

OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM TIRTA DAROY KOTA BANDA ACEH TERHADAP TINGKAT KEKERUHAN AIR SAAT MUSIM PENGHUJAN

TUGAS AKHIR – TL 14092

Semester Genap 2017/2018

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Strata I

Disusun Oleh:

T RYVEN TRIAS KEMBARA

NIM. 140702011

Dosen Pembimbing:

Fathul Mahdariza, S.T, M.Sc

Aulia Rohendi, S.T, M.Sc



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

BANDA ACEH

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM TIRTA DAROY KOTA BANDA ACEH TERHADAP TINGKAT KEKERUHAN AIR SAAT MUSIM PENGHUJAN



T RYVEN TRIAS KEMBARA

140702011

Disahkan pada tanggal 14 Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fathul Mahdariza'.

Fathul Mahdariza, S.T., M.Sc
NIP. 198304232015031002

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Aulia Rohendi'.

Aulia Rohendi, S.T., M.Sc

**OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM TIRTA
DAROY KOTA BANDA ACEH TERHADAP TINGKAT KEKERUHAN
AIR SAAT MUSIM PENGHUJAN**

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 14 Agustus 2018
2 Dzulhijjah 1439 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Fathul Mahdariza, S.T., M.Sc
NIP. 198304232015031002

Sekretaris,



Aulla Rohendi, S.T., M.Sc

Penguji I,



Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc
NIP. 19830202 201503 002

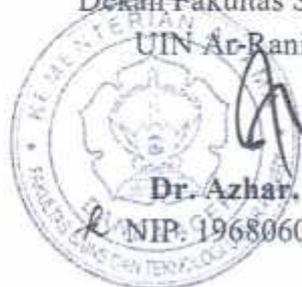
Penguji II



Nurul Kamal, S.T., M.Sc
NIPK. 19690323 201401 1 101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar, S. Pd., M. Pd

NIP. 19680601 199503 1 004 ✓

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : T Ryven Trias Kembara

NIM : 140702011

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Tahun Akademik : 2017/2018

Dengan ini menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

“OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM TIRTA DAROY KOTA BANDA ACEH TERHADAP TINGKAT KEKERUHAN AIR SAAT MUSIM PENGHUJAN”

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Banda Aceh, 14 Agustus 2018

Yang Menyatakan



T Ryven Trias Kembara

ABSTRAK

PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh merupakan Perusahaan Daerah Air Minum yang menyuplai kebutuhan air masyarakat Kota Banda Aceh dengan sumber air baku berasal dari Sungai Krueng Aceh. Kualitas air sungai ini dapat berubah dari waktu ke waktu akibat pengaruh lingkungan seperti cuaca dan iklim. Permasalahan pada IPA PDAM Tirta Daroy yaitu kekeruhan air produksi pada musim penghujan dan terjadinya *overload* kapasitas debit pengolahan akibat permintaan air oleh masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi eksisting unit IPA PDAM Tirta Daroy, mengetahui permasalahan-permasalahan yang terdapat pada unit IPA saat musim penghujan, serta memberikan rekomendasi optimalisasi unit IPA tersebut. Metode-metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengumpulan data, evaluasi dengan cara membandingkan kriteria desain berdasarkan SNI 6774-2008, pengolahan data, dan memberikan rekomendasi optimalisasi pada unit proses koagulasi (menara air baku), flokulasi dan sedimentasi (*clarifier*) serta filtrasi (*sand filter*). Dari hasil penelitian ini terdapat beberapa permasalahan pada unit-unit IPA seperti tidak sesuai nilai gradien kecepatan (G) pada proses koagulasi dan flokulasi dengan kriteria desain, tidak sesuai nilai lama-pencucian dan periode antara dua pencucian pada proses filtrasi. Kesimpulan penelitian ini adalah pemberian rekomendasi optimalisasi berupa penambahan satu unit *clarifier* dengan dimensi 26,36 m x 4,90 m x 4,85 m.

Kata Kunci: Optimalisasi, Instalasi Pengolahan Air (IPA), PDAM, Sedimentasi.

ABSTRACT

WTP PDAM Tirta Daroy Banda Aceh City is a Municipal water supply company that supplies the water needs of the people of Banda Aceh with a source of raw water from the Krueng Aceh River. The water quality of this river varies from time to time due to environmental influences such as weather and climate. The problem in the WTP of PDAM Tirta Daroy is the turbidity of produced water in the rainy season and the overload of processing discharge capacity due to water demand by the community. The purpose of this study is to determine the existing condition of WTP PDAM Tirta Daroy unit, to find out the problems in the WTP units during the rainy season, and to give optimization recommendations for the units. The methods used in this study are data collection, evaluation by comparing design criteria based on SNI 6774-2008, data processing, and optimization recommendations on coagulation process units (raw water towers), flocculation and sedimentation (clarifier) and filtration (sand filter). The results of this study show several problems in the WTP units such as the incompatibility of velocity gradient in the coagulation process and flocculation with the design criteria, the incompatibility of the long-washing value and the period between the two washings in the filtration process. This study produce an optimization recommendation wich is addition of one clarifier unit with dimensions of 26,36 m x 4,90 m x 4,85 m.

Keywords: Optimization, Water Treatment Plant (WTP), PDAM, Sedimentation.

KATA PENGANTAR



Segala puji hanya milik Allah SWT, Dia-lah yang telah menganugerahkan al-Qur'an sebagai hudan lin naas (petunjuk bagi seluruh manusia) dan rahmatan lil'alamin (rahmat bagi segenap alam). Dia-lah yang Maha Mengetahui makna dan maksud kandungan al-Qur'an. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW utusan dan manusia pilihan, dialah penyampai, pengamal dan penafsir pertama al-Qur'an.

Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Selama persiapan penyusunan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Yusri M. Daud, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Zuraidah, M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
3. Bapak Juliansyah S.T. M.Sc, selaku Koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Fathul Mahdariza, S.T. M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas akhir ini dari awal sampai akhir.
5. Bapak Aulia Rohendi, S.T. M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam pembuatan Tugas akhir ini dari awal sampai akhir.

6. Seluruh dosen-dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memotivasi dan mengajari penulis tentang hebatnya ilmu teknik lingkungan.
7. Kedua orang tua yaitu Ayahanda Ir. T. Fuadi dan Ibunda Naimah, S.Pd yang tanpa lelah mendukung dan memberi doa bagi penulis agar dapat menjalani kehidupan ini lebih baik lagi.
8. Abang-abang saya Teuku Rengga Felamona, S.T, M. Eng. Dan Teuku Ryan Fachrianta, S.T., serta dua kembaran tercinta saya Teuku Ryo Rosmanda Parasamia, S.T., dan T. Rykard Yudha Pratama, S.T., yang selalu mengirim doa kepada penulis.
9. Teuku R. Raihan Akbar, M. Akbar Ardiansyah Hasibuan, Cut Julianti, Ilhamullah, Geubrina Riski dan seluruh teman-teman Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2014.
10. Nailul Muna dan Putri Maulidia yang telah membantu penulis dalam pembelajaran *Software* AutoCAD pada penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT., berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, Agustus 2018

Penulis

(T Ryven Trias Kembara)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air.....	5
2.2 Sumber Air Baku.....	5
2.3 Klasifikasi Mutu Air.....	6
2.4 Sistem Pengolahan Air Minum	7
2.5 Unit Pengolahan Air Bersih	8
2.5.1 Bangunan <i>Intake</i>	8
2.5.2 Prasedimentasi.....	8
2.5.3 Koagulasi	8
2.5.4 Flokulasi.....	10
2.5.5 Sedimentasi	12
2.5.6 Filtrasi	19
2.5.7 Desinfeksi.....	20
2.5.8 Reservoir	20
2.6 Perhitungan Biaya Pembangunan Fasilitas	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23

3.2	Tahapan Penelitian	23
3.3	Alat dan Data Penelitian.....	24
3.4	Analisis Kualitas Air	25
3.5	Perhitungan dan Evaluasi Kondisi Eksisting IPA	25
3.6	Optimalisasi Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		28
4.1	Kondisi Eksisting IPA PDAM Tirta Daroy.....	28
4.1.1	Intake.....	29
4.1.2	Menara Air Baku/ Menara Distribusi.....	30
4.1.3	<i>Clarifier</i> 1 dan 2.....	32
4.1.4	Pulsator.....	36
4.1.5	<i>Sand Filter</i> (Proses Filtrasi)	38
4.1.6	Reservoir	39
4.1.7	Bahan Kimia.....	40
4.1.8	Kualitas air (turbiditas) PDAM Tirta Daroy	42
4.2	Evaluasi IPA PDAM Tirta Daroy.....	44
4.2.1	Menara baku (terjadinya proses koagulasi).....	44
4.2.2	<i>Clarifier</i> 1 dan 2 (Flokulasi dan Sedimentasi)	46
4.2.3	Sand filter	54
4.2.4	Efisiensi unit IPA PDAM Tirta Daroy.....	57
4.3	Optimalisasi IPA PDAM Tirta Daroy	60
4.3.1	Dimensi Unit Bak Sedimentasi	60
4.3.2	Efisiensi Penyisihan Keketuhan Bak <i>Clarifier</i> 1, 2 dan 3.....	64
4.3.3	Kondisi Saat Pencucian Bak <i>Clarifier</i> Sesudah Optimalisasi	65
4.3.4	Estimasi Perhitungan Biaya Pembangunan <i>Clarifier</i> 3.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN A GAMBAR.....		71
LAMPIRAN B TABEL		80
LAMPIRAN C PERHITUNGAN KECEPATAN PARTIKEL.....		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Pengolahan Air Minum Secara Umum	7
Gambar 2.2. <i>Rectangular Tank</i>	13
Gambar 2.3. <i>Radial Flow Circular Tanks</i>	14
Gambar 2.4. Zona-zona Sedimentasi.....	18
Gambar 2.5. Model rancang <i>lamella separator</i>	19
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian di PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro	23
Gambar 4.1. Proses pengolahan air pada IPA PDAM Tirta Daroy	29
Gambar 4.2. Bangunan Intake Air IPA PDAM Tirta Daroy	30
Gambar 4.3. Menara Air Baku IPA PDAM Tirta Daroy	31
Gambar 4.4. <i>Clarifier 1</i> IPA PDAM Tirta Daroy.....	32
Gambar 4.5. Proses Pembuangan Lumpur Secara Berkala	33
Gambar 4.6. Ruang Lumpur <i>Clarifier 1</i> PDAM Tirta Daroy.....	34
Gambar 4.7. <i>Clarifier 2</i> IPA PDAM Tirta Daroy.....	35
Gambar 4.8. Ruang Lumpur <i>Clarifier 2</i> PDAM Tirta Daroy.....	36
Gambar 4.9. Pulsator IPA PDAM Tirta Daroy	37
Gambar 4.10. <i>Sand Filter</i> IPA PDAM Tirta Daroy	38
Gambar 4.11. Reservoir IPA PDAM Tirta Daroy	40
Gambar 4.12. PAC IPA PDAM Tirta Daroy.....	41
Gambar 4.13. Bak Kaustik (NaOH) IPA PDAM Tirta Daroy.....	41
Gambar 4.14. Bak Kaporit (NaOH) IPA PDAM Tirta Daroy.....	42
Gambar 4.15. Grafik kekeruhan Air baku dan air bersih bulan Desember tahun 2016 PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh IPA Desa Lubok Batee	43
Gambar 4.16. Grafik kekeruhan Air baku dan air bersih bulan Desember tahun 2013 PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh IPA Desa Lubok Batee	44
Gambar 4.17. Alat Turbidimeter di Laboratorium PDAM Tirta Daroy.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Persentase Tingkat Inflasi Perekonomian Kota Banda Aceh.....	21
Tabel 4.1. Spesifikasi Pompa <i>Submersible</i>	30
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Unit Proses Koagulasi	48
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Unit Proses Flokulasi (pada <i>Clarifier 1</i>)	47
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Unit Proses Sedimentasi (pada <i>Clarifier 1</i>).....	50
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Unit Proses Flokulasi (pada <i>Clarifier 2</i>)	51
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Unit Proses Sedimentasi (pada <i>Clarifier 2</i>).....	54
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Unit Proses Filtrasi (<i>Sand Flter</i>).....	56
Tabel 4.8. Hasil Pengecekan kekeruhan air di di Tiap Unit IPA PDAM Tirta Daroy Bulan Maret 2018.....	58
Tabel 4.9. Efisiensi Penurunan Kekeruhan Air di Tiap Unit IPA PDAM Tirta Daroy Bulan Maret 2018.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang kebutuhan hidup manusia. Keberadaan air sangat berlimpah, mulai dari air permukaan seperti sungai, waduk, danau, laut, hingga samudra dan air tanah seperti mata air, bahkan air reklamasi. Luas wilayah perairan lebih besar daripada luas wilayah daratan. Walaupun demikian, tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dikarenakan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu (Novitasari dkk, 2013).

Air bersih yang akan digunakan tidak dapat dipakai secara langsung, melainkan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan dilakukan dengan tujuan agar air tersebut memenuhi standar air minum atau air bersih sehingga dapat dimanfaatkan. Kualitas air baku merupakan faktor dalam penentuan efisiensi pengolahan yang faktor-faktornya meliputi, kekeruhan, warna, pH, kandungan zat kimia, dan lain sebagainya. Maka dari itu diperlukan proses pengolahan pada suatu instalasi sesuai dengan kualitas dan kuantitas yang diinginkan (Saputri, 2011).

Allah berfirman di dalam Alquran mengenai air dan hujan dalam surat Al-Furqan ayat 48 :

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا

Artinya: “Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmat-nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih”. [QS. Al-Furqan : 48]

Ditafsirkan oleh Quraish Shihab yaitu Allah-lah yang menundukkan angin untuk menggiring awan. Angin tersebut juga sebagai pertanda berita gembira datangnya hujan yang merupakan rahmat Allah untuk manusia. ‘Sesungguhnya

Kami turunkan dari langit air yang suci dan menyucikan, serta dapat menghilangkan najis dan kotoran'. Pada ayat ini Allah memberitahukan bahwa Dia memberikan nikmat kepada manusia berupa turunnya air yang suci dari langit untuk mereka. Ayat ini menunjukkan bahwa air hujan, ketika pertama kali terbentuk, sangat bersih. Meskipun ketika turun air tersebut membawa benda-benda dan atom-atom yang ada di udara, air itu masih tetap sangat suci (Manupraba, 2015).

Sistem pengolahan dan penyediaan air minum di Kota Banda Aceh saat ini dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Daroy Kota Banda Aceh. PDAM ini mempunyai dua Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu di Lambaro dan di Siron. PDAM Tirta Daroy melayani penduduk Kota Banda Aceh dengan menggunakan sumber air baku Sungai Krueng Aceh yang kualitas airnya berubah dari waktu ke waktu akibat pengaruh lingkungan seperti cuaca dan iklim.

Pertumbuhan penduduk di Kota Banda Aceh semakin meningkat tiap tahunnya, sehingga PDAM Tirta Daroy membutuhkan pasokan air bersih yang cukup besar. Hal tersebut menyebabkan *overload* kapasitas pengolahan pada IPA PDAM Tirta Daroy. Berdasarkan data tingkat kekeruhan air (turbiditas) PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh IPA Lambaro (2016 dan 2017), tingginya angka turbiditas sungai mencapai 500 NTU lebih saat musim penghujan sehingga mengakibatkan sulitnya pengolahan air. Hal ini juga dapat mempengaruhi kualitas air produksi dan kinerja IPA PDAM Tirta Daroy. Khususnya pada unit-unit yang berpengaruh menurunkan kekeruhan dalam mengolah air dengan kualitas rendah (kekeruhan dibawah baku mutu) pada musim penghujan. Turbiditas air produksi pada PDAM Tirta Daroy dapat berpengaruh dalam memenuhi kebutuhan air bersih di Kota Banda Aceh.

Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan suatu evaluasi kinerja pada beberapa unit IPA di PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro yang dianggap dapat mempengaruhi kualitas air pada tingkat kekeruhannya, seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Hasil evaluasi yang didapat nantinya berupa rekomendasi optimalisasi dalam mengatasi permasalahan pada tiap-tiap unit IPA tersebut di PDAM Kota Banda Aceh terlebih saat musim penghujan berlangsung.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah untuk tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi pada IPA Lambaro PDAM Tirta Daroy terkait permasalahan tingginya kekeruhan air saat musim penghujan?
2. Apa permasalahan-permasalahan yang terdapat pada IPA Lambaro PDAM Tirta Daroy saat musim penghujan?
3. Bagaimana rekomendasi optimalisasi pada unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi di IPA Lambaro PDAM Tirta Daroy?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kondisi eksisting unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi pada IPA Lambaro PDAM Tirta Daroy terkait permasalahan tingginya kekeruhan air saat musim penghujan.
2. Untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang terdapat pada unit IPA PDAM Tirta Daroy saat musim penghujan.
3. Memberikan rekomendasi optimalisasi IPA pada unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai informasi mengenai, kinerja IPA PDAM saat musim penghujan terhadap kekeruhan air, serta memberikan rekomendasi pengembangan IPA terkait *overload* kapasitas pengolahan khususnya pada unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi sehingga dapat meningkatkan tingkat pelayanan air bersih bagi masyarakat Kota Banda Aceh.

1.5 Batasan Penelitian

Penulisan tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

- Evaluasi dilakukan di IPA PDAM Tirta Daroy dengan kapasitas produksi yaitu 740 L/dtk (PDAM, 2018) terhadap kinerja unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi pada kondisi eksisting.

- Analisis kualitas air dilakukan hanya pada parameter turbiditas (kekeruhan)
- Optimalisasi dilakukan hanya pada unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi.
- Menghitung estimasi biaya konstruksi hanya berdasarkan pendekatan fasilitas IPA saja.
- Tidak menghitung proyeksi jumlah penduduk.
- Tidak membahas jaringan distribusi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air yang dikonsumsi sehari-hari dipengaruhi oleh jenis air dan jumlah pemakai air, serta karakteristik pemakai air. Faktor-faktor yang mendorong adanya perbedaan tingkat pemakaian air yaitu jumlah penduduk, iklim, pembangunan, ekonomi dan kualitas air baku (Astuti dkk, 2010).

Empat konsep dasar dalam penyediaan air bersih untuk kebutuhan manusia sehari-hari yaitu harus memenuhi dari segi kualitas, kuantitas, kontinuitas dan ekonomis. Dari segi kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan khususnya untuk air minum; air dari kuantitas yaitu air harus cukup untuk memenuhi segala kebutuhan manusia; dari segi kontinuitas adalah air tersebut harus selalu tersedia dan berada pada siklusnya; dan yang terakhir dari segi ekonomi yaitu harga jual air harus terjangkau oleh semua golongan kalangan masyarakat (Saputri, 2011).

2.2 Sumber Air Baku

Menurut Joetata, (1997 dalam Lufira dkk, 2012) sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih banyak terdapat di alam. Di bawah ini terdapat sumber-sumber air yang dikelompokkan menjadi 4 yaitu:

- 1) Air hujan yaitu air angkasa yang airnya tergantung pada besar kecilnya curah hujan di wilayah tersebut.
- 2) Air permukaan yaitu air yang memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan lebih lanjut karena biasanya air ini telah terkontaminasi dengan berbagai zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan.
- 3) Air tanah yaitu air yang lebih sedikit polutannya karena berada di bawah permukaan tanah, tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa air tanah dapat tercemar oleh zat-zat pengganggu kesehatan seperti kandungan Fe, Mn, kesadahan dan lain-lain.

- 4) Mata air yaitu air yang jika dilihat dari kuantitasnya terbatas tetapi sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat adanya tekanan dalam tanah, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar.

Sumber-sumber air nantinya akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan air minum yang terbagi dalam beberapa kelas sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (PP Nomor 82 Tahun 2001). Pembagian kelas air berfungsi sebagai penentuan penggunaan air ke depannya.

2.3 Klasifikasi Mutu Air

Klasifikasi mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas:

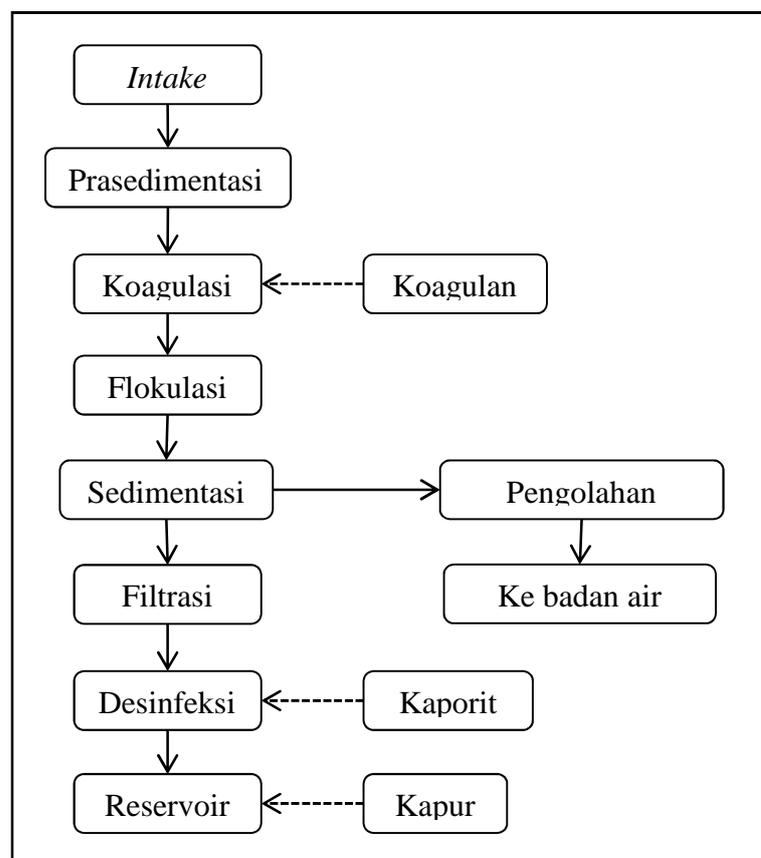
- 1) Kelas satu yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 2) Kelas dua yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 3) Kelas tiga yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 4) Kelas empat yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Air minum yang diolah dan dikonsumsi oleh masyarakat harus sesuai dengan persyaratan air minum yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan No.492/PER/IV/2010 (PERMENKES Nomor 492 Tahun 2010) tentang persyaratan kualitas air minum, seperti parameter mikrobiologi, kimia anorganik, parameter fisik dan kimia.

Sistem pengolahan air yang baik sangat dibutuhkan masyarakat dengan tujuan memenuhi kebutuhan hidup mereka, seperti kualitas air, jumlah air dan kelangsungan air adalah indikator sistem pengolahan air minum yang baik (Saputri, 2011).

2.4 Sistem Pengolahan Air Minum

Menurut (Saputri, 2011) proses pengolahan air secara umum yang sumber airnya berasal dari air permukaan dapat digambar sebagai berikut:



Gambar 2.1. Skema Pengolahan Air Minum Secara umum

(Sumber: Saputri, 2011)

Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi serta adanya instrumen pengontrolan air merupakan proses IPA dalam mengolah air secara umum. Instalasi ini didesain dengan tujuan menghasilkan air yang layak dikonsumsi masyarakat bagaimanapun kondisi cuaca dan lingkungan (Kawamura 1991, dalam Novitasari dkk, 2013).

2.5 Unit Pengolahan Air Bersih

Menurut Putri (2013) ada beberapa unit bangunan pengolah air yang terdiri dari bangunan *intake*, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan reserboir.

2.5.1 Bangunan *Intake*

Bangunan *intake* adalah bangunan pengambil atau penangkap air dari sumber air. Pada bangunan intake terdapat penyaring kasar (*bar screen*) yang berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran seperti kayu dan sampah yang terdapat dalam air. *Intake* harus diletakkan di lokasi yang mudah dicapai agar dapat meyunyuplai cukup air, dan dirancang sesuai kuantitas yang optimal. Tipe-tipe bangunan *intake* yang banyak digunakan seperti tipe saluran yang biasanya digunakan untuk air sungai yaitu tipe pintu (*intake gate*) dan tipe pengambilan air bakunya berasal dari danau, bendungan atau dam yaitu menara (*intake tower*).

2.5.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan proses awal yang berfungsi sebagai penghilang padatan tersuspensi penyebab kekeruhan melalui proses pengendapan tanpa penggunaan koagulan (tanpa proses koagulasi-flokulasi), melainkan secara gravitasi. Nilai Reynolds (N_{re}) dan bilangan Froud (N_{fr}) harus memenuhi syarat agar terjadi pengendapan yang ideal yaitu kondisi aliran laminar ($N_{re} < 2000$), dan ($N_{fr} > 10^{-5}$) agar tidak terjadinya aliran pendek.

2.5.3 Koagulasi

Proses koagulasi merupakan suatu proses penambahan senyawa kimia (koagulan) untuk mendestabilisasikan koloid dan partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air baku melalui pengadukan cepat agar terbentuk gumpalan yang lebih besar. Bentuk alat pengaduk cepat dapat bervariasi seperti *rapid mixer*, hidrolis (*hydraulic jump* atau terjunan) dan mekanis (menggunakan batang pengaduk). Jenis dan dosis pembubuhan koagulan yang digunakan dalam proses pengadukan dari bahan koagulan merupakan faktor penentu berhasil atau tidaknya suatu proses koagulasi (Darmasetiawan, 2001, dalam Arifiani, 2007). Lebih lanjut

(Saputri, 2011) mengatakan secara umum proses koagulasi dilakukan dengan tujuan untuk:

- Mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh partikel koloid anorganik maupun organik di dalam air.
- Mengurangi warna (menjadi lebih jernih) yang disebabkan oleh partikel koloid dalam air.
- Mengurangi bakteri-bakteri patogen algae, dan organisme plankton lainnya dalam air.
- Mengurangi bau dan rasa yang diakibatkan oleh partikel koloid dalam air.

Menurut Joko (2011) pengadukan yang memanfaatkan gaya hidrolis air pada IPA, yaitu dengan memanfaatkan turbulensi dalam pipa dan terjunan air itu sendiri. Pengadukan hidrolis dengan terjunan air biasanya dipakai untuk debit air di atas 50 lt/dtk. Pembubuhan koagulan dilakukan sebelum air diterjunkan, karena diharapkan air yang akan terjun tersebut sudah terkandung koagulan yang siap teraduk. Lebih lanjut Said (2008) mengatakan variabel operasi dalam proses koagulasi yang perlu diperhatikan yaitu:

- Gradien kecepatan (*gradien velocity*) dihitung dengan rumus:

$$G = \sqrt{\frac{g x h}{v x t}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- G = Gradien kecepatan (detik⁻¹)
- g = Percepatan gravitasi, 9,81 (m/detik²)
- h = tinggi terjunan (m)
- v = kecepatan aliran (m/detik)
- td = Waktu detensi (detik)

Untuk koagulasi nilai G antara 700-1000 detik⁻¹

- Waktu tinggal (detensi):
Waktu tinggal dalam bak koagulasi biasanya 1-5 menit.

Menurut Said (2008) koagulan berfungsi sebagai penggumpal partikel padat tersuspensi, zat warna, koloid untuk membentuk gumpalan yang lebih besar atau disebut dengan flok, sehingga flok-flok tersebut dapat dengan mudah terendapkan. Pemilihan zat koagulan harus mempertimbangkan jumlah dan kualitas air, turbiditas air baku dan lain-lain. Koagulan yang sering digunakan dalam proses pengolahan air minum antara lain aluminium sulfat (alum), Poly Aluminium Chloride (PAC).

1. Aluminium Sulfat (Alum), $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Alum merupakan bahan koagulan yang banyak dipakai untuk pengolahan air karena harganya murah, flok yang dihasilkan stabil serta cara pengerjaannya mudah. Alum yang bercampur dengan air mempunyai muatan positif. Sedangkan partikel koloid dalam air biasanya bermuatan negatif, maka dari itu kedua muatan akan terjadi gaya tarik menarik sehingga terbentuk gumpalan partikel yang makin lama makin besar dan berat sehingga mengalami pengendapan.

2. Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC merupakan koagulan yang sangat baik, biasanya membentuk cair. Daya koagulasinya lebih besar dari pada alum dan dapat menghasilkan flok yang stabil walaupun pada suhu yang rendah. Dibandingkan dengan alum PAC lebih cepat membentuk flok dan flok yang dihasilkan mempunyai kecepatan pengendapan yang lebih besar yaitu 3 - 4,5 cm/menit, serta cocok untuk turbiditas yang tinggi.

2.5.4 Flokulasi

Proses pembentukan flok akan berjalan dengan baik jika pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan. Flokulasi merupakan proses penggabungan antar partikel sehingga menjadi partikel-partikel yang lebih besar (flok) sehingga lebih mudah mengendap secara gravitasi. Bahan koagulan yang dipakai, pH dan lamanya pengadukan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses berlangsungnya flokulasi. (Sutrisno, 2002 dalam Afriani, 2007).

Menurut Said (2008) salah satu pengadukan dalam proses flokulasi adalah pengadukan berdasarkan energi yang ada dalam air itu sendiri. Pengadukan ini dilakukan dengan sistem saluran atau bak dengan penyekat baik secara horizontal maupun vertikal. Dalam hal ini gradien kecepatan dapat dihitung dengan rumus:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V\mu}} \quad (2.2)$$

$$G = \sqrt{\frac{\rho \cdot Q \cdot h_L \cdot g}{V \cdot \mu}} \quad (2.3)$$

$$Td = \frac{V}{Q} \quad (2.4)$$

Keterangan:

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹)

Td = waktu pengdukan atau waktu tinggal (detik)

P = Power Input, Watt (N.m/detik)

V = Volume bak pencampur cepat (m³)

μ = Viskositas, N.detik/m.

= Densitas air (Kg/m³)

Q = Laju alir air baku (m³/detik)

h_L = Total *head loss*

g = Pecepatan gravitasi (m/ detik²)

Total *Head Loss*:

- *Head loss* (h_L)

$$h_L = \frac{n \cdot v \cdot L^2}{R^3} \quad (2.5)$$

Keterangan:

n = Koefisien Kekasaran

L = Panjang bak (m)

R_h = R_h (Radius Hidrolis) dalam m

v = Kecepatan aliran (m/detik)

2.5.5 Sedimentasi

Unit sedimentasi merupakan unit setelah proses koagulasi-flokulasi yang berfungsi untuk memisahkan *solid* dan *liquid* dari suspensi untuk menghasilkan air yang lebih jernih melalui pengendapan secara gravitasi. Unit berfungsi sebagai peringan beban kerja unit filter dan memperpanjang lamanya kerja filter (Putri, 2013).

Bak sedimentasi didesain untuk menghasilkan aliran *up-flow*. Aliran *up-flow* mengalirkan air dari arah bawah ke atas ataupun berlawanan dengan arah pengendapan yaitu dari atas ke bawah. Pada awal pemakaian bak sedimentasi pengendapan kurang begitu efektif, perubahan terjadi setelah beberapa jam, pengendapan akan semakin efektif. Hal ini terjadi karena belum terbentuknya selimut lumpur (*sludge blanket*) (Novitasari dkk, 2013).

Menurut Ratnayaka (2009) pada bak aliran horizontal, aliran airnya harus terjadi pada kondisi laminar (bilangan Reynolds <2000). Sedangkan aliran pendek dan ketidakstabilan aliran harus sesuai bilangan Froude yaitu $>10^{-5}$. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan:

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{V} \cdot \mathbf{R}}{\mu} \quad (2.6)$$

Keterangan:

Re = Bilangan Reynolds

V = Kecepatan aliran (m³/detik)

Rh = radius hidrolis (m)

μ = Viskositas kinematik (m²/detik)

Sedangkan rumus bilangan Froude (untuk *horizontal flow tanks*) dapat dinyatakan dengan:

$$\mathbf{Fr} = \frac{\mathbf{v}}{\sqrt{\mathbf{g} \cdot \mathbf{R}_h}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Fr = Bilangan Froude

v = Kecepatan aliran m/detik

R_h = Radius hidrolis

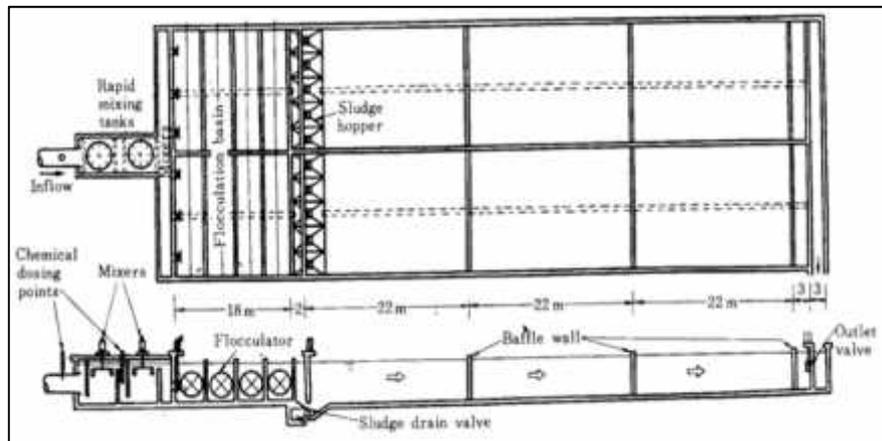
g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/detik}^2$)

l, w, d = Length, width, and depth (Dimensi tanki dalam meter)

1. Jenis Bak Sedimentasi

Ada beberapa jenis bak sedimentasi yang bentuk bangunannya secara umum berupa:

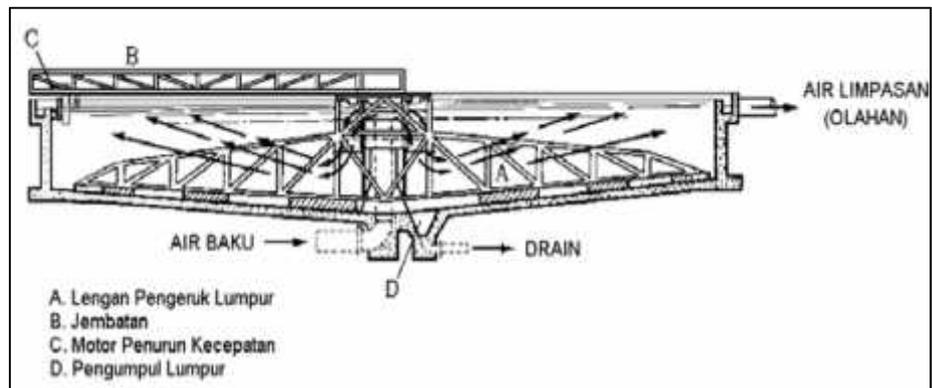
- a) Segi empat (*Rectangular Tanks*), air baku mengalir secara horizontal dari *inlet* menuju *outlet* (Gambar 2.1). Partikel flokulen yang terbentuk diharapkan mengendap secara gravitasi ke *settling zone* (zona pengendapan).



Gambar 2.2. *Rectangular Tank*

(Sumber: Engineering Notes, 2017)

- b) Lingkaran (*Circular Tanks*), air baku masuk melalui bagian tengah lingkaran dan secara horizontal menuju ke *outlet* di bagian keliling lingkaran (Gambar 2.2). Partikel flokulen yang terbentuk mengendap secara gravitasi ke bawah.

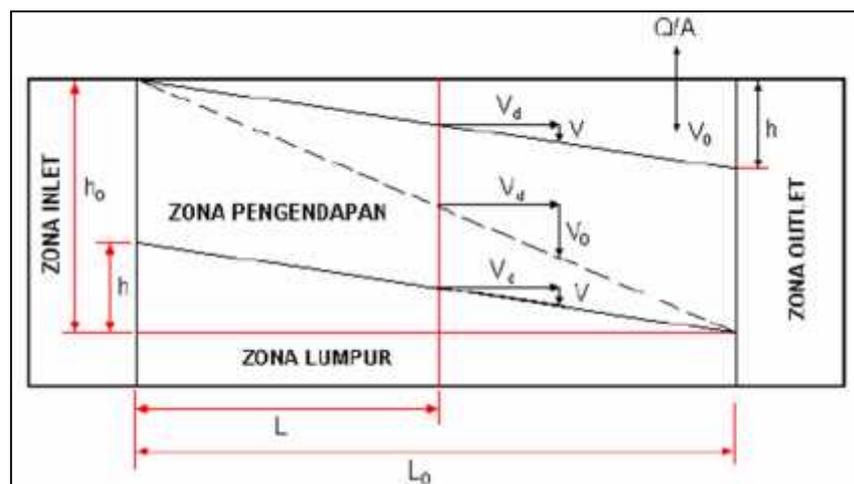


Gambar 2.3. *Circular Tank*

(Sumber: Said, 2008)

2. Zona Bak Sedimentasi

Menurut Lumbessy (2013, dalam Priambodo 2016) pada bangunan sedimentasi, terdapat beberapa zona yang mendukung proses pengendapan, yaitu zona inlet, zona pengendapan, dan zona lumpur. Lebih lanjut Kawamura (1991, dalam Priambodo, 2013) mengatakan perbandingan panjang dan lebar bak sedimen yang sesuai dengan kriteria adalah 6:1-4:1, sedangkan perbandingan lebar dengan ketinggian bak 3:1-6:1. Ukuran dimensi bak sedimentasi dihitung berdasarkan kriteria beban permukaan yaitu sekitar 3-6 jam.



Gambar 2.4 Zona-zona Sedimentasi

(Sumber: Said, 2008)

Keterangan Gambar 2.4:

V_d = Pengendap

V_0 = Kecepatan pengendapan partikel yang mengendap penuh di bak pengendap dengan waktu t_0

Q = Laju air baku

A = Luas permukaan bak pengendap

h_0 = Kedalaman bak pengendap

C = Volume bak

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa semua partikel yang mempunyai kecepatan pengendapan $V_s \geq V_0$ akan mengendap di bak pengendapan.

Menurut Said (2018) efisiensi pengendapan ditunjukkan oleh rasio dari partikel yang terendapkan. Partikel mempunyai kecepatan partikel (V_s) yang jika memasuki seksi h akan mengendap di bak pengendap. Dengan demikian, efisiensi pengendapan (E) dapat dihitung dengan:

$$E = \frac{V}{V} = \frac{V}{Q/A} \quad (2.8)$$

Keterangan:

E = Efisiensi pengendapan

V_s = Kecepatan pengendapan (m/detik)

Lebih lanjut Joko (2010) mengatakan ada 4 bagian zona sedimentasi yaitu:

a) Zona Inlet

Zona yang didesain agar air baku masuk tanpa mengganggu partikel yang mengendap dan dapat didistribusikan secara seragam serta merata sepanjang bak sedimentasi.

b) Zona Pengendapan

Pada zona pengendapan partikel dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya aliran itu sendiri. Gaya partikel menyebabkan partikel bergerak ke bawah sedangkan gaya aliran menyebabkan partikel bergerak searah horizontal. Jumlah gaya tersebut menyebabkan partikel mengendap di zona lumpur. Lamanya waktu yang dibutuhkan air mengalir dari awal zona

pengendapan sampai air keluar melalui outlet disebut waktu detensi. Partikel sudah mengendap seluruhnya pada zona lumpur dalam waktu detensi. Waktu detensi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{V}{Q} \quad (2.9)$$

Keterangan:

Td = Waktu detensi (detik)

V = Volume bak (m^3)

Q = Debit aliran ($m^3/detik$)

Agar suspensi dapat mengendap secara gravitasi, air baku harus dialirkan dengan tenang. Kondisi ini dapat tercapai apabila memenuhi hubungan matematis sebagai berikut:

$$\frac{L}{V} = \frac{l}{v} \quad (2.10)$$

Keterangan:

L = panjang zona pengendapan, m

l = kedalaman air pada zona pengendapan, m

V = kecepatan horizontal air, m/detik

v = kecepatan pengendapan partikel, m/detik

Beban permukaan (*surface loading*) adalah debit aliran per unit area permukaan bak pengendap. Kecepatan pengendapan partikel sama dengan beban permukaan, sehingga kedalaman bak sedimentasi tidak berpengaruh pada kondisi tersebut. Maka dari itu dapat direncanakan zona pengendapan sehingga partikel dapat diendapkan pada dasar bak.

Persamaan umum untuk kecepatan mengendap partikel menurut Said (2008), adalah:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3C} \left(\frac{\rho - \rho'}{\rho} \right) g \cdot d} \quad (2.11)$$

Keterangan:

Vs = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

Cd = Koefesien Drag

= Densitas air (kg/m^3)

s = Densitas partikel (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/detik^2)

d = Diameter partikel (m)

Atau

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{g}{c} \right) (S_s - 1) d} \quad (2.12)$$

$$N_{re} = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\mu} \quad (2.13)$$

Keterangan :

S_s = Spesifik Gravity partikel

μ = Viskositas air

Untuk nilai $N_{re} = 10^3 - 10^4$, nilai $C_d = 0.4$

Maka persamaan di atas menjadi:

$$V_s = \sqrt{3,2 g (S - 1) d} \quad (2.14)$$

Untuk aliran yang viskos, pada N_{re} yang rendah ($N_{re} < 0,5$) maka harga $C_d = 24/N_{re}$.

Maka kecepatan pengendapan partikel akan menjadi:

$$V_s = \frac{(\rho - \rho') g d}{1} \quad (2.15)$$

c) Zona Lumpur

Pada zona ini lumpur diusahakan dapat terkumpul sehingga dapat dibuang melalui proses pengurasan pada waktu tertentu.

Kemiringan dinding zona penampung lumpur dibuat sebesar 60° terhadap horizontal. Pipa pembuang lumpur minimal sebesar 150 mm.

d) Zona Outlet

Zona ini merupakan zona akhir dari unit bak sedimentasi dan zona ini didesain mirip dengan zona inlet, yaitu air dikeluarkan tanpa mengganggu pengendapan.

3. Desain Bak Sedimentasi

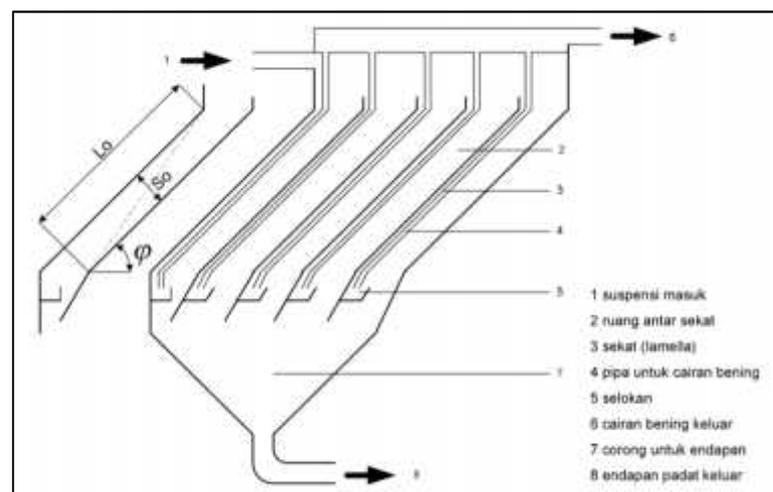
Menurut Joko (2010) desain bak sedimentasi didasari oleh beberapa asumsi yaitu:

- 1) Air yang berada dalam zona sedimentasi adalah tenang tanpa terjadi gangguan, dan pengendapan terjadi pada zona pengendapan.
- 2) Aliran air adalah *steady* (tunak) dan semua partikel didistribusikan secara merata pada penampang bak secara tegak lurus.
- 3) Partikel mengendap pada zona lumpur.

Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam desain bak sedimentasi adalah proses pengolahan secara keseluruhan, sumber air baku (kekeruhan rendah, sedang, tinggi), kecepatan pengendapan partikel, kondisi iklim, karakteristik geologi pada *site plan*.

4. Plate Settler (Lamella)

Pemisah sekat atau biasa disebut dengan *lamella separator* (Gambar 2.7) adalah alat pengendapan secara gravitasi yang dipasang miring dengan derajat tertentu. *lamella* pada umumnya berbentuk segi empat, tabung bulat, atau bentuk-bentuk beraturan lainnya. Keuntungan pemasangan dari *lamella* ini adalah tidak memerlukan area pengendapan yang luas dikarenakan pengendapan menjadi lebih singkat (Rifandi, 2015).



Gambar 2.5 Model rancangan *lamella separator*

(Sumber: Rifandi, 2015)

Untuk menghitung radius hidrolis pada *lamella* ini menggunakan persamaan:

$$Dh = \frac{4 S}{(2 + 2 \quad)} \quad (2.16)$$

Keterangan :

Dh = Radius hidrolis *lamella separator*

b = Lebar bak pengendapan (m)

So = Jarak antar sekat (m)

Menurut Joko (2010) zona pengendapan yang menggunakan tipe *plate settler*, mempunyai kriteria sebagai berikut:

- Sudut kemiringan *plate* 60°.
- Jarak antar *plate* 2,5 cm.
- Tinggi vertikal *plate* 1-5,5 m.
- Jarak ujung *plate* terbawah terhadap zona lumpur 1-1,15 m.
- Jarak ujung *plate* teratas dengan permukaan air 60 cm.

2.5.6 Filtrasi

Menurut Darmasetiawan (2001, dalam Arifiani, 2007) filtrasi berfungsi sebagai penyaring flok-flok halus dan partikel-partikel koloid yang masih terdapat dalam air yang tidak terendapkan pada unit sedimentasi melalui media butiran yang berpori. Filtrasi dikelompokkan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat (filter bertekanan dan filter terbuka) dan saringan pasir lambat. Setelah filter digunakan dalam jangka waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan, sehingga perlu dilakukan pembersihan. Pembersihan dapat dilakukan melalui pencucian dengan udara dan pencucian dengan air (pencucian permukaan filter dengan penyemprotan dan pencucian dengan *backwash*).

Menurut Said (2008) saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) digunakan untuk penyaringan dengan kecepatan 40 kali lebih besar dari pada saringan pasir lambat. Karena proses penyaringannya besar maka dibutuhkan proses koagulasi-flokulasi terlebih dahulu untuk meringankan beban (kekeruhan) pada unit filter.

Untuk menentukan jumlah bak filter yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N = 12 (Q)^{0.5} \quad (2.17)$$

Keterangan:

N = Jumlah bak filter

Q = Debit aliran air (m³/detik)

Sedangkan untuk menentukan kecepatan filter yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.18)$$

Keterangan:

V = Kecepatan penyaringan (m/detik)

A = Luas Area Filter (m²)

2.5.7 Desinfeksi

Menurut Qasim, Motley, dan Zhu (2000, dalam Saputri, 2011) desinfeksi air bersih berfungsi untuk menghilangkan bakteri patogen yang biasanya menggunakan klorin dikenal dengan proses klorinasi. Keefektifan desinfektan dalam membunuh dan menonaktifkan mikroorganisme berdasarkan pada tipe desinfektan yang digunakan, tipe mikroorganisme, waktu kontak air dengan desinfektan, suhu air, dan karakteristik kimia air lainnya.

2.5.8 Reservoir

Menurut Qasim, Motley, dan Zhu (2000, dalam Saputri, 2011) reservoir adalah tangki penyimpanan air bersih yang telah melalui poses pengolahan pada instalasi. Air yang telah mengalami proses pengolahan ini kemudian menuju ke sistem distribusi. Reservoir terdiri dari dua jenis yaitu *ground storage* reservoir dan *elevated storage* reservoir. *Ground storage* reservoir membutuhkan pompa dalam pengoperasiannya dan biasanya digunakan untuk menampung air dengan kapasitas besar, sedangkan *elevated storage* reservoir dalam pengoperasiannya dilakukan secara gravitasi dan menampung air dengan kapasitas relatif lebih kecil dari *ground storage*

reservoir. Kapasitas reservoir untuk kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan pemakaian dalam 24 jam. Reservoir tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan, namun juga meliputi kebutuhan air untuk operasi instalasi dan kebutuhan air pekerjanya.

2.6 Perhitungan Biaya Pembangunan Fasilitas

Salah satu pendekatan perhitungan biaya fasilitas adalah pendekatan yang dikenalkan oleh Cilensek (1990). Estimasi perhitungan biaya fasilitas dikenal dengan prinsip 6/10, dengan persamaan:

$$\text{Biaya Fasilitas B} = \text{Biaya Fasilitas A} \times \left(\frac{K}{K} \frac{F}{F} \frac{B}{A} \right)^{0,6} \quad (2.19)$$

Keterangan:

Biaya Fasilitas A = Biaya fasilitas sebelumnya.

Biaya Fasilitas B = Biaya fasilitas yang akan dihitung.

Kapasitas Fasilitas A = Kapasitas fasilitas sebelumnya.

Kapasitas Fasilitas B = Kapasitas fasilitas yang akan dihitung.

Dalam menghitung biaya pembangunan fasilitas juga perlu diperhatikan tingkat inflasi perekonomian suatu daerah. Tingkat inflasi suatu daerah dari tahun ke tahun cenderung mengalami perubahan, seperti contoh tingkat inflasi Kota Banda Aceh mulai dari tahun 2007-2016 pada Tabel 5.10.

Tabel 2.1 Persentase Tingkat Inflasi Perekonomian Kota Banda Aceh

Tahun	Inflasi (%)
2007	11,00
2008	10,27
2009	3,5
2010	4,64
2011	3,32
2012	0,06
2013	6,39
2014	7,83
2015	1,27
2016	0,71

(Sumber: Banda Aceh dalam angka, 2017)

Sedangkan dalam menghitung harga suatu fasilitas pada tahun tertentu menggunakan data inflasi, dapat dihitung dengan persamaan:

$$\mathbf{Harga\ tahun\ n = Harga\ tahun\ n-1 \times (1 + Inflasi\ tahun\ n)} \quad \mathbf{(2.20)}$$

Keterangan:

Harga tahun n = Harga tahun yang ingin dicari

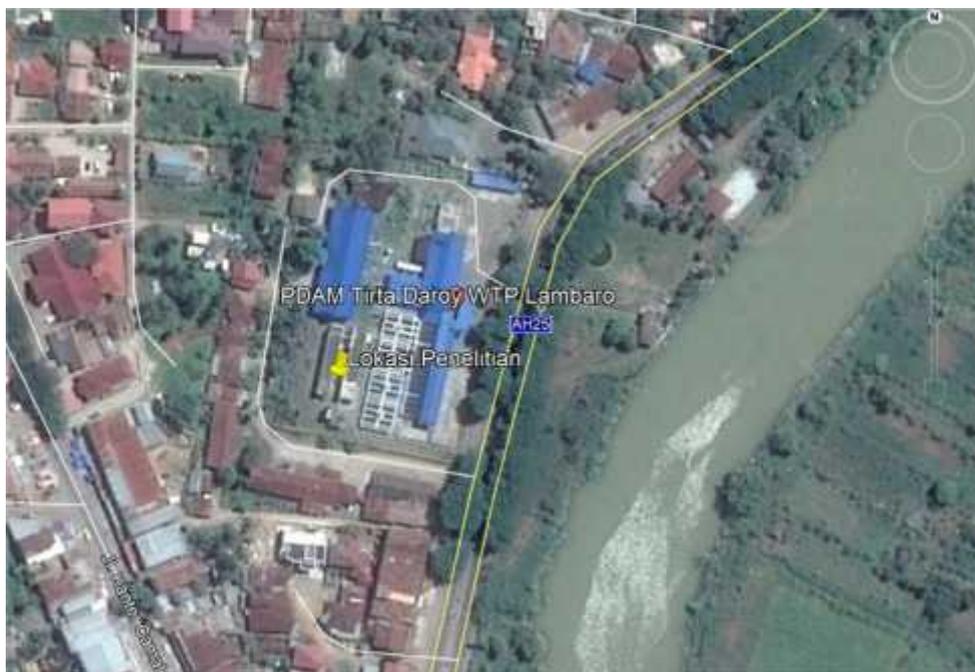
Inflasi tahun n = Inflasi tahun yang ingin dicari.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama ± 2 Minggu pada bulan Februari-Maret 2018. Lokasi penelitian ini dilakukan di IPA Tirta Daroy Cabang Lambaro Desa Lubok Batee pada Gambar 3.1. Pengukuran, perhitungan serta analisis data dilakukan di IPA PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian di PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro Kota Banda Aceh
(Sumber: Google Earth Pro, 2017)

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan seperti studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data sampai optimalisasi unit sedimentasi yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.1 hal. 74. Sedangkan *timeline* kegiatan penelitian pada Lampiran B.1 hal 82.

Persiapan kegiatan di awal seperti pengumpulan materi dan bahan pendukung pada bulan Desember 2017, penyusunan proposal bulan Januari 2018 sedangkan konsultasi dilakukan sampai akhir penelitian. Pelaksanaan penelitian seperti pengumpulan data data primer dan sekunder dan tahap akhir yaitu solusi optimalisasi unit sedimentasi pada IPA PDAM Tirta Daroy Banda Aceh.

3.3 Alat dan Data Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini untuk mengolah dan mengukur data yaitu:

- Turbidimeter untuk mengukur kekeruhan air
- Kalkulator, Microsoft Office (Excel) untuk perhitungan dan meteran untuk pengukuran.
- Auto Cad 2013 untuk optimalisasi desain unit IPA

Sedangkan data penelitian yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yaitu:

1) Data Primer

Data primer adalah data yang diambil secara langsung di lapangan atau data yang dihasilkan dari suatu observasi pada saat penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Observasi ke IPA PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro Kota Banda Aceh untuk mengetahui kondisi dan permasalahan yang ada pada unit proses instalasi (koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi).
- Pengambilan sampel air dengan parameter kekeruhan (turbiditas) tahun 2018.
- Wawancara dengan teknisi dan karyawan di kantor PDAM Tirta terkait permasalahan *overload* kapasitas pengolahan dan kekeruhan air produksi.

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil secara tidak langsung, yang berfungsi sebagai pelengkap dan penunjang saat penelitian. Adapun data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Data historis kekeruhan air (turbiditas) tahun 2016-2017.

- Gambar detail IPA PDAM Tirta Daroy unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi.
- Ukuran dimensi unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi.

3.4 Analisis Kualitas Air

Analisis kualitas air dengan mengukur kekeruhan air (*turbiditas*) dilakukan di empat titik sampling yaitu:

- Titik satu pada Menara Air Baku (Air Baku)
- Titik dua pada *Clarifier* 1 dan 2
- Titik tiga pada Pulsator 1, 2, 3 dan 4
- Titik empat pada outlet filtrasi (Air Bersih)

Pengambilan sampel air dilakukan dalam satu minggu selama tiga hari berturut-turut. Pengambilan sampel dari tiap titik unit pengolahan digunakan untuk menganalisis parameter terukur yaitu kekeruhan menggunakan *turbidimeter*. Tujuan dilakukan analisis kualitas air yaitu untuk mengetahui efisiensi tiap unit yang berpengaruh dalam menurunkan kekeruhan dalam air.

3.5 Perhitungan dan Evaluasi Kondisi Eksisting IPA

Perhitungan dan evaluasi akan dilakukan pada unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Evaluasi ini melihat permasalahan-permasalahan yang terjadi di terkait permasalahan kekeruhan air produksi.

Hal yang dilakukan dalam mengevaluasi kondisi eksisting instalasi pengolahan air bersih ini diantaranya adalah:

- Membandingkan kondisi eksisting instalasi pada tiap unit tersebut dengan kriteria desain SNI 6774-2008 atau standar lainnya yang berlaku pada PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro Kota Banda Aceh.

Jika terdapat unit pada instalasi yang tidak sesuai dengan kriteria desain dan peraturan yang berlaku dan, maka akan diberikan rekomendasi optimalisasi pada unit-unit tersebut.

3.6 Optimalisasi Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih

Setelah data-data diperoleh, selanjutnya dilakukan pengolahan data sebagai bahan evaluasi. Untuk mengevaluasi kinerja dari IPA PDAM Tirta Daroy

pada unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi, maka setiap kriteria desain unit pengolahan air akan dibandingkan dengan SNI 6774-2008 atau standar lainnya yang berlaku pada PDAM tersebut. Setelah dilakukan perbandingan, maka akan diperoleh gambaran apakah unit beroperasi sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, saat musim penghujan berlangsung. Jika hasil yang didapat mempunyai efisiensi yang rendah, maka dilakukan suatu optimalisasi terhadap unit-unit tersebut.

Beberapa rekomendasi optimalisasi untuk unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi yang dapat dilakukan berupa:

Unit koagulasi:

- Menjaga kriteria desain, pada nilai G yaitu dengan me-redesain volume bak (menambah volume bak).

Unit Flokulasi:

- Menjaga kriteria desain, pada nilai G dan t_d yaitu dengan me-redesain volume bak (menambah volume bak).

Bak Sedimentasi:

- Re-desain bak sedimentasi

Re-desain bak sedimentasi dapat dilakukan dengan memperbesar luas permukaan bak, hal ini bertujuan untuk menurunkan nilai beban permukaan. Karena nilai beban permukaan sangat mempengaruhi efisiensi penghilangan partikel dalam air (Saputri, 2011). Re-desain bak dapat dilakukan dengan penambahan jumlah bak tergantung *stake holder* terkait.

- Penambahan *lamella* pada unit bak sedimentasi

Menurut Ratnayaka, dkk (2009) fungsi dari penambahan *lamella* adalah membantu mempercepat proses pengendapan. Air yang berasal dari proses flokulasi masuk ke dasar *lamella* yang ada di unit sedimentasi dan bergerak ke atas diantara *plate (lamella)* sedangkan partikel bergerak ke bawah (mengendap).

- Frekuensi pembuangan lumpur/*sludge*

Frekuensi pembuangan lumpur dapat dilakukan dengan metode tertentu misalnya dengan adanya sensor. Tujuan dari pembuangan lumpur yaitu

menjaga volume efektif dari unit sedimentasi untuk kepentingan produksi (Joko, 2010).

Unit Filtrasi:

- Menjaga kecepatan penyaringan, periode pencucian (*backwash*)
- Mengganti ketebalan media filter, menghitung koefisien keseragaman dan kadar silika.

