

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPA)
PRIA LAOT PADA PDAM TIRTA ANEUK LAOT SABANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**SURAYYA ULFA RINA
NIM. 150702053
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020 M / 1441 H**

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPA) PRIA LAOT
PADA PDAM TIRTA ANEUK LAOT SABANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh

SURAYYA ULFA RINA
NIM. 150702053
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



(Aulia Rohendi, S.T.,M.Sc)
M.Sc)

NIDN : 2010048202



(Adian Aristia Anas, S.T.,

NIDN : 2022100701

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPA) PRIA LAOT
PADA PDAM TIRTA ANEUK LAOT SABANG**

TUGAS AKHIR

**Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
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 : Senin, 27 Januari 2020
2 Jumadil Akhirah 1441**

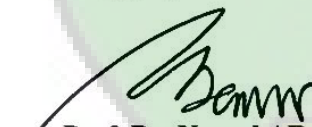
Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,



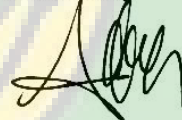
**Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202**

Penguji I,



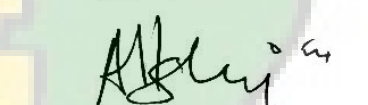
**Prof. Dr. Nasrul AR, M.T
NIDN. 0020107202**

Sekretaris,



**Adian Arista Anas, M.Sc
NIDN. 2022100701**

Penguji II,



**T. Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301**

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh**



**Dr. Azhar Amsal, M.Pd &
NIDN. 2001066802**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Surayya Ulfa Rina

NIM : 150702053

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul Skripsi : Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Pria Laot
Pada PDAM Tirta Aneuk Laot

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 27 Januari 2020

Yang Menyatakan,



Surayya Ulfa Rina
Surayya Ulfa Rina

ABSTRAK

Nama : Surayya Ulfa Rina
NIM : 150702053
Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot Sabang
Tanggal Sidang : 27 Januari 2020 / 2 Jumadil Akhirah 1441 H
Tebal Skripsi : 91 Halaman
Pembimbing I : Aulia Rohendi, M.Sc
Pembimbing II : Adian Aristia Anas, M.Sc
Kata Kunci : Evaluasi IPA, Sistem Operasional, Kualitas Air, Kualitas Lumpur, PDAM

PDAM Tirta Aneuk Laot bertanggung jawab menyuplai air bersih ke masyarakat di Kota Sabang. PDAM ini memiliki 4 IPA, salah satu nya adalah IPA Pria Laot. Operasional pada IPA Pria Laot belum berjalan dengan optimal seperti tidak adanya penggunaan koagulan dan desinfektan pada air secara berkala dan tidak ada pemantauan kualitas air perharinya. IPA Pria Laot menggunakan koagulan dan digunakan pada saat musim hujan yang membuat tingginya tingkat kekeruhan pada air baku. Kolam penampung limbah pada IPA Pria Laot juga mengalami kendala karena sudah terisi penuh oleh limbah lumpur dan tidak adanya izin dari pemerintah daerah untuk membuang lumpur tersebut ke lingkungan karena dianggap dapat mencemari lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem operasional pada IPA Pria Laot dan mengetahui kualitas air dan lumpur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (pengujian sampel air hasil olahan dan pengujian sampel limbah lumpur) dan metode kualitatif (observasi, analisis dokumen dan wawancara). Parameter yang diuji untuk air hasil olahan yaitu Turbiditas, Ph, Suhu, TDS, Bakteri *Coliform* dan *E.Coli*. Parameter yang diuji untuk limbah lumpur adalah Fe, Mg, Pb, dan Cu. Hasil penelitian untuk air hasil olahan, semua parameter memenuhi baku mutu kecuali Bakteri *Coliform* (4/100 ml) dan *E.Coli* (2/100 ml) dan untuk lumpur parameter Pb dan Cu tidak terdeteksi sedangkan Mg berada dalam kadar rendah dan Fe tidak memenuhi baku mutu.

ABSTRACT

PDAM Tirta Aneuk Laot is responsible and supplies clean water to the community in Sabang City. This PDAM has 4 WTPs, one of them is WTP Pria Laot. Operations at the WTP Pria Laot have not run optimally such as there is no regular use of coagulants and disinfectants in water and no monitoring of water quality everyday. WTP Pria Laot uses a coagulant and is used during the rainy season which makes high turbidity levels of turbidity in raw water. The waste storage pond at WTP Pria Laot is also experiencing problems because it has been completely filled with sewage sludge and there is no permit from the local government to dispose of the mud into the environment because it is considered to pollute the environment. The purpose of this study is to evaluate the operational system in WTP Pria Laot and find out the quality of water and mud. The method used in this research is quantitative method (testing treated water samples and testing for sludge samples) and qualitative methods (observation, document analysis and interviews). The parameters tested for treated water are Turbidity, Ph, Temperature, TDS, Coliform Bacteria and E. Coli. The parameters tested for sewage sludge are Fe, Mg, Pb, and Cu. The result of the study for treated water, all parameters meet the quality standards except for Coliform (4/100 ml) and E. Coli (2/100) and for sludge Pb and Cu parameters are not detected while Mg is in low levels and Fe does not meet quality standards.

Keywords: Evaluation of WTP, Operational System, Water Quality, Sludge Quality, PDAM

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayahnya kepada seluruh umat manusia. Shalawat dan salam penulis sanjungkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Dengan pertolongan, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Pria Laot Pada PDAM Tirta Aneuk Laot Sabang**”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam proses penyusunan proposal penelitian ini, penulis tidak luput dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara moril maupun material. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Eriawati S.Pd.I., M.Pd, selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Yeggi Darnas M.T, selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan, Koordinator tugas akhir, dan Pembimbing akademik yang memberikan banyak arahan selama proses menimba ilmu di Teknik Lingkungan.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan kesediaan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan membantu penulis dalam mengarahkan tugas akhir ini.

5. Semua dosen dan Staf Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan tenaga dan pikirannya untuk mengajarkan dan membimbing penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik.
6. Kedua Orang tua penulis Ayahanda Ismail Zend dan Ibunda Sri Martana S.Ag. yang telah memberikan dukungan dan mendoakan serta memberikan kasih sayang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Adik penulis Hanifullah, M. Alimul Fajar, dan Citra Ratu Marsyawal yang telah memberikan dukungan begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. M. Aqil Ramadhan yang telah memberikan dukungan, tenaga dan doa kepada penulis dalam proses penyusunan tugas akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Wilda Maifira, Nifa Karimah, Sy. Dara, Eka Salehan yang telah menemani dan memberikan semangat kepada penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Dan juga kepada Teman-teman seperjuangan Teknik Lingkungan Angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis dan Dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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.

Penulis menyadari bawa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan tugas akhir ini.

Banda Aceh, Januari 2020
Penulis,

Surayya Ulfa Rina

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I : PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	4
 BAB II : LANDASAN TEORITIS	 5
2.1. Instalasi Pengolahan Air	5
2.1.1. <i>Intake</i>	5
2.1.2. Pra Sedimentasi.....	6
2.1.3. <i>Clarifier</i>	6
2.1.4. Bangunan pengaduk cepat (<i>Rapid Mixing</i>).....	6
2.1.5. Bangunan Pengaduk Lambat (<i>Slow Mixing</i>)	6
2.1.6. Sedimentasi.....	7
2.1.7. Filtrasi	9
2.1.8. Reservoir	11
2.2. Koagulasi	11
2.2.1. Proses Koagulasi.....	11
2.2.2. Koagulan.....	12
2.2.2.1. Kriteria Koagulan.....	14
2.2.2.2. Bak Koagulan.....	15
2.3. Flokulasi.....	15
2.4. Limbah Padat Lumpur	19
2.5. Parameter Pengujian	20
2.5.1. Uji Air Hasil Olahan	20
2.5.2. Uji Lumpur	21
 BAB III : METODE PENELITIAN.....	 23
3.1. Gambaran Wilayah Studi	23
3.2. Metode Penelitian	24

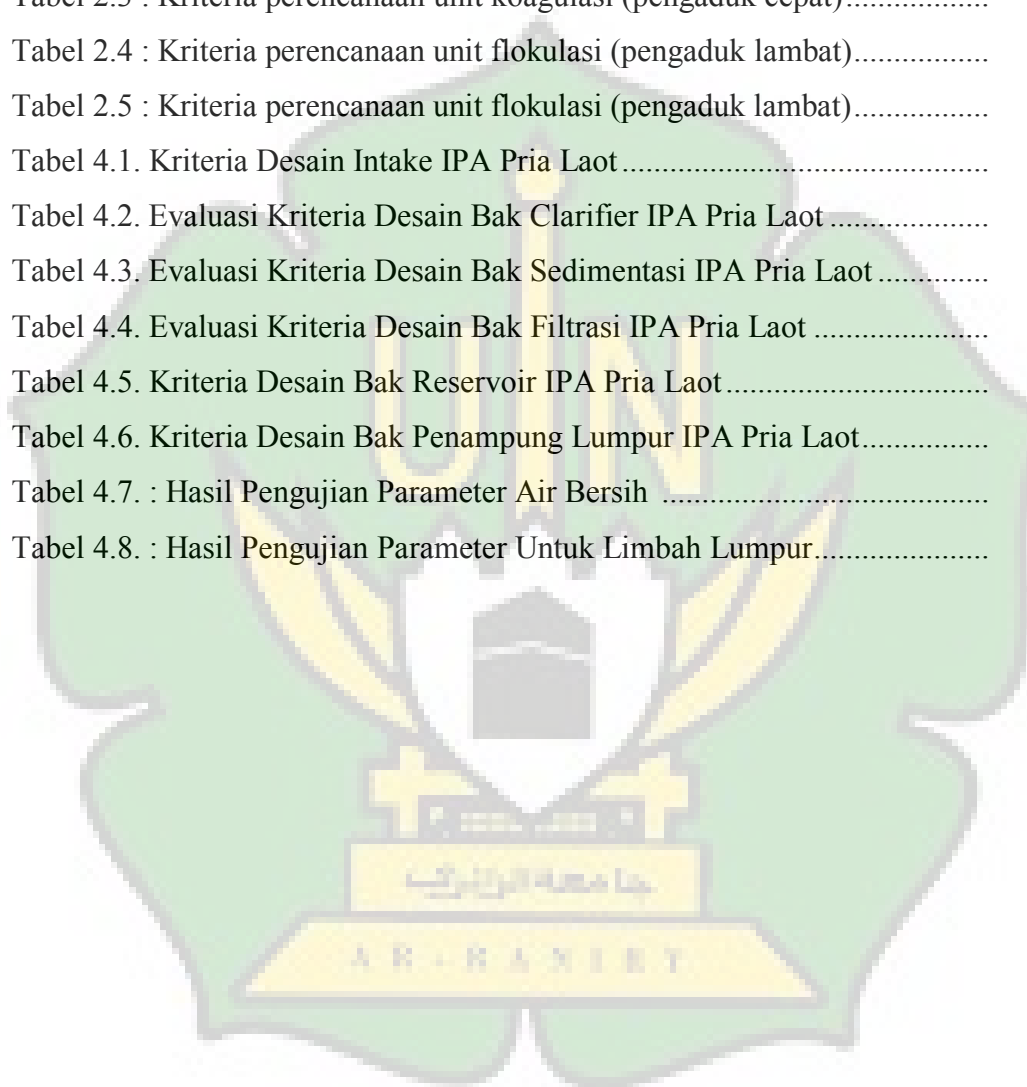
3.3. Waktu dan Tempat penelitian	25
3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.5. Tahap Pelaksanaan.....	26
3.5.1. Tahap Pengambilan dan Pengamatan Sampel	26
3.5.2. Prosedur Pengujian Sampel	26
3.6. Tahap Pelaporan Hasil	31
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Sistem Operasional IPA Pria Laot	32
4.1.1. <i>Intake</i>	32
4.1.2. <i>Clarifier</i>	35
4.1.3. Sedimentasi.....	39
4.1.4. Filtrasi	42
4.1.5. Reservoir.....	46
4.1.6. pBak Penampung Lumpur	49
4.2. Kualitas Air dan Lumpur Hasil Pengolahan IPA Pria Laot.....	51
4.2.1. Kualitas Air	51
4.2.2. Kualitas Lumpur	53
4.3. Rekomendasi untuk limbah lumpur IPA Pria Laot	56
BAB V : PENUTUP	58
1.1. Kesimpulan	58
1.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	64
BIODATA	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses pengolahan air bersih	5
Gambar 3.1. Peta Sabang	23
Gambar 3.2. Lokasi PDAM Tirta Aneuk Laot.....	25
Gambar 4.1. Desain IPA Pria Laot.....	32
Gambar 4.2. Intake IPA Pria Laot.....	33
Gambar 4.3. Desain Intake.....	34
Gambar 4.4. Bak Clarifier IPA Pria Laot.....	36
Gambar 4.5. Desain Bak Clarifier.....	38
Gambar 4.6. Bak Sedimentasi IPA Pria Laot.....	39
Gambar 4.7. Desain Bak Sedimentasi.....	42
Gambar 4.8. Bak Filtrasi IPA Pria Laot.....	43
Gambar 4.9. Desain Bak Filtrasi.....	46
Gambar 4.10. Bak Reservoir intake IPA Pria Laot.....	47
Gambar 4.11. Desain Bak Reservoir.....	48
Gambar 4.12. Bak penampung lumpur IPA Pria Laot.....	49
Gambar 4.13. Desain Bak Penampung Lumpur.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Kriteria unit sedimentasi (bak pengendap)	7
Tabel 2.2 : Kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat).....	9
Tabel 2.3 : Kriteria perencanaan unit koagulasi (pengaduk cepat).....	12
Tabel 2.4 : Kriteria perencanaan unit flokulasi (pengaduk lambat).....	14
Tabel 2.5 : Kriteria perencanaan unit flokulasi (pengaduk lambat).....	16
Tabel 4.1. Kriteria Desain Intake IPA Pria Laot	33
Tabel 4.2. Evaluasi Kriteria Desain Bak Clarifier IPA Pria Laot	36
Tabel 4.3. Evaluasi Kriteria Desain Bak Sedimentasi IPA Pria Laot	39
Tabel 4.4. Evaluasi Kriteria Desain Bak Filtrasi IPA Pria Laot	43
Tabel 4.5. Kriteria Desain Bak Reservoir IPA Pria Laot	47
Tabel 4.6. Kriteria Desain Bak Penampung Lumpur IPA Pria Laot.....	49
Tabel 4.7. : Hasil Pengujian Parameter Air Bersih	52
Tabel 4.8. : Hasil Pengujian Parameter Untuk Limbah Lumpur.....	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	65
Lampiran B.....	66
Lampiran C.....	67
Lampiran D	69
Lampiran E.....	73



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Air bersih merupakan suatu kebutuhan bagi seluruh masyarakat. Air bersih dapat diambil dari air permukaan maupun air tanah, seperti air sungai, air danau, air dari mata air, maupun air sumur. Akan tetapi sumber air tidak dapat menjamin bahwa air tersebut masuk kedalam kategori air bersih. Banyaknya pencemaran yang timbul menyebabkan banyak sumber air yang tercemar. Mulai dari pembuangan sampah di sungai, pembuangan limbah industri, pembuangan limbah domestik yang secara langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu. Hal ini sangat mencemaskan, mengingat air bersih semakin langka hingga tidak dapat memenuhi kebutuhan hidup sebagaimana mestinya.

Untuk mengatasi hal tersebut, tiap-tiap daerah di Indonesia memiliki Perusahaan Daerah Air Minum yang sering disebut dengan PDAM yang berfungsi untuk mengolah air baku dari berbagai sumber menjadi air minum untuk kebutuhan masyarakat. PDAM adalah salah satu usaha milik daerah yang bekerja dalam distribusi air minum bagi masyarakat umum yang diawasi dan dimonitori oleh aparat eksekutif maupun legislatif. Pada dasarnya PDAM memberi pelayanan untuk mendistribusikan air dengan kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Akan tetapi, ada beberapa hal yang menyebabkan air yang sampai di rumah pelanggan tidak memenuhi syarat kualitas air minum, tetapi masih dapat digunakan sebagai kebutuhan domestik karena masih memenuhi syarat kualitas air bersih. Sabang sendiri memiliki PDAM yang bernama PDAM Tirta Aneuk Laot. PDAM Tirta Aneuk Laot terletak di Jl. P. Diponegoro No. 24, Sabang, Kota Sabang. PDAM ini memiliki beberapa cabang yaitu di Krueng Pancu, Aneuk Laot, Waduk Paya Seunara dan Pria Laot.

Pengolahan air baku menjadi air bersih pada PDAM Tirta Aneuk Laot umumnya sama dengan PDAM lainnya, yaitu dimulai dari pengambilan air baku

di *intake*, lanjut kepada koagulasi, sedimentasi, filtrasi dan terakhir air hasil olahan masuk ke dalam bak reservoir. Koagulasi merupakan tahap pembubuhan koagulan ke dalam air baku guna menurunkan turbiditas air baku, untuk proses koagulasi di IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot hanya dilakukan apabila kondisi air menjadi keruh, seperti pada saat musim hujan. Ketika musim hujan, IPA Pria Laot menggunakan *Aluminium Sulfat* (tawas) sebagai koagulan untuk proses Koagulasi-Flokulasi. Pemakaian koagulan yang tidak berkala ini juga diperhatikan dari sumber air baku, dimana air baku yang digunakan di IPA Pria Laot adalah berasal dari air terjun Pria Laot.

PDAM Tirta Aneuk Laot Sabang awalnya didirikan pada tahun 1986 oleh Komunitas Belanda. Namun pada tahun 1997 dibentuk dengan Perda Kota Sabang. Berdasarkan observasi awal di PDAM Tirta Aneuk Laot, PDAM ini memiliki sedikit masalah pada bagian pengolahan limbah lumpur. Limbah lumpur hasil dari pengolahan di instalasi pengolahan air dialirkan menuju bak penampung limbah tersebut. Lumpur kemudian mengendap pada dasar bak, lalu air yang tidak mengandung lumpur langsung dialirkan ke badan air yang berada tepat di depan PDAM Tirta Aneuk Laot. Lumpur yang mulai penuh kemudian dibuang oleh petugas PDAM Tirta Aneuk Laot ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang berada di Cot Abeuk, tetapi oleh pemerintah daerah setempat tidak memberi izin karena limbah lumpur belum diberi pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu 8 tahun terakhir PDAM Tirta Aneuk Laot belum berani untuk membuang limbah lumpur di TPA maupun di lingkungan lain. Limbah lumpur hanya dialirkan ke dalam bak penampung. Bak penampung yang sudah penuh menyebabkan lumpur yang dialirkan tidak dapat mengendap. PDAM lalu mengalirkan lumpur tersebut pada malam hari ke badan air melalui bak penampung. Pembuangan lumpur pada malam hari disebabkan karena tidak adanya aktivitas warga setempat di sungai tersebut, maka pengaruh lumpur tidak langsung dirasakan oleh warga.

Pelayanan PDAM Tirta Aneuk Laot juga belum optimal, dikarenakan masih ditemukan beberapa masalah seperti kualitas, kuantitas dan kontinuitas air. Pengujian kualitas air tidak dilakukan secara reguler di laboratorium, kuantitas air juga belum terpenuhi sehingga masih ada pelanggan yang belum menerima air

secara merata. Menurut Malahayati (2012) kontinuitas air yang dialirkan kepada pelanggan berkisar antara 1-5 jam selama 1-2 hari, sedangkan berdasarkan observasi awal air dialirkan kepada pelanggan berkisar 6 jam/hari nya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan evaluasi di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot, Sabang.

1.2.Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem operasional IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot?
2. Bagaimana kualitas air dan lumpur hasil pengolahan IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot?

1.3.Tujuan

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot dioperasikan.
2. Mengetahui kualitas air dan lumpur hasil pengolahan IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot, sehingga bisa diberikan rekomendasi terkait operasional IPA dan rekomendasi untuk pengolahan limbah padat lumpur.

1.4.Manfaat

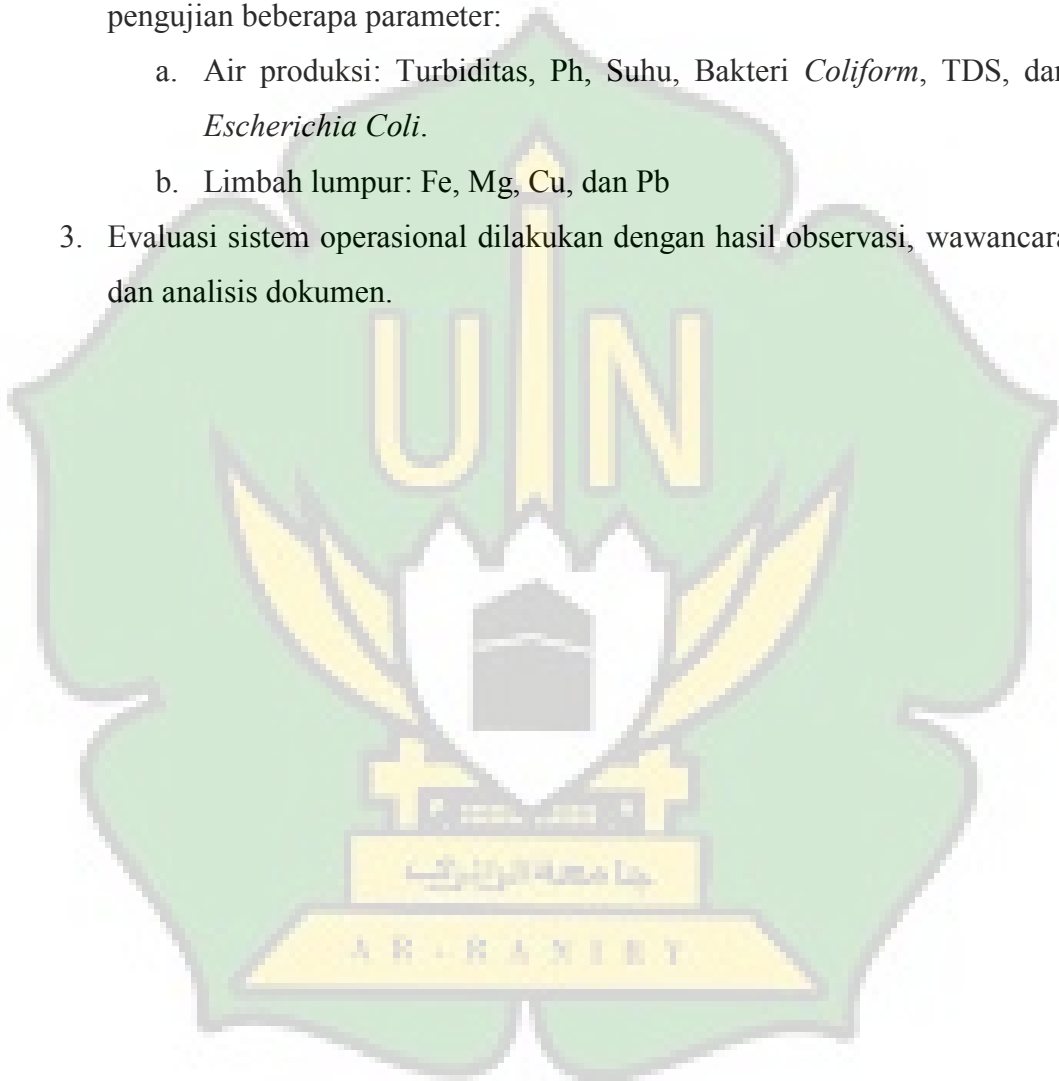
Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat mengkaji secara menyeluruh proses operasional yang terdapat di IPA Pria Laot.
2. Dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak PDAM Tirta Aneuk Laot untuk melakukan perbaikan atau peningkatan layanan di IPA Pria Laot.
3. Dapat digunakan sebagai bahan dasar maupun informasi untuk penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini meneliti sebatas:

1. Hanya membahas sistem operasional tentang bagaimana urutan proses pengolahan air di IPA Pria Laot dilakukan.
2. Mengingat air baku berasal dari air terjun Pria Laot, maka hanya dilakukan pengujian beberapa parameter:
 - a. Air produksi: Turbiditas, Ph, Suhu, Bakteri *Coliform*, TDS, dan *Escherichia Coli*.
 - b. Limbah lumpur: Fe, Mg, Cu, dan Pb
3. Evaluasi sistem operasional dilakukan dengan hasil observasi, wawancara dan analisis dokumen.

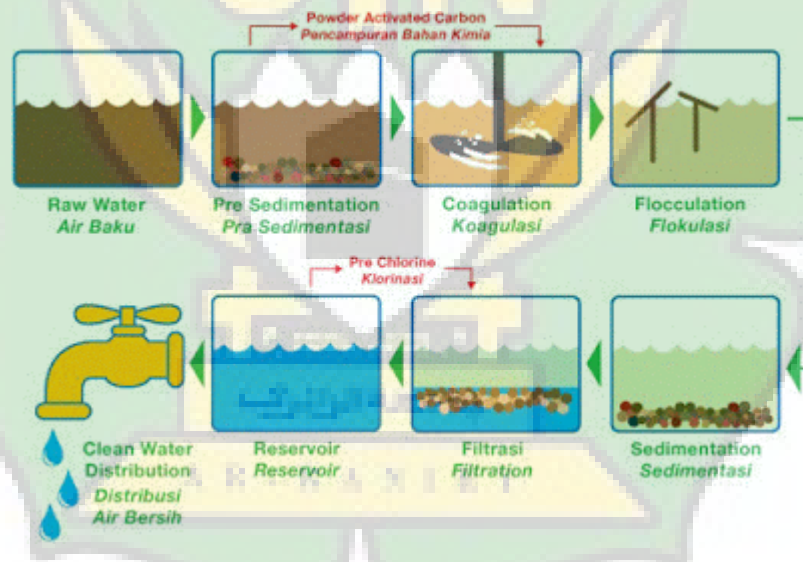


BAB II

LANDASAN TEORETIS

2.1. Instalasi Pengolahan Air

PDAM merupakan salah satu perusahaan milik daerah yang bekerja dibidang pengolahan dan pendistribusian air bersih. Beberapa fasilitas yang dimiliki dalam pemrosesan air bersih antara lain : *intake*, menara air, *clarifier*, pulsator, filter, dan reservoir. Selain berbagai macam fasilitas, PDAM juga menggunakan bahan kimia seperti : Kaporit dan tawas dalam proses pengolahan air bersih. Berikut merupakan fasilitas pengolahan air baku yang dimiliki oleh PDAM Tirta Aneuk Laot, Sabang.



Gambar 2.1. Proses Pengolahan Air Bersih

2.1.1. Intake

Intake adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat masuknya air baku untuk diolah dari badan air (sungai) sesuai dengan debit yang diperlukan bagi pengolahan air bersih. Sedangkan menurut Permatasari (2013) *Intake* merupakan proses pemompaan air baku dari sungai untuk kemudian dialirkan kedalam sumur penyeimbang.

2.1.2. Pra Sedimentasi

Bangunan yang memiliki fungsi sebagai bak pengendapan disebut juga dengