan adalah sebesar 1,009. Nilai Ssl ini kemudian akan digunakan untuk mencari hubungan massa dan volume lumpur sesuai dengan persamaan 2.5. Untuk mencari hubungan volume dan massa lumpur effluen IPA II digunakan asumsi bahwa nilai Ssl IPA I dan II sama. Hal ini berdasarkan pertimbangan bahwa sumber air baku yang digunakan adalah sama. Pertimbangan lain yang digunakan adalah bahwa penggunaan proses pengolahan serta bahan kimia yang digunakan antara kedua instalasi tersebut tidak jauh berbeda.

Dengan menggunakan nilai Sf: 2,5 ; Sv:1 dengan menggunakan acuan Metcalf & Eddy (1974) serta nilai Wv sebesar 19% sehingga didapatkan nilai Ss sebesar 1,946. Dengan berat lumpur (Ws) sebesar 1,9% dan Sw sebesar 0,981 maka didapatkan nilai Ssl sebesar 1,009 (Geritno, 1998).

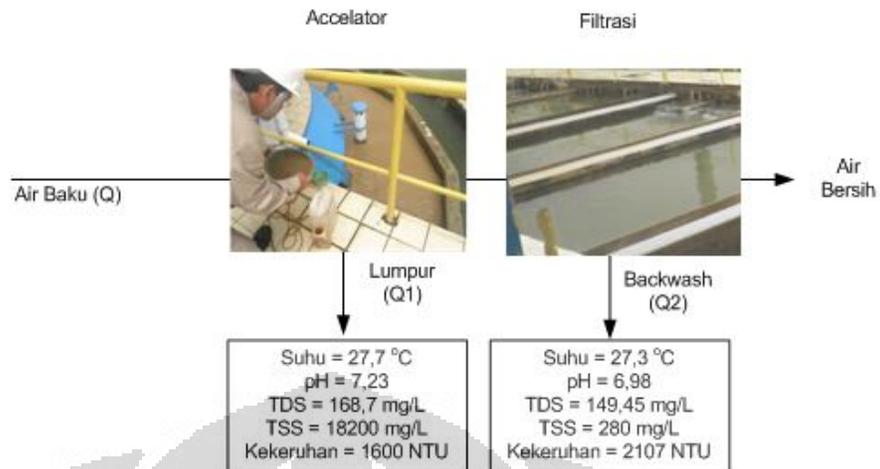
ii. Analisa data primer

Data primer yang digunakan merupakan data pengambilan sampel dengan metode *grab sampling*. Analisa data primer ini dilakukan sebagai analisa tambahan untuk melihat apakah karakteristik lumpur effluen sesuai dengan data sekunder yang ada, serta menambahkan parameter kimia yang tidak dianalisa pada data sekunder.

Parameter kimia yang diperiksa adalah pH, suhu, kekeruhan, TDS, TSS, VSS, COD, BOD dan Fe. Pengukuran tersebut bertujuan untuk membandingkan lumpur yang dibuang ke perairan dengan baku mutu yang ada. Tingkat keasaman pada lumpur perlu dilakukan, hal ini terkait apabila lumpur alum yang memiliki pH dibawah 6 akan membahayakan makhluk hidup yang ada di perairan. Suhu dalam lumpur yang dibuang perlu diketahui dikarenakan kelautan oksigen dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu di air maka kelarutan oksigen akan semakin kecil (Sawyer, 2003). Apabila suhu pada lumpur yang dibuang ke sungai tinggi maka akan mempengaruhi kandungan oksigen pada perairan. Untuk pengukuran padatan (Kekeruhan, TSS, TDS, VSS) dilakukan sebagai dasar pertimbangan dalam perencanaan desain pengolahan lumpur. Parameter COD dan BOD dilakukan untuk mengukur kebutuhan oksigen kimia dan biologis pada lumpur. Pengukuran parameter COD dan BOD juga dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam pengolahan lumpur apabila akan dialirkan ke WWTP, sama seperti halnya untuk parameter Fe. Kandungan besi juga dapat mengganggu kehidupan serta reproduksi pada hewan di perairan (Vuori K, 1995).

• IPA I

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik, yakni pada accelator, filter dan sampling poin terluar dari instalasi. Pengambilan sampel pada unit accelator dilakukan pada bagian internal resirkuler lumpur. Pengambilan sampel pada unit filter dilakukan pada proses pencucian ketika 5 menit pertama saat pompa blower dan pompa air dinyalakan. Berikut merupakan gambar hasil analisa lumpur yang berasal dari unit accelator dan filtrasi.



Gambar 5. 14 Hasil analisa unit accelator dan filtrasi IPA I

Sumber: Pengolahan penulis, 2011

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa lumpur dari unit accelator memiliki kandungan TSS yang sangat tinggi dibandingkan dengan lumpur dari unit filtrasi. Pengambilan sampel dilakukan kembali pada titik terluar IPA I. Pada titik pengambilan sampel ini, lumpur dari unit accelator dan filter akan bercampur dan kemudian dialirkan ke sungai. Tabel 5.2 berikut merupakan hasil analisa lumpur effluen IPA I yang dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia.

Tabel 5. 2 Hasil analisa lumpur effluen IPA I

pH	Suhu (°C)	Kekeruhan (NTU)	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	VSS (mg/l)	Fe (mg/l)
6,68	28.8	2250	135.71	2910	416	22,125	3520	8

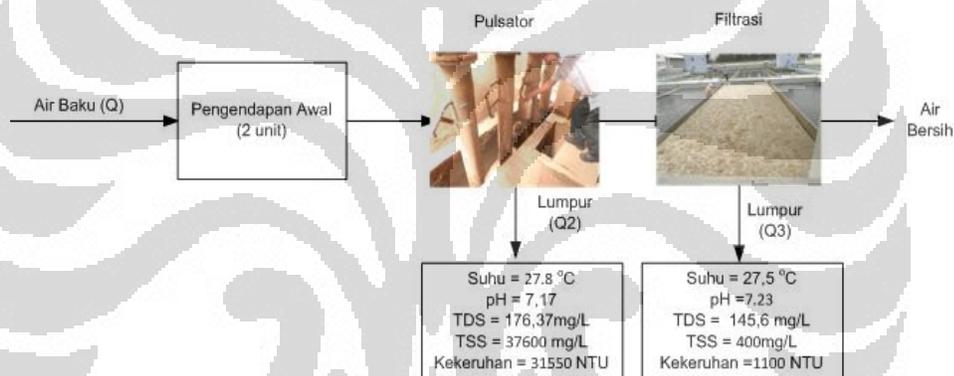
Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair sesuai dengan Pergub DKI No 582 tahun 1995 parameter yang melebihi baku mutu dari kedua tempat pengambilan sampel adalah TSS. Data kualitas dari effluen terluar menunjukkan bahwa parameter COD dan Fe melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu COD adalah sebesar 100 mg/l, sedangkan untuk besi adalah 5 mg/l. Dari karakteristik lumpur ini dapat diambil kesimpulan bahwa aktifitas organisme dari lumpur effluen tidak terlalu tinggi diindikasikan dengan nilai BOD yang rendah. Nilai BOD ini berguna untuk menganalisa kemungkinan pilihan

alternatif untuk pemanfaatan kembali lumpur hasil proses *dewatering* IPA I. Dari rasio BOD:COD dari IPA I menunjukkan angka sebesar 0,05. Angka ini jauh dibawah 0,6, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa lumpur effluen dari IPA I tidak dapat diolah secara biologis (Metcalf & Eddy, 2004). Sehingga apabila lumpur ini dialirkan ke unit WWTP atau unit pengolahan limbah dengan menggunakan proses biologis maka akan akan mengganggu proses yang berlangsung.

• IPA II

Pengambilan sampel juga dilakukan pada masing-masing unit penghasil lumpur untuk dianalisa. Sampel diambil pada bagian bawah pulsator, yakni langsung pada tempat pembuangan lumpur pulsator. Sedangkan pada unit filtrasi, sampel yang diambil merupakan air pencucian filter pada menit pertama penghembusan udara dan air. Berikut hasil analisa kualitas residual pada masing-masing unit.



Gambar 5. 15 Hasil analisa unit accelator dan filtrasi IPA II

Sumber: Pengolahan penulis, 2011

Seperti metode pengambilan sampel pada IPA I, di IPA II metode yang digunakan sama. Pengambilan sampel juga dilakukan pada titik terluar IPA II dimana lumpur dari unit accelator dan filter akan bercampur dan dialirkan ke sungai. Tabel 5.3 berikut merupakan hasil analisa lumpur effluen IPA II yang dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia.

Tabel 5. 3 Hasil analisa lumpur effluen IPA II

pH	Suhu (°C)	Kekeruhan (NTU)	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	VSS (mg/l)	Fe (mg/l)
6,74	28.9	2325	128.57	3560	174,72	12,797	2360	12

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair sesuai dengan Pergub DKI No 582 tahun 1995 parameter yang melebihi baku mutu dari kedua tempat pengambilan sampel adalah TSS. Data kualitas dari effluen terluar menunjukkan bahwa parameter COD dan Fe melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu COD adalah sebesar 100 mg/l, sedangkan untuk besi adalah 5 mg/l. Karakteristik effluen lumpur dari kedua instalasi ini menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda untuk kandungan bahan kimia. Nilai BOD pada IPA II juga menunjukkan angka yang relatif rendah yakni sebesar 12,797 mg/l, nilai ini masih memenuhi baku mutu sesuai Pergub DKI No 582 tahun 1995 yakni sebesar 75 mg/l. Dari perbandingan rasio BOD:COD untuk IPA II adalah sebesar 0,17 sehingga seperti IPA I, lumpur dari IPA II juga tidak dapat diolah atau dialirkan ke unit pengolahan limbah (WWTP) karena dikhawatirkan akan mengganggu proses biologis yang berlangsung.

- ***Specific gravity padatan kering (Sf)***

Nilai *Specific gravity* padatan kering (Sf)/ SG dilakukan pada sampel lumpur accelerator/ pulsator. Metode yang digunakan adalah ASTM-D 854-58.. Nilai *specific gravity* padatan kering dalam ilmu mekanika tanah disingkat SG. Tujuan mencari nilai Sf/SG ini adalah untuk membandingkan karakteristik padatan kering dari literature yang ada. Selain itu, nilai Sf digunakan dalam desain unit pengolahan lumpur untuk perhitungan nilai Ss dan Ssl hasil lumpur *dewatering* pada masing-masing instalasi. Hubungan SG padatan kering (Sf) dengan SG lumpur (Ssl) dapat dilihat dari Rumus 2.1 dan 2.2

Dari hasil laboratorium menunjukkan nilai Sf ipa I adalah sebesar 2,549 dan Sf untuk IPA II adalah sebesar. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai yang ditetapkan oleh Metcalf dan Eddy (2004) yakni sebesar 2,5. Dalam *soil and foundations handbook* nilai *specific gravity* padatan kering didefinisikan sebagai perbandingan berat isi tanah dan berat air dalam suatu volume dengan menggunakan air suling dan dalam suhu tertentu. Dengan mengetahui nilai Sf tersebut maka dapat diketahui karakteristik fisik padatan lumpur.

Nilai Sf ini juga bermanfaat sebagai dasar pilihan alternatif penggunaan kembali lumpur *dewatering* dari IPA I dan II dalam hal ini terkait dengan penggunaan kembali sebagai *land application*. Richard Brachman menyatakan dalam buku *Soil Mechanic* nilai spesifik padatan kering kurang dari 2,7

kemungkinan terdapat kandungan organik yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan logam. Dalam penelitian Huat *et al.* (2008) nilai spesifik SG sampel tanah *sedimentary residual* dari penelitian berkisar antara 2,50-2,61. *Residual soil* didefinisikan sebagai tanah yang terbentuk akibat proses pelapukan dan pengikisan batuan dalam waktu yang lama.

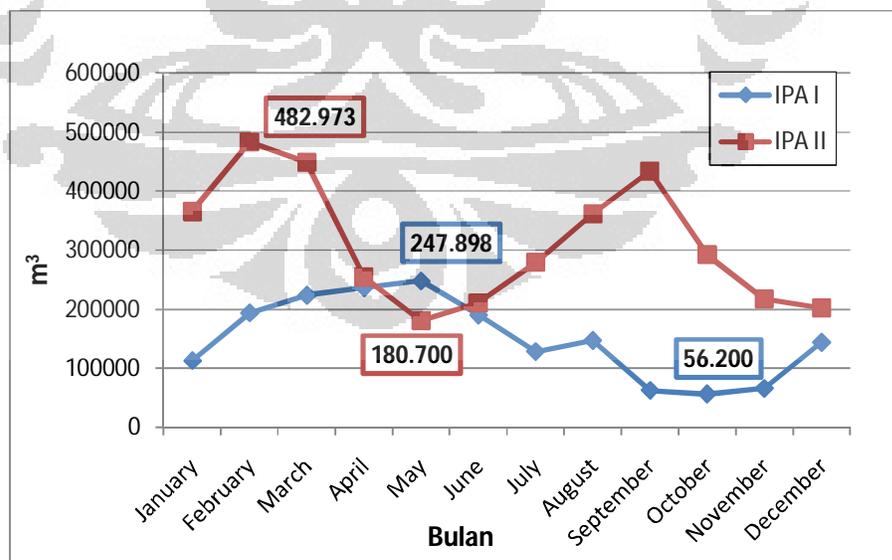
Melihat karakteristik air baku serta pengolahan yang digunakan, maka analisa dari nilai Sf/Sg ini menunjukkan bahwa karakestik padatan lumpur merupakan berasal dari padatan yang terdapat pada air baku. Padatan tersuspensi pada air baku berasal dari tanah sekitar sungai ataupun dari dasar sungai yang terbawa arus ataupun tererosi sehingga masuk ke dalam perairan sungai. Kandungan organik yang tinggi dari padatan tersebut kemungkinan bersumber dari limbah domestik, pertanian serta industri yang mencemari perairan sungai.

5.5.3. Kuantitas

i. Volume

- **Water Balance**

Besarnya volume lumpur didapat dari perhitungan *water balance* pada masing-masing instalasi. Untuk IPA I, volume lumpur yang dihasilkan merupakan penjumlahan data air buangan pada unit accelator dan filtrasi. Sedangkan untuk IPA II berasal dari unit pulsator dan filtrasi, Berikut fluktuasi volume air effluen lumpur per bulan pada masing-masing instalasi selama tahun 2010.



Gambar 5. 16 Fluktuasi volume lumpur IPA I & II tahun 2010

Sumber: PALYJA

Dari gambar 5.16 dapat dilihat bahwa fluktuasi jumlah volume lumpur dari IPA I dan II berbeda. Volume lumpur maksimum IPA I sebesar 274.898 m³ yang terjadi pada bulan Mei, sedangkan volume minimum pada bulan oktober adalah sebesar 56.200 m³. Kapasitas instalasi pada IPA II jauh lebih besar dibandingkan dengan IPA I, hal ini yang menyebabkan volume lumpur yang dihasilkanpun akan lebih banyak. Kondisi ini terlihat dari jumlah volume maksimum IPA II sebesar 482.971 m³ terjadi selama bulan Febuari, nilai ini hampir dua kali lipat dari volume yang dihasilkan dari IPA I. Sedangkan jumlah volume lumpur minimum IPA II terjadi pada bulan Mei dan jumlahnya adalah sebesar 180.700 m³.

Dari jumlah volume pada tiap bulan, maka diperoleh debit dan volume harian lumpur effluen rata-rata dan maksimum selama tahun 2010 yang terdapat pada tabel 5.4. Untuk rekapitulasi volume dan debit lumpur IPA I dan II terdapat pada lampiran 16.

Tabel 5. 4 Debit lumpur masing-masing instalasi

Instalasi	Volume total (m ³ /tahun)	Volume rata-rata (m ³ /hari)	Q rata-rata (l/s)	Qmax (l/s)	Volume max (m ³ /hari)
IPA I	1.808.414	4966,894	57,49	92,55	7996,71
IPA II	3.728.688	10262,46	176,27	279,82	17249,04

Dari data volume tersebut maka dapat dihitung persentase volume lumpur yang dihasilkan dari air baku yang digunakan. Nilai ini didapat dari pembagian volume produksi lumpur dengan volume air baku yang digunakan. Tabel perhitungan tersebut secara terperinci untuk setiap bulannya dapat dilihat pada lampiran 17. Tabel 5.5 berikut merupakan rekapitulasi untuk kondisi rata-rata, maksimum dan minimum volume lumpur.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi persentase produksi volume lumpur IPA I dan II

Kondisi	IPA I		Persentase produksi lumpur (%)	IPA II		Persentase produksi lumpur (%)
	Volume Air Baku (m ³ /bulan)	Volume Lumpur (m ³ /bulan)		Volume Air Baku (m ³ /bulan)	Volume Lumpur (m ³ /bulan)	
Average	6.093.486,67	150.701,17	2,50	9.481.308,24	310.724,00	3,28
Max	6.501.204,00	247.898,00	4,30	10.260.246,00	482.973,00	5,46
Min	5.707.520,00	56.200,00	0,88	8.844.951,87	180.700,00	1,92

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Nilai produksi lumpur tersebut merupakan data selama tahun 2010. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa volume lumpur yang dihasilkan dari data water balance untuk IPA I adalah berkisar 0,88 – 4,3 % dari total air baku yang digunakan. Sedangkan untuk IPA II, volume lumpur yang dihasilkan berkisar antara 1,92 – 5,46 % dari air baku yang digunakan. Dari angka tersebut maka dapat dihitung persentase efisiensi unit pengolahan dan proses di masing-masing instalasi. Untuk IPA I, range efisiensi pengolahannya adalah sebesar 95,70 – 99,12%, sedangkan IPA II berkisar antara 94,54 - 98,08 %. Nilai efisiensi pengolahan yang tinggi ini merupakan salah satu upaya pihak perusahaan untuk mengurangi volume lumpur yang dihasilkan. Dalam penelitian PALYJA ‘Discharge Water of Pejompongan WTP’ pada tahun 2008 menunjukkan dengan merubah bahan koagulan kimia dari koagulan alum menjadi koagulan ACH dapat mengurangi volume lumpur sebesar 33 – 67 %.

Untuk analisa tambahan juga digunakan penelitian yang terkait dengan pengolahan lumpur untuk instalasi pengolahan air bersih lainnya yang ada di Indonesia. Salah satu penelitian yang dilakukan Lestari, Poppy Sri (2008), lumpur yang dihasilkan dari IPAM Badaksinga dalam untuk kondisi rata-rata adalah sebesar 0,77%, sedangkan ketika kondisi maksimum adalah sebesar 0,35%. Debit rata-rata air baku IPAM Badak Singa ini adalah sebesar 35,33 gpm (133.547,4 m³/hari) dan 36,31 gpd (137.251,8 m³/hari) untuk kondisi maksimum. Sedangkan volume produksi lumpurnya ketika kondisi rata-rata adalah sebesar 237,36 m³/hari dan 488,48 m³/hari untuk kondisi maksimum.

Persentase volume lumpur yang berbeda tersebut dikarenakan karakteristik air baku serta penggunaan bahan kimia yang berbeda. Turbiditas air baku yang digunakan pada IPAM Badaksinga berkisar antara 99,63 – 449,94 NTU. Sedangkan kekeruhan air baku yang digunakan pada IPA I berkisar 59,17 - 1022,81 NTU, dan 46,17 - 832,57 NTU pada IPA II. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa karakteristik air baku akan mempengaruhi penggunaan bahan kimia serta volume lumpur yang dihasilkan. Dengan memburuknya kualitas air baku maka volume lumpur yang akan dihasilkan akan bertambah.

- **Buangan lumpur harian**

Dari data harian pencucian filter dan pembuangan lumpur pada accelator didapat jumlah lumpur harian yang dibuang. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa data ini digunakan untuk mendesain unit bak ekualisasi. U.S EPA dalam publikasinya

mengenai flow equalization menjelaskan bahwa untuk menentukan volume bak ekualisasi, prosedur yang dapat digunakan salah satunya adalah berdasarkan karakteristik aliran harian (*diurnal flow pattern*). Sehingga dalam menentukan desain bak ekualisasi digunakan hidrograf harian buangan lumpur.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa buangan dari IPA I berasal dari air backwash filter dan lumpur accelator, sedangkan untuk IPA II berasal dari air backwash dan lumpur dari pulsator. Dalam menentukan hidrograf harian yang digunakan untuk desain bak ekualisasi IPA I dan II digunakan rekapitulasi volume harian maksimum dari data satu bulan yakni bulan febuari tahun 2011. Untuk volume buangan maksimum lumpur terdapat pada lampiran 17 dan 18.

Untuk IPA I, data hidrograf dibuat berdasarkan kondisi buangan accelator maksimum dan buangan air pencucian ketika kondisi maksimum selama satu bulan. Hal ini dikarenakan pada IPA I tidak ada jadwal tetap untuk pencucian filter. Selain itu, buangan lumpur dari unit accelator sangat tergantung oleh kondisi air baku yang ada, sehingga diperlukan perbandingan terhadap kedua kondisi ini. Dari perhitungan tersebut, didapatkan data untuk kondisi accelator maksimum jumlah volume lumpur yang dihasilkan adalah $6386,66 \text{ m}^3$. Sedangkan data dari buangan lumpur ketika pencucian filter dalam kondisi maksimum adalah sebesar $4739,39 \text{ m}^3$. Untuk hidrograf dari buangan lumpur IPA I akan berbeda-beda tiap harinya dikarenakan debit ketika proses pencucian filter merupakan debit yang tertera pada flowmeter tiap kali pencucian, bukan berdasarkan kapasitas pompa yang digunakan. Selain itu, jumlah pencucian unit filter setiap harinya akan terus berubah-ubah sesuai dengan pada lampiran 7.

Penentuan hydrograf harian buangan lumpur IPA II berbeda dengan IPA I. Untuk IPA II, hidrograf dibuat berdasarkan buangan lumpur ketika kondisi rata-rata dan kondisi maksimum. Hal ini dikarenakan untuk buangan lumpur dari unit filter dan unit pulsator sistemnya berbeda dari IPA I. Volume buangan lumpur dari unit pulsator dalam satu bulan tersebut konstan, sedangkan untuk pencucian filter akan berbeda sesuai dengan Lampiran 9. Untuk perhitungan hydrograf harian IPA II terdapat pada lampiran 18. Dari perhitungan tersebut, didapatkan data untuk kondisi rata-rata jumlah volume lumpur yang dihasilkan adalah $5029,16 \text{ m}^3$. Sedangkan data dari buangan lumpur ketikakondisi maksimum adalah sebesar 5185 m^3

Dalam kondisi maksimum, jika dibandingkan antara data buangan lumpur harian serta data dari water balance maka data dari *waterbalance* menunjukkan

volume yang lebih besar. Perbedaan volume tersebut jika kondisi maksimum dalam prosentase ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 6 Perbandingan data water balance dan buangan harian (maks)

Instalasi	Data Waterbalance (m³/hari)	Data buangan harian (m³/hari)	Perbedaan (%)
IPA I	7996,71	6386,66	20,13391
IPA II	17249,04	5185	69,94036

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Untuk perbandingan volume lumpur dari kedua metode apabila berdasarkan kondisi rata-rata terdapat pada tabel 5.7. Asumsi yang digunakan untuk kondisi rata-rata IPA I adalah kondisi dimana buangan ketika unit accelator dalam kondisi normal dan filter dalam kondisi maksimum.

Tabel 5. 7 Perbandingan data water balance dan buangan harian (rata-rata)

Instalasi	Data Waterbalance (m³/hari)	Data buangan harian (m³/hari)	Perbedaan (%)
IPA I	4966,894	4739,39	4,80028
IPA II	10262,46	5029	104,0656

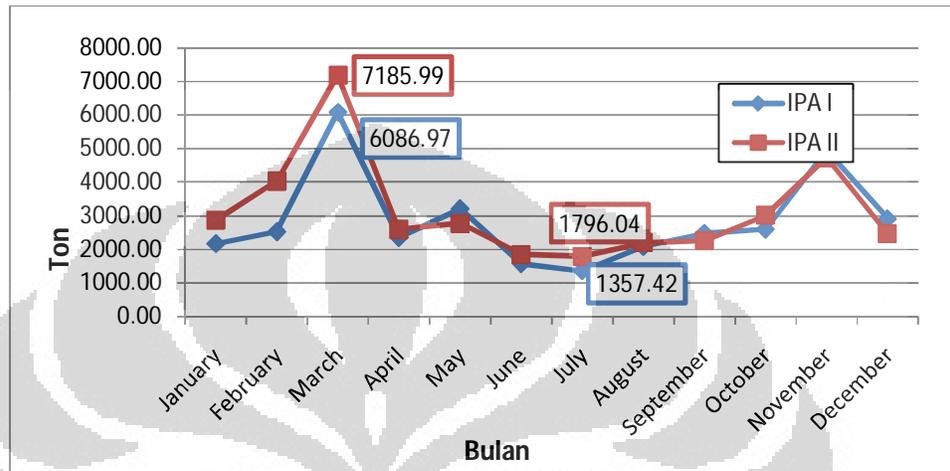
Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Dari perbandingan tersebut maka dapat dilihat terdapat perbedaan jumlah volume lumpur dari kedua data tersebut. Hal ini dikarenakan untuk data dari *waterbalance* merupakan data air buangan selama satu tahun sehingga untuk kondisi perbedaan maksimum volume lumpur yang dihasilkan memiliki presentase perbedaan yang cukup jauh.

Bila dilihat dari volume lumpur buangan rata-rata, IPA I memiliki nilai yang mendekati data *waterbalance*, namun tidak untuk IPA II. Hal ini dikarenakan data *waterbalance* IPA II menggunakan metode perhitungan berdasarkan kondisi dan kapasitas maksimum dari unit yang digunakan. Selain itu, peralatan yang digunakan pada IPA I lebih terawat dan baru dibandingkan IPA II sehingga proses monitoring akan jauh lebih akurat. Hal ini yang menyebabkan perbedaan yang sangat jauh dari kedua data tersebut.

ii. Massa Lumpur

Perhitungan massa lumpur yang dihasilkan dengan pendekatan menggunakan Rumus 5.1. Dari perhitungan produksi lumpur tersebut maka didapatkan data produksi lumpur seperti yang terlihat pada gambar 5.8. Untuk tabel perhitungan massa lumpur terdapat pada lampiran 15.



Gambar 5. 17 Produksi massa lumpur IPA I dan II Tahun 2010

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Grafik 5.17 menunjukkan bahwa fluktuasi produksi lumpur pada kedua instalasi cenderung menunjukkan pola yang sama. Kondisi maksimum dan minimum lumpur yang dihasilkan dalam ton/bulan terjadi pada bulan yang sama. Untuk kondisi maksimum terjadi selama bulan Maret, sedangkan kondisi minimum terjadi selama bulan Juli. Produksi lumpur maksimum IPA I adalah sebesar 6.086,97 ton, sedangkan pada IPA II mencapai 7185,99 ton tiap bulannya. Kondisi ini karena pengaruh karakteristik air baku yang buruk pada bulan Maret 2010. Dari data pada lampiran 15 dapat dilihat bahwa nilai TSS air baku untuk IPA I mencapai 1021mg/l, dan IPA II mencapai 737 mg/l.

. Tabel 5. 8 Rekapitulasi produksi lumpur IPA I dan II periode 2010 (kg/hari)

Instalasi	Total Produksi lumpur (ton/tahun)	Produksi lumpur Minimum (kg/hari)	Produksi lumpur rata-rata (kg/hari)	Produksi lumpur Maksimum (kg/hari)
IPA I	34.291,1	43.787,86	93.625,59	196.353,95
IPA II	37.762,68	57.936,83	103.698,32	231.806,13

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Dari tabel 5.8 menunjukkan jumlah produksi lumpur IPA I dan II. Jumlah produksi lumpur harian IPA I berkisar antara 43.787,86 - 196.353,95 kg/hari, sedangkan untuk IPA II berkisar antara 57.936,83 - 231.806,13 kg/hari. Produksi lumpur rata-rata untuk IPA I setiap harinya adalah sebesar sebesar 93.625,59kg yang setara dengan 93,63 ton/hari. Sedangkan produksi lumpur harian rata-rata IPA lebih banyak yakni sebesar 103.698,32 kg/hari atau sejumlah 103,7 ton/hari. Produksi lumpur IPA II jauh lebih banyak dibandingkan IPA I, hal ini dikarenakan kapasitas produksi serta debit air baku yang digunakan juga lebih banyak. Produksi lumpur IPA I selama tahun 2010 sebesar 34.291,1 ton, sedangkan IPA II mencapai 37.762,68 ton.

Dari persamaan yang digunakan untuk mencari produksi lumpur ini, maka jumlah lumpur instalasi air bersih akan sebanding dengan kualitas, kuantitas air baku dan jumlah bahan kimia yang digunakan sebagai koagulan serta koagulan tambahan. Melihat besarnya jumlah produksi lumpur ini, maka cara paling efektif untuk menguranginya adalah dengan memperbaiki kualitas air baku yang digunakan.

iii. Hubungan massa-volume lumpur

Dengan menggunakan acuan Metcalf & Eddy (2004) Rumus (2.5) digunakan untuk mengetahui hubungan volume dan massa lumpur. Data yang didapat sebelumnya merupakan volume buangan lumpur dari data *waterbalance*, dan perhitungan massa lumpur berdasarkan literatur. Dari kedua perhitungan ini maka dicari persentase padatan kering pada lumpur.

Metode ini digunakan dikarenakan karakteristik lumpur dari IPA I dan II merupakan pencampuran dari lumpur dari proses sedimentasi dan penggunaan air pencucian filter. Sehingga lumpur dari unit sedimentasi akan terencerkan oleh air dari unit pencucian. Dengan menggunakan Rumus 2.5 ini maka bisa didapatkan persentase padatan kering (Ps) lumpur selama satu tahun 2010

Nilai berat jenis air untuk suhu 28 °C (ρ_w) adalah sebesar 996,26, dan nilai Ssl lumpur effluen adalah sebesar 1,009 (Geritno, 2008). Dengan memasukkan volume lumpur dari data *waterbalance* dan massa lumpur dari perhitungan literatur ke dalam Rumus 2,5 didapatkan persentase padatan kering yang terdapat pada tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Kandungan padatan kering (Ps) dalam lumpur

Bulan	% Padatan kering dalam desimal (Ps)	
	IPA I	IPA II
January	0,0192	0,0078
February	0,0129	0,0083
March	0,0271	0,0159
April	0,0099	0,0102
May	0,0129	0,0153
June	0,0082	0,0087
July	0,0105	0,0064
August	0,014	0,006
September	0,04	0,0052
October	0,0437	0,0103
November	0,0751	0,0217
December	0,0201	0,0121
Rata-Rata	0,024467	0,010658

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Persentase padatan kering rata-rata dalam lumpur IPA I adalah sebesar 2,45%, sedangkan untuk IPA II adalah sebesar 1,07%. Data ini kemudian akan digunakan dalam desain unit pengolahan lumpur. Dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa kandungan padatan pada lumpur IPA I lebih banyak dibandingkan padatan lumpur dari IPA II. Perbedaan kandungan padatan ini dikarenakan penentuan lama waktu pencucian unit filter pada kedua instalasi berbeda. Jumlah waktu pencucian unit filter pada tahap 2 dan 3 pada IPA I adalah selama 13 menit, sedangkan untuk IPA II adalah sebanyak 14 menit. Selain itu pada tahap 3 pencucian filter yaitu pembilasan, IPA II menggunakan 2 pompa air untuk mengalirkan air ke unit filter. Hal ini yang menyebabkan kandungan padatan pada IPA II lebih sedikit akibat adanya pengenceran dari air pencucian filter.

5.6. Lokasi Unit Pengolahan Lumpur

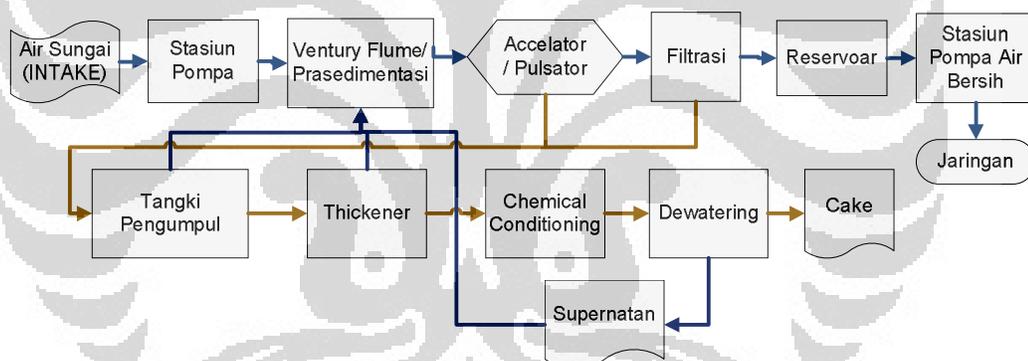
Penempatan instalasi pengolahan lumpur perlu ditentukan dengan didasarkan berbagai pertimbangan yang ada.

- Ketersediaan lahan yang ada
- Letak yang mudah dijangkau sehingga pengoperasian dan pemeliharaan akan lebih mudah

Untuk melihat lahan yang tersedia pada IPA I dan II terdapat pada gambar penempatan unit pengolahan IPA I dan II yang terdapat pada lampiran 1. Luas lahan kosong di IPA I yang memungkinkan dijadikan tempat pengolahan lumpur adalah sebesar, sedangkan untuk IPA II adalah sebesar $\pm 1855 \text{ m}^2$. Sedangkan untuk IPA II, luas lahan yang tersedia adalah sebesar $\pm 4270 \text{ m}^2$.

5.7. Alternatif pengolahan lumpur

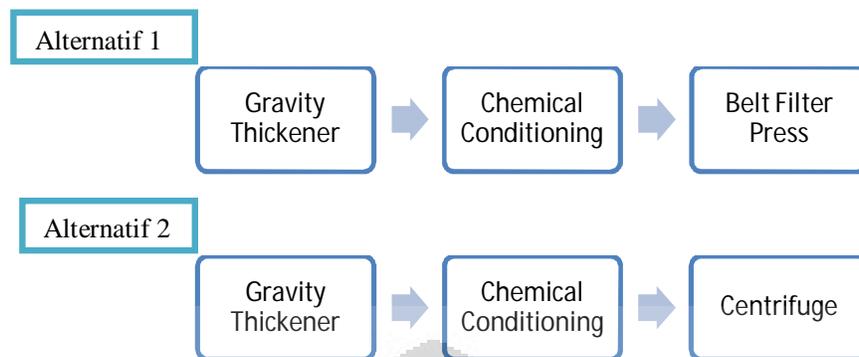
Gambar berikut merupakan diagram alir perencanaan desain pengolahan lumpur pada IPA I dan II. Lumpur yang berasal dari pulsator ataupun accelator serta dari filtrasi dialirkan ke tangki pengumpul. Dari tangki pengumpul lumpur dialirkan menuju *gravity thickener*, *chemical conditioning* kemudian ke proses *dewatering*. Bila jumlah air pada tangki pengumpul berlebih akan dialirkan kembali ke bak prasedimentasi ataupun bak *ventury flume*. Air yang telah dipisahkan dari lumpur pada proses pemekatan dan supernatan dari proses *dewatering* juga akan dialirkan kembali ke bak pengendapan awal atau bak *ventury flume*.



Gambar 5. 18 Diagram alir perencanaan unit pengolahan lumpur IPA I dan II

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Unit pengolahan lumpur direncanakan akan ditempatkan pada masing-masing instalasi. Untuk mendapatkan desain yang efisien dari segi penggunaan luas lahan yang digunakan, maka digunakan dua alternatif pengolahan lumpur sesuai dengan gambar 5.19. Perhitungan desain akan dilakukan pada kedua alternatif tersebut di kedua instalasi. Dari hasil perhitungan tersebut, maka akan dipilih alternatif yang lebih efisien dari segi penggunaan lahan serta kualitas dan kuantitas lumpur *dewatering* yang dihasilkan.



Gambar 5. 19 Alternatif desain pengolahan lumpur IPA I dan II

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Untuk unit *thickening* digunakan *gravity thickener*, hal ini dikarenakan biaya operasional murah, penggunaan energi yang minimum, serta mudah dalam pengoperasiannya. *Chemical conditioning* dilakukan sebelum lumpur dialirkan ke unit *mechanical dewatering* untuk meningkatkan performa proses *dewatering*. Sedangkan pemilihan unit *belt filter press* dan *centrifuge* berdasarkan pertimbangan kebutuhan lahan, karena apabila digunakan *non-mechanical dewatering* akan dibutuhkan lahan yang sangat luas serta waktu pengoperasian yang sangat lama. Pengoperasian unit *mechanical dewatering* dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan serta produk yang digunakan. Selain itu, unit *centrifuge* dan *belt filter press* merupakan unit yang umum digunakan sebagai unit *mechanical dewatering* pada proses pengolahan lumpur sehingga unit ini mudah dicari dan dipilih sesuai dengan desain yang dibutuhkan.

BAB 6
DETAIL DESAIN UNIT-UNIT PENGOLAHAN LUMPUR

6.1. IPA I

6.1.1. Bak Pengumpul

Bak pengumpul di IPA I ini berguna untuk mengumpulkan lumpur yang berasal dari unit filtrasi dan accelator. Unit filtrasi pada IPA I berjumlah 48 unit, sedangkan jumlah unit accelator adalah 6 unit. Fungsi dari bak pengumpul ini selain untuk mengumpulkan lumpur dari kedua unit pengolahan adalah untuk mengekualisasikan debit yang masuk. Lumpur ini selanjutnya akan dialirkan ke unit *gravity thickener*.

i. Data Perencanaan

Data yang digunakan merupakan debit fluktuatif harian air buangan yang berasal dari unit filtrasi dan accelator. Data perencanaan berupa waktu pembuangan lumpur unit accelator dan filter tiap jam IPA I secara terperinci terdapat pada lampiran 18. Berikut rekapitulasi data dan hidrograf perencanaan bak pengumpul pada IPA II

Tabel 6. 1 Data perencanaan bak pengumpul IPA I

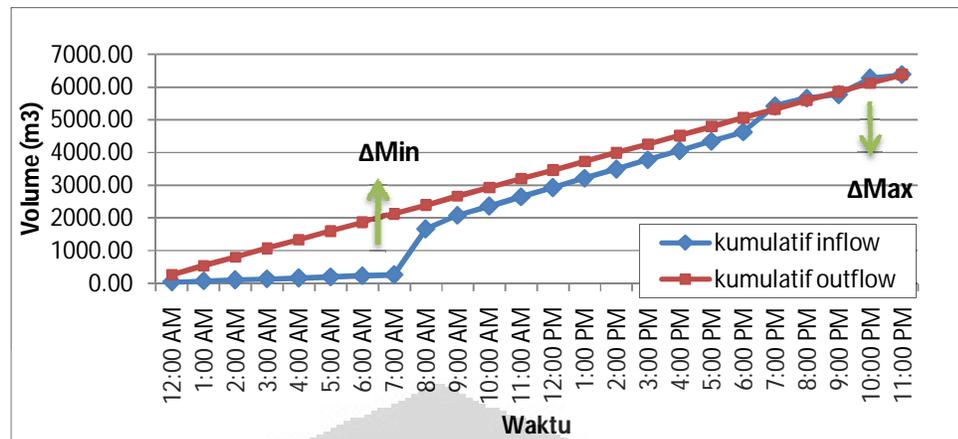
Data	Satuan	Kondisi	
		Accelator maksimum	Filter maksimum
Debit harian rata-rata	m ³	266,11	197,47
Δ Maksimum	m ³ / hari	155,60	270,95
Δ Minimum	m ³	-1873.71	-1027,52

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Rumus yang digunakan untuk menentukan volume yang dibutuhkan dari hidrograf harian tersebut; Volume : $|\Delta \text{ Minimum}| + \Delta \text{ Maksimum}$ (U. S EPA, 1974; Reynolds, 1996)

Volume yang dibutuhkan ketika buangan accelator dalam kondisi maksimum : $|\Delta \text{ Minimum}| + \Delta \text{ Maksimum}$
 : $|-1873,71| + 155,60$
 : $2029,31 \text{ m}^3 \approx 2030 \text{ m}^3$

Volume yang dibutuhkan ketika buangan filter dalam kondisi maksimum : $|\Delta \text{ Minimum}| + \Delta \text{ Maksimum}$
 : $|-1027.52| + 270.95$
 : $1298,47 \text{ m}^3 \approx 1299 \text{ m}^3$



Gambar 6. 1 Hidrograf buangan lumpur harian IPA I kondisi accelator maksimum

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

ii. Desain

• Dimensi

Desain pengumpul dibuat ketika kondisi buangan lumpur pada volume buangan lumpur harian maksimum. Volume yang dibutuhkan ketika kondisi buangan accelator maksimum adalah sebesar 2030 m³. Gambar 6.1 merupakan hidrograf harian buangan lumpur ketika kondisi accelator maksimum.

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$2030 \text{ m}^3 = P \times L \times 2,5\text{m}$$

$$\text{Panjang} = \text{Lebar} ; P = L$$

$$P = \sqrt{812} \text{ m}^2$$

$$P = 28,495 \text{ m}$$

$$\text{Panjang \& lebar aktual} = 29 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi + freeboard} = 2,5\text{m} + 0,5\text{m}$$

$$= 3 \text{ m}$$

• Pompa *mixing*

Pada bak pengumpul akan digunakan pompa pencapuran (*mixing*) sebanyak 4 pompa. Pompa ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pengendapan pada dasar bak pengumpul.

$$\text{Volume bak pengumpul} = 2,5 \times 29 \times 29 = 2102,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu pengadukan} = 4 \text{ kali dalam 24 jam}$$

Kapasitas pompa yang dibutuhkan

$$= \frac{2102,5 \text{ m}^3}{4 \text{ pompa} \times 4 \times 4 \text{ jam}} = 87,6 \text{ m}^3/\text{jam} \approx 88 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pompa *mixing* yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 pompa dengan kapasitas sebesar $88 \text{ m}^3/\text{jam}$ ($0,24 \text{ m}^3/\text{dt}$)

- **Pompa**

Lumpur dari bak pengumpul ini dipompa ke *Gravity thickener* dengan menggunakan pompa pada outlet bak pengumpul. Debit maksimum menuju unit *gravity thickener* disesuaikan dengan debit outflow pada bak ekualisasi yakni sebesar $6386,66 \text{ m}^3/\text{hari}$ ($0,074 \text{ m}^3/\text{dt}$). Ketika kondisi maksimum, diperlukan debit sebesar $7.996,71 \text{ m}^3/\text{hari}$ ($0,092 \text{ m}^3/\text{detik}$) sesuai debit yang didapat dari data *waterbalance* IPA I periode 2010.

Perhitungan pompa dibuat berdasarkan kondisi maksimum, namun ketika kondisi harian maka pompa akan dioperasikan dengan debit $5029,16 \text{ m}^3/\text{hari}$. Dikarenakan adanya perbedaan debit tersebut, maka digunakan VSD (*Variable Speed Drive*) pada masing-masing pompa untuk mengatur debit. Selanjutnya pada bak *gravity thickener* akan dilakukan pengecekan untuk debit tersebut.

Dua pompa yang disediakan untuk masing-masing unit *gravity thickener* sehingga dibutuhkan 4 pompa dimana 2 pompa menjadi cadangan yang beroperasi secara kontinu.

$$\begin{aligned} \text{Debit maksimum} &= 7.996,71 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Q tiap pompa} &= 3.998,35 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0463 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Headloss statis

Pompa 1 dan 2 = Pompa yang menuju *gravity thickener* 1

H hisap = 11,5

H tekan = 60 meter

Jadi, H statis = H hisap + H tekan = $60 + 11,5 = 71,5$ meter

Pompa 3 dan 4 = Pompa yang menuju *gravity thickener 2*

H hisap = 11,5

H tekan = 94 meter

Jadi, H statis = H hisap + H tekan = 11,5+94 = 105,5 meter

Kecepatan untuk masing-masing pipa menuju unit *gravity thickener*; digunakan diameter pipa sebesar 6 inchi (0,1524 m).

$$v \text{ hisap } (v_h) = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,0463 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{0,25 \times \pi \times 0,1524^2 \text{ m}} = 2,53 \text{ m/s}$$

$$v \text{ tekan } (v_t) = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,0463 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{0,25 \times \pi \times 0,1524^2 \text{ m}} = 2,53 \text{ m/s}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa hisap dan tekan

Untuk menghitung headloss hisap dan tekan digunakan persamaan

Hazen-Williams:

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

dimana :

hf = *friction headloss* (m)

V = kecepatan dalam pipa (m/s)

C = koefisien kekasaran Hazen-Williams (C untuk steel iron= 120)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Headloss akibat gesekan pada pipa hisap

Pompa 1, 2, 3 & 4 ; L hisap = 11,5 meter

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,81 \left(\frac{2,53}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{11,5}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$hf = 3,39 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa tekan

Pompa 1 dan 2; L tekan = 60 meter

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,81 \left(\frac{2,53}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{60}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$hf = 1,77 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Pompa 3 dan 4 ; L tekan = 94 meter

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,81 \left(\frac{2,53}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{94}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$hf = 2,77 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa (H mayor)

$$\text{Pompa 1} = 3,39 \times 10^{-4} + 1,77 \times 10^{-3} = 2,11 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 0$$

$$\text{Pompa 2} = 3,39 \times 10^{-4} + 2,77 \times 10^{-3} = 3,11 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0$$

Keduanya sangat kecil sehingga dapat diabaikan

Headloss minor akibat aksesoris pipa (H minor)

$$90^\circ \text{ elbow} \rightarrow \text{headloss} = n \times k \times \frac{v^2}{2g}; k = 0,6$$

$$= 7 \times 0,6 \times \frac{(0,0463)^2}{2(9,8)}$$

$$= 4,59 \times 10^{-4} \text{ m} \approx 0$$

Headloss total

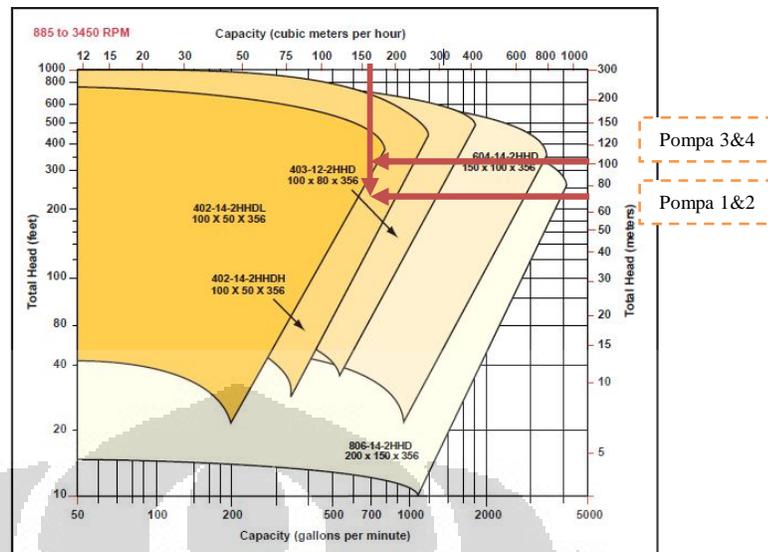
$$\text{Total head pompa 1} = [\text{H statis} + \text{H mayor} + \text{H minor}]$$

$$= 71,5 + 0 + 0 = 71,5 \text{ m}$$

$$\text{Total head pompa 2} = [\text{H statis} + \text{H mayor} + \text{H minor}]$$

$$= 105,5 + 0 + 0 = 105,5 \text{ m}$$

Pemilihan pompa sesuai dengan kurva pompa lumpur (Gambar 6.2)



Gambar 6. 2 Penentuan unit pompa bak pengumpul IPA I

Sumber: Discflo pump catalog; hal: 51.

Untuk mengalirkan lumpur dengan debit 3.998,35 m³/hari. (166,60 m³/jam) dan head pompa 1 dan 2 sebesar 71,5m maka digunakan 2 pompa Discflo 14-inch models dengan tipe 402-14-2HHDH. Untuk head pompa 2 sebesar 105,5 m dengan debit yang sama digunakan 2 pompa Discflo 14-inch models dengan tipe 402-14-2HHD. Pompa dipasang secara parallel sehingga bisa digunakan secara bergantian.

- **Struktur inlet dan outlet**

Struktur inlet berupa saluran yang berasal dari unit accelator dan filter. Sedangkan untuk saluran outlet menggunakan pipa dengan diameter 6 inchi \approx 0,1524 m yang disambungkan dengan pompa menuju unit *gravity thickener*.

iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 2 Rekapitulasi desain bak pengumpul IPA II

Nama	Satuan	Besaran
Jumlah	unit	1
Panjang	m	29
Lebar	m	29
Tinggi	m	2,5
Freeboard	m	0,5

6.1.2. Gravity thickener

i. Kriteria desain

Tabel 6. 3 Kriteria Desain *gravity thickener*

Kriteria desain	Besaran	Satuan
Konsentrasi padatan influen	1 - 7	%
Effluen konsentrasi padatan	2.0-10	%
Hydraulic loading	2 - 33	m ³ /m ² .d
Solid loading	10-144	kg/m ² /d
Solid capture	60-98	%
TSS Supernatan	200-1000	mg/l
SVR	0,5-20	
Kedalaman	4,5-6,5	m

Sumber: Wastewater Treatment plant, Qasim, 1985.

ii. Data Perencanaan

Tabel 6. 4 Data perencanaan desain *gravity thickener* IPA I

Perencanaan desain	Simbol	Besaran	Satuan
Debit Rata-rata	Qrata-rata	4.966,89	m ³ /hari
Debit maksimum	Qmax	7.996,71	m ³ /hari
Massa lumpur rata-rata	Mrata-rata	93.625,59	kg/hari
Massa lumpur maksimum	Mmax	196.353,95	kg/hari
Konsentrasi padatan Influen		2,45	%
Konsentrasi padatan effluen		4	%
Specific grafitiy lumpur influen	Ssl influen	1,009	-
Solid capture	-	90	%
Unit	-	2	Unit

iii. Perhitungan desain

• Dimensi

Beban solid perencanaan desain ditentukan sebesar 120 kg/m².hari.

Total area yang dibutuhkan untuk beban solid 120 kg/m².hari, A

$$A = \frac{93.625,59 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}}}$$

$$= 780,21 \text{ m}^2$$

Area untuk setiap thickener, A

$$\text{Area setiap thickener} = \frac{780,21 \text{ m}^2}{2} = 390,11 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter setiap thickener} = \frac{\sqrt{(4 \times 390,11 \text{ m}^2)}}{\pi} = 22,28 \text{ m}$$

Diameter aktual setiap thickener = 23m

Pengecekan beban hidrolik

Saat volume lumpur rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{4.966,89 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 23^2\right) \text{m}^2} \\ &= 5,97 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat volume lumpur maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{7.996,71 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 23^2\right) \text{m}^2} \\ &= 9,62 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Pengecekan beban solid

Saat beban solid rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{93.625,59 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 23^2\right) \text{m}^2} \\ &= 112,63 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \end{aligned}$$

Saat beban solid maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{196.353,95 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 23^2\right) \text{m}^2} \\ &= 236,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{tidak memenuhi}) \end{aligned}$$

Karena beban solid ketika debit maksimum tidak memenuhi kriteria desain, maka luas permukaan masing-masing unit dibuat lebih besar dengan merubah diameter *gravity thickener* menjadi 30 m kemudian dilakukan pengecekan kembali beban hidraulik dan beban solid.

Pengecekan beban hidrolik

Saat volume lumpur rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{4.966,89 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 3,51 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat volume lumpur maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{7.996,71 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 5,65 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat operasional harian (sesuai bak ekualisasi)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{6386,66 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 4,51 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Pengecekan beban solid

Saat beban solid rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{93.625,59 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 66,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat beban solid maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{196.353,95 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 138,84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat operasional harian (sesuai bak ekualisasi)

$$\begin{aligned} \text{Berat padatan (Ms)} &= V \times \rho_w \times S_{sl} \times P_s \\ &= 6386,66 \times 0,99568 \times 1,009 \times 0,0244 \\ &= 156.995,2 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban solid} &= \frac{156.995,2 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 111,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

Kedalaman thickener

Kedalaman total *thickener* terdiri dari zona *thickening*, zona pengendapan, dan zona jernih. Ditetapkan *freeboard* sebesar 0,5m, zona jernih 1m, zona pengendapan sebesar 1,25m, zona *thickening* 1 m.

Ditetapkan kemiringan sebesar 10cm/m pada bagian bawah thickener.

$$\text{Kedalaman bagian tengah } \textit{thickener} = \frac{10 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \times \frac{30}{2} = 1,5 \text{ m}$$

Maka total kedalaman masing masing unit *gravity thickener*, h total

$$\begin{aligned}H \text{ total} &= \textit{Freeboard} + \text{Zona jernih} + \text{zona pengendapan} + \text{zona } \textit{thickening} + \\ &\textit{central depth} \\ &= 0,5\text{m} + 1\text{m} + 1,25\text{m} + 1\text{m} + 1,5\text{m} \\ &= 5,25 \text{ m}\end{aligned}$$

Berikut volume aktual setiap thickener.

$$\begin{aligned}\text{Volume } \textit{thickener} &= \left(\frac{\pi}{4} \times (30)^2 \times 3,75\right) + \left(\frac{\pi}{12} \times (30)^2 \times 1,5\right) \\ &= 3005,36 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- **Lumpur thickener**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 4\% = 0,04$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 96\% = 0,96$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *gravity thickener* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,553$, $W_w = 19\%$, dan maka *Specific gravity* air pada suhu 30% (γ_{30°) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} effluen sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,553} + \frac{19\%}{1}\right)} = 1,97$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{96\%}{0,99568} + \frac{4\%}{1,98}\right)} = 1,016$$

$$S_{sl} \text{ hasil thickener} = 1,016$$

Massa lumpur pada thickener

Massa lumpur dengan solid capture sebesar 90%

Debit rata-rata

$$\begin{aligned} M &= 0,9 \times 93.625,59 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \\ &= 84.263,03 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Debit maksimum

$$\begin{aligned} M &= 0,9 \times 196.353,95 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \\ &= 176.718,56 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Volume lumpur pada thickener

Volume lumpur hasil thickener rata – rata

$$\begin{aligned} &= \frac{84.263,03 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,04 \times 1,016 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 2.082,9 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Volume lumpur hasil thickener maksimum

$$\begin{aligned} &= \frac{176.718,56 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,04 \times 1,016 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 4.368,31 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Pengecekan SVR

$$\begin{aligned} \text{SVR} &= \frac{\text{Volume zona thickener}}{\text{Volume yang dibuang perhari}} \\ &= \frac{\left(\frac{\pi}{12} \times 30^2 \times 1,5\right) + \left(\frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 1\right)}{2.082,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 3} = 1,53 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Ketika debit maksimum

$$SVR = \frac{\left(\frac{\pi}{12} \times 30^2 \times 1,5\right) + \left(\frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 1\right)}{4.368,31 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 3} = 0,73 \text{ (memenuhi)}$$

- **Struktur Inlet**

Merupakan struktur outlet dari unit bak pengumpul, terdiri dari pipa dengan diameter sebesar 6 inci.

- **Struktur Outlet**

Struktur outlet unit *gravity thickener* digunakan untuk mengalirkan lumpur yang telah dipadatkan ke saluran pengumpul lumpur sebelum diolah ke unit *mechanical dewatering*. Terdiri dari pipa dengan diameter sebesar 6 inci.

iv. Supernatan

Debit supernatan = debit lumpur influen – lumpur effluen

Ketika debit rata-rata

$$Q_{\text{supernatan}} = 4.966,89 \text{ m}^3/\text{hari} - 2.082,9 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.884 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Ketika debit maksimum

$$Q_{\text{supernatan}} = 7.996,71 \text{ m}^3/\text{hari} - 4.368,31 \text{ m}^3/\text{hari} = 3.628,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Massa padatan effluen supernatan

Ketika debit rata-rata

$$M = 0,1 \times 93.625,59 \text{ kg/hari} = 9.362,56 \text{ kg/hari}$$

Ketika debit maksimum

$$M = 0,1 \times 196.353,95 \text{ kg/hari} = 19.635,4 \text{ kg/hari}$$

Konsentrasi padatan dalam supernatan

Ketika debit rata-rata

$$SS = \frac{9.362,56 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{2.884 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \times 10^3 = 3.246,39 \text{ mg/l}$$

Ketika debit maksimum

$$SS = \frac{19.635,4 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3.628,4 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \times 10^3 = 5.411,58 \text{ mg/l}$$

- **Outlet supernatan**

Struktur effluen berupa weir, kriteria desain *weir loading* yang digunakan sama dengan bak pengendapan primer yakni maksimal adalah sebesar 250 m³/m. hari.

Panjang weir yang digunakan berupa keliling bak *gravity thickener*.

$$\text{Panjang weir} = \frac{22}{7} \times 30 = 94,29 \text{ m}$$

Debit supernatan kondisi rata-rata = 2.884 m³/hari

kondisi maksimum = 3.628,4 m³/hari

$$\text{Weir loading (rata - rata)} = \frac{2.884 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \times 94,29 \text{ m}} = 15,29 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{hari}}$$

$$\text{Weir loading (maksimum)} = \frac{3.628,4 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \times 94,29 \text{ m}} = 19,24 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{hari}}$$

- **Saluran effluen**

Saluran effluen digunakan untuk menampung effluen supernatan yang melimpah dari weir. Saluran ini direncanakan pada kondisi debit maksimum.

Lebar saluran direncanakan sepanjang, b = 50 cm. Saluran effluen (y₂) diletakkan 30 cm dibawah tinggi muka air ketika kondisi maksimum.

Ketebalan dinding unit *gravity thickener* (b') ditetapkan sebesar 0,3 m.

$$\text{Kapasitas tiap saluran (maksimum)} = \frac{3.628,4 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2 \times 86400 \frac{\text{detik}}{\text{hari}}} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}$$

$$L = \pi (D + 0,5b)$$

$$= \pi (30 + (0,5 \times 0,3)) = 94,76 \text{ m}$$

$$\text{Debit per saluran} = \frac{0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{94,76 \text{ m}} = 2,22 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{detik}}$$

$$y_1 = \sqrt{y_2^2 + \frac{2 (q' L \cdot N)^2}{g b^2 y_2}}$$

$$y_1 = \sqrt{0,3^2 + \frac{2 (2,22 \times 10^{-4} \times 94,76 \cdot 1)^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 (0,5)^2 0,3}} = 0,3 \text{ m}$$

Kedalaman total ditambahkan sebesar 12% akibat gesekan dan turbulensi, serta tambahan 10 cm untuk terjunan bebas.

$$\text{Total kedalaman} = (12\% \times 0,3 \text{ m}) + 0,1 \text{ m} = 0,436 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman effluen aktual} = 0,5 \text{ m}$$

v. Rekapitulasi

Tabel 6. 5 Rekapitulasi Dimensi *Gravity thickener* IPA I

Nama	Satuan	Besaran
Jumlah	Unit	2
Diameter	m	30
Kedalaman total	m	5,25
Kedalaman bagian tengah	m	15
Freeboard	m	0,5

6.1.3. Penampung lumpur

Bak penampung lumpur ini berguna sebagai tempat penampung sementara lumpur yang berasal dari 2 unit *gravity thickening* sebelum dialirkan ke unit *mechanical dewatering*. Pada unit ini juga diberikan bahan kimia untuk *conditioning*.

i. Data perencanaan

Debit perencanaan merupakan debit maksimum lumpur dari unit *gravity thickener*

$$\text{Debit} = 4.368,31 \text{ m}^3/\text{hari}$$

ii. Perhitungan

Dengan waktu detensi perencanaan sebesar 20 menit maka volume yang dibutuhkan:

$$V = \frac{4.368,31 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 20 \text{ menit}}{24 \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{hari}}} = 60,67 \text{ m}^3$$

Kedalaman bak penampung direncanakan sebesar 3 m dengan *freeboard* sebesar 0,4 m

ketika debit maksimum maka diameter yang diperlukan:

$$D = \sqrt{\frac{60,67 \text{ m}^3}{\pi \times 3 \text{ m} \times \frac{1}{4}}} = 5,07$$

Diameter aktual bak pengumpul sebesar 5m.

Ditetapkan kemiringan sebesar 20 cm/m

$$\text{Kedalaman bagian tengah bak} = \frac{20 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \times \frac{5}{2} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Total kedalaman bak} = 3\text{m} + 0,5 + 0,4 \text{ (freeboard)} = 3,9 \text{ m}$$

Berikut volume aktual bak pengumpul lumpur.

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \left(\frac{\pi}{4} \times (5)^2 \times 3\right) + \left(\frac{\pi}{12} \times (5)^2 \times 0,5\right) \\ &= 62,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

iii. Pengecekan

Pengecekan waktu detensi berdasarkan debit maksimum dan debit rata-rata.

Ketika kondisi maksimum

$$T_d = \frac{62,2 \text{ m}^3}{4.368,31 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} = 1,42 \times 10^{-2} \text{ hari} = 20,50 \text{ menit}$$

Ketika kondisi rata-rata

$$T_d = \frac{62,2 \text{ m}^3}{2.082,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} = 2,99 \times 10^{-2} \text{ hari} = 43 \text{ menit}$$

iv. Struktur inlet dan outlet

Struktur inlet berasal dari unit thickener dengan diameter sebesar 6 inci. Sedangkan struktur outlet berupa pipa dengan diameter 6 inci menuju unit *mechanical dewatering*.

v. Rekapitulasi

Tabel 6. 6. Rekapitulasi Dimensi Bak Penampung Lumpur IPA I

Keterangan	Besaran	Satuan
Diameter	5	m
Kedalaman	3	m
Kedalaman bagian tengah	0,5	m
<i>Slope</i>	20	cm/m
<i>freeboard</i>	0,4	m

6.1.4. Mechanical Dewatering Belt filter press

i. Kriteria desain

Kriteria desain yang digunakan disesuaikan dengan produk yang terdapat dipasaran. Dengan menggunakan *belt filter press* model 2VP, digunakan kriteria desain sebagai berikut.

Tabel 6. 7 Kriteria desain *belt filter press*

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Cake Dryness</i> *	20	%
Beban padatan	900-1800	lbs/jam,m
	408,2-816,5	Kg/jam,m

*Berdasarkan studi pilot plant PALYJA

ii. Data perencanaan

Tabel 6. 8 Data Perencanaan Unit *Belt filter press* IPA I

Data	Nilai	Satuan
Debit lumpur rata-rata	2.082,90	m ³ /hari
Debit lumpur max	4.368,31	m ³ /hari
Jumlah padatan solid rata-rata	84.263,03	kg/hari
Jumlah padatan solidmax	176.718,56	kg/hari
padatan yang tertangkap	95	%
Konsentrasi padatan effluen	20	%
Solid loading	600	kg/mjam

iii. Perhitungan desain

• Dimensi belt filter press

Jumlah padatan yang diolah merupakan lumpur yang berasal dari unit *gravity thickener* dan polimer yang digunakan. Untuk unit *belt filter press* ditentukan dosis optimum *chemical conditioning* dengan menggunakan polimer *cationic* sebanyak 6 kg/ton lumpur untuk menghasilkan padatan sebesar 20% (PALYJA, 2008).

Kebutuhan polimer

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (84.263,03 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 505,58 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (176.718,56 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 1060,31 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan kimia selama sebulan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 505,58 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 15.167,35 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kondisi rata-rata} &= 1060,31 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 31.809,34 \text{ kg/bulan}\end{aligned}$$

Bahan kimia yang dibutuhkan untuk pengkondisian diletakkan pada unit penyimpanan bahan kimia yang telah dibangun.

Jumlah padatan yang harus diolah setiap jam operasi

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned}\text{Total padatan} &= (84.263,03 + 505,58) \frac{\text{kg}}{\text{hari}} : 24 \text{ jam} \\ &= 3.532,03 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned}\text{Total padatan} &= (176.718,56 + 1060,31) \frac{\text{kg}}{\text{hari}} : 24 \text{ jam} \\ &= 7.407,45 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Lebar belt yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned}\text{Lebar belt} &= \frac{3.532,03 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{680 \text{ kg/jam/m}} \\ &= 5,19 \text{ m}\end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum 1060,31

$$\begin{aligned}\text{Lebar belt} &= \frac{7.407,45 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{680 \text{ kg/jam/m}} \\ &= 10,89 \text{ m}\end{aligned}$$

Pada tabel terdapat tipe *belt filter press* dan spesifikasinya

Tabel 6. 9 Spesifikasi unit *Belt filter press*

No	Ukuran	Dimensi (mm)			Lebar sabuk (m)
		Panjang	Lebar	Tinggi	
1	2	6807	3454	2972	2,2
2	2,5	6807	3962	2972	2,7
3	4	6807	4470	2972	3,2

Sumber: BDP industries, Model 2VP *Belt filter press* Catalog; hal:7.

Dengan menggunakan unit *belt filter press* Model 2VP dengan lebar sabuk 3,2 meter, maka diperlukan 4 unit. Ketika kondisi rata-rata digunakan 2 unit dan 4 unit ketika kondisi maksimum. Dalam kondisi rata-rata 2 unit yang lain

digunakan sebagai cadangan, sedangkan ketika kondisi lumpur maksimum semua unit beroperasi.

Unit *belt filter press* diletakkan dalam ruangan tertutup, jarak antar unit dibuat sebesar 1,2 m. Luasan yang dibutuhkan adalah sebesar 146,3 m². Untuk kontrol serta ruangan peralatan listrik maka ruangan dibuat dengan luas 286 m². Panjang dan lebar aktual ruangan tersebut adalah 26 m dan 11 m.

- **Kualitas *cake* lumpur**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 20\% = 0,2$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 80\% = 0,8$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *belt filter press* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,553$, $W_v = 19\%$, dan maka nilai *specific gravity* air pada suhu 30° (γ_{30°) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} adalah sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,553} + \frac{19\%}{1}\right)} = 1,968$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{80\%}{0,99568} + \frac{20\%}{1,98}\right)} = 1,105$$

$$S_{sl} \text{ hasil dewatering} = 1,105$$

Massa lumpur pada *belt filter press*

Massa lumpur dengan solid capture sebesar 95%

Kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} M &= 0,95 \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.532,03 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \\ &= 80.530,18 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Kondisi maksimum 168889,93

$$\begin{aligned} M &= 0,95 \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 7.407,45 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \\ &= 168.889,93 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Volume *cake* lumpur pada *belt filter press*

Volume *cake* lumpur kondisi rata – rata

$$= \frac{80.530,1 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,20 \times 1,105 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 366,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume *cake* lumpur kondisi maksimum

$$= \frac{168.889,93 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,20 \times 1,105 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 767,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- **Kualitas Filtrat**

Debit filtrat dari unit *belt filter press*.

$$\text{Kondisi rata-rata} = 2.082,90 \text{ m}^3/\text{hari} - 366,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.716,88 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kondisi maksimum} = 4.368,31 \text{ m}^3/\text{hari} - 767,62 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3.600,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jumlah padatan pada filtrat ketika kondisi maksimum

$$\text{Kandungan padatan} = 5\% \times 7.407,45 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 8.888,94 \text{ kg/hari}$$

Konsentrasi TSS ketika kondisi maksimum

$$\text{Kandungan TSS} = \frac{8.888,94 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{1.716,88 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}$$

$$= 2.468,68 \text{ g/m}^3$$

- **Dimensi penampung filtrat lumpur**

Bak ini berfungsi sebagai penampung sementara filtrat lumpur dari unit *belt filter press* sebelum dialirkan ke bak penampung supernatan. Bak ini diletakkan pada masing-masing unit *belt filter press*.

Debit filtrat direncanakan ketika kondisi buangan lumpur maksimum.

$$\text{Debit iltrat} = \frac{3.600,69 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 150,03 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Bak penampung diletakkan pada masing-masing unit *belt filter press* yang berjumlah 4 unit dan disesuaikan dengan dimensi pajang dan lebar unit *belt filter press* yang dipasang

Maka bak penampung supernatan dibuat dengan panjang 6,5 m dengan lebar 4,5 dan dengan tinggi 0,5 m.

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi} &= \frac{(6,5 \times 4,2 \times 0,5) \text{m}^3 \times 3 \text{ unit}}{150,03 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\ &= 0,36 \text{ jam} = 21,84 \text{ menit} \end{aligned}$$

iv. Rekapitulasi

Unit *belt filter press* yang dibutuhkan adalah 4 unit dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 680 kg/jam/m. Keempat unit tersebut diletakkan dalam ruangan yang dipasang secara parallel.

Tabel 6. 10 Rekapitulasi *Belt filter press* IPA I

Keterangan	Besaran	Satuan
<i>Belt filter press</i>	4	Unit
Kapasitas	680	Kg/jam/m
Dimensi ruangan		
Panjang	26	m
Lebar	11	m

6.1.5. Centrifuge

i. Kriteria desain

Kriteria desain yang digunakan disesuaikan dengan produk yang terdapat dipasaran. Dengan menggunakan *centrifuge* Giant III berikut kriteria desain yang digunakan.

Tabel 6. 11 Kriteria Desain *Centrifuge* IPA I

Data	Besaran	Satuan
Bowl diameter	800	mm
Kapasitas hidrolik	180	m ³ /jam
Panjang	5,3	m
Lebar	3	m
Tinggi	1,75	m
Berat	11.200	kg

Sumber: Perialisi Decanter *Centrifuge* Catalog; Giant III; hal: 4

ii. Data perencanaan

Tabel 6. 12 Data Perencanaan Desain *Centrifuge* IPA I

Data	Nilai	Satuan
Debit lumpur rata-rata	2.082,90	m ³ /hari
Debit lumpur max	4.368,31	m ³ /hari
Jumlah padatan solid rata-rata	84.263,03	kg/hari
Jumlah padatan solidmax	176.718,56	kg/hari
Ssl Influen	1,016	-
padatan yang tertangkap	95	%
Konsentrasi padatan effluen	25	%

iii. Perhitungan desain

Jumlah padatan yang diolah merupakan lumpur yang berasal dari unit *gravity thickener* dan polimer yang digunakan. Untuk unit *centrifuge*, itentukan dosis optimum *chemical conditioning* dengan menggunakan polimer *cationic* sebanyak 4 kg/ton lumpur untuk menghasilkan padatan sebesar 25% (PALYJA, 2008).

Kebutuhan polimer

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (84.263,03 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 337,05 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (176.718,56 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 706,87 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan kimia selama sebulan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 337,05 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 10.111,56 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 706,87 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 21.206,23 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

Bahan kimia yang dibutuhkan untuk pengkondisian diletakkan pada unit penyimpanan bahan kimia yang telah dibangun.

Jumlah padatan yang harus diolah setiap harinya

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= 84.263,03 + 337,05 \\ &= 84.600,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= 176.718,56 + 1060,31 \\ &= 177.425,43 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Volume lumpur setelah penambahan bahan kimia

Padatan kering (Ws) dari *gravity thickener* = 4%

Ssl effluen dari unit *gravity thickener* = 1,016

Volume lumpur ketika kondisi rata – rata

$$\begin{aligned} &= \frac{84.600,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,04 \times 1,016 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 2.091,23 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Volume lumpur ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} &= \frac{177.425,43 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,04 \times 1,016 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 4.385,78 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit *centrifuge* yang dibutuhkan disesuaikan dengan beban hidrolis kriteria desain produk *centrifuge*.

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan unit} &= \frac{2.091,23 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}}{180 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 0,484 \approx 1 \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum 1060,31

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan unit} &= \frac{4.385,78 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}}{180 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 1,015 \approx 2 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan unit *centrifuge* dengan kapasitas beban hidrolis sebesar 180 m³/jam maka diperlukan 2 unit. Ketika kondisi rata-rata digunakan 1 unit dan 2 unit ketika kondisi maksimum. Dalam kondisi rata-rata 1 unit dapat digunakan sebagai cadangan dimana waktu operasi dapat disesuaikan kembali.

- **Kualitas *cake* lumpur**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 25\% = 0,25$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 75\% = 0,75$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *centrifuge* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,553$, $W_w = 19\%$, dan maka nilai *specific gravity* air pada suhu 30° (γ_{30°) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} adalah sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,553} + \frac{19\%}{1}\right)} = 1,968$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{75\%}{0,99568} + \frac{25\%}{1,968}\right)} = 1,136$$

$$S_{sl} \text{ hasil } \textit{mechanical dewatering centrifuge} = 1,136$$

Massa lumpur pada *centrifuge*

Massa lumpur dengan solid capture sebesar 95%

Kondisi rata-rata

$$M = 0,95 \times 84.600,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 80.370,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Kondisi maksimum 168889,93

$$M = 0,95 \times 177.425,43 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 168.554,16 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Volume *cake* lumpur *centrifuge*

Volume lumpur kondisi rata – rata

$$= \frac{80.370,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,25 \times 1,136 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 284,22 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume lumpur kondisi maksimum

$$= \frac{168.554,16 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,25 \times 1,136 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 596,07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- **Kualitas filtrat**

Debit filtrat

$$\text{Kondisi rata-rata} = 2.082,90 \text{ m}^3/\text{hari} - 284,22 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.798,68 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kondisi maksimum} = 4.368,31 \text{ m}^3/\text{hari} - 596,07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3.772,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jumlah padatan pada filtrat ketika kondisi maksimum

$$\text{Kandungan padatan} = 5\% \times 7.392,73 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 8.871,27 \text{ kg/hari}$$

Konsentrasi TSS ketika kondisi maksimum

$$\text{Kandungan TSS} = \frac{8.871,27 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{1.716,88 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}$$

$$= 2.351,73 \text{ g/m}^3$$

Filtrat lumpur langsung dialirkan dengan sistem pemipaan yang disesuaikan dengan produk *centrifuge* yang dipilih menuju tangki supernatan.

iv. Rekapitulasi

Unit *belt filter press* yang dibutuhkan adalah 2 unit dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 180 m³/jam Kedua unit tersebut diletakkan dalam ruangan yang dipasang secara parallel.

Tabel 6. 13 Rekapitulasi Desain Unit *Centrifuge* IPA I

Keterangan	Besaran	Satuan
Unit <i>centrifuge</i>	2	unit
Kapasitas	180	m ³ /jam
Dimensi ruangan		
Panjang	12	m
Lebar	9,5	m

6.1.6. Bak pengumpul *drycake*

Unit bak penampung *drycake* dibuat untuk menampung lumpur yang telah diolah dari unit *mechanical dewatering* sebelum diangkut ke pembuangan akhir.

Dimensi bak dibuat ketika unit pengolahan lumpur beroperasi saat kondisi maksimal. *Belt filter press*

i. Belt filter press

- **Dimensi unit**

Volume lumpur yang dihasilkan dari unit *belt filter press* pada kondisi rata-rata adalah sebesar 366,02 m³/hari, sedangkan pada kondisi maksimum adalah sebesar 767,62 m³/hari

Ditetapkan tinggi bak = 2,5m, panjang 30 m, maka lebar yang dibutuhkan adalah 10,23 m. Panjang bak secara aktual digunakan 10,5m.

- **Pengecekan waktu penyimpanan**

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi rata – rata} &= \frac{(30 \times 10,5 \times 2,5) \text{m}^3}{366,02 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 2,15 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi maksimum} &= \frac{(30 \times 10,5 \times 2,5) \text{m}^3}{767,62 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 1,03 \text{ hari} \end{aligned}$$

ii. Centrifuge

- **Dimensi unit**

Volume lumpur yang dihasilkan dari unit *centrifuge* = 596,07m³/hari

Ditetapkan tinggi bak = 2,5m, dengan rasio p=1 maka p yang dibutuhkan 15,44 m. Panjang dan lebar aktual ditetapkan 15,5 m.

Pengecekan lama waktu penyimpanan *cake*

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi rata - rata} &= \frac{(30 \times 10,5 \times 10,5) \text{m}^3}{284,22 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 2,11 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi maksimum} &= \frac{(30 \times 10,5 \times 2,5) \text{m}^3}{596,07 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 1,01 \text{ hari} \end{aligned}$$

iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 14 Rekapitulasi Bak Penampung *Drycake* IPA I

Unit <i>Mechanical Dewatering</i>	Tinggi bak (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Waktu Penyimpanan (hari)	
				Kondisi rata-rata	Kondisi maksimum
<i>Belt filter press</i>	2,5	30	10,5	2,15	1,03
<i>Centrifuge</i>	2,5	15,5	15,5	2,11	1,01

6.1.7. Tangki Supernatan

Tangki penampung supernatan berfungsi untuk menampung supernatan yang berasal dari unit *gravity thickening* dan unit *mechanical dewatering* sebelum dialirkan kembali ke bak venturi (inlet IPA).

i. Belt filter press

- **Data Perencanaan**

Tabel 6. 15 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA I (*Belt filter press*)

Keterangan	Satuan	Debit supernatan	
		Thickener	<i>Belt filter press</i>
Kondisi rata-rata	m ³ /hari	2.884	1.716,88
Kondisi maksimum	m ³ /hari	3.628,40	3.600,69
Waktu detensi	menit	10	

- **Perhitungan**

Volume yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} &= \left(2.884 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \\ &\quad \left(1.716,88 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 31,95 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$= \left(3.628,40 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(3.600,69 \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 50,20 \text{ m}^3$$

Ditentukan kedalaman sebesar 2,5m dan bentuk bak merupakan persegi.

Desain dibuat berdasarkan kondisi buangan lumpur maksimum

$$V = p \times l \times t$$

$$50,20 \text{ m}^3 = (p \times p \times 2,5) \text{ m}^3$$

$$p = \sqrt{\frac{50,20}{2,5}} = 4,481 \text{ m}$$

Panjang dan lebar aktual ditetapkan sebesar 4,5 m

ii. Centrifuge

• Data Perencanaan

Tabel 6. 16 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA I (*Centrifuge*)

Keterangan	Satuan	Debit supernatan	
		Thickener	<i>Centrifuge</i>
Kondisi rata-rata	m ³ /hari	2.884,00	1.798,68
Kondisi maksimum	m ³ /hari	3.628,40	3.772,24
Waktu detensi	menit	10	

• Perhitungan

Volume yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$= \left(2.884 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(1.798,68 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 32,52 \text{ m}^3$$

Ketika kondisi maksimum

$$= \left(3.628,40 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(3.772,24 \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 51,4 \text{ m}^3$$

Ditentukan kedalaman sebesar 2,5m dan bentuk bak merupakan persegi.
Desain dibuat berdasarkan kondisi buangan lumpur maksimum

$$V = p \times l \times t$$

$$51,4 \text{ m}^3 = (p \times p \times 2,5) \text{ m}^3$$

$$p = \sqrt{\frac{51,4}{2,5}} = 4,56 \text{ m}$$

Panjang dan lebar aktual ditetapkan sebesar 4,6 m

iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 17 Rekapitulasi Desain Bak Supernatan IPA I

Keterangan	Satuan	Unit Mechanical dewatering	
		<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>
Panjang (p)	m	4,5	4,6
Lebar (l)	m	4,5	4,6
tinggi	m	2,5	2,5
freeboard	m	0,4	0,4

6.2. IPA II

6.2.1. Bak Pengumpul

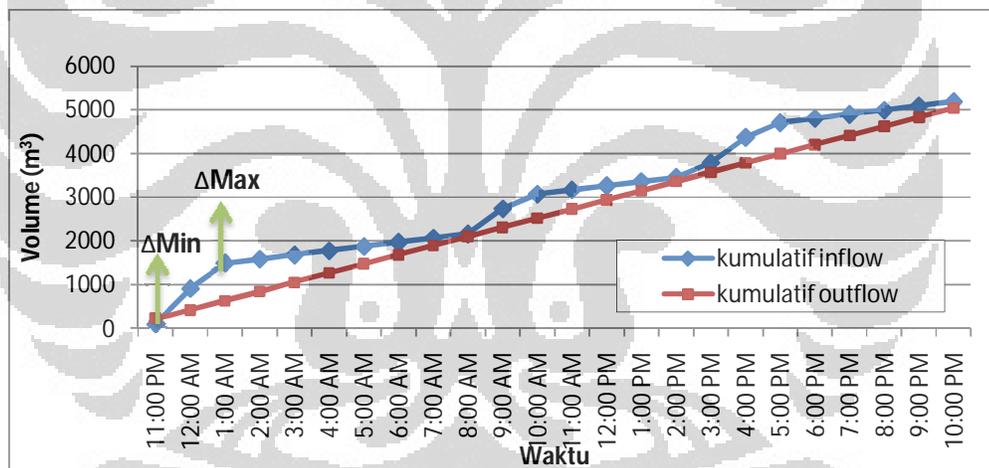
i. Data Perencanaan

Data yang digunakan merupakan debit fluktuatif harian air buangan yang berasal dari unit filtrasi dan pulsator. Data perencanaan secara terperinci berupa waktu pembuangan lumpur unit pulsator dan filter terdapat pada lampiran 19. Berikut rekapitulasi data dan hidrograf perencanaan bak pengumpul pada IPA II.

Tabel 6. 18 Rekapitulasi data perencanaan bak pengumpul IPA II

Data	Satuan	Debit	
		Rata-rata	Maksimum
Debit harian rata-rata	m ³	209,55	216,00
Δ Maksimum	m ³ /hari	704,52	852,9
Δ Minimum	m ³	-98,06	-120,00

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011



Gambar 6. 3 Hidrograf buangan lumpur harian rata-rata IPA II

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Volume yang dibutuhkan (Qrata-rata) : $|\Delta \text{Minimum}| + \Delta \text{Maksimum}$
 : $|-98,06| + 704,52$
 : $802,58 \text{ m}^3 \approx 803 \text{ m}^3$

Volume yang dibutuhkan (Qrata-rata) : $|\Delta \text{Minimum}| + \Delta \text{Maksimum}$
 : $|-120| + 852,9$
 : $972,9 \text{ m}^3 \approx 973 \text{ m}^3$

ii. Desain

• Dimensi

Volume yang dibutuhkan (Qrata-rata) : 803 m^3

Volume = $P \times L \times T$

$803 \text{ m}^3 = P \times L \times 2\text{m}$

Panjang = Lebar ; $P = L$

$P = \sqrt{401,5 \text{ m}^2}$

$P = 20,037 \text{ m}$

Panjang & lebar aktual = 21 m

Tinggi + freeboard = $2\text{m}+0,5\text{m}$

= $2,5\text{m}$

• Pengecekan

Pengecekan ketika debit maksimum

Volume aktual = $21 \times 21 \times 2,5$

= $1102,5 \text{ m}^3$

Volume yang dibutuhkan (Qmaks) = $973 \text{ m}^3 < 1102,5 \text{ m}^3$ (Memenuhi)

• Struktur inlet dan outlet

Struktur inlet berupa saluran yang berasal dari unit-unit pulsator dan filter.

Sedangkan untuk saluran outlet menggunakan pipa dengan diameter 6 inchi $\approx 0,1524 \text{ m}$ yang disambungkan dengan pompa menuju unit *gravity thickener*.

• Pompa *mixing*

Pada bak pengumpul akan digunakan pompa pencampuran (*mixing*) sebanyak 4 pompa. Pompa ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pengendapan pada dasar bak pengumpul.

Volume bak pengumpul = $21 \times 21 \times 2,5 = 1102,5 \text{ m}^3$

Waktu pengadukan = 4 kali dalam 24 jam

Kapasitas pompa yang dibutuhkan

$$= \frac{1102,5 \text{ m}^3}{4 \text{ pompa} \times 4 \times 24 \text{ jam}} = 45,94 \text{ m}^3/\text{jam} \approx 46 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pompa *mixing* yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 pompa dengan kapasitas sebesar $46 \text{ m}^3/\text{jam}$ ($0,13 \text{ m}^3/\text{dt}$)

- **Pompa**

Lumpur dari bak pengumpul ini dipompa ke *Gravity thickener* dengan menggunakan pompa pada outlet bak pengumpul. Debit maksimum menuju unit *gravity thickener* disesuaikan dengan debit outflow pada bak ekualisasi yakni sebesar 5184 m³/hari (0,06 m³/dt). Ketika kondisi maksimum, diperlukan debit sebesar 17.249,04 m³/hari (0,1996 m³/detik) sesuai debit yang didapat dari data *waterbalance* IPA I periode 2010.

Perhitungan pompa dibuat berdasarkan kondisi maksimum, namun ketika kondisi harian maka pompa akan dioperasikan dengan debit 5029.16 m³/hari. Dikarenakan adanya perbedaan debit tersebut, maka digunakan VSD (*Variable Speed Drive*) pada masing-masing pompa untuk mengatur debit.

Dua pompa yang disediakan untuk masing-masing unit *gravity thickener* sehingga dibutuhkan 6 pompa dimana 3 pompa menjadi cadangan yang beroperasi secara kontinu.

Debit maksimum = 17.249,04 m³/hari.

Q tiap pompa = 8.624,52 m³/hari
= 0,1 m³/detik

Headloss statis

Pompa 1 dan 2 = Pompa yang menuju *gravity thickener* 1

H hisap = 7 + 1 + 4 = 12

H tekan = 2,6 + 18 + 16+15 = 51,6 meter

H statis = H hisap + H tekan = 12+ 51,6= 63,6 meter

Pompa 3 dan 4 = Pompa yang menuju *gravity thickener* 2

H hisap = 7 + 1 + 4 = 12

H tekan = 2,6 + 18 + 47 +15 = 82,6 meter

H statis = H hisap + H tekan = 12+ 82,6= 94,6 meter

Pompa 5 dan 6 = Pompa yang menuju *gravity thickener* 3

H hisap = 7 + 1 + 4 = 12

H tekan = 2,6 + 18 + 78+15 = 113,6 meter

H statis = H hisap + H tekan = 12+ 113,6 = 125,6 meter

Kecepatan untuk masing-masing pipa menuju unit *gravity thickener*

$$v \text{ hisap (vh)} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{detik.}}{0,25 \times \pi \times 0,1524^2 \text{ m}} = 5,46 \text{ m/s}$$

$$v \text{ tekan (vt)} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{detik.}}{0,25 \times \pi \times 0,1524^2 \text{ m}} = 5,46 \text{ m/s}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa hisap dan tekan

Untuk menghitung headloss hisap dan tekan digunakan persamaan

Hazen-Williams:

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

dimana :

hf = friction headloss (m)

V = kecepatan dalam pipa (m/s)

C = koefisien kekasaran Hazen-Williams (C untuk steel iron= 120)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Headloss akibat gesekan pada pipa hisap

Pompa 1 s/d 6 ; L hisap = 12 meter

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,81 \left(\frac{5,46}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{12}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$hf = 1,47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa tekan

Pompa 1 dan 2 ; L tekan = 51,6 meter

$$hf = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,81 \left(\frac{5,46}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{51,6}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$hf = 6,34 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Pompa 3 dan 4 ; L tekan = 82,6 meter

$$h_f = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$h_f = 6,81 \left(\frac{5,46}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{82,6}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$h_f = 1,01 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Pompa 5 dan 6 ; L tekan = 113,6 meter

$$h_f = 6,81 \left(\frac{V}{C} \right)^{1,85} \left(\frac{L}{D^{1,167}} \right)$$

$$h_f = 6,81 \left(\frac{5,46}{120} \right)^{1,85} \left(\frac{113,6}{(0,1524)^{1,167}} \right)$$

$$h_f = 1,39 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Headloss akibat gesekan pada pipa (H mayor)

$$\text{Pompa 1 dan 2} = 1,47 \times 10^{-3} + 6,34 \times 10^{-3} = 7,81 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 0,008 \text{ m}$$

$$\text{Pompa 3 dan 4} = 1,47 \times 10^{-3} + 1,01 \times 10^{-2} = 1,16 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0,012 \text{ m}$$

$$\text{Pompa 5 dan 6} = 1,47 \times 10^{-3} + 1,39 \times 10^{-2} = 1,54 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0,016 \text{ m}$$

Headloss minor akibat aksesoris pipa (H minor)

$$90^\circ \text{ elbow} \rightarrow \text{headloss} = n \times k \times \frac{V^2}{2g}; k = 0,6$$

$$= 7 \times 0,6 \times \frac{(0,1)^2}{2(9,8)}$$

$$= 2,14 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 0,002$$

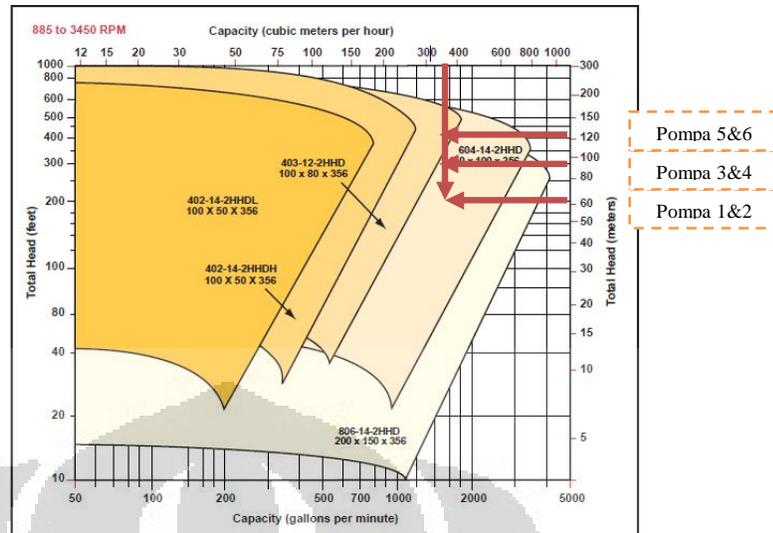
Headloss total

$$\begin{aligned} \text{Total head pompa 1 dan 2} &= [\text{H statis} + \text{H mayor} + \text{H minor}] \\ &= 63,6 + 0,008 + 0,002 = 63,61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total head pompa 3 dan 4} &= [\text{H statis} + \text{H mayor} + \text{H minor}] \\ &= 94,6 + 0,012 + 0,002 = 94,61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total head pompa 5 dan 6} &= [\text{H statis} + \text{H mayor} + \text{H minor}] \\ &= 125,6 + 0,016 + 0,002 = 126,62 \text{ m} \end{aligned}$$

Pemilihan pompa sesuai dengan kurva pompa lumpur



Gambar 6. 4 Penentuan pompa lumpur bak IPA II

Sumber: Discflo pump catalog; hal: 51.

Untuk mengalirkan lumpur dengan debit $8.624,52 \text{ m}^3/\text{hari}$ ($359,35 \text{ m}^3/\text{jam}$) maka digunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut

Pompa 1 dan 2 = Untuk head sebesar 63,61 m maka digunakan 2 pompa Discflo 14-inch models dengan tipe 604-14-2HHD.

Pompa 3 dan 4 = Untuk head sebesar 94,61m maka digunakan 2 pompa Discflo 14-inch models dengan tipe 604-14-2HHD.

Pompa 5 dan 6 = Untuk head pompa 2 sebesar 126,62 m digunakan 2 pompa Discflo 14-inch models dengan tipe 403-12-2HHD.

Satu jenis pompa dipasang secara parallel sehingga bisa digunakan secara bergantian. Pada unit ini juga akan dibangun mixing pump sebanyak 4 unit untuk mencegah terjadinya pengendapan

iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 19 Rekapitulasi desain bak pengumpul IPA II

Nama	Satuan	Besaran
Jumlah	unit	1
Panjang	m	21
Lebar	m	21
Tinggi	m	2
Freeboard	m	0,5

6.2.2. Gravity thickener

i. Kriteria desain

Kriteria desain unit *gravity thickener* IPA II sama dengan IPA I yang terdapat pada tabel 6.3.

ii. Data Perencanaan

Tabel 6. 20 Data perencanaan desain *gravity thickener* IPA II

Perencanaan desain	Simbol	Besaran	Satuan
Debit Rata-rata	Qrata-rata	10.262,46	m ³ /hari
Debit maksimum	Qmax	17.249,04	m ³ /hari
Massa lumpur rata-rata	Mrata-rata	103.698,32	kg/hari
Massa lumpur maksimum	Mmax	231.806,13	kg/hari
Konsentrasi padatan Influen		1,07	%
Konsentrasi padatan effluen		6	%
<i>Specific gravity</i> lumpur influen	Ssl	1,009	
Solid capture	-	90	%
Jumlah unit	-	3	Unit

iii. Perhitungan desain

- **Dimensi**

Beban solid perencanaan desain ditentukan sebesar 100 kg/m².hari.

Total area yang dibutuhkan untuk beban solid 100 kg/m².hari, A

$$A = \frac{103.698,32 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}}} = 1.036,98 \text{ m}^2$$

Area untuk setiap thickener, A

$$\text{Area setiap thickener} = \frac{1.036,98 \text{ m}^2}{3} = 345,66 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter setiap thickener} = \frac{\sqrt{(4 \times 345,66 \text{ m}^2)}}{\pi} = 20,97 \text{ m}$$

Diameter aktual setiap thickener = 21m

Pengecekan beban hidrolis

Saat volume lumpur rata-rata

$$\text{Beban hidrolis} = \frac{10.262,46 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 21^2\right) \text{ m}^2}$$

$$= 9,87 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi})$$

Saat volume lumpur maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolis} &= \frac{17.249,04 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 21^2\right) \text{m}^2} \\ &= 16,59 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Pengecekan beban solid

Saat beban solid rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{103.698,32 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 21^2\right) \text{m}^2} \\ &= 99,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat beban solid maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{231.806,13 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 21^2\right) \text{m}^2} \\ &= 223,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{tidak memenuhi}) \end{aligned}$$

Karena beban solid ketika debit maksimum tidak memenuhi kriteria desain, maka luas permukaan masing-masing unit dibuat lebih besar dengan merubah diameter *gravity thickener* menjadi 28 m kemudian dilakukan pengecekan kembali beban hidraulik dan solid.

Pengecekan beban hidrolis

Saat volume lumpur rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolis} &= \frac{10.262,46 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 28^2\right) \text{m}^2} \\ &= 5,55 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat volume lumpur maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{17.249,04 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 28^2\right) \text{m}^2} \\ &= 9,33 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat operasional harian (sesuai bak ekualisasi)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolik} &= \frac{5184 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 30^2\right) \text{m}^2} \\ &= 3,52 \frac{\text{m}^3}{\text{m hari}} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Pengecekan beban solid

Saat beban solid rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{103.698,32 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 28^2\right) \text{m}^2} \\ &= 56,11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat beban solid maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{231.806,13 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 28^2\right) \text{m}^2} \\ &= 125,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Saat operasional harian (sesuai bak ekualisasi)

$$\begin{aligned} \text{Berat padatan (Ms)} &= V \times \rho_w \times S_{sl} \times P_s \\ &= 5184 \times 0,99568 \times 1,009 \times 0,0107 \\ &= 55.504,08 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban solid} &= \frac{55.504,08 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{3 \text{ unit} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 28^2\right) \text{m}^2} \\ &= 37,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{hari}} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kedalaman thickener

Kedalaman total *thickener* terdiri dari zona *thickening*, zona pengendapan, dan zona jernih. Ditetapkan *freeboard* sebesar 0,5m, zona jernih 1m, zona pengendapan sebesar 1,25m, zona *thickening* 1 m.

Ditetapkan kemiringan sebesar 10cm/m pada bagian bawah thickener.

$$\text{Kedalaman bagian tengah } thickener = \frac{10 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \times \frac{28}{2} = 1,4 \text{ m}$$

Maka total kedalaman masing masing unit *gravity thickener*, h total

H total = *Freeboard* + Zona jernih + zona pengendapan + zona *thickening* + *central depth*

$$= 0,5 \text{ m} + 1 \text{ m} + 1,25 \text{ m} + 0,85 \text{ m} + 1,4 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ m}$$

Berikut volume aktual setiap thickener.

$$\text{Volume } thickener = \left(\frac{\pi}{4} \times (28)^2 \times 3,6 \right) + \left(\frac{\pi}{12} \times (28)^2 \times 1,4 \right)$$

$$= 2505,07 \text{ m}^3$$

- **Lumpur thickener**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 7\% = 0,07$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 93\% = 0,93$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *gravity thickener* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,57$, $W_v = 19\%$, dan nilai *specific gravity* air pada suhu 30% (γ_{30°) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} effluen sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,57} + \frac{19\%}{1} \right)} = 1,98$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{93\%}{0,99568} + \frac{7\%}{1,98} \right)} = 1,032$$

$$S_{sl} \text{ hasil thickener} = 1,032$$

Massa lumpur pada thickener

Massa lumpur dengan solid capture sebesar 90%

Debit rata-rata

$$M = 0,9 \times 103.698,32 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 93.328,49 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Debit maksimum

$$M = 0,9 \times 231.806,13 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 208.625,52 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Volume lumpur pada thickener

Volume lumpur hasil thickener rata – rata

$$= \frac{93.328,49 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,07 \times 1,032 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 1.298,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume lumpur hasil thickener maksimum

$$= \frac{208.625,52 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,07 \times 1,032 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 2.901,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pengecekan SVR

$$\text{SVR} = \frac{\text{Volume zona thickener}}{\text{Volume yang dibuang perhari}}$$

$$= \frac{\left(\frac{\pi}{12} \times 28^2 \times 1,4\right) + \left(\frac{\pi}{4} \times 28^2 \times 0,85\right)}{1.298,12 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 3} = 1,87 \text{ (memenuhi)}$$

Ketika debit maksimum

$$\text{SVR} = \frac{\left(\frac{\pi}{12} \times 25^2 \times 1,4\right) + \left(\frac{\pi}{4} \times 25^2 \times 0,85\right)}{2.901,81 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 3} = 0,84 \text{ (memenuhi)}$$

- **Struktur Inlet**

Merupakan struktur outlet dari unit bak pengumpul, terdiri dari pipa dengan diameter sebesar 6 inci.

- **Struktur Outlet**

Struktur outlet unit *gravity thickener* digunakan untuk mengalirkan lumpur yang telah dipadatkan ke saluran pengumpul lumpur sebelum diolah ke unit *mechanical dewatering*. Terdiri dari pipa dengan diameter sebesar 6 inci..

iv. Supernatan

Debit supernatan = debit lumpur influen – lumpur effluen

Ketika debit rata-rata

$$Q_{\text{supernatan}} = 10.262,46 \text{ m}^3/\text{hari} - 1.298,12 \text{ m}^3/\text{hari} = 8.964,33 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Ketika debit maksimum

$$Q_{\text{supernatan}} = 17.249,04 \text{ m}^3/\text{hari} - 2.901,81 \text{ m}^3/\text{hari} = 14.347,22 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Massa padatan effluen supernatan

Ketika debit rata-rata

$$M = 0,1 \times 103.698,32 \text{ kg/hari} = 10.369,83 \text{ kg/hari}$$

Ketika debit maksimum

$$M = 0,1 \times 231.806,13 \text{ kg/hari} = 23.180,61 \text{ kg/hari}$$

Konsentrasi padatan dalam supernatan

Ketika debit rata-rata

$$SS = \frac{10.369,83 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{8.964,33 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \times 10^3 = 1156,79 \text{ mg/l}$$

Ketika debit maksimum

$$SS = \frac{23.180,61 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{14.347,22 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \times 10^3 = 1615,69 \text{ mg/l}$$

- **Outlet supernatan**

Struktur effluen berupa weir, kriteria desain *weir loading* yang digunakan sama dengan bak pengendapan primer yakni maksimal adalah sebesar 250 m³/m. hari.

Panjang weir yang digunakan berupa keliling bak *gravity thickener*.

$$\text{Panjang weir} = \frac{22}{7} \times 28 = 88 \text{ m}$$

Debit supernatan kondisi rata-rata = 8.964,33 m³/hari

kondisi maksimum = 14.347,22 m³/hari

$$\text{Weir loading (rata – rata)} = \frac{8.964,33 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \times 88 \text{ m}} = 33,96 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{hari}}$$

$$\text{Weir loading (maksimum)} = \frac{14.347,22 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \times 88 \text{ m}} = 54,35,14 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{hari}}$$

- **Saluran effluen**

Saluran effluen digunakan untuk menampung effluen supernatan yang melimpah dari weir. Perencanaan unit ditentukan berdasarkan kondisi debit maksimum. Lebar saluran direncanakan sepanjang, $b = 50$ cm. Saluran effluen (y_2) diletakkan 30 cm dibawah tinggi muka air ketika kondisi maksimum. Ketebalan dinding unit *gravity thickener* (b') ditetapkan sebesar 0,3 m

$$\text{Kapasitas tiap saluran (maksimum)} = \frac{14.347,22 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3 \times 86400 \frac{\text{detik}}{\text{hari}}} = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}$$

$$\begin{aligned} L &= \pi (D + 0,5b') \\ &= \pi (28 + (0,5 \times 0,3)) = 88,47 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Debit per saluran} = \frac{0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{88,47 \text{ m}} = 6,26 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{detik}}$$

$$y_1 = \sqrt{y_2^2 + \frac{2 (q' L \cdot N)^2}{g b^2 y_2}}$$

$$y_1 = \sqrt{0,3^2 + \frac{2 (6,26 \times 10^{-4} \times 88,47 \cdot 1)^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 (0,5)^2 0,3}} = 0,31 \text{ m}$$

Kedalaman total ditambahkan sebesar 12% akibat gesekan dan turbulensi, serta tambahan 10 cm untuk terjunan bebas.

$$\text{Total kedalaman} = (12\% \times 0,31 \text{ m}) + 0,1 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$

Kedalaman effluen aktual = 0,5 m

v. Rekapitulasi

Tabel 6. 21 Rekapitulasi desain *gravity thickener* IPA II

Nama	Satuan	Besaran
Jumlah	unit	3
Diameter	m	28
Kedalaman total	m	5
Kedalaman bagian tengah	m	1,4
Freeboard	m	0,5

6.2.3. Penampung lumpur

Bak penampung lumpur ini berguna sebagai tempat penampung sementara lumpur yang berasal dari 3 unit *gravity thickening* sebelum dialirkan ke unit *mechanical dewatering*. Pada unit ini juga diberikan bahan kimia untuk *conditioning*.

i. Data perencanaan

Debit perencanaan merupakan debit maksimum lumpur dari *gravity thickener*

$$\text{Debit} = 2.901,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

ii. Perhitungan

Dengan waktu detensi perencanaan sebesar 20 menit maka volume yang dibutuhkan:

$$V = \frac{2.901,81 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 20 \text{ menit}}{24 \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{hari}}} = 40,30 \text{ m}^3$$

Kedalaman bak penampung direncanakan sebesar 3m dengan freeboard 0,4 m ketika debit maksimum maka diameter yang diperlukan:

$$D = \sqrt{\frac{40,30 \text{ m}^3}{\pi \times 3 \text{ m} \times \frac{1}{4}}} = 4,27$$

Diameter aktual bak pengumpul sebesar 4,4 m.

Ditetapkan kemiringan sebesar 10 cm/m

$$\text{Kedalaman bagian tengah bak} = \frac{10 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \times \frac{4,3}{2} = 0,22 \text{ m}$$

Kedalaman aktual bagian tengah = 0,3 m

Total kedalaman bak = 3 m + 0,3 + 0,4 (freeboard) = 3,7 m

Berikut volume aktual bak pengumpul lumpur.

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \left(\frac{\pi}{4} \times (4,4)^2 \times 3\right) + \left(\frac{\pi}{12} \times (4,4)^2 \times 0,3\right) \\ &= 47,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

iii. Pengecekan

Pengecekan waktu detensi

Ketika kondisi maksimum

$$T_d = \frac{47,16 \text{ m}^3}{2.901,81 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} = 1,53 \times 10^{-2} \text{ hari} = 23,4 \text{ menit}$$

Ketika kondisi rata-rata

$$T_d = \frac{47,16 \text{ m}^3}{1.298,12 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} = 3,63 \times 10^{-2} \text{ hari} = 52,31 \text{ menit}$$

iv. Struktur inlet dan outlet

Struktur inlet berasal dari unit thickener dengan diameter sebesar 6 inci. Sedangkan struktur outlet berupa pipa dengan diameter 6 inci menuju unit *mechanical dewatering*.

v. Rekapitulasi

Tabel 6. 22 Rekapitulasi Dimensi Bak Penampung Lumpur IPA II

Keterangan	Besaran	Satuan
Diameter	4,3	m
Kedalaman	3	m
Kedalaman bagian tengah	0,2	m
<i>Slope</i>	10	cm/m
freeboard	0,4	m

6.2.4. Belt filter press

i. Kriteria desain

Kriteria desain unit *belt filter press* pada IPA II sama dengan IPA I yang tertera pada tabel 6.7.

ii. Data perencanaan

Tabel 6. 23 Data Perencanaan Unit *Belt filter press* IPA II

Data	Nilai	Satuan
Debit lumpur rata-rata	1.298,12	m ³ /hari
Debit lumpur max	2.901,81	m ³ /hari
Jumlah padatan solid rata-rata	93.328,49	kg/hari
Jumlah padatan solid max	208.625,52	kg/hari
Padatan yang tertangkap	95	%
Konsentrasi padatan effluen	20	%
Solid loading	600	kg/mjam

iii. Perhitungan desain

• Dimensi belt filter press

Jumlah padatan yang diolah merupakan lumpur yang berasal dari unit *gravity thickener* dan polimer yang digunakan. Berdasarkan penelitian sebelumnya dibutuhkan *polymer cationic* sebanyak 6kg/ton lumpur untuk menghasilkan padatan sebesar 20%.

Kebutuhan polimer

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (93.328,49 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 559,97 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (208.625,52 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 1.251,75 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan kimia selama sebulan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 559,97 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 16.799,13 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 1.251,75 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 37.552,59 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

Bahan kimia yang dibutuhkan untuk pengkondisian diletakkan pada unit penyimpanan bahan kimia yang ada pada IPA II.

Jumlah padatan yang harus diolah setiap jam operasi

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= (93.328,49 + 559,97) \frac{\text{kg}}{\text{hari}} : 24 \text{ jam} \\ &= 3.912,02 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= (208.625,52 + 1.251,75) \frac{\text{kg}}{\text{hari}} : 24 \text{ jam} \\ &= 8.744,89 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Lebar belt yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Lebar belt} &= \frac{3.912,02 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{680 \text{ kg/jam/m}} \\ &= 5,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Lebar belt} &= \frac{8.744,89 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{680 \text{ kg/jam/m}} \\ &= 12,86 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi tipe filter press yang digunakan di IPA II sama dengan IPA I seperti yang tertera pada tabel 6.8.

Dengan menggunakan unit *belt filter press* Model 2VP dengan lebar sabuk 3,2 meter, maka diperlukan 4 unit. Ketika kondisi rata-rata digunakan 2 unit dan 4 unit ketika kondisi maksimum. Dalam kondisi rata-rata 2 unit yang lain digunakan sebagai cadangan, sedangkan ketika kondisi lumpur maksimum semua unit beroperasi.

- **Kualitas *cake* lumpur**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 20\% = 0,2$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 80\% = 0,8$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *belt filter press* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,57$ $W_v = 19\%$, dan maka nilai *specific gravity* air pada suhu 30% (γ_{30^o}) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} adalah sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,57} + \frac{19\%}{1}\right)} = 1,968$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{80\%}{0,99568} + \frac{20\%}{1,98}\right)} = 1,105$$

S_{sl} hasil *dewatering* = 1,105

Massa lumpur pada *belt filter press*

Massa lumpur dengan solid capture sebesar 95%

Kondisi rata-rata

$$M = 0,95 \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.912,02 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$= 89.194,04 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Kondisi maksimum

$$M = 0,95 \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 8.744,89 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$= 199.383,41 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Volume *cake* lumpur pada *belt filter press*

Volume *cake* lumpur kondisi rata – rata

$$= \frac{89.194,04 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,20 \times 1,105 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 405,21 \text{m}^3/\text{hari}$$

Volume *cake* lumpur kondisi maksimum

$$= \frac{199.383,41 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,20 \times 1,105 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 905,79 \text{m}^3/\text{hari}$$

- **Kualitas Filtrat**

Debit filtrat dari unit *belt filter press*.

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 1.298,12 \text{ m}^3/\text{hari} - 405,21 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 892,92 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi maksimum} &= 2.901,81 \text{ m}^3/\text{hari} - 905,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.996,02 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jumlah padatan pada filtrat ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kandungan padatan} &= 5\% \times 8.744,89 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 10.493,86 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi TSS ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kandungan TSS} &= \frac{10.493,86 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{843,25 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 5.257,40 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

- **Dimensi penampung filtrat lumpur**

Bak ini berfungsi sebagai penampung sementara filtrat lumpur dari unit *belt filter press* sebelum dialirkan ke bak penampung supernatan. Bak ini diletakkan pada masing-masing unit *belt filter press*.

Debit filtrat direncanakan ketika kondisi buangan lumpur maksimum.

$$\text{Debit filtrat} = \frac{1.996,02 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 83,17 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Bak penampung diletakkan pada masing-masing unit *belt filter press* yang berjumlah 4 unit dan disesuaikan dengan dimensi panjang dan lebar unit *belt filter press* yang dipasang

Maka bak penampung supernatan dibuat dengan panjang 6,5 m dengan lebar 4,5 dan dengan tinggi 0,5 m.

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi} &= \frac{(6,5 \times 4,2 \times 0,5) \text{ m}^3 \times 4 \text{ unit}}{83,17 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\ &= 0,66 \text{ jam} = 39,39 \text{ menit} \end{aligned}$$

iv. Rekapitulasi

Unit *belt filter press* yang dibutuhkan adalah 4 unit dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 680 kg/jam/m. Keempat unit tersebut diletakkan dalam ruangan yang dipasang secara paralel.

Tabel 6. 24 Rekapitulasi *Belt filter press* IPA II

Keterangan	Besaran	Satuan
<i>Belt filter press</i>	4	Unit
Kapasitas	680	Kg/jam/m
Dimensi ruangan		
Panjang	26	m
Lebar	11	m

6.2.5. Centrifuge

i. Kriteria desain

Kriteria desain yang digunakan disesuaikan dengan produk yang terdapat dipasaran. Dengan menggunakan *belt filter press* model Giant II, kriteria desain yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 6. 25 Kriteria Desain Unit *Centrifuge* IPA II

Data	Besaran	Satuan
Bowl diameter	700	mm
Kapasitas hidrolis	110	m/jam
Panjang	5,05	m
Lebar	2,215	m
Tinggi	2,22	m
Berat	11.200	kg

Sumber: Peralisi Decanter *Centrifuge* Catalog; Giant II; hal: 4

ii. Data perencanaan

Tabel 6. 26 Data Perencanaan Unit *Centrifuge* IPA II

Data	Nilai	Satuan
Debit lumpur rata-rata	1.298,12	m ³ /hari
Debit lumpur max	2.901,81	m ³ /hari
Jumlah padatan solid rata-rata	93.328,49	kg/hari
Jumlah padatan solidmax	208.625,52	kg/hari
Ssl Influen	1,032	-
padatan yang tertangkap	95	%
Konsentrasi padatan effluen	25	%

iii. Perhitungan desain

Jumlah padatan yang diolah merupakan lumpur yang berasal dari unit *gravity thickener* dan polimer yang digunakan. Berdasarkan penelitian sebelumnya dibutuhkan polimer *cationic* sebanyak 4 kg/ton lumpur untuk menghasilkan padatan sebesar 25%.

Kebutuhan polimer

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (93.328,49 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 373,31 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan polimer} &= (208.625,52 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \\ &= 834,50 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan kimia selama sebulan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 373,31 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 11.199,42 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 834,50 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{bulan}} \\ &= 25.035,06 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

Bahan kimia yang dibutuhkan untuk pengkondisian diletakkan pada unit penyimpan bahan kimia yang telah dibangun.

Jumlah padatan yang harus diolah setiap harinya

Ketika kondisi rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= 93.328,49 + 373,31 \\ &= 93.701,80 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Total padatan} &= 208.625,52 + 834,50 \\ &= 209.460,02 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

Volume lumpur setelah penambahan bahan kimia

Padatan kering (W_s) dari *gravity thickener* = 7%

Ssl effluen dari unit *gravity thickener* = 1,032

Volume lumpur ketika kondisi rata – rata

$$= \frac{93.701,80 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,07 \times 1,032 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 1.303,32 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume lumpur kondisi maksimum

$$= \frac{209.460,02 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,07 \times 1,032 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 2.913,42 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Unit *centrifuge* yang dibutuhkan disesuaikan dengan beban hidrolis kriteria desain produk *centrifuge*.

Ketika kondisi rata-rata

$$\text{Kebutuhan unit} = \frac{1.303,32 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}}{110 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 0,49 \approx 1$$

Ketika kondisi maksimum 1060,31

$$\text{Kebutuhan unit} = \frac{2.913,42 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} : 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}}{110 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 1,1 \approx 2$$

Dengan menggunakan unit *centrifuge* dengan kapasitas beban hidrolis sebesar 180 m³/jam maka diperlukan 2 unit. Ketika kondisi rata-rata digunakan 1 unit. 1 unit digunakan sebagai cadangan, sedangkan ketika kondisi maksimum kedua unit dioperasikan secara bersamaan. Untuk waktu pengoperasian dapat disesuaikan kembali.

iv. **Kualitas *cake* lumpur**

Specific gravity lumpur effluen

$$\text{Padatan kering (Ws)} = 25\% = 0,25$$

$$\text{Fraksi padatan cair (Ww)} = 75\% = 0,75$$

Untuk mencari *specific gravity* lumpur effluen *centrifuge* menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.

Dengan nilai $S_f = 2,57$ $W_v = 19\%$, dan maka nilai *specific gravity* air pada suhu 30% (γ_{30°) adalah 0,99568 maka didapatkan nilai S_s dan S_{sl} adalah sebagai berikut.

$$S_s = \frac{1}{\left(\frac{100\% - 19\%}{2,57} + \frac{19\%}{1}\right)} = 1,976$$

$$S_{sl} = \frac{1}{\left(\frac{75\%}{0,99568} + \frac{25\%}{1,976}\right)} = 1,137$$

$$S_{sl} \text{ hasil } dewatering = 1,137$$

Massa lumpur pada *centrifuge*

Massa lumpur dengan *solid capture* sebesar 95%

Kondisi rata-rata

$$M = 0,95 \times 93.701,80 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 89.016,71 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Kondisi maksimum

$$M = 0,95 \times 209.460,02 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

$$= 198.987,02 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}$$

Volume *cake* lumpur *centrifuge*

Volume lumpur kondisi rata – rata

$$= \frac{89.016,71 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,25 \times 1,137 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 314,61 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume lumpur kondisi maksimum

$$= \frac{198.987,02 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,25 \times 1,137 \times 995,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 703,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

v. Kualitas filtrat

Debit filtrat

$$\begin{aligned} \text{Kondisi rata-rata} &= 1.298,12 \text{ m}^3/\text{hari} - 314,61 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 983,51 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi maksimum} &= 2.901,81 \text{ m}^3/\text{hari} - 703,28 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2.198,54 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jumlah padatan pada filtrat ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kandungan padatan} &= 5\% \times 209.460,02 \text{ kg/hari} \\ &= 10.473,00 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi TSS ketika kondisi maksimum

$$\begin{aligned} \text{Kandungan TSS} &= \frac{10.473,00 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{2.198,54 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 4.763,62 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

Filtrat lumpur langsung dialirkan dengan sistem pemipaan yang disesuaikan dengan produk *centrifuge* yang dipilih menuju tangki supernatan.

vi. Rekapitulasi

Unit *belt filter press* yang dibutuhkan adalah 2 unit dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 110 m³/jam Kedua unit tersebut diletakkan dalam ruangan yang dipasang secara parallel.

Tabel 6. 27 Rekapitulasi Desain Unit *Centrifuge* IPA II

Keterangan	Besaran	Satuan
Unit <i>centrifuge</i>	2	Unit
Kapasitas	110	m ³ /jam
Dimensi ruangan		
Panjang	12	m
Lebar	9,2	m

6.2.6. Bak pengumpul *drycake*

Unit bak penampung *drycake* dibuat untuk menampung lumpur yang telah diolah dari unit *belt filter press* sebelum diangkut ke pembuangan akhir.

Dimensi bak dibuat ketika unit pengolahan lumpur beroperasi saat kondisi maksimal.

i. Belt filter press

• **Dimensi unit**

Volume lumpur yang dihasilkan dari unit *belt filter press* pada kondisi rata-rata adalah sebesar 405,21 m³/hari, sedangkan pada kondisi maksimum adalah sebesar 905,79 m³/hari

Ditetapkan tinggi bak = 2,5m, panjang 30 m, maka lebar yang dibutuhkan adalah 12,1 m. Panjang bak secara aktual digunakan 12,2 m.

• **Pengecekan waktu penyimpanan**

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi rata – rata} &= \frac{(30 \times 12,2 \times 2,5)m^3}{405,21 \frac{m^3}{\text{hari}}} \\ &= 2,26 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi maksimum} &= \frac{(30 \times 12,2 \times 2,5)m^3}{905,79 \frac{m^3}{\text{hari}}} \\ &= 1,01 \text{ hari} \end{aligned}$$

ii. Centrifuge

• **Dimensi unit**

Volume lumpur yang dihasilkan dari unit *belt filter press* pada kondisi rata-rata adalah sebesar 314,61 m³/hari, sedangkan pada kondisi maksimum adalah sebesar 703,28 m³/hari. Desain dibuat berdasarkan kondisi maksimum.

Ditetapkan tinggi bak = 2,5m, dengan rasio p=1 maka p yang dibutuhkan 16,77 m. Panjang dan lebar aktual ditetapkan 16,8 m.

Pengecekan lama waktu penyimpanan *cake*

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi rata – rata} &= \frac{(16 \times 16 \times 2,5)m^3}{314,61 \frac{m^3}{\text{hari}}} \\ &= 2,24 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketika kondisi maksimum} &= \frac{(16 \times 16 \times 2,5)m^3}{703,28 \frac{m^3}{\text{hari}}} \\ &= 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 28 Rekapitulasi Bak Penampung *Drycake* IPA II

Unit <i>Mechanical Dewatering</i>	Tinggi bak (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Waktu Penyimpanan (hari)	
				Kondisi rata-rata	Kondisi maksimum
<i>Belt filter press</i>	2,5	30	12,2	2,26	1,01
<i>Centrifuge</i>	2,5	16,8	16,8	2,24	1,00

6.2.7. Tangki Supernatan

Tangki penampung supernatan berfungsi untuk menampung supernatan yang berasal dari unit *gravity thickening* dan unit *mechanical dewatering* sebelum dialirkan kembali ke bak prasedimentasi (Inlet IPA II).

i. Belt filter press

- Data Perencanaan

Tabel 6. 29 Data perencanaan Bak Supernatan IPA II (*Belt filter press*)

Keterangan	Satuan	Debit supernatan	
		Thickener	<i>Belt filter press</i>
Kondisi rata-rata	m ³ /hari	8.964,33	892,92
Kondisi maksimum	m ³ /hari	14.347,22	1.996,02
Waktu detensi	menit	10	

- Perhitungan

Volume yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$= \left(8.964,33 \times \frac{\text{hari}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(892,92 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 68,45 \text{ m}^3$$

Ketika kondisi maksimum

$$= \left(14.347,22 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(1.996,02 \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 113,49 \text{ m}^3$$

Ditentukan kedalaman sebesar 2,5m dan bentuk bak merupakan persegi.

Desain ditentukan berdasarkan kondisi buangan lumpur maksimum

$$V = p \times l \times t$$

$$113,49 \text{ m}^3 = (p \times p \times 2,5) \text{m}^3$$

$$p = \sqrt{\frac{114,14}{2,5}} = 6,73 \text{m}$$

Panjang dan lebar aktual ditetapkan sebesar 7 m

ii. Centrifuge

• Data Perencanaan

Tabel 6. 30 Data Perencanaan Bak Supernatan IPA II (*Centrifuge*)

Keterangan	Satuan	Debit supernatan	
		Thickener	Centrifuge
Kondisi rata-rata	m ³ /hari	8.964,33	983,51
Kondisi maksimum	m ³ /hari	14.347,22	2.198,54
Waktu detensi	menit	10	

• Perhitungan

Volume yang dibutuhkan

Ketika kondisi rata-rata

$$= \left(8.964,33 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(983,51 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 69,08 \text{ m}^3$$

Ketika kondisi maksimum

$$= \left(14.347,22 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) + \left(2.198,54 \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 10 \text{ menit} \right) = 114,90 \text{ m}^3$$

Ditentukan kedalaman sebesar 2,5 m dan bentuk bak merupakan persegi.

Desain dibuat berdasarkan kondisi buangan lumpur maksimum

$$V = p \times l \times t$$

$$114,90 \text{ m}^3 = (p \times p \times 2,5) \text{m}^3$$

$$p = \sqrt{\frac{114,90}{2,5}} = 6,78 \text{ m}$$

Panjang dan lebar aktual ditetapkan sebesar 7 m

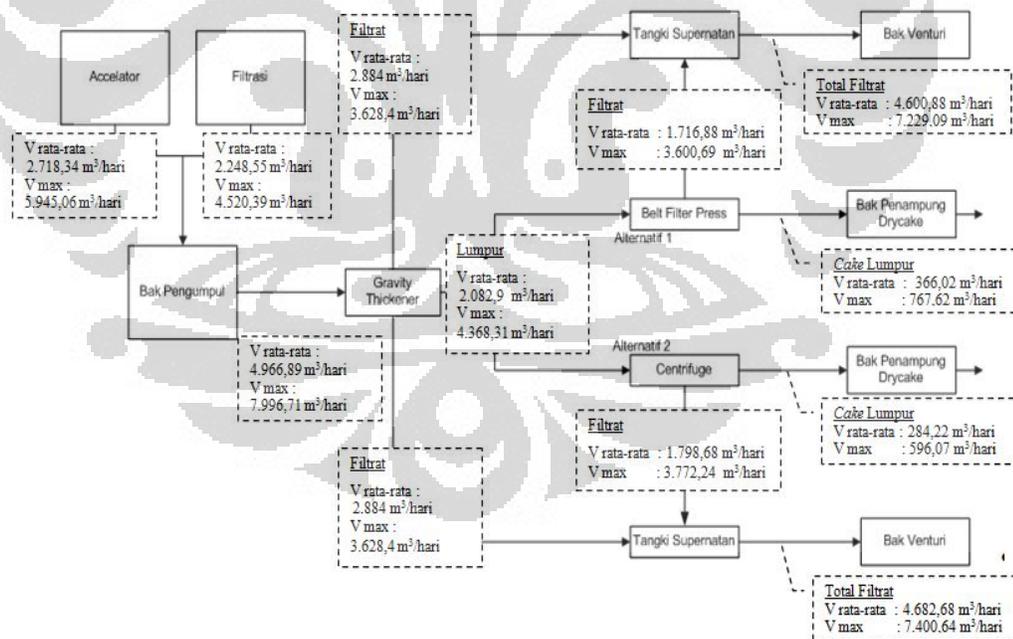
iii. Rekapitulasi

Tabel 6. 31 Rekapitulasi Desain Bak Supernatan IPA II

Keterangan	Satuan	Unit <i>Mechanical dewatering</i>	
		<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>
Panjang (p)	m	7	7
Lebar (l)	m	7	7
tinggi	m	2,5	2,5
freeboard	m	0,4	0,4

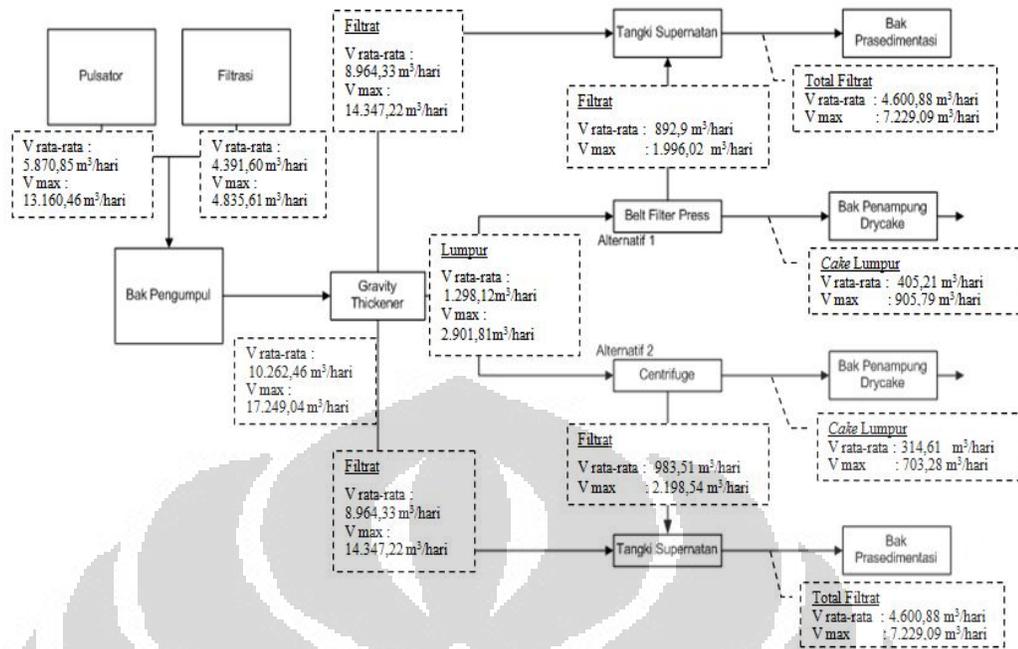
6.3. Pemilihan Proses Pengolahan Lumpur

Dalam menentukan desain pengolahan lumpur terpilih digunakan pertimbangan antara lain berdasarkan volume *drycake*, dan estimasi luasan unit pengolahan yang dibutuhkan. Untuk membandingkan jumlah volume padatan yang dihasilkan dari alternatif pengolahan lumpur, maka dibuat neraca volume lumpur. Gambar 6.5 berikut menggambarkan neraca volume lumpur dari kedua alternatif unit pengolahan IPA I, sedangkan untuk IPA II terdapat pada Gambar 6.6..



Gambar 6. 5 Neraca volume lumpur IPA I

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011



Gambar 6. 6 Neraca volume lumpur IPA II

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Dari neraca volume tersebut dapat dilihat perbandingan volume *cake* lumpur serta filtrat hasil dari perhitungan desain bada subbab sebelumnya. Rekapitulasi volume dan karakteristik lumpur padatan dari kedua alternatif pada masing-masing instalasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. 32 Perbandingan volume *drycake* lumpur

Keterangan	Satuan	IPA I		IPA II	
		<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>	<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>
Volume <i>cake</i> lumpur (Rata-Rata)	m ³ /hari	366,02	284,22	405,21	314,61
Volume <i>cake</i> lumpur (Maksimum)	m ³ /hari	767,62	596,07	905,79	703,28
<i>Cake Dryness</i>	%	20	25	20	25

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Pertimbangan berdasarkan produksi volume *cake* lumpur yang dihasilkan dilakukan karena menyangkut pengangkutan dan transportasi *cake* lumpur tersebut menuju tempat pembuangan akhir ataupun ke tempat pengolahan selanjutnya untuk dimanfaatkan kembali. Unit *mechanical dewatering* dengan menggunakan *centrifuge* menghasilkan volume *cake* lumpur yang lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan *belt filter press*. Hal ini dikarenakan pada *cake* dari unit *centrifuge*

mengandung persentase padatan lebih banyak yakni sebesar 25%. Maka dari pertimbangan berdasarkan volume *cake* lumpur hasil *dewatering*, digunakan unit *centrifuge*.

Desain pengolahan lumpur meliputi lima unit yakni bak pengumpul, *gravity thickener*, bak penampung lumpur, tanki supernatan, dan *unit mechanical dewatering*. Luas lahan yang diperlukan menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan unit pengolahan dari alternatif yang dibuat. Luas lahan yang diperhitungkan meliputi luasan unit pengolahan, jalan untuk inspeksi, serta jarak antar unit yang disesuaikan dengan penempatan pada masing-masing instalasi. Perhitungan luas lahan tidak termasuk sistem pemipaan yang menghubungkan satu unit ke unit lainnya. Berikut kisaran perhitungan luasan unit pengolahan lumpur di IPA I dan II.

Tabel 6. 33 Perbandingan kebutuhan luas lahan alternatif desain

IPA I		IPA II	
<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>	<i>Belt filter press</i>	<i>Centrifuge</i>
5357 m ²	5060 m ²	4822 m ²	4467m ²

Sumber: Pengolahan Penulis, 2011

Dengan membandingkan luas lahan yang dibutuhkan dengan alternatif yang dibuat, unit *mechanical dewatering* dengan menggunakan *centrifuge* memerlukan luas lahan yang lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan belt filter press. Dari segi luas lahan yang diperlukan, unit *centrifuge* lebih efisien. Berdasarkan dua poin tersebut, maka digunakan alternatif 2 sebagai desain terpilih yakni menggunakan *centrifuge*.

6.4. Pembuangan dan atau pemanfaatan lumpur serta supernatan

6.4.1. Supernatan

Dalam perencanaan desain pengolahan lumpur, supernatan yang berasal dari unit *gravity thickener* dan *mechanical dewatering* akan disalurkan kembali ke masing-masing inlet pada instalasi. Pemanfaatan kembali supernatan ini dapat bermanfaat dari segi ekonomi serta lingkungan. Dari segi ekonomi, supernatan ini dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah kembali sehingga volume air baku dapat bertambah jumlahnya. Dari segi lingkungan, didalam supernatan tersebut masih terdapat padatan yang dari dari proses koagulasi dengan alum, sehingga apabila

dibuang ke perairan akan dikhawatirkan menyebabkan toksisitas pada perairan (AWWA, 1987).

Salah satu konsekuensi yang harus dihadapi oleh pihak instalasi apabila air dari supernatan yang berasal dari pencucian filter adalah terdapatnya kandungan *Cryptosporidium* di dalam supernatan tersebut. Dalam studi yang dilakukan CMPS Asia Pasific (1997), didalam air pencucian filter terdapat organisme patogen yakni *Cryptosporidium* yang berasal dari sumber air baku. Organisme ini dapat dibunuh dengan melakukan pemanasan. Hal ini merupakan salah satu kekurangan yang harus dipertimbangkan karena ada resiko bahwa dengan meningkatnya tarif air bersih maka penduduk akan mengira bahwa air yang berasal dari IPA dapat langsung diminum dan kebiasaan untuk merebus air akan semakin menurun.

Melihat kondisi ini maka diperlukannya pemeriksaan untuk menentukan resiko terkait dengan terdapatnya bakteri patogen *Cryptosporidium* pada air pencucian filter, hal ini dikarenakan di Indonesia belum pernah dilakukan penelitian terkait dengan *Cryptosporidium* pada air minum.

6.4.2. Padatan lumpur

Padatan lumpur hasil mechanical *dewatering* dapat dibuang ke tempat pembuangan akhir maupun dapat digunakan kembali sebagai bahan baku produk maupun sebagai material bermanfaat lainnya. Dalam penanganan padatan lumpur hasil mechanical *dewatering* tidak memerlukan pengangkutan dan penanganan khusus untuk limbah B3. Karena, hasil Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) menunjukkan bahwa lumpur dari proses pengolahan air dari IPA I dan II tidak termasuk dalam kategori limbah B3 (ITB, 2006).

Pembuangan dengan cara penimbunan (*landfill*) merupakan salah satu solusi termudah. Volume padatan lumpur yang dihasilkan dari IPA ketika kondisi maksimum mencapai 596,07 m³/hari, sedangkan IPA II sebesar 703,28 m³/hari. Total volume padatan lumpur kedua instalasi ini mencapai 1299,29 m³/hari. Dengan volume yang sangat besar ini maka diperlukan juga lahan yang luas serta material penutup yang dalam jumlah yang tidak sedikit. Melihat kondisi tempat pembuangan akhir (TPA) yang terdapat di Indonesia, pilihan ini dirasa kurang tepat. Hal ini dikarenakan ketersediaan lahan yang ada di TPA ini sangat terbatas..

Berikut beberapa alternatif pemanfaatan padatan lumpur yang dapat dilakukan.

- Dilakukan *alum recovery*. Yakni dengan mengambil kandungan alum dari lumpur dan digunakan kembali sebagai koagulan
- Lumpur dari pengolahan air bersih dapat digunakan sebagai bahan baku batu bata. Lumpur ini diolah kembali menjadi batu bata tipe *hand trown stocks*. Selain batu bata, lumpur ini dapat digunakan sebagai bahan baku batako.
- Lumpur yang sudah dikeringkan dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk material beton dan semen
- Lumpur yang sudah dikeringkan dapat digunakan sebagai material penutup pada proses komposting limbah padat di TPA.
- Berdasarkan U.S EPA (1995) lumpur dari pengolahan air bersih dapat digunakan untuk reklamasi. Dalam aplikasinya di Jakarta lumpur ini dapat digunakan sebagai bahan tanah urug dan reklamasi daerah utara Jakarta, bersamaan dengan lumpur dari sedimentasi 13 sungai di Jakarta dalam proyek *Jakarta Emergency Dredging Initiative (JEDI)*.

BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan perhitungan pada bab sebelumnya maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. a. Karakteristik effluen lumpur IPA I dan II yang melebihi baku mutu dari data primer dengan metode *grab sampling* adalah parameter TSS, COD, dan Fe.
b. Nilai *specific gravity* padatan kering IPA I adalah sebesar 2,549 dan untuk IPA II adalah 2,572. Nilai ini menunjukkan bahwa kandungan padatan tersebut memiliki kandungan organik yang tinggi.
c. Persentase solid rata-rata (Ps) didalam lumpur dari unit accelator/pulsator dan air pencucian filter di IPA I adalah sebesar 2,45 %, dan 1,07% untuk IPA II.
d. Total volume lumpur selama tahun 2010 untuk IPA I Pejompongan adalah sebesar 1.808.414 m³/tahun, sedangkan untuk IPA II adalah sebesar 3.728.688 m³/tahun.
d. Total massa lumpur selama tahun 2010 untuk IPA I adalah sebesar 34.291,1 ton/tahun, sedangkan untuk IPA II adalah sebesar 37.762,68 ton/tahun.
2. a. Kualitas air baku mempengaruhi karakteristik lumpur yang dihasilkan. Dengan rendahnya kualitas air baku maka akan berakibat terhadap meningkatnya penggunaan bahan kimia, beban pengolahan, serta volume lumpur yang dihasilkan
b. Alternatif terpilih dengan pertimbangan luas lahan serta volume *drycake* lumpur padatan adalah alternatif II yaitu dengan menggunakan *centrifuge*.
c. Perencanaan unit pengolahan lumpur IPA I terdiri dari 1 unit bak penampung, 2 unit *Gravity thickener*, 1 unit bak penampung lumpur, 2 unit *centrifuge*, 1 unit bak penampung *drycake*, dan 1 unit tangki supernatan. Sedangkan IPA II terdiri dari 1 unit bak penampung, 3 unit *Gravity thickener*, 1 unit bak penampung lumpur, 2 unit *centrifuge*, 1 unit bak penampung *drycake*, dan 1 unit tangki supernatan.

3. Estimasi luas lahan yang dibutuhkan untuk instalasi pengolahan lumpur IPA I adalah sebesar 5060 m² dan 4467 m² untuk IPA II. Kendala utama yang dihadapi untuk implementasi unit pengolahan lumpur adalah ketersediaan lahan yang ada, mengingat dibutuhkan luasan lahan yang berada diluar wilayah PALYJA.

7.2 Saran

1. Melihat besarnya kuantitas produksi lumpur, maka sebaiknya IPA Pejompongan I dan II Jakarta membangun unit pengolahan lumpur.
2. Mengingat keterbatasan lahan yang ada, serta padatnya pemukiman disekitar IPA I dan IPA II maka perlu dilakukan studi lebih lanjut dari segi dampak sosial, pembiayaan, dan dampak lingkungan operasi instalasi pengolahan lumpur (transportasi, perawatan, dan penggunaan energi).
3. Perlunya perundang-undangan khusus yang mengatur baku mutu limbah yang berasal dari instalasi pengolahan air bersih dikarenakan karakteristik yang dihasilkan tidak konstan dan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya sumber air baku dan penggunaan bahan kimia.
4. Diperlukan pengkajian serta pengamatan ulang mengenai data *water balance* pada IPA II.
5. Untuk jangka pendek sebaiknya dilakukan studi terkait usaha untuk mengurangi produksi lumpur serta peningkatan efisiensi proses pengolahan yang ada.
6. Diperlukannya studi lebih lanjut mengenai pemanfaatan kembali lumpur, serta supernatan dari IPA I dan II Jakarta.
7. Diperlukannya koordinasi semua pihak, dalam hal ini diantaranya adalah dinas PU, PAM JAYA, PJT II, serta Pemerintah DKI untuk meningkatkan kualitas air baku serta pengumpulan data dan informasi mengenai pengolahan lumpur instalasi pengolahan air bersih di seluruh Indonesia.

REFERENSI

- Alearts, G dan S.S. Santika. (1987). *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional: Surabaya-Indonesia.
- Alberta Environment. (2006). *Standards and guidelines for municipal waterworks, wastewater and storm drainage system*. Drinking water branch. Environmental policy branch. Environmental assurance division.
- Andriati, D. (1989). *Studi Pemanfaatan Langsung Lumpur dari Instalasi Penjernihan Air Minum Ngagel II untuk Tanah Pertanian dan Tanah Urug*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS. Surabaya.
- Aldeeb, A.A. (1999). *Water Treatment Plant Residuals Management*. Dissertation. University of Texas at Arlington. UMI.
- ASCE/AWWA. (1998). *Water treatment plant design*. 3rd edition. McGraw-Hill Inc. New York.
- AWWA. (1986). *Water utility operating data*. Denver, CO. American Water Works Association.
- AWWA Sludge Disposal Committee. (1987). Committee report: research needs for alum sludge discharge. *J.AWWA*, 79(6): 99-104.
- AWWA/ASCE/U.S. EPA. (1996). *Technology Transfer Handbook: Management of Water Treatment Plant Residuals*. ASCE, New York.
- Bache, D.H. and M. D. Hossain. (1991). Optimum coagulation conditions for coloured water in terms of floc properties. *Journal of Water Supply: Research and Technology — Aqua*, Oxford, Vol. 40 (3): 170–178.
- Bache, D.H., E. Rasool, A. Ali and J. F. McGilligan. (1995). Floc character: measurement and role in optimum dosing. *Journal of Water Supply : Research and Technology — AQUA*, Blackwell Science, London, Vol. 44 (2): 83–92.
- Bache, D.H., C. Johnson, E.N. Papavasiliopoulos, E. Rasool and F.J. McGilligan. (1999). Sweep coagulation: structures, mechanisms and practice. *Journal of*

Water Supply: Research and Technology — Aqua, International Water Supply Association, Vol 48 (5): 201–210.

Basim, S.C. (1999). *Physical and Geotechnical characterization of Water Treatment Plant Residuals*. Dissertation. New jersey institute of technology. UMI.

BDP Industries (n.d). “*Model 2VP™ Belt Filter Press Catalog Online*”, New York.

Diakses 20 April 2011 pukul 21.00.

http://www.bdpindustries.com/BDP_new/brochures/2VP_2011.pdf

Beni. (2003). *Studi kualitas air baku, air limbah, dan badan air penerima limbah di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pejompongan 1 dan 2, Jakarta Periode 2000-2002*. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-IPB. Bogor.

Bowen, P.T., M.K. Jackson, R.A. Corbitt, & N. Gonce. (1992). Sludge Treatment, Utilization, and Disposal. *Water Environment Research* Vol. 64, No. 4: 378-386.

Bowen, P.T., V.S. Magar, W.R. Lagarenne, A.M. Muise, & J.R. DeBernardi. (1990). Sludge Treatment, Utilization, and Disposal. *Water Pollution Control Federation* Vol. 62, No. 4.

Branchman, Richard (n.d). *Soil Mechanics*. Diakses 2 April 2011 pukul 20.00.

[http://www.ingenieroambiental.com/3008/Soil%20Mechanics%20\(Richard%20Brachman\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/3008/Soil%20Mechanics%20(Richard%20Brachman).pdf)

Dick, R.I. (1974). Sludge Treatment, Utilization, and Disposal. *Water Pollution Control Federation* Vol. 46: 1161-1181.

Calkins R.J. and J.T. Novak. (1973). Characterization of chemical sludges. *Journal AWWA: American Water Works Association*, New York, U.S.A, Vol 65 (6): 423–428.

Chitranshi U.B. and M. Chaudhuri. 1983. Removal of bacteria from water during magnesium coagulation. *Indian Journal of Technology; Council of Scientific & Industrial Research*, New Delhi, Vol. 21 (8): 310–314.

- Cornwell, D.A., M.M. Bishop, R.G. Gould, and C. Vandermeijden. 1987. *Handbook of practice: Water Treatment Plant Waste Management*. Denver, CO: AWWA Research Foundation.
- Cornwell, D.A. and G.P. Westeroff. 1981. *Management of water treatment plant sludge, sludges and its ultimate disposal*. Ann Arbor Scientific Publication, Ann Arbor, Michigan.
- Cornwell, D.A. 1999. Water treatment plant residuals management in: Raymond D. Letterman (Ed.); *Water Quality and Treatment (A Handbook of Community Water Supplies)*. Fifth Edition. McGraw-Hill, New York: 16.1–16.51.
- Degremont Technologies, “Infilco Accelerator”, USA. http://www.degremont-technologies.com/IMG/pdf/ACCELERATOR_US_Infilco.pdf (28 Juni 2011).
- Dempsey B.A. dan H.A. Elliot . 1990. *Land application of the water treatment sludge* . In: Proceedings of the 44th Purdue Industrial Waste Conference, Purdue University. W. Lafayette, IN: Lewis Publisher.
- Department of Army U.S Army Corps of Engineer. 1984. Engineering and Design Water Supply, Water Treatment Mobilization Construction. Engineer Manual. Washington, D.C.
- Dillon, G. 1997. Application Guide to Waterworks Sludge Treatment and *Disposal*. Wrc, Swindon, England.
- Discflo Corporation, “Discflo Pump Catalog 60 Hz Performance Curves”, USA. http://www.rp-distribution.com/files/pump_curve_catalog.pdf (31 Mei 2011).
- Dixon, D.R., R.J. Eldridge, N.P. Le and P. J. Scales. 2004. The effect of alum dose on the consolidation behaviour of coagulated clay dispersion. *Journal of Water Supply: Research and Technology — Aqua*, IWA Publishing, London, Vol. 53 (8): 545–552.
- Elliot, H.A., and Dempsey, B.A. 1991. Agronomic effect of land application of water treatment sludge. *JAWWA* 83 (4):126-131.
- Environmental Protection Agency. 1974. Flow Equalization. EPA Technology Transfer Seminar Publication.

- Envitech, Perkasa. 2009. Pilot plant of sludge dewatering PT. PALYJA. Jakarta.
- Fearing, D.A., J. Banks, D. Wilson, P. H. Hillis, A. T. Campbell and S. A. Parsons. 2004. NOM control options: The next generation. *Water Science and Technology: Water Supply*, IWA Publishing, London, Vol. 4 (4): 139–145.
- George, D.B., S. G. Berk, V. D. Adams, R. S. Ting, R. O. Roberts, L. H. Parks and R. C. Lott. 1995. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 29:149-158.
- Geritno, Bramanto. 2008. Perencanaan mechanical dewatering di instalasi produksi pejompongan 1 PAM Jaya-Jakarta. Universitas trisakti.
- . Karakteristik lumpur air bersih, nilai specific gravity of sludge dari lumpur IPA di Indonesia [wawancara]. 28 Maret 2011. Jakarta: Pt Juhdi Sakti Eng.
- Government of Indonesia. 1997. Jakarta Water Supply Monitoring project, Water treatment Residual Study. Jakarta: Penulis.
- Hall, Scott and E. Godwin-Saad. 1996. Effects of Pollutants on Freshwater Organisms. *Water Environment Research*, Vol. 68, No. 4: 776-784.
- Haus Centrifuge Technologies. "Decanter Centrifuge Catalog". Istanbul Turkey. (www.hauscentrifuge.com/brochures/HAUS_DECANTERCENTRIFUGE_ENGLISH.pdf)
- Hall, W.S dan L.W. Hall. 1989. Toxicity of alum sludge to ceriodaphnia dubia and pimephales promelas. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 42:791
- Harbour, J.H., N.J. Anderson, A.A.A. Aziz, D. R. Dixon, P. Hillis, P. J. Scales, A.D. Stickland, and M. Tillotson. 2004. Fundamental dewatering characteristics of potable water treatment sludges. *Journal of Water Supply: Research and Technology — AQUA*, International Water Association, Vol. 53 (1): 29–36.
- Heil, D.M., and K.A. Barbarick. 1989. Water treatment sludge influence on the growth of sorghum-sudangrass. *J. Environ. Qual.* 18: 292.

- HDR Engineering, Inc. 1995. *Study to develop BCT for NPDES permit limit for water treatment plants*. Draft report to the City of Phoenix, Water Service Department, Phoenix, AZ.
- Hossain, Tahmina. 2006. *Phosphorus removal from raw sewage using waste alum sludge*. Thesis. Admonton Alberta. ISBN: 987-0-494-22287-4.
- Huat, B.K., Alias, A., dan Azis, A.A. 2008. Evaluation, Selection and Assessment of Guidelines for Chemical Stabilization of Tropical Residual Soils. *American Journal of Environmental Sciences*, Science Publications, Vol. 4 (4): 303-309.
- Institut Teknologi Bandung (ITB). 2006. Toxicity Characteristics Leaching Procedure (TCLP) untuk PT. PAM LYONNAISE JAYA JAKARTA. Bandung: Laboratorium higine industri dan toksikologi ITB.
- Izrail, S.T. and Mathai, P.K. 2006. *Wastewater Sludge Processing*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- Jarvis, P., B. Jefferson and S. A. Parsons. 2004. Characterising natural organic matter flocs. *Water Science and Technology: Water Supply*, IWA, London, England, Vol. 4 (4): 79–87.
- Kamid. Operasional unit pengolahan air bersih dan pembuangan lumpur IPA I [wawancara] 15 Maret 2011. Pejompongan. Jakarta: IPA I Pejompongan.
- Kawamura, Susumu. 2000. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities. Second Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Knocke, W.R., J.R. Hamon and B. Dunlin. 1987. Effects of coagulation on sludge thickening and dewatering. *Journal AWWA; American Water Works Association*, Denver, Colorado, U.S.A. Vol.79 (6): 89–98.
- Knocke W.R. and D.L. Wakeland. 1983. Fundamental characteristics of water treatment plant sludges. *Journal AWWA; American Water Works Association*, Denver, Colorado, U.S.A, Vol. 75 (10): 516–523.
- Lestari, Poppy Sri. 2008. *Desain Sistem Instalasi pengolahan Lumpur IPAM Badaksinga*. Institut Teknologi Bandung.

- Lo, Bill and T.D. Waite. 2000. Structure of hydrous ferric oxide aggregates. *Journal of Colloid and Interface Science*; Academic Press, Vol. 222 (1): 83–89.
- Maulanie, E. & Nurjati. C. 2002. Pengendalian Banjir lewat Pemanfaatan Limbah Lumpur IPAM yang dibuang langsung ke sungai. *Prosiding Seminar Nasional Insentif Ekonomi dan Teknologi dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Puslit KLH ITS. Surabaya.
- McCormick, N., Younker, J., Mackie, A., and Walsh, M. 2009. Data Review from Full-Scale Installations for Water Treatment Plant Residuals Treatment Process. American Water Works Association and Dr. Margaret Walsh, Principal Investigator, Dalhousie University.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Fourth Edition. Mc Graw Hill.
- Monk, R.D.G and J.F. Willis. 1987. Designing water treatment facilities. *Journal AWWA*; American Water Works Association, Denver, Colorado, U.S.A, Vol. 79 (2): 45–57.
- Montgomery, J M. 1985. *Water treatment principle and design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Nielsen, H L., K.E. Carn, and J.N DeBoice. 1973. Alum sludge thickening and disposal. *J.AWWA*, Vol. 65 (6): 385-394.
- Novak, J.T. 1986. Historical and technical perspective of sludge treatment disposal. Washington DC.
- PALYJA. 2008. Discharge water of pejomongan WTP. PALYJA. Jakarta
- PALYJA. 2008. Laporan pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan Jakarta: Palyja.
- Pararas-carayannis, G. 1973. *Ocean Dumping in the new York bight: an assessment of the environmental studies*. Tech. memo. No 39, U.S. Army Corps of Engineers Coastal. Eng. Res. Ctr., Ft Belvoir.
- Parsons, S.A. and B. Jefferson. 2006. *Introduction to Potable Water Treatment Processes*; Blackwell, Oxford, U.K.

- Peavy, H.S., D.R. Rowe, and G. Tchobanoglous. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- UMA Group. 1984. *Alum sludge treatment and disposal*. Alberta Government.
- Reynolds T.D. and Richards P.A. 1996. *Unit operations and processes in Environmental Engineering. Second Edition*. PWS publishing company. BOSTON, MA.
- Rodriguez, N.H., Ramirez, S.M., Varela, M.T.B., Guillem, M., Puig, J., Larrotcha, E., Flores, J. 2009. Re-use of Drinking Water Treatment Plant (DWTP) Sludge: Characterization and Technological Behaviour of Cement Mortars with Atomized Sludge Additions. Elsevier : Cement and Concrete Research, Spanyol, Vol. 40: 778–786.
- Rodriguez, N.H., Ramirez, S.M., Varela, M.T.B., Guillem, M., Puig, J., Larrotcha, E., Flores, J. 2010. Evaluation of Spray-Dried Sludge from Drinking Water Treatment Plants as a Prime Material for Clinker Manufacture. Elsevier : Cement & Concrete Composites, Spanyol, Vol. 33: 267–275.
- Russel, J.S. and B. E. Peck. 2. 1998. “*Process residuals*” in: American Water Works Association and American Society of Civil Engineers (Eds.). *Water Treatment Plant Design, Third Edition*. McGraw-Hill, New York
- Sales, A., Souza, F.R.D, Almeida, F.D.C.R. 2010. Mechanical Properties of Concrete Produced With a Composite of Water Treatment Sludge and Sawdust. Elsevier : Construction and Building Materials, Brazil.
- Sawyer, C., P. McCarty, and G. Parklin. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering. Fourth Edition*. Mc Graw Hill
- Selintung, M. dan Azikin. 2002. Penanganan lumpur instalasi pengolahan air somba opu. *Sci&Tech* vol. 3(2): 1-11.
- Sunandar Aly dan Yusuf Muhammad. Oerasional unit pengolahan air bersih dan pembuangan lumpur IPA II Pejompongan. [wawancara] 18 & 19 April 2011. Jakarta: IPA II Pejompongan.

- The Pieralisi group, "Decanter Centrifuge for industrial use" Katalog Online.
www.pieralisi.com (25 April 2011).
- Thompson, C.G., J. E. Singley and A. P Black. 1972. *Magnesium carbonate — A recycled coagulant*. Journal AWWA; American Water Works Association, New York, U.S.A. Vol. 64 (1): 11–19.
- U.S. EPA. 1995. Process design manual: Land application of sewage sludge and domestic septage. EPA/625/R-95/001. Cincinnati, OH.
- Qasim, S.R., E.M. Motley and G. ZHU. 2000. *Water Works Engineering : Planning, Design, and Operation*. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Tambo, N and Y. Watanabe. 1979. Physical characteristics of flocs — I. The floc density function and aluminium floc. *Water Research*, Pergamon Press, Oxford, Vol.13 (5): 409–419.
- Introducing the Water Treatment Plant Residuals Management Committee. *American Water Works Association*. Vol 96(4) : 50.
- Tsang, K.R and Hurdle R.L. 1991. The co-disposal of water and wastewater treatment residuals-feasibility study. *AWWA/WPCF joint residuals management conference 11-44 August, 1991*. Durham: NC
- Vesillind, P.A. 1975. *Environmental Pollution and Control*. Ann Arbor Science Publishers, Inc. Michigan.
- Wahyudin, W. 2001. Uji Kelayakan Recovery Alum pada Lumpur Hasil Proses Koagulasi- Flokulasi di IPAM Ngagel III Surabaya. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Waite, T.D. 2002. Challenges and opportunities in the use of iron in water and wastewater treatment. *Environmental Science and Bio/Technology*, Kluwer Academic, Vol. 1 (1): 9–15.
- WHO. 1996. Guidelines for Drinking Water Quality. 2nd Edition. Geneva.
- Williams R.B., G.L. Culp. 1986. Handbook of public water systems. Van Nostrand Reinhold . USA.

Wulandari. M.N. 2001. Studi Optimasi Kombinasi Recovered Alum dan Tawas Asli Sebagai Bahan Koagulan pada Proses Koagulasi- Flokulasi IPAM Ngagel III Surabaya. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.

Young, D.L.K. and R.T. Barber. 1973. Effect of waste dumping in the new York Bight on The Growth of Natural Populations of Phytoplankton. *Environmental Pollution* Vol.5 (4): 237.