Pada penelitian ini akan diambil salah satu atau lebih dari opsi rekomendasi untuk optimalisasi unit bak sedimentasi di atas. Rekomendasi yang diambil tergantung dengan hasil evaluasi yang dilakukan pada tiap-tiap unit di IPA PDAM Tirta Daroy cabang Lambaro Kota Banda Aceh nantinya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

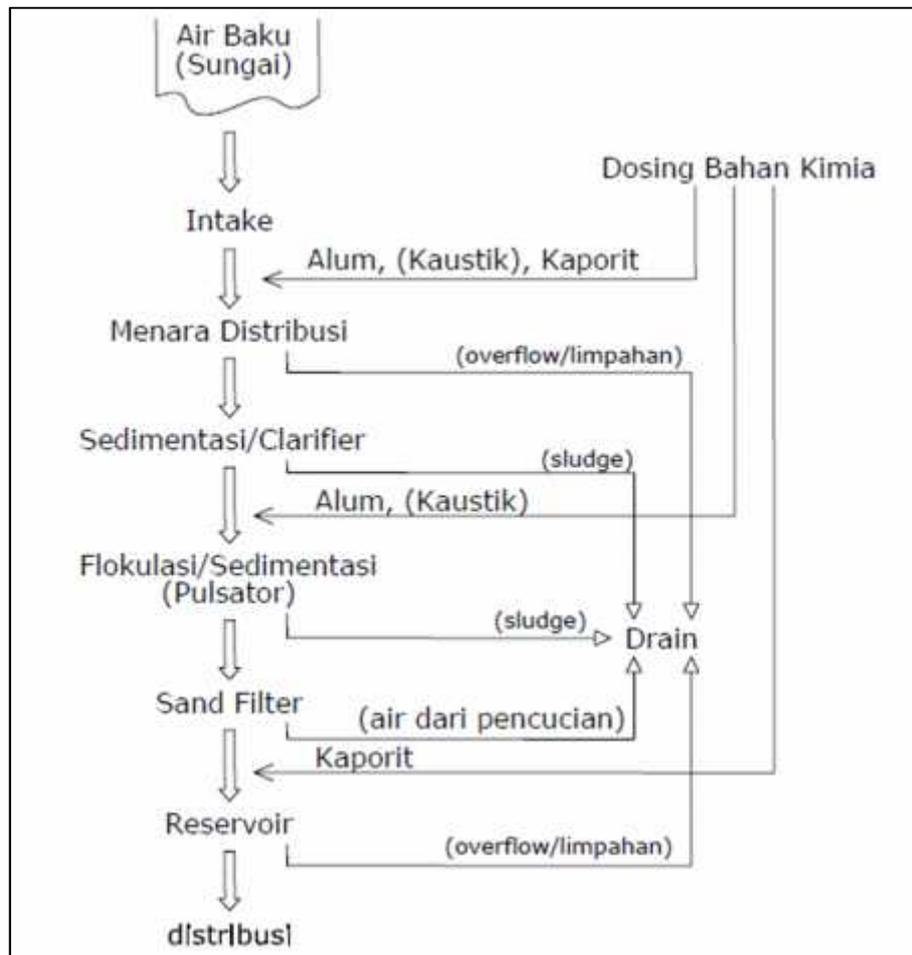
4.1 Kondisi Eksisting IPA PDAM Tirta Daroy

IPA PDAM Tirta Daroy Cabang Lambaro yang berlokasi di jalan Medan-Banda Aceh, Km. 8.5, Meunasah Krueng, Ingin Jaya, Aceh Besar ini dibangun pada 1980. Kapasitas produksi awal sebesar 500 l/detik atau 0,5 m³/detik, namun dikarenakan pertumbuhan jumlah penduduk serta meningkatnya permintaan air bersih sehingga produksi saat ini menjadi 740 l/detik atau 0,74 m³/detik.

Sistem pengolahan air pada PDAM Tirta Daroy dikontrol menggunakan SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), yaitu sebuah sistem yang memungkinkan pengoperasian secara otomatis dari jarak jauh terhadap segala proses produksi air minum dan distribusinya. SCADA di PDAM dapat menampilkan ukuran debit, kekeruhan air, dapat mengontrol sistem pembuangan lumpur dan lain-lain.

Proses pengolahan air pada IPA PDAM Tirta Daroy secara garis besar terdiri dari *intake*, menara distribusi, sedimentasi/*clarifier*, pulsator (flokulasi/sedimentasi), *sand filter*, dan reservoir (Gambar 5.1).

Secara umum IPA PDAM ini sudah cukup baik dalam memenuhi permintaan air pelanggan, hanya saja masih terdapat beberapa kekurangan dan keterbatasan dikarenakan usianya yang telah mencapai 43 tahun. Permasalahan lain juga terjadi saat musim hujan, hal ini menyebabkan tingginya kekeruhan air baku sehingga menyebabkan sulitnya pengolahan air di PDAM Tirta Daroy.



Gambar 4.1 Proses pengolahan air pada IPA PDAM Tirta Daroy

(Sumber: PDAM, 2018)

4.1.1 Intake

Air baku yang diambil dari Sungai Krueng Aceh masuk melalui mulut intake (Gambar 4.2) di mana terdapat *screen* (saringan) yang berfungsi untuk menyaring sampah kasar. Pada intake terdapat lima kanal pompa pada pintu air yang digunakan untuk melindungi pompa dari akumulasi endapan lumpur saat pompa dimatikan serta untuk memfasilitasi pemeliharaan pompa.



Gambar 4.2 Bangunan Intake Air IPA PDAM Tirta Daroy di Sungai Krueng Aceh

(Sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Di tiap kanal terdapat pompa *Submersible* (celup) yang dapat dioperasikan melalui PLC (*Programmable Logic Controllers*). Adapun spesifikasi pompa intake jenis *submersible* PDAM Tirta Daroy yang digunakan untuk mengambil air baku dari Sungai Krueng (Tabel 5.1).

Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa Submersible

Nomor Pompa	Brand	Tipe	Daya (kW)	Debit (l/detik)	Head (m)
1	KSB	K200-401/406 UG-S 960 rpm	40	133	16
2	KSB	K200-401/504 UG-S 1450 rpm	48	215	16
3	KSB	K200-401/406 UG-S 960 rpm	40	133	16
4	KSB	K200-401/504 UG-S 1450 rpm	48	215	16
5	KSB	K200-401/406 UG-S 960 rpm	40	133	16

(Sumber: PDAM, 2018)

Air baku yang diambil dari tiap pompa tersebut bergabung pada pipa *main collector* kemudian dipompa ke menara distribusi untuk dilakukan pengolahan selanjutnya.

4.1.2 Menara Air Baku/ Menara Distribusi

Menara air baku (Gambar 4.3) menampung air baku dari *intake* kemudian membaginya ke *Clarifier 1* dan *Clarifier 2*. Sebelum masuk menara air baku, air

baku melewati flow meter yang berfungsi untuk penentuan jumlah injeksi bahan kimia tawas dan kaporit ke pipa air baku.



Gambar 4.3 Menara Air Baku IPA PDAM Tirta Daroy

(Sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Injeksi bahan kimia dilakukan untuk proses koagulasi yang dilakukan dengan tipe terjunan hidrolis, proses koagulasi ini terjadi pada bak pembagi ke clarifier. Sedangkan dilakukannya pembubuhan kaporit diawal berfungsi untuk menghilangkan dan mencegah terjadinya pertumbuhan lumut. Jika debit air baku terlalu besar, air berlebih akan melimpah (*overflow*) ke drainase.

Adapun spesifikasi bak Menara Distribusi adalah sebagai berikut:

Bak Pembagi ke Clarifier

- Dimensi (P x L x T) : 5,8 m x 1,2 m x 6,4 m (1 unit)
2,2 m x 1,2 m x 3,9 m (2 unit)

Bak Pembagi ke Pulsator 3 & 4

- Dimensi (P x L x T) : 2,6 m x 1,5 m x 5,5 m (1 unit)
1,5 m x 1,2 m x 2,4 m (2 unit)

4.1.3 Clarifier 1 dan 2

Bak *Clarifier* menjadi tempat terpisahnya dari air baku partikel-partikel padat berukuran besar yang relatif mudah mengendap (flok) atau biasa disebut dengan sedimentasi akibat adanya penambahan bahan kimia PAC. Lumpur yang terpisah pada *clarifier* mengendap dalam bentuk lumpur dan terkumpul pada dasar bak dan secara berkala dibuang agar kinerja pemisahan pada bak *clarifier* tetap baik menggunakan sensor lumpur. Kinerja pemisahan juga ditingkatkan dengan pemasangan *lamella* yang terendam air, pada bagian atas bak. Terdapat dua buah *Clarifier* yaitu *Clarifier 1* dibangun tahun 1976 dan *Clarifier 2* dibangun tahun 1996.

Clarifier 1

Air dari menara distribusi masuk ke *Clarifier 1* (Gambar 4.4) melalui dinding pemisah yang memiliki lubang-lubang yang berfungsi mendistribusikan air secara merata yang diperlukan agar tidak terjadi *short circuit* (aliran pendek) pada aliran air dalam bak, yaitu peristiwa yang menyebabkan proses pengendapan partikel tidak berlangsung baik.



Gambar 4.4 *Clarifier 1* IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Lumpur yang terendap berkumpul di dasar bak yang berbentuk meruncing (*hopper*) yang di lengkapi dengan alat sensor lumpur. Lumpur dibuang secara berkala yang dikontrol oleh PLC (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Proses Pembuangan Lumpur Secara Berkala
(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Air yang sudah melewati proses pengendapan awal selanjutnya masuk secara *overflow* pada *gutter* (kanal). Pada ujung gutter ditambahkan larutan tawas untuk membantu proses pengendapan sekunder. Selanjutnya air tersebut mengalir ke bawah membentuk terjunan yang berfungsi membantu pencampuran bahan kimia dan proses aerasi. Aerasi diperlukan untuk menghindari proses pembusukan pada *sludge* (lumpur).

Adapun spesifikasi bak *Clarifier* 1 adalah sebagai berikut :

- a. Debit pengolahan : $0,37 \text{ m}^3/\text{detik}$
- b. Ukuran:
 - Panjang : 23 m
 - Lebar : 4,5 m
 - Tinggi : 5,4 m

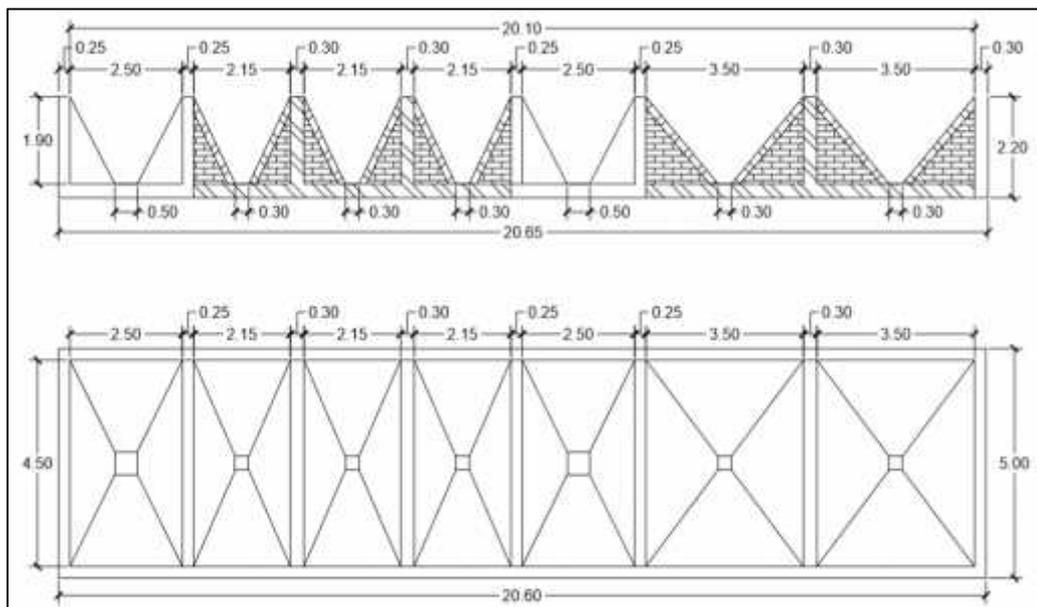
c. Zona Inlet:

- Panjang : 1,2 m
- Lebar : 4,5 m
- Tinggi : 3,4 m
- Konstruksi : Beton

d. Zona Pengendapan:

- Panjang : 22,78 m
- Lebar : 4,50 m
- Tinggi : 3,7 m
- Konstruksi : Beton

e. Zona Sludge (Lumpur):



Gambar 4.6 Ruang Lumpur *Clarifier* 1 PDAM Tirta Daroy

(Sumber: PDAM Tirta Daroy, Digambar ulang)

- Volume/unit : $\pm 52 \text{ m}^3$
- Jumlah : 7 buah
- Diameter pipa lumpur : 80 mm

f. Lamella:

- Panjang : 16 m
- Lebar : 4 m

- Tinggi : 0.95 m

- Kemiringan : 60°

g. Sensor lumpur:

- Merk : Endress + Hauser

- Tipe : Vibration limit switch, Soliphant II FTM 32

- Jumlah : 7 unit

Clarifier 2

Proses pengolahan air yang ada pada *Clarifier 2* sama seperti pada *Clarifier 1*. Outlet dari *Clarifier 2* (Gambar 4.7) mengalir ke Pulsator 3 dan 4.



Gambar 4.7 *Clarifier 2* IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Adapun spesifikasi bak *Clarifier 2* adalah sebagai berikut:

a. Debit pengolahan : $0,37 \text{ m}^3/\text{detik}$

b. Ukuran:

- Panjang : 25,8 m

- Lebar : 4 m

- Tinggi : 5.8 m

c. Zona Inlet:

- Panjang : 1,2 m

- Lebar : 4 m

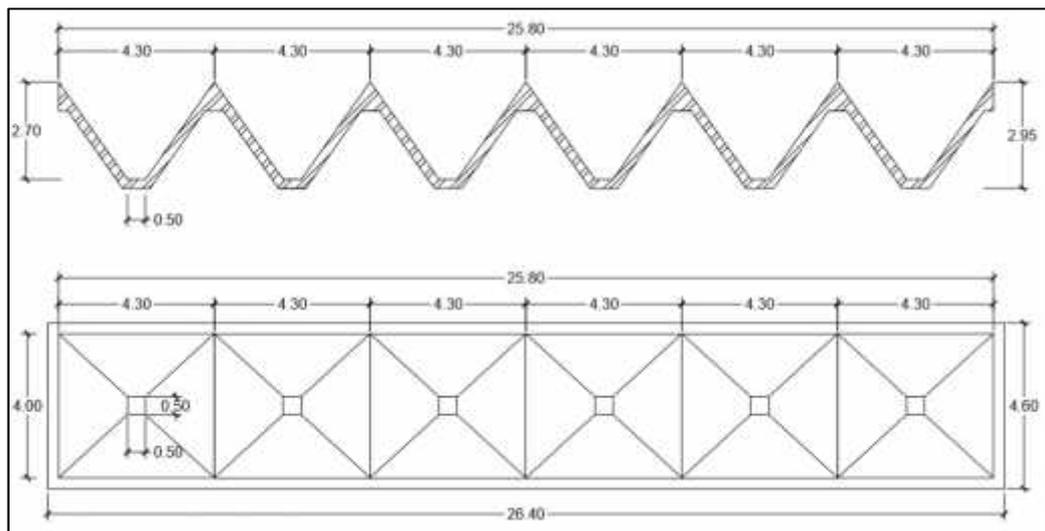
- Tinggi : 6,7 m

- Kontruksi : Beton

d. Zona Pengendapan:

- Panjang : 25,8 m
- Lebar : 4 m
- Tinggi : 3,5 m
- Kontruksi : Beton

e. Zona Sludge (Lumpur):



Gambar 4.8 Ruang Lumpur *Clarifier* 2 PDAM Tirta Daroy

(Sumber: PDAM Tirta Daroy, Digambar ulang)

- Volume/unit : $\pm 92 \text{ m}^3$
- Jumlah : 6 buah
- Diameter pipa lumpur : 80 mm

f. Lamella:

- Panjang : 17 m
- Lebar : 4 m
- Tinggi : 0,95 m
- Kemiringan : 60°

4.1.4 Pulsator

Pulsator (Gambar 4.9) merupakan *clarifier* sekunder dimana proses flokulasi dan sedimentasi ditingkatkan dengan melewati air melalui awan lumpur yang melayang di dalam bak. Air dari *clarifier* bercampur PAC masuk ke

ruang vakum melalui pipa transfer. Sistem vakum menghasilkan tekanan rendah dalam ruangan, menyebabkan permukaan air naik sampai level yang telah ditentukan. Saat *valve* membuka, permukaan air turun dan terbentuk denyut (*pulse*) yang menghasilkan turbulensi dalam awan lumpur. Pembentukan denyut ini dapat disesuaikan frekuensi dan amplitudonya melalui PLC.



Gambar 4.9 Pulsator IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Air yang telah terpisah dengan partikel kemudian *overflow* ke *weir* (pintu air), melewati gutter penghubung menuju ke *sand filter*. Terdapat tersedia pintu air yang dapat dipasang secara manual untuk menghentikan aliran air antara Pulsator dan Sand Filter.

Adapun spesifikasi bak pulsator dan pompa vakum adalah sebagai berikut:

a. Bak Pulsator:

- Jumlah : 4 unit
- Luas permukaan : @ 140 m²
- Tinggi : 3.44 m
- Debit : @ 0,185 m³/detik
- Kontruksi : Beton

b. Pompa Vakum:

- Brand : Fu-Tsu
- Type : TSC-80
- Debit : 5,2 m³/jam

- Tekanan : 30.000 Pa
- Daya : 5,5 kW
- Jumlah : 5 unit (4 terpasang, 1 cadangan)

4.1.5 *Sand Filter* (Proses Filtrasi)

Air dari pulsator dialirkan ke proses filtrasi menggunakan *sand filter* (Gambar 4.10) jenis saringan pasir cepat yang beroperasi secara gravitasi mengalir turun melewati media pasir setebal 85 cm yang menuju ke Reservoir.



Gambar 4.10 *Sand Filter* IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Pasir yang digunakan adalah pasir silika yang berasal dari Kalimantan. Saat air melewati media pasir, flok-flok halus yang tidak terendapkan pada pulsator tersaring oleh pasir. Bila lumpur yang tersaring sudah banyak, aliran air menjadi terhambat dan permukaan air dalam filter cenderung naik yang dinamakan dengan sebutan *clogging* (mampat). Untuk menjaga level air tetap stabil maka dilakukan proses *backwash* (pencucian) dengan cara menyemprotkan air dan udara ke filter. Spesifikasi bak filter, peralatan Pompa Backwash dan Blower adalah sebagai berikut:

a. Sand Filter:

- Tipe : Gravitasi, Saringan Pasir Cepat
- Jumlah : 13 unit
- Luas permukaan : @ 22 m²
- Tinggi : 2,69 m

- Debit : 0,057 m³/detik
- *Nozzle* : *Long Tailed Nozzle*

b. Media Filter:

- Ukuran pasir silika : 0,7 mm
- Koefisien keseragaman : 1,35
- Kedalaman : 85 cm
- Gravel : Ukuran 2-5 mm
- Tebal pasir : 7 cm

c. Pompa Backwash:

- Brand : KSB
- Type : ETANORM G 150-250
- Debit : 420 m³/jam
- Head : 10 m
- Daya : 17,3 kW
- Jumlah : 2 unit (1 operasi, 1 spare)

d. Blower:

- Brand : Fu Tsu
- Type : TSD-125
- Debit : 16,1 m³/jam
- Tekanan : 5.000 mmAq
- Daya : 15,5 kW
- Jumlah : 2 unit (1 operasi, 1 stand-by)

4.1.6 Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai penampung air hasil olahan (air bersih). Air olahan IPA PDAM Lambaro ditampung pada 3 buah bak penampung yang berasal dari filter. Dosing bahan kimia kaporit juga dilakukan pada inlet reservoir dengan tujuan menjaga kualitas air (terhadap mikroorganisme) selama air dalam penyimpanan. Reservoir yang digunakan instalasi ini berjenis *ground storage reservoir* (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Reservoir IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Adapun spesifikasi bak Reservoir adalah sebagai berikut:

- Tipe Bak : Horizontal *Baffling* (kisi-kisi horizontal)
- Kapasitas Reservoir 1 : 450 m³
- Kapasitas Reservoir 2 : 2750 m³
- Kapasitas Reservoir 3 : 800 m³

4.1.7 Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan PDAM Tirta Daroy terdiri dari 3 bahan kimia yang pertama yaitu koagulan untuk proses pengendapan, kedua kaustik (NaOH) yang digunakan saat PH air menurun (asam) akibat terlalu banyak penggunaan PAC dan ketiga desinfektan sebagai penghilang mikroorganisme dalam air.

Koagulan yang digunakan berupa PAC cair (Gambar 4.12) dengan konsentrasi 12%, dosing PAC ini dilakukan tergantung fluktuasi kekeruhan air. Ukuran flok pada air pengolahan sekitar 0,2-1,5 mm. *Dosing* PAC dilakukan pada menara baku dan outlet clarifier.



Gambar 4.12 PAC IPA PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Terdapat dua bak pembuatan larutan serbuk kaustik (NaOH). Masing-masing bak dilengkapi mixer untuk pengadukan dengan tujuan menghasilkan larutan yang homogen (Gambar 4.13).



Gambar 4.13 Bak Kaustik (NaOH) PDAM Tirta Daroy

(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Sedangkan dosing kaporit berjumlah 3 unit yang masing-masing dilengkapi dengan *mixer* (pengaduk) yang diinjeksikan di menara baku dan di reservoir (Gambar 4.14).

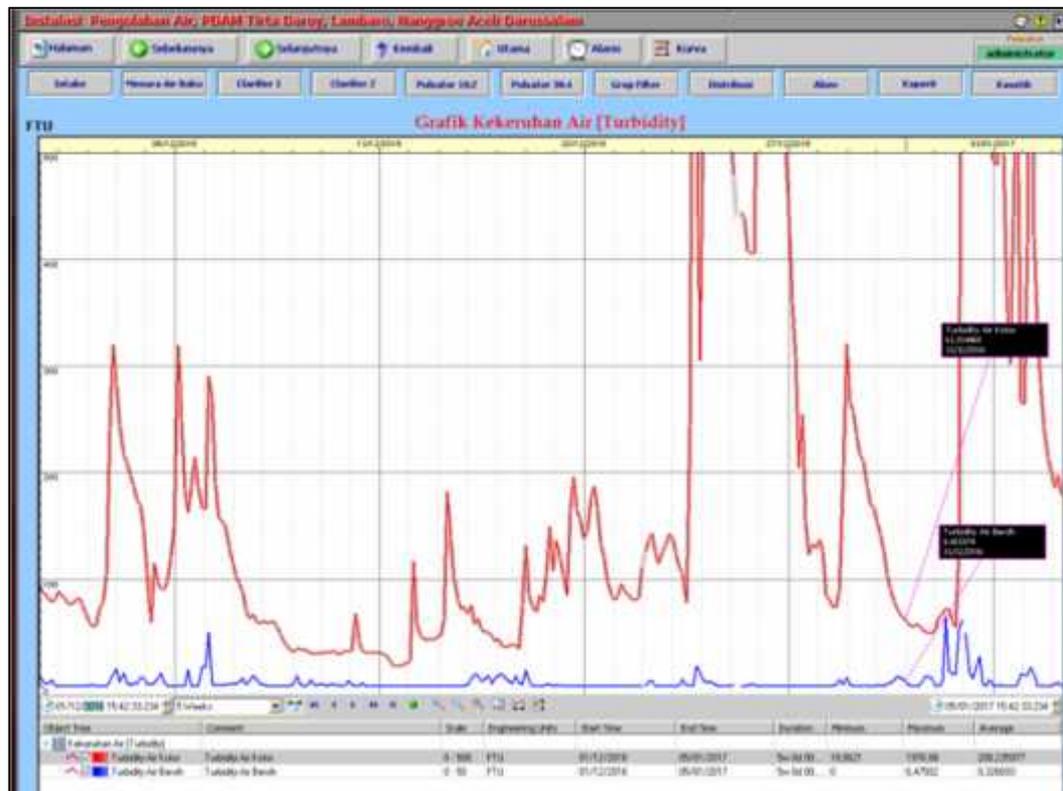


Gambar 4.14 Bak Kaporit IPA PDAM Tirta Daroy
(sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

4.1.8 Kualitas air (turbiditas) PDAM Tirta Daroy

Tingginya kekeruhan air di PDAM Tirta Daroy terjadi pada musim penghujan yang menyebabkan kualitas air produksi berada di bawah standar (baku mutu). Kurva kekeruhan air di PDAM Tirta Daroy ditunjukkan pada kurva turbiditas bulan Desember tahun 2016 dan 2017 (Gambar 4.15 dan Gambar 4.16).

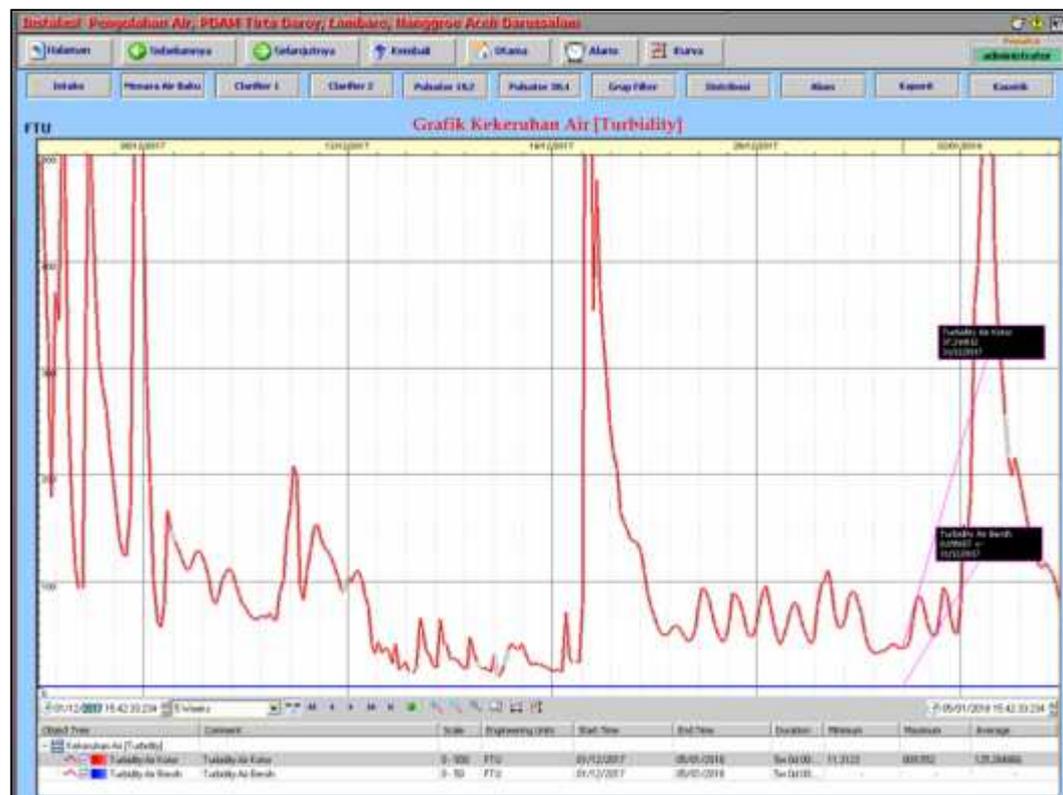
Kurva (grafik) kekeruhan air menunjukkan nilai turbiditas tertinggi terjadi saat musim penghujan yaitu pada kualitas air baku yaitu mencapai 500 NTU lebih dan pada kualitas air bersih atau air produksi lebih dari 5 NTU (melebihi batas baku mutu air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Hal ini menyebabkan perlunya pengolahan lebih lanjut agar air yang diolah memenuhi standar baku mutu.



Gambar 4.15 Grafik turbiditas air baku dan air bersih bulan Desember tahun 2016 PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro

(sumber: PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh, 2018)

Hasil nilai grafik kekeruhan air dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 bahwa tingginya nilai kekeruhan air hanya terjadi pada musim penghujan saja. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu saat musim penghujan terjadi pengadukan air sungai oleh air hujan yang membuat sedimentasi dalam air ikut teraduk (terjadi turbulen) sehingga air menjadi keruh.



Gambar 4.16 Grafik turbiditas air baku dan air bersih bulan Desember tahun 2017 PDAM Tirta Daroy IPA Lambaro
(sumber: PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh, 2018)

4.2 Evaluasi IPA PDAM Tirta Daroy

Evaluasi pada penelitian ini hanya dilakukan pada 4 proses yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi mengacu pada gambar teknik PDAM Tirta Daroy (Lampiran A.2). Pada PDAM Tirta Daroy proses ini terdiri dari beberapa unit yaitu Menara baku (koagulasi), *Clarifier* 1 dan 2 (flokulasi Sedimentasi), Pulsator (flokulasi dan sedimentasi) dan Sand filter.

4.2.1 Menara baku (terjadinya proses koagulasi)

Data eksisting:

- Panjang (P) : 4,4 m
- Lebar (L) : 2,4 m
- Tinggi (T) : 3,9 m
- Tinggi terjunan (h) : 2,5 m

- Debit (Q) : 0,74 m³/detik

Kriteria Desain:

- G : >750 detik⁻¹
- Waktu detensi (t_d) : 10 detik – 5 menit

Perhitungan:

- Waktu Detensi (T_d)

- Volume bak (V)

$$V = P \times L \times H$$

$$V = 4,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 3,9 \text{ m}$$

$$V = 41,18 \text{ m}^3$$

$$T_d = \frac{V}{Q} = \frac{41,18 \text{ m}^3}{0,74 \text{ m}^3/\text{d}} = 55,65 \text{ detik} \quad (\text{sesuai})$$

- Gradien Kecepatan (G)

- $\mu = 0,832 \times 10^{-6}$ (T = 28°C)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{\mu \times t}} = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/d}^2 \times 2,5 \text{ m}}{0,832 \times 10^{-6} \text{ m/d} \times 5,6 \text{ d}}} = 727,80 \text{ detik}^{-1} \quad (\text{tidak sesuai})$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Unit Proses Koagulasi

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Waktu Detensi	10 dtk - 5 menit	13,92 detik	Sesuai
Gradien Kecepatan (G)	>750 detik ⁻¹	727,80	Tidak Sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Unit koagulasi di PDAM Tirta Daroy menggunakan tipe terjunan hidrolis. Pengadukan dengan tipe ini sangat hemat energi karena hanya memanfaatkan perbedaan tinggi.
- Berdasarkan hasil perhitungan, nilai yang tertera pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa waktu detensi masih sesuai kriteria desain. Hanya saja pada nilai Gradien kecepatan (G) tidak sesuai. Agar nilai G sesuai

kriteria desain maka nilai h (tinggi terjunan) harus ditinggikan.

Berdasarkan kriteria desain nilai G harus $>750 \text{ detik}^{-1}$, maka:

$$h_{\text{efektif}} = \frac{G^2 \times \mu \times t_1}{g} = \frac{(7 \text{ d}^{-1})^2 \times 0,8 \times 10^{-6} \times 5,6 \text{ d}}{9,8 \text{ m/d}^2}$$

$$= 2,63 \text{ m}$$

Maka ketinggian yang harus ditambah yaitu:

$$h_{\text{efektif}} - h = 2,63 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = \mathbf{0,13 \text{ m}}$$

4.2.2 Clarifier 1 dan 2 (Flokulasi dan Sedimentasi)

Clarifier 1

a. Flokulasi

Data eksisting:

- Tipe : *Flokulator Clarifier*
- Jumlah bak : 1 buah
- Debit bak : $0,37 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Panjang (P) : 23 m
- Lebar (L) : 4,5 m
- Kedalaman (T) : 3,7 m + 1,9 m (sludge blanket) = 4,6 m
- Tinggi Muka Air : 2,82 m (freeboard = 0,88 m)
- Tahap flokulasi : 1 buah

Kriteria Desain:

- G : $100-10 \text{ detik}^{-1}$
- Waktu detensi (t_d) : 10 detik – 5 menit
- Tahapan flokulasi : 1 buah
- Pengendalian energi : Kecepatan aliran air
- Kecepatan aliran : 1,5-0,5 m/detik
- Tinggi : 2 – 4 m

Perhitungan:

- Waktu Detensi (Td)

- Volume bak

$$V = P \times L \times T$$

$$V = 23 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 3,7 \text{ m}$$

$$V = 382,95 \text{ m}^3$$

$$T_d = \frac{V}{Q} = \frac{382,95 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}^3/\text{d} \times (6 \text{ d} / \text{m})} = 17,25 \text{ menit}$$

(sesuai)

- Kecepatan Aliran (v)

$$- A = L \times T = 3,7 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} = 16,65 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3 \text{ m}^3/\text{d}}{16,65 \text{ m}^2} = 0,022 \text{ m/detik} \quad (\text{sesuai})$$

- Gradien Kecepatan (G)

$$- R = \frac{A}{W} = \frac{L \times H}{2H + L} = \frac{4,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}}{2(2,8 \text{ m}) + 4,5 \text{ m}} = 1,25 \text{ m}$$

$$- n = 0,013 \text{ (beton halus)}$$

$$- h_L = \frac{n \cdot v \cdot L^2}{R^3} = \frac{0,013 \cdot 0,022 \text{ m/d} \cdot (2,8 \text{ m})^2}{(1,25 \text{ m})^3} = 0,001$$

$$- \rho = 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (T = 28}^\circ\text{C)}$$

$$\mu = 0,836 \times 10^{-6} \text{ (T = 28}^\circ\text{C)}$$

$$G = \sqrt{\frac{\rho \cdot Q \cdot h_f \cdot g}{V \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3 \text{ d} \cdot 0,001 \cdot 9,8 \text{ m/d}^2}{382,95 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}}}$$

$$= 106,21 \text{ detik}^{-1}$$

(tidak sesuai)

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Unit Proses Flokulasi (pada Clarifier 1)

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Gradien Kecepatan (G)	100-10 detik ⁻¹	106,21	Tidak sesuai
Waktu Detensi (td)	20 - 100 menit	17,25 menit	Sesuai
Tahap Flokulasi	1	1	Sesuai
Pengendalian Energi	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air	Sesuai
Kecepatan Aliran max. (m/detik)	1,5	0,022	Sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Berdasarkan hasil perhitungan, nilai yang tertera pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa tahap flokulasi, pengendalian energi dan kecepatan aliran telah sesuai kriteria desain. Hanya saja pada nilai Gradien kecepatan (G) tidak sesuai. Agar nilai G sesuai kriteria desain maka debit harus dikurangi atau disalurkan ke tempat lain (dengan menambah volume bak). Berdasarkan kriteria desain nilai G diantara 100-10 detik-1 (nilai G yang diambil adalah 100 detik-1), maka:

$$Q_{\text{efektif}} = \frac{G^2 \cdot V \cdot \mu}{\rho \cdot h_f \cdot g} = \frac{(100 \text{ det}^{-1})^2 \cdot 3,9 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}}{9810 \text{ N/m}^3 \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/d}^2}$$

$$= 0,33 \text{ m}^3/\text{detik},$$

Maka debit yang harus dikurangi atau disalurkan ke tempat lain yaitu:

$$Q_{\text{efektif}} - Q = 0,37 \text{ m}^3/\text{detik} - 0,33 \text{ m}^3/\text{detik} = \mathbf{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

b. Sedimentasi

Data eksisting

- Debit : 0,37 m³/detik
- Panjang : 22,78 m
- Lebar : 4,50 m
- Kedalaman (T) : 3,7 m
- Tinggi muka air (H) : 2,82 m
- Kemiringan *plate settler* : 60°
- Tinggi *plate settler* : 1 m
- Jarak antar *plate settler* : 0,14 m
- Tebal *plate settler* : 0,073 m
- Panjang Weir (L_{weir}) : 4 m

Kriteria Desain:

- Kedalaman (T) : 3-6 m
- Bilangan Reynolds : < 2000
- Bilangan Froude : < 10⁻⁵
- Kemiringan plate : 60°

Perhitungan:

- Kecepatan Partikel (V_s)

$$\begin{aligned}
 - \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\
 - \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (T = 28}^\circ\text{C)} \\
 - d &= 0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 - \mu_d &= 0,832 \times 10^{-3} \text{ (T = 28}^\circ\text{C)} \\
 - V_s &= \frac{(\rho_s - \rho) g \cdot d^2}{18 \mu_d} = \frac{(2650 - 996) \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/d}^2 \cdot (0,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{18 \cdot 0,832 \times 10^{-3}} \\
 &= 0,252 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

- Cek bilangan Reynolds

$$\begin{aligned}
 \text{Nre} &= \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu_d} = \frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,6 \text{ d} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,832 \times 10^{-3}} \\
 &= 141,60 \text{ (transisi)}
 \end{aligned}$$

$$- C_D = \frac{2}{R} + \frac{3}{R} + 0,34 = \frac{2}{5,9} + \frac{3}{5,9} + 0,34 = 0,76$$

$$\begin{aligned}
 - V_s &= \sqrt{\frac{4}{3 C} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) g \cdot d} \\
 &= \sqrt{\frac{4}{3 \cdot 0,76} \left(\frac{2650 - 996}{996} \right) 9,8 \text{ m/d}^2 \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}} \\
 &= 0,271 \text{ m/detik (kemudian diiterasi pada Lampiran C.1)}
 \end{aligned}$$

Hasil akhirnya $V_s = 0,0974 \text{ m/detik}$

- Bilangan Reynolds (Re)

$$- R_{h_{\text{settler}}} = \frac{4L \cdot S}{2L + 2S} = \frac{4(4,5 \text{ m}) \times (0,1 \text{ m})}{2(4,5) + 2(0,1)} = 0,285 \text{ m}$$

$$\text{Re} = \frac{v \cdot R_s}{\mu_d} = \frac{0,0974 \text{ m/s} \cdot 0,2 \text{ m}}{0,832 \times 10^{-3}} = 33,36 \quad \text{(sesuai)}$$

- Bilangan Froude (Fr)

$$- A = L \times T = 4,5 \text{ m} \times 3,7 \text{ m} = 16,65 \text{ m}^2$$

$$- v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3 \text{ m}^3/\text{d}}{1,6 \text{ m}^2} = 0,022 \text{ m/detik}$$

$$- R_h = \frac{A}{W} = \frac{L \times H}{2H + L} = \frac{4,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}}{2(2,8 \text{ m}) + 4,5 \text{ m}} = 1,25 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot R_h}} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{\sqrt{9,8 \text{ m/d}^2 \cdot 1,2 \text{ m}}} = 0,00653 \quad (\text{sesuai})$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Unit Proses Sedimentasi (pada Clarifier 1)

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Kedalaman (m)	3-6	3,7	Sesuai
Bilangan Reynolds	<2000	33,36	Sesuai
Bilangan Froude	>10 ⁻⁵	0,00653	Sesuai
Kemiringan tube/plate	30° /60°	60°	Sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Tabel 4.4 menunjukkan bahwa kedalaman bak, nilai bilangan Reynolds, Froude dan kemiringan *plate* masih sesuai kriteria desain.

Clarifier 2

a. Flokulasi

Data eksisting:

- Tipe : Flokulator Clarifier
- Jumlah bak : 1 buah
- Debit bak : 0,37 m³/detik
- Panjang (P) : 25,8 m
- Lebar (L) : 4 m
- Kedalaman (T) : 3,5 m + 2,7 m (sludge blanket) = 6,2 m
- Tinggi Muka Air (H) : 3,07 m (freeboard = 0,43 m)
- Tahap flokulasi : 1 buah

Kriteria Desain:

- G : 100-10 detik⁻¹
- Waktu detensi (t_d) : 10 detik – 5 menit
- Tahapan flokulasi : 1 buah
- Kecepatan aliran max : 1,5 m/detik

- Pengendalian energi : Kecepatan aliran air
- Tinggi : 2 – 4 m

Perhitungan:

- Waktu Detensi (Td)

- Volume bak

$$V = P \times L \times T$$

$$V = 25,8 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$$

$$V = 361,2 \text{ m}^3$$

$$T_d = \frac{V}{Q} = \frac{361,2 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}^3/\text{d} \times (6 \text{ d} / \text{ja})} = 16,27 \text{ menit}$$

(tidak sesuai)

- Kecepatan Aliran (v)

- $A = L \times T = 4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3 \text{ m}^3/\text{d}}{14 \text{ m}^2} = 0,026 \text{ m/detik} \quad (\text{sesuai})$$

- Gradien Kecepatan (G)

- $R = \frac{A}{W} = \frac{L \times H}{2H + L} = \frac{4 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}}{2(3,0 \text{ m}) + 4 \text{ m}} = 1,21 \text{ m}$

- $n = 0,013$ (beton halus)

- $h_L = \frac{n \cdot v \cdot L^{\frac{1}{2}}}{R^{\frac{2}{3}}} = \frac{0,013 \cdot 0,026 \text{ m/d} \cdot (2,8 \text{ m})^{\frac{1}{2}}}{(1,21 \text{ m})^{\frac{2}{3}}} = 0,0015$

- $\rho = 996 \text{ kg/m}^3$ (T = 28°C)

$$\mu = 0,836 \times 10^{-6} \text{ (T = 28°C)}$$

$$G = \sqrt{\frac{\rho \cdot Q \cdot h_L \cdot g}{V \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 0,0015 \text{ m/d} \cdot 9,8 \text{ m/d}^2}{361,2 \text{ m}^3 \cdot 0,836 \times 10^{-6}}}$$

$$= 133,94 \text{ detik}^{-1} \quad (\text{tidak sesuai})$$

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Unit Proses Flokulasi (pada Clarifier 2)

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Gradien Kecepatan (G)	100-10 detik ⁻¹	133,94	Tidak sesuai

Waktu Detensi	20 - 100 menit	26,96 menit	Sesuai
Tahap Flokulasi	1	1	Sesuai
Pengendalian Energi	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air	Sesuai
Kecepatan Aliran max. (m/detik)	1,5-0,5	0,0026	sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Berdasarkan hasil perhitungan, nilai yang tertera pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa tahap flokulasi, pengendalian energi dan kecepatan aliran telah sesuai kriteria desain. Hanya saja pada nilai Gradien kecepatan (G) tidak sesuai. Agar nilai G sesuai kriteria desain maka debit harus dikurangi atau disalurkan ke tempat lain (dengan menambah volume bak). Berdasarkan kriteria desain nilai G diantara 100-10 detik-1 (nilai G yang diambil adalah 100 detik-1), maka:

$$Q_{\text{efektif}} = \frac{G^2 \cdot V \cdot \mu}{\rho \cdot h_f \cdot g} = \frac{(100 \text{ det}^{-1})^2 \cdot 3,2 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}}{9800 \text{ N/m}^3 \cdot 0,0026 \text{ m/d}^2}$$

$$= 0,21 \text{ m}^3/\text{detik},$$

Maka debit yang harus dikurangi atau disalurkan ke tempat lain yaitu:

$$Q_{\text{efektif}} - Q = 0,37 \text{ m}^3/\text{detik} - 0,21 \text{ m}^3/\text{detik} = \mathbf{0,16 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

b. Sedimentasi

Data eksisting

- Debit : 0,37 m³/detik
- Panjang : 25,8 m
- Lebar : 4 m
- Kedalaman (T) : 3,5 m
- Tinggi muka air : 3,07 m
- Tinggi *plate settler* : 1 m
- Jarak antar *plate settler* : 0,14 m
- Tebal *plate settler* : 0,073 m
- Kemiringan *plate settler* : 60°

Kriteria Desain:

- Kedalaman (T) : 3-6 m
- Bilangan Reynolds : < 2000
- Bilangan Froude : < 10^{-5}
- Kemiringan plate : 60°

Perhitungan:

- Kecepatan Partikel (V_s)

$$- \rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$- \rho = 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (T = } 28^\circ\text{C)}$$

$$- d = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$- \mu_d = 0,832 \times 10^{-3} \text{ (T = } 28^\circ\text{C)}$$

$$- V_s = \frac{(\rho_s - \rho) g \cdot d^2}{18 \mu_d} = \frac{(2650 - 996) \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{18 \cdot 0,832 \times 10^{-3}} = 0,252 \text{ m/detik}$$

- Cek bilangan Reynolds

$$N_{re} = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu_d} = \frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,252 \text{ m/s} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,832 \times 10^{-3}} = 141,60 \text{ (transisi)}$$

$$- C_D = \frac{2}{R} + \frac{3}{R} + 0,34 = \frac{2}{5,9} + \frac{3}{5,9} + 0,34 = 0,76$$

$$- V_s = \sqrt{\frac{4}{3 C_D} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) g \cdot d}$$

$$= \sqrt{\frac{4}{3 \cdot 0,76} \left(\frac{2650 - 996}{996} \right) 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0,271 \text{ m/detik (kemudian diiterasi pada Lampiran C.1)}$$

Hasil akhirnya $V_s = 0,0974 \text{ m/detik}$

- Bilangan Reynolds (Re)

$$- R_{h_{\text{settle}}} = \frac{4L \cdot S}{2L + 2S} = \frac{4(4 \text{ m}) \times (0,1 \text{ m})}{2(4) + 2(0,1)} = 0,284 \text{ m}$$

$$Re = \frac{v \cdot R_s}{\mu_d} = \frac{0,0974 \text{ m/s} \cdot 0,2 \text{ m}}{0,832 \times 10^{-3}} = 33,25 \quad \text{(sesuai)}$$

- Bilangan Froude (Fr)

$$- R_h = \frac{A}{W} = \frac{L \times H}{2H + L} = \frac{4 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}}{2(3,0 \text{ m}) + 4 \text{ m}} = 1,21 \text{ m}$$

$$- A = L \times T = 4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$$

$$- v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3 \text{ m}^3/\text{d}}{1 \text{ m}^2} = 0,026 \text{ m/detik}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot R_h}} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{\sqrt{9,8 \text{ m/d}^2 \cdot 1,2 \text{ m}}} = 0,00076 \quad (\text{sesuai})$$

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Unit Proses Sedimentasi (pada Clarifier 2)

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Kedalaman (m)	3-6	3,5	Sesuai
Bilangan Reynolds	<2000	33,25	Sesuai
Bilangan Froude	>10 ⁻⁵	0,00076	Sesuai
Kemiringan tube/plate	30° /60°	60°	Sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Tabel 4.6 menunjukkan bahwa kedalaman bak, nilai bilangan Reynolds, Froude dan kemiringan plate masih sesuai kriteria desain.

4.2.3 Sand filter

Data eksisting:

- Tipe : Gravitasi, Saringan Pasir Cepat
(Aliran dari atas ke bawah)
- Jumlah : 13 unit
- Q per unit : 0,057 m³/dtk
- Luas permukaan : @ 22 m²
- Tinggi : 2,69 m
- Lama operasi : 24 jam
- Lama Pencucian : 15-25 menit (Tidak sesuai)
- Periode antara dua pencucian : 6 – 8 jam (Tidak sesuai)
- Media saringan : *Single media filter*

- Tebal Lapisan pasir silika (L_{fp}) : 85 cm (sesuai)
- Spesifik gravity : 2,65 kg/m³ (sesuai)
- Ukuran pasir silika : 0,7 mm (sesuai)
- Koefisien keseragaman : 1,35 (sesuai)
- Media penyangga : Gravel (kerikil)
 - Tebal Gravel : 7 cm (sesuai)
 - Spesifik gravity : 2,65 kg/m³
 - Ukuran Gravel : Ukuran 2-5 mm (sesuai)

Kriteria Desain:

- Jumlah bak saringan : $N = 12 Q^{0.5}$
- Kecepatan penyaringan : 6-11 m/jam
- Pencucian
 - Sistem pencucian : Tanpa/dengan blower
 - Kecepatan : 36-50 m/jam
 - Lama pencucian : 10-15 menit
 - Periode antara dua pencucian : 18-24 jam
 - Ekspansi : 30-50 %
- Media Pasir
 - Tebal : 300-700 mm
 - Single media : 600-700 mm
 - Ukuran Efektif, ES : 0,3-0,7 mm
 - Koefisien keseragaman : 1,2-1,4
 - Berat Jenis : 2,5-2,65 kg/m³
 - Porositas : 0,4
 - Kadar SiO₂ : > 95 %

Perhitungan:

- Jumlah bak saringan

$$N = 12 \cdot Q^{0.5} = 12 \cdot (0,74 \text{ m}^3/\text{detik})^{0.5} = 10,32 = 11 \text{ bak} \quad (\text{sesuai})$$

- Kecepatan penyaringan per bak

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0 \text{ m}^3/d \times (3 \text{ d} / \text{ja})}{2 \text{ m}^2} = 9,36 \text{ m/jam}$$

(sesuai)

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Proses Filtrasi (Sand Filter)

Kriteria Umum	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
Jumlah Bak Saringan	N = 12. Q	11	Sesuai
Kecepatan Penyaringan (m/jam)	6-11	9,36	Sesuai
Pencucian - Sistem Pencucian	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Dengan Blower	Sesuai
- Kecepatan (m/jam)	36-50	-	-
- Lama Pencucian (menit)	10-15	15-20	Tidak sesuai
- Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	6-8	Tidak Sesuai
Media Pasir, Tebal (mm)			
- Single Media (mm)	600-700	700	Sesuai
- Ukuran efektif, ES (mm)	0,3-0,7	0,7	Sesuai
- Koefesien Keseragaman, UC	1,2-1,4	1,35	Sesuai
- Berat jenis (kg/m ³)	2,5-2,65	2,65	Sesuai
- Porositas	0,4	-	-
- Kadar SiO	> 95 %	-	-
Filter bottom/ dasar saringan, Lapisan penyangga			
- Tebal (mm)	80-100	70	Sesuai
- Ukuran butir (mm)	2-5	2-5	Sesuai

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Evaluasi:

- Pada Tabel 4.7 hanya pada variabel lama pencucian dan periode antara dua pencucian yang tidak sesuai kriteria desain. Agar sesuai kriteria desain, maka keduanya harus dilakukan optimalisasi pada unit-unit sebelumnya (sedimentasi, flokulasi dan koagulasi).

4.2.4 Efisiensi unit IPA PDAM Tirta Daroy

Kualitas air baku pada unit IPA PDAM diuji dengan parameter kekeruhan air (turbiditas) menggunakan alat turbidimeter (Gambar 4.17).



Gambar 4.17 Alat Turbidimeter di Laboratorium PDAM Tirta Daroy

(Sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Pengecekan air dengan parameter turbiditas (Lampiran A.3 hal. 73) dilakukan pada 4 unit IPA yaitu menara baku, *Clarifier*, Pulsator dan filtrasi. Titik sampel dilakukan pada lima empat yaitu; titik satu pada Menara Air Baku (Air Baku), titik dua pada *Clarifier* dan 2, titik tiga pada Pulsator 1, 2, 3 dan 4, titik empat pada outlet filtrasi (Air Bersih). Pengambilan sampel air dilakukan dalam satu minggu selama 3 hari berturut-turut pada pukul 08.00 WIB, 12.00 WIB dan 16.00 WIB di Laboratorium PDAM Tirta Daroy.

Adapun nilai efisiensi dari proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi terdapat pada Tabel 5.9. Nilai efisiensi rata-rata tiap unit dalam penurunan kekeruhan air yaitu pada unit *Clarifier* sebesar 58,91%, Pulsator sebesar 74,70%, dan Filter sebesar 53,65%. Hasil Efisiensi pada ketiga unit di PDAM Tirta Daroy menunjukkan bahwa kinerja pengolahan ketiga unit sudah berjalan dengan baik. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil nilai turbiditas pada air bersih (air produksi) di Tabel 4.8 telah memenuhi baku mutu standar kualitas air minum.

Tabel 4.8 Hasil Pengecekan kekeruhan air di di Tiap Unit IPA PDAM Tirta Daroy Bulan Maret 2018.

No.	Tanggal	Jam (WIB)	Kekeruhan Air (NTU)							Outlet Filter (Air Bersih)
			(Air Baku) Menara Air Baku	Outlet Clarifier		Outlet Pulsator				
				1	2	1	2	3	4	
1	7/3/2018	8:00	70,00	21,30	34,27	7,3	7,72	8,07	9,22	3,21
		12:00	62,00	21,44	34,98	5,27	5,88	8,7	10,10	2,85
		16:00	62,27	24,61	39,33	6,51	5,70	7,72	8,79	2,54
	Rata-rata	64,76	22,45	36,19	6,36	6,43	8,16	9,37	2,87	
			29,32		7,58					
2	8/3/2018	8:00	81,13	31,82	36,83	6,99	8,86	8,63	9,81	3,67
		12:00	86,01	37,51	43,68	6,51	6,10	9,78	12,10	3,33
		16:00	67,33	15,53	34,77	4,16	4,70	8,37	6,74	4,85
	Rata-rata	78,16	28,29	38,43	5,89	6,55	8,93	9,55	3,95	
			33,36		7,73					
3	9/3/2018	8:00	66,12	20,08	30,28	5,10	5,10	6,12	7,22	3,58
		12:00	74,25	22,01	28,01	5,21	4,97	6,34	7,77	2,95
		16:00	61,03	16,40	25,50	6,90	5,21	7,72	8,79	3,03
	Rata-rata	67,13	19,50	27,93	5,74	5,09	6,73	7,93	3,19	
			23,71		6,37					

(Sumber: Hasil pengecekan lapangan, 2018)

Tabel 4.9 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Air di Tiap Unit IPA PDAM Tirta Daroy Bulan Maret 2018.

No.	Tanggal	Kekeruhan Air (NTU)								
		Clarifier			Pulsator			Filter		
		Inlet (Menara Air Baku)	Outlet (Outlet Clarifier)	(%)	Inlet (Outlet Clarifier)	Outlet (Outlet Pulsator)	(%)	Inlet (Inlet Filtrasi)	Outlet (Outlet Filtrasi/ Air Bersih)	(%)
1	7/3/2018	64,76	29,32	54,73%	29,32	7,58	74,15%	7,58	2,87	62,14%
2	8/3/2018	78,16	33,36	57,32%	33,36	7,73	76,83%	7,73	3,95	48,90%
3	9/3/2018	67,13	23,71	64,68%	23,71	6,37	73,13%	6,37	3,19	49,92%
Rata-rata				58,91%			74,70%			53,65%

(Sumber: Hasil pengecekan lapangan, 2018)

4.3 Optimalisasi IPA PDAM Tirta Daroy

Optimalisasi pada unit IPA PDAM Tirta Daroy dilakukan dengan mendesain unit *Clarifier* tambahan, hal ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan debit kapasitas pengolahan yang sudah berlebih (*overload*). Kapasitas desain awal yaitu sebesar 500 l/detik, sedangkan saat ini kapasitas pengolahan mencapai 740 l/detik. Oleh karena itu perlu adanya unit *clarifier* tambahan agar kinerja dari IPA di PDAM Tirta Daroy dapat berjalan optimal.

Desain rencana:

- $Q = 246$ l/detik atau $0,246$ m³/detik (debit awal $0,74$ m³/detik dibagi untuk 3 bak)
- Viskositas (μ) = $0,832 \times 10^{-3}$ (T= 28° C)
- Massa Jenis Partikel (ρ_s) = 2650 kg/m³
- Massa Jenis Air (ρ_{air}) = 996 kg/m³ (T= 28° C)
- Diameter (d) $0,5$ mm atau $0,5 \times 10^{-3}$ m

Kriteria Desain:

- Kedalaman (T) : 3-6 m (didesain 3 m)
- Waktu detensi (t_d) : 20-100 menit (didesain 25 menit)
- Lebar/ Panjang : $>1/5$ (didesain 1/5)
- Bilangan Reynolds : < 2000
- Bilangan Froude : $< 10^{-5}$
- Kemiringan plate : 60°
- Tinggi plate (h) : 1 m
- Jarak ujung pelat teratas dengan permukaan air : 0,6 m

4.3.1 Dimensi Unit Bak Sedimentasi

- **Volume Bak**
 - $Q = 0,246$ m³/detik
 - Volume = $t_d \times Q$

$$= 1500 \text{ s} \times 0,246 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 369 \text{ m}^3$$

- **Luas Dasar Bak (A)**

- $A = \frac{V_c}{H} = \frac{3 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} = 123 \text{ m}^2$

- **Lebar (L) dan Panjang (P) Bak**

- $A = P \times L$

- $A = 5L \times L$

- $A = 5L^2$

- $123 \text{ m}^2 = 5L^2$

- $L^2 = 24,6 \text{ m}^2$

- $L = 4,89 \text{ m} = 4,9 \text{ m}$

- $A = P \times L$

- $100 \text{ m}^2 = P \times 4,9 \text{ m}$

- $P = \frac{100 \text{ m}^2}{4,9 \text{ m}}$

- $P = 20,4 \text{ m}$

- **Free board**

- $\text{Freeboard} = 20\% \times H = 0,2 \times 3 = 0,6 \text{ m}$

- Kedalaman (H) + freeboard = 3 m + 0,6 = 3,6 m

- **Zona Inlet**

- Lebar bak (L) = 4,9 m

- Diasumsikan $v = 0,04 \text{ m/detik}$

- $\text{Luas (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,2 \text{ m}^3/d}{0,04 \text{ m/d}} = 5 \text{ m}^2$

- $\text{Panjang bak (P)} = \frac{A}{L} = \frac{5 \text{ m}^2}{4,9 \text{ m}} = 1,02 \text{ m}$

- Diameter pipa inlet = 400 mm

Baffle:

- Luas tiap lubang (diameter lubang = 0,15 m):

- $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (0,15 \text{ m})^2 = 0,018 \text{ m}^2$

- Luas seluruh lubang (6% x luas permukaan aliran):

$$0,06 \times (4,9 \text{ m} \times 3 \text{ m}) = 0,88 \text{ m}^2$$

- Jumlah lubang (luas lubang/ luas tiap lubang):

$$\frac{0,88 \text{ m}^2}{0,02 \text{ m}} = 44,4 \text{ lubang} = 45 \text{ lubang}$$

- Susunan lubang:

Vertikal 5 lubang dan horizontal 10 lubang

- Jarak vertikal antar lubang:

$$\frac{l_t \quad b \quad - (l_t \quad x \quad d)}{(l_t \quad +1)} = \frac{3 \text{ m} - (5 \times 0,1 \text{ m})}{(5+1)} = 0,375 \text{ m}$$

- Jarak horizontal antar lubang:

$$\frac{l_t \quad b \quad - (l_t \quad x \quad d)}{(l_t \quad +1)} = \frac{4,9 \text{ m} - (1 \times 0,1 \text{ m})}{(1 +1)} = 0,309 \text{ m}$$

- **Zona Lumpur**

- 5 menit x kapasitas pengolahan = 5 x (0,24 m³/detik x 60 menit) = 72 m³
- Didesain ada 6 ruang lumpur, maka tiap ruang (72 m³/ 6) = 12 m³
- Diameter pipa lumpur = 80 mm

- **Lamella (plate settler)**

- Panjang plate = 20 m
- Tebal plate (b) = 0,073 m
- Jarak antar plate = 0,14 m
- Jumlah plate (n)

$$J_p = \frac{P - (n \times b)}{n+1}$$

$$0,14 \text{ m} = \frac{20 - (n \times 0,073 \text{ m})}{n+1}$$

$$n = 93,23 = 93 \text{ plate}$$

- **Zona Outlet**

- Lebar bak (panjang saluran outlet) = 4 m
- Diasumsikan v = 0,4 m/detik

- Luas (A) = $\frac{Q}{v} = \frac{0,2 \text{ m}^3/d}{0,4 \text{ m/d}} = 0,5 \text{ m}^2$

- Direncanakan ada 2 saluran outlet, sehingga @A = 0,5 m²/2 = 0,25 m

- Direncanakan dimensi tiap saluran kedalaman (H) 0,6 m maka lebar saluran (L) = 0,5 m

- **Kecepatan Aliran Air, horizotal (Vair)**

$$\begin{aligned} - \text{Vair} &= \frac{P}{t_1} \\ &= \frac{2,1 \text{ m}}{1 \text{ d}} \\ &= 0,0167 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- **Kecepatan Pengendapan Partikel, vertikal (Vs)**

$$\begin{aligned} - s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\ &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (T = 28}^\circ\text{C)} \\ - d &= 0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \\ - \mu_d &= 0,832 \times 10^{-3} \text{ (T = 28}^\circ\text{C)} \\ - V_s &= \frac{(\rho - \rho') g \cdot d^2}{18 \mu_d} = \frac{(2 - 9) \text{ k/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{1 \cdot 0,8 \times 10^{-3}} \\ &= 0,271 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- Cek bilangan Reynolds

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu_d} = \frac{9 \text{ k/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m/d} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,8 \times 10^{-3}} \\ &= 161,13 \text{ (transisi)} \end{aligned}$$

$$- C_D = \frac{2}{R} + \frac{3}{R} + 0,34 = \frac{2}{1,1} + \frac{3}{1,1} + 0,34 = 0,724$$

$$\begin{aligned} - V_s &= \sqrt{\frac{4}{3C} \left(\frac{\rho - \rho'}{\rho} \right) g \cdot d} \\ &= \sqrt{\frac{4}{3 \cdot 0,7} \left(\frac{(2 - 9) \text{ k/m}^3}{9 \text{ k/m}^3} \right) 9,81 \text{ m/d}^2 \cdot (0,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2} \\ &= 0,271 \text{ m/detik (kemudian diiterasi pada Lampiran C.1 hal 83).} \end{aligned}$$

Hasil akhirnya $V_s = 0,0974 \text{ m/detik}$, maka:

$V_{air} < V_s = 0,0167 \text{ m/detik} < 0,0974 \text{ m/detik}$ menunjukkan bahwa proses sedimentasi berjalan dengan baik.

Dari hasil perhitungan didapat ukuran dimensi desain unit *Clarifier* 3 sebesar 26,36 m x 4,90 m x 4,85 m. Gambar rencana dapat dilihat pada Lampiran A.4 hal 74-79.

4.3.2 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Bak *Clarifier* 1, 2 dan 3

Untuk mengetahui perbandingan kondisi penyisihan kekeruhan sebelum dan sesudah adanya optimalisasi, maka diperlukan perhitungan persentase penyisihan kekeruhan tiap baknya. Kondisi efisiensi penyisihan kekeruhan sebelum dan sesudah adanya optimalisasi pada tiap bak dapat dihitung dengan persamaan 2.8:

- **Kondisi eksisting (sebelum optimalisasi)**

Menggunakan 2 bak (*Clarifier* 1, dan 2) dengan debit eksisting yaitu *Clarifier* 1 = 0,37 m³/detik dan *Clarifier* 2 = 0,37 m³/detik (debit total 0,74 m³/detik) penyisihan kekeruhan sebesar:

1) Efisiensi Penyisihan Bak *Clarifier* 1

$$- E_1 (\%) = \frac{V}{Q/A} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{(0,3 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,5 \text{ m}^2)} = 26,98 \%$$

2) Efisiensi Penyisihan Bak *Clarifier* 2

$$- E_1 (\%) = \frac{V}{Q/A} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{(0,3 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,2 \text{ m}^2)} = 27,17 \%$$

Menggunakan 2 bak (*Clarifier* 1 dan 2) penyisihan kekeruhan sebesar:

$$\frac{E_1 + E_2}{2} = \frac{2,9 \% + 2,1 \%}{2} = 27,07 \%$$

- **Kondisi setelah optimalisasi**

Menggunakan 3 bak (*Clarifier* 1, 2 dan 3) dengan debit yang berbeda-beda yaitu *Clarifier* 1 = 0,229 m³/detik, *Clarifier* 2 = 0,232 m³/detik dan *Clarifier* 3 = 0,280 m³/detik (debit total 0,74 m³/detik) agar persentase penyisihan kekeruhannya sama yaitu sebesar:

1) Efisiensi Penyisihan Bak *Clarifier* 1

$$- E_1 (\%) = \frac{V}{Q/A} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{(0,2 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,5 \text{ m}^2)} = 43,6 \%$$

2) Efisiensi Penyisihan Bak Clarifier 2

$$- E_1 (\%) = \frac{V}{Q/A} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{(0,2 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,2 \text{ m}^2)} = 43,6 \%$$

3) Efisiensi Penyisihan Bak Clarifier 3 (desain rencana)

$$- E_1 (\%) = \frac{V}{Q/A} = \frac{0,0 \text{ m/d}}{(0,2 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,5 \text{ m}^2)} = 43,6 \%$$

Efisiensi menggunakan 3 bak (*Clarifier* 1, 2 dan 3) menggunakan penyisihan kekeruhan sebesar:

$$\frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{43,6\% + 43,6\% + 43,6\%}{3} = 43,6\%$$

4.3.3 Kondisi Saat Pencucian Bak *Clarifier* Sesudah Optimalisasi

Saat dilakukan pencucian pada salah satu bak *clarifier*, bak tersebut harus dimatikan aliran airnya selama beberapa jam sampai proses pembersihan selesai. Maka dari itu debit yang disalurkan akan berkurang karena hanya 2 bak *clarifier* yang bekerja pada saat itu.

- Kondisi pencucian jika debit aliran sesuai kapasitas desain:

Debit yang disalurkan hanya untuk dua bak, dengan kata lain pada saat itu hanya ada dua bak *clarifier* yang bekerja (1 bak dicuci), maka:

- Keuntungan dari kondisi ini adalah air yang disalurkan akan memiliki tingkat kekeruhan air yang rendah (jernih). Efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 43,6 %.
- Kerugian dari kondisi ini adalah debit aliran air yang akan disalurkan jumlahnya tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air yang seharusnya yaitu sebesar 0,74 m³/detik.

- Kondisi jika debit aliran tidak sesuai kapasitas desain:

Debit yang disalurkan tidak berkurang atau dengan kata lain debit aliran air yang disalurkan tetap sebesar 0,74 m³/detik.

- Keuntungan dari kondisi ini adalah debit aliran air yang akan disalurkan jumlahnya akan cukup untuk memenuhi kebutuhan air yang seharusnya yaitu sebesar 0,74 m³/detik.

- Kerugian dari kondisi ini adalah air yang disalurkan akan memiliki tingkat kekeruhan air yang tidak rendah. Efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 27,07 %.

4.3.4 Estimasi Perhitungan Biaya Pembangunan *Clarifier* 3

Harga 1 unit *clarifier* PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh tahun 2007 adalah Rp. 710.454.000. Perhitungan estimasi biaya pembangunan unit *clarifier* 3 menggunakan Persamaan 2.20:

- Harga tahun n = Harga tahun n-1 \times (1 + Inflasi tahun n)
 Harga tahun 2008 = Harga tahun 2007 \times (1 + Inflasi tahun 2008)
 Harga tahun 2008 = Rp. 710.454.000 \times (1 + 0,1100)
 = Rp. 783.417.626

Perhitungan sampai tahun 2018 disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tahun	Inflasi (%)	Inflasi	Harga (Rp.)
2007	11,00	0,1100	710.454.000
2008	10,27	0,1027	783.417.626
2009	3,5	0,0350	810.837.243
2010	4,64	0,0464	848.460.091
2011	3,32	0,0332	876.628.966
2012	0,06	0,0006	877.154.943
2013	6,39	0,0639	933.205.144
2014	7,83	0,0783	1.006.275.107
2015	1,27	0,0127	1.019.054.801
2016	0,71	0,0071	1.026.290.090
2017	4,90	0,0490	1.076.568.041
2018	4,90	0,0490	1.129.309.110

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas didapat estimasi perhitungan harga *clarifier* 3 IPA Lambaro PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh tahun 2018 adalah Rp. 1.129.309.110.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting secara umum menunjukkan bahwa PDAM sudah dapat mengolah air dengan baik, hanya saja ada beberapa masalah pada tiap-tiap unitnya akibat *overload* kapasitas pengolahan yaitu:
 - Pada proses koagulasi (menara Air Baku) nilai gradien kecepatan (G) tidak sesuai dengan kriteria desain, agar nilainya sesuai maka tinggi terjunan (h) harus ditambah 0,36 m.
 - Pada Proses flokulasi (*clarifier* 1 dan 2) nilai gradien kecepatan (G) tidak sesuai dengan kriteria desain, agar nilainya sesuai maka diperlukan satu bak *clarifier* tambahan.
 - Pada proses filtrasi (filter) nilai lama-pencucian dan periode antara dua pencucian tidak sesuai dengan kriteria desain, agar sesuai maka perlu dilakukan optimalisasi pada unit-unit sebelumnya (sedimentasi, flokulasi, dan koagulasi)
2. Hasil optimalisasi berupa penambahan satu bak *clarifier* (*Clarifier* 3) dengan ukuran 26,36 m x 4,90 m x 4,85 m untuk mengoptimalkan kinerja PDAM Tirta Daroy yang telah melebihi debit kapasitas instalasi pengolahan akibat permintaan air oleh masyarakat.
3. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada kondisi eksisting yaitu menggunakan dua bak adalah 27,07 % sedangkan kondisi setelah optimalisasi yaitu menggunakan tiga bak diproyeksikan menjadi 43,6 %.

5.2 Saran

1. Agar kinerja masing–masing unit dapat bekerja maksimal dalam menurunkan kekeruhan air, maka diperlukan perbaikan pada tiap unit eksisting seperti yang disarankan dari hasil evaluasi.
2. Perlu adanya unit pengolahan lumpur hasil dari proses pengendapan pada PDAM Tirta Daroy agar tidak mencemari lingkungan dan sungai sebagai sumber air baku.
3. Pada penelitian ini pengukuran dimensi instalasi eksisting berdasarkan acuan gambar teknik unit IPA. Pada penelitian terkait disarankan untuk membandingkan dimensi unit kondisi eksisting dengan gambar teknik instalasinya agar perhitungan lebih akurat.

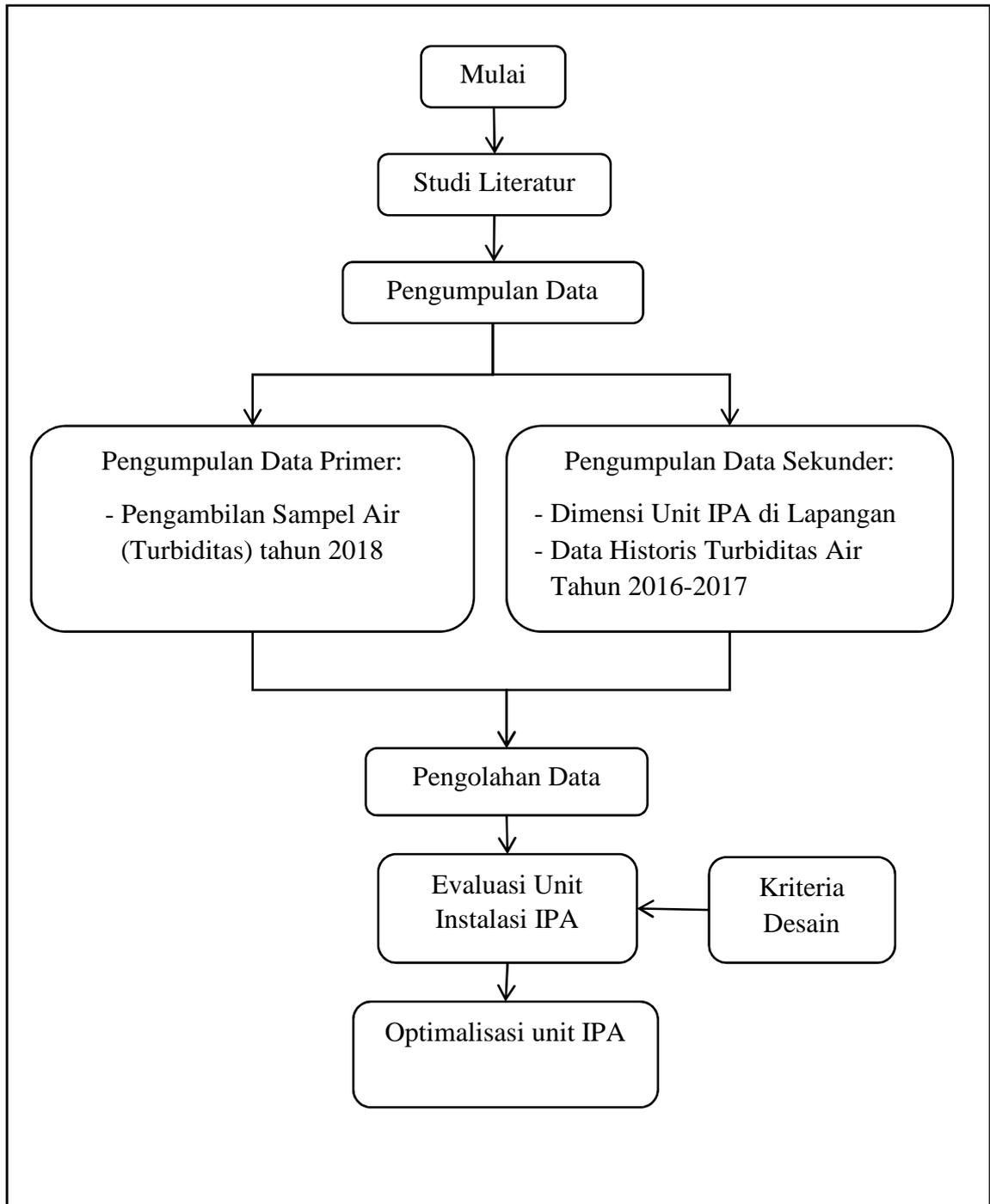
DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, Nur Fajri. 2007. Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten. *Jurnal Presipitasi*, vol. 3 no. 2.
- Astuti, dkk. 2010. Evaluasi Dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPA) PDAM Klaten Daerah Pelayanan Kota Klaten. *Jurnal Tugas Akhir*.
- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. 2017. Kota Banda Aceh dalam Angka 2017.
- Cilensek, R.F. 1990. *Water Treatment Plant Construction Cost Estimation* (Ind: Estimasi Biaya Konstruksi Instalasi Pengolahan Air). (Desain Instalasi Pengolahan Air Edisi Keempat. 2009. Editor: Edward. E. Baruth. Newyok: Mc. Graw-Hill)
- Engineering Notes. 2017. *Types of Sedimentation Tanks/ Tanks/ Water Treatment/ Water Engineering*. Diakses pada 7 Januari 2018. <http://www.engineeringenotes.com/water-engineering-2/water-treatment/types-of-sedimentation-tanks-tanks-water-treatment-water-engineering/16024>
- Grossman, Lior, dkk. 2015. *Sedimentation (water treatment)*. Diakses pada 10 Januari 2018. [http://www.wikiwand.com/en/Sedimentation_\(water_treatment\)](http://www.wikiwand.com/en/Sedimentation_(water_treatment))
- Joko, Tri 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Lufira, dkk. 2012. Optimalisasi dan Simulasi Sistem Penyediaan Jaringan Air Bersih di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar. *Jurnal Teknik Pengairan*. Universitas Bariwijaya.
- Manupraba, Wisnu dkk. 2015. *Tafsir Alquran Online*. Diakses pada 10 Desember 2017. <https://tafsirq.com/25-al-furqan/ayat-48>
- Novitasari, R, dkk. 2013. Evaluasi Dan Optimalisasi Kinerja IPA I Pdam Kota Pontianak. *Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan UNTAN*, vol. 1, no.1.
- PDAM Tirta Daroy. 2018. Kota Banda Aceh.

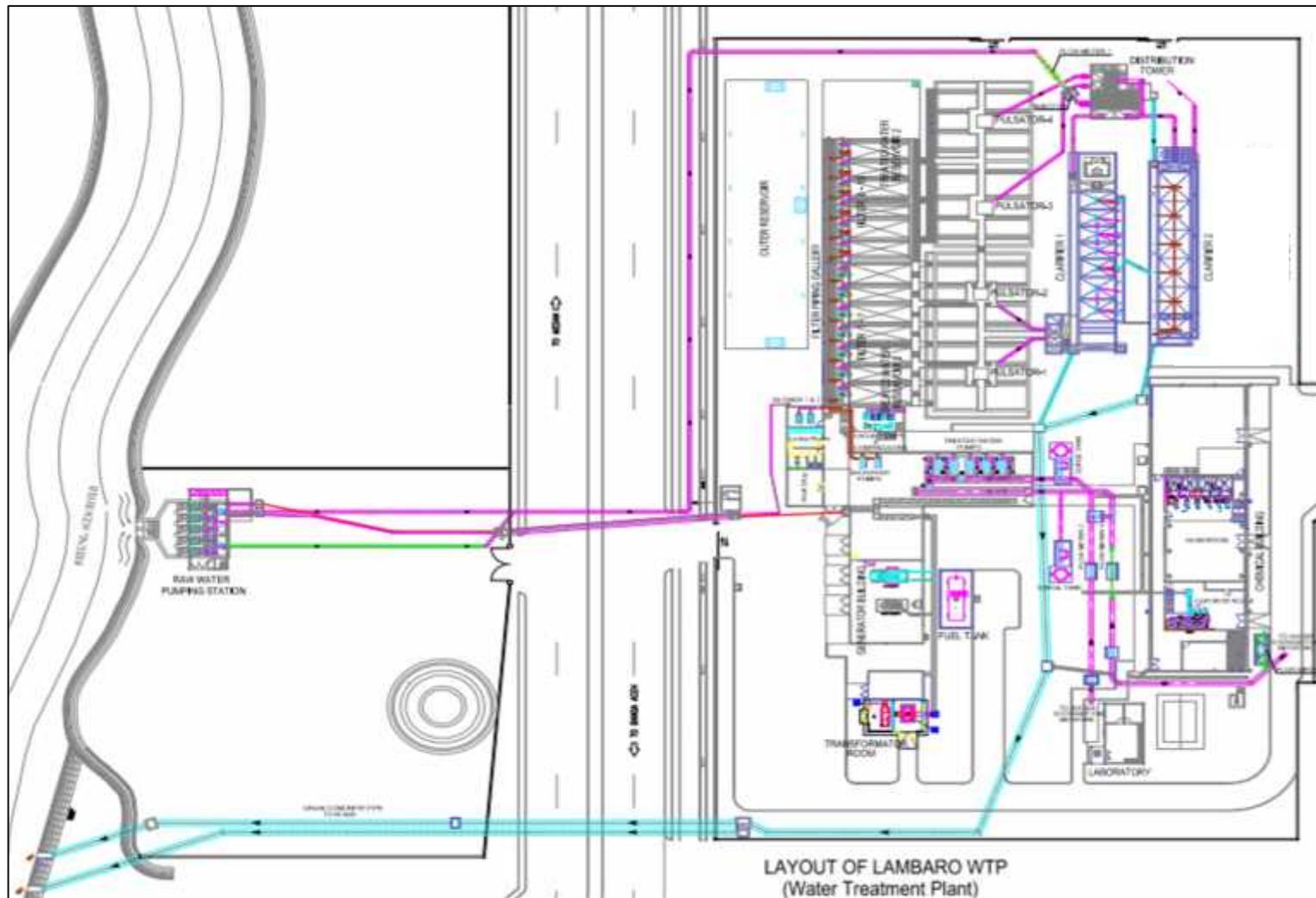
- Priambodo, Eko Ary. 2016. Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Tugas Akhir*. Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Putri, Dinanti Tri Restio. 2013. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih Unit 1 Sungai Ciapus Di Kampus IPB Dramaga Bogor. *Skripsi*. Teknik Lingkungan, IPB Bogor.
- Ratnayaka, dkk. 2009. *Twort's Water Supply (6th ed.)* (Ind: Suplai Air Twort). USA: Butterworth-Heinemann.
- Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010. tentang Persyaratan Kualitas Air minum. Jakarta.
- Rifandi, Ahmad. 2015. Perancangan Pemisah sekat untuk Proses Pengendapan. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung*.
- Said, Nusa Idaman. 2008. *Teknologi Pengelolaan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*. Pusat Pengelolaan Lingkungan. Jakarta.
- Saputri, Afrike Wahyuni. 2011. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih Unit 1 Sungai Ciapus Di Kampus IPB Dramaga Bogor. *Skripsi*. Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia 6674. 2008. Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Indonesia.

LAMPIRAN A GAMBAR

A.1. Gambar Diagram Aliran Penelitian

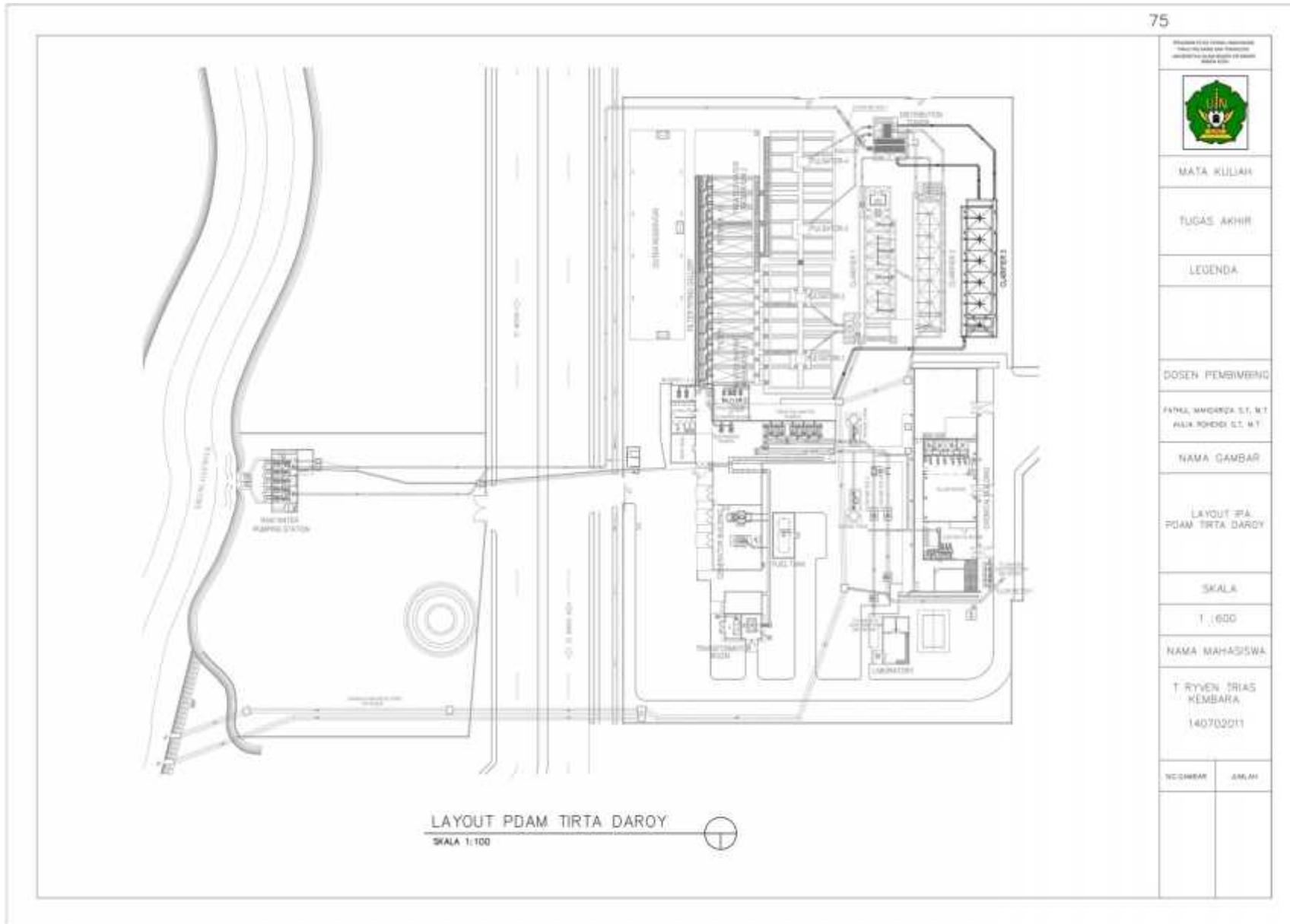


A.2. Layout Eksisting IPA PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh



A.3. Pengecekan Kualitas Air dengan Parameter Turbiditas





75

Logo of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)



MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

LEGENDA

DOSEN PEMBIMBING

FAYU, WINDA S.T., M.T.
ALIA, RIZKI S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

LAYOUT STA
PDAM TIRTA DAROY

SKALA

1 : 100

NAMA MAHASISWA

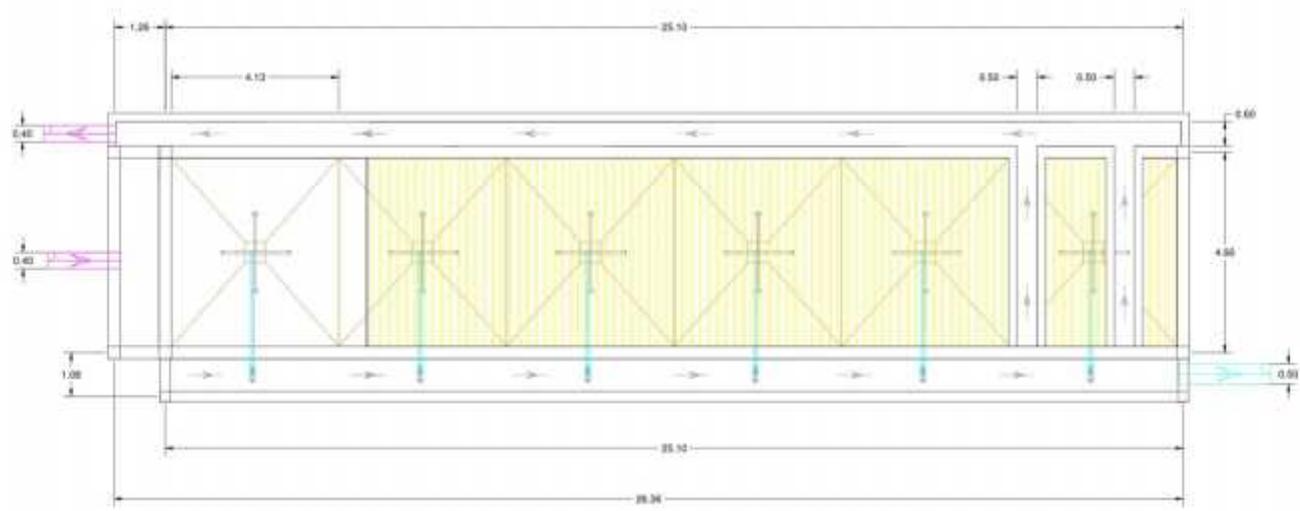
T RYVEN TRIAS
KEMBARA
140702011

NO GAMBAR

JMLAH

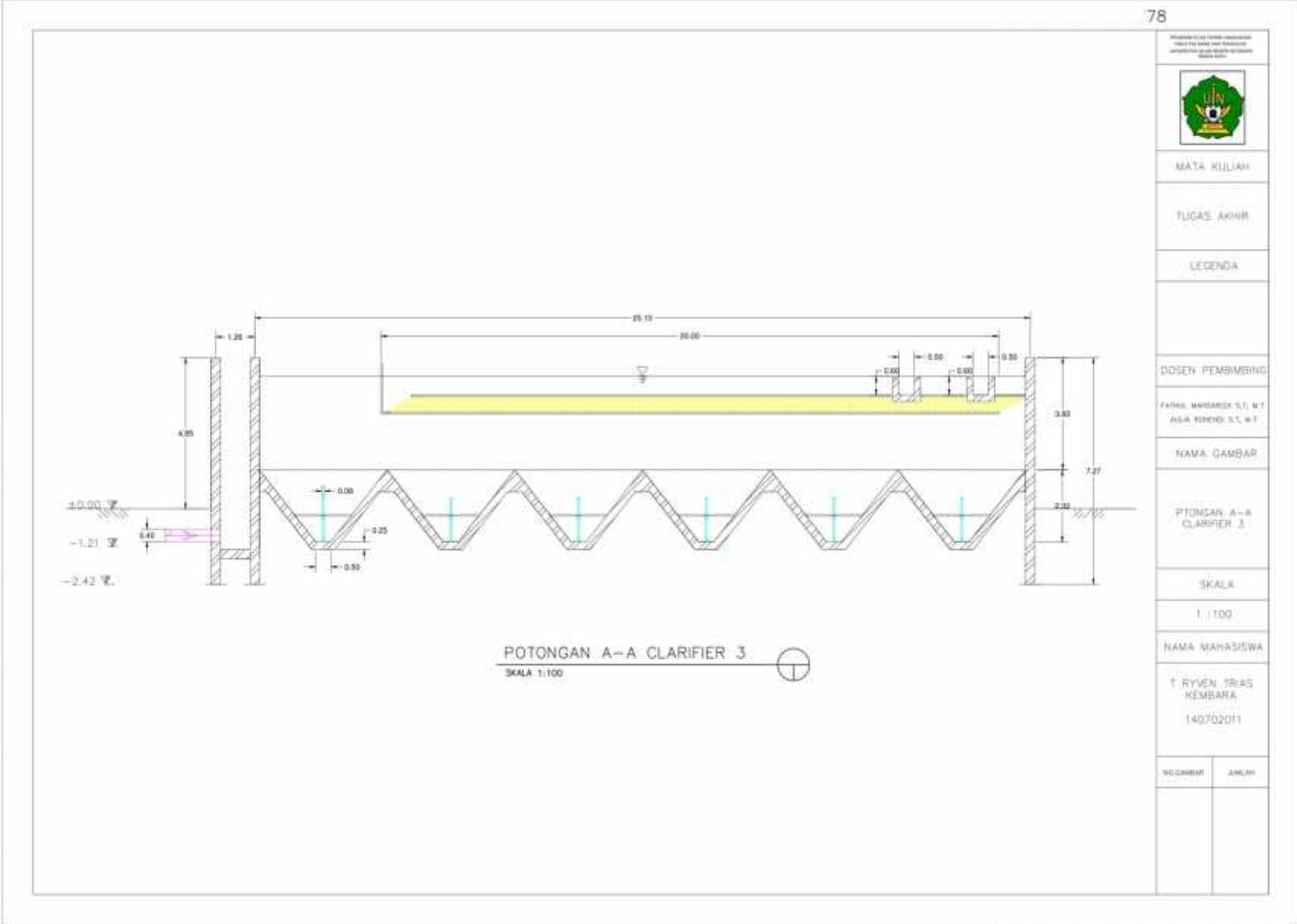
LAYOUT PDAM TIRTA DAROY
SKALA 1:100





DETAIL SITE PLAN CLARIFIER 3
SKALA 1:100

MATA KULIAH	
TUGAS AKHIR	
LEGENDA	
DOSEN PEMBIMBING	
PRIMA WIDARSA S.T., M.T. ALVA RENDO S.T., M.T.	
NAMA GAMBAR	
DETAIL SITE PLAN BAK CLARIFIER 3	
SKALA	
1 : 100	
NAMA MAHASISWA	
T RYVEN TRIAS KEMBARA 140702011	
NO GAMBAR	JMLAH



POTONGAN A-A CLARIFIER 3
SKALA 1:100

78

PRODI TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BINA SARASWATI
MANGARAI



MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

LEGENDA

DOSEN PEMBIMBING

FATHA WISBARA S.T., M.T
ALFA RENDI S.T., M.T

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A
CLARIFIER 3

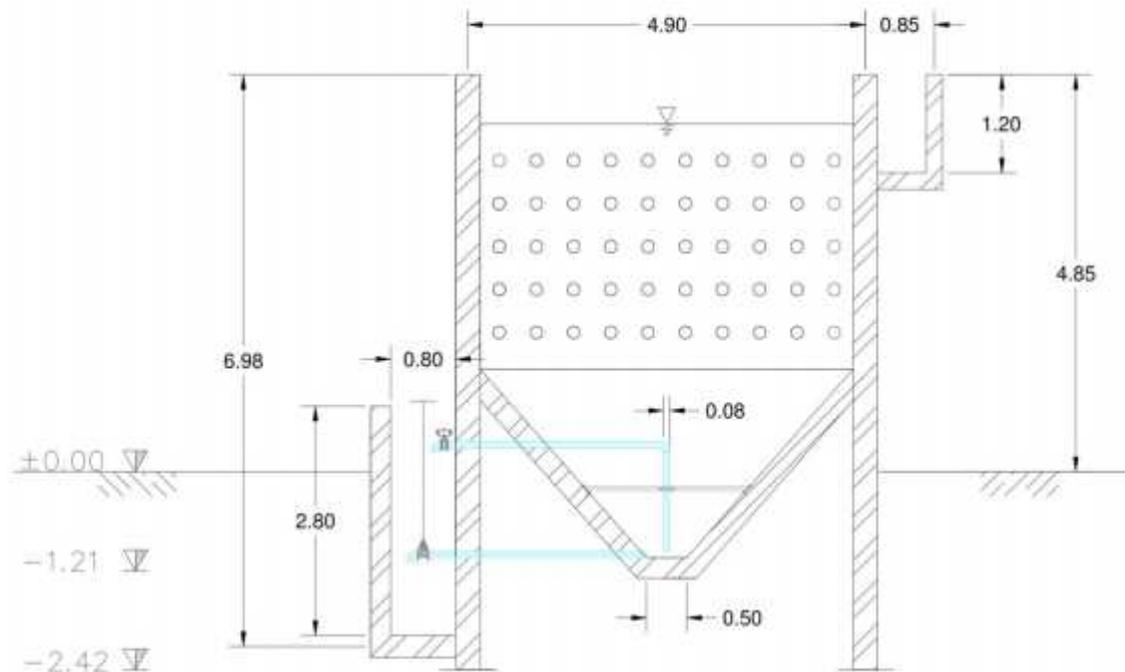
SKALA

1 : 100

NAMA MAHASISWA

T RYVEN TRIAS
KEMBARA
140702011

NO GAMBAR	AMLAN



POTONGAN B-B CLARIFIER 3

SKALA 1:100



79

REKAYASA LULUS TERHADAP
 MASA DEPAN DAN BERKONTRIBUSI
 KEPADA MASYARAKAT YANG BERTAMBAH
 NILAI



MATA KULIAH

TUJAS AKHIR

LEGENDA

DOSEN PEMBIMBING

FATMA HARISYAH S.T., M.T.
 ALHA RIZKI S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B
CLARIFIER 3

SKALA

1:100

NAMA MAHASISWA

T. RYVEN TRIAS
 KEMBARA
 140702011

NOGAMBAR

ANJAM

LAMPIRAN B TABEL

B.1. Tabel Timeline Penelitian

Kegiatan	Tahun 2017/2018																				
	Des			Jan				Feb			Mei			Juni			Juli				
Persiapan Kegiatan																					
1. Pengumpulan materi dan bahan pendukung	■	■	■																		
2. Penyusunan proposal		■	■	■	■	■															
3. Konsultasi pembimbing				■	■	■			■	■				■	■			■	■	■	■
Pelaksanaan Penelitian																					
1. Pengumpulan data primer dan sekunder									■	■											
- Pengambilan sampel di lapangan									■	■											
- Evaluasi unit IPA										■	■										
2. Pengolahan dan analisis data									■	■			■	■	■						
3. Penyelesaian																					
- Optimalisasi unit IPA																	■	■	■	■	■

LAMPIRAN C PERHITUNGAN KECEPATAN PARTIKEL

Perhitungan Kecepatan Partikel (V_s)

- $s = 2650 \text{ kg/m}^3$
- $\rho = 996 \text{ kg/m}^3$ ($T = 28^\circ\text{C}$)
- $d = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}$
- $\mu_d = 0,832 \times 10^{-3}$ ($T = 28^\circ\text{C}$)

$$1) V_s = \frac{(\rho - s) g \cdot d^2}{18 \mu_d} = \frac{(2650 - 996) \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/d}^2 \cdot (0,5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{18 \cdot 0,832 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,271 \text{ m/detik}$$

2) Cek bilangan Reynolds

$$\text{Nre} = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu_d} = \frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,271 \text{ m/s} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,832 \times 10^{-3}}$$

$$= 162,13 \text{ (transisi)}$$

$$3) C_D = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\text{Re}} + 0,34 = \frac{24}{162,13} + \frac{3}{162,13} + 0,34 = 0,724$$

$$4) V_s = \sqrt{\frac{4}{3 C_D} \left(\frac{\rho - s}{\rho} \right) g \cdot d}$$

$$= \sqrt{\frac{4}{3 \cdot 0,724} \left(\frac{2650 - 996}{996} \right) 9,81 \text{ m/d}^2 \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

= 0,271 m/detik, kemudian diulangi langkah 2, 3, 4 sampai mendekati

hasil sama pada tabel di bawah ini:

No.	Re	Cd	Vs (m/detik)
	162,12	0,723	0,123
1	73,32	1,01	0,103
2	61,83	1,10	0,0989
3	59,21	1,13	0,0978
4	58,54	1,14	0,0975
5	58,37	1,14	0,0974
6	58,32	1,14	0,0974
7	58,31	1,14	0,0974
8	58,30	1,14	0,0974

9	58,30	1,14	0,0974
10	58,30	1,14	0,0974
11	58,30	1,14	0,0974
12	58,30	1,14	0,0974
13	58,30	1,14	0,0974
14	58,30	1,14	0,0974
15	58,30	1,14	0,0974

BIODATA

1. Nama : T. Ryven Trias Kembara
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Meulaboh, 12 Januari 1995
3. Alamat : Jalan T. Iskandar Komplek Villa No. 8
Asri Desa Lamglumpang Kecamatan Ulee
Kareng Kota Banda Aceh Provinsi Aceh
4. Nama Ayah : Ir. T. Fuadi
5. Pekerjaan Ayah : Pegawai Negeri Sipil (Pensiun)
6. Nama Ibu : Naimah, S.Pd
7. Pekerjaan Ibu : Pegawai Negeri Sipil (Guru)
8. Alamat Orang Tua : Jalan T. Iskandar Komplek Villa No. 8
Asri Desa Lamglumpang Kecamatan Ulee
Kareng Kota Banda Aceh Provinsi Aceh
9. Riwayat Pendidikan :

Jenjang	Nama Sekolah	Bidang Studi	Tempat	Tahun Ijazah
SD	SD Negeri 56	-	Banda Aceh	2007
SMP	SMP Negeri 10	-	Banda Aceh	2010
SMA	SMA Negeri 4	IPA	Banda Aceh	2013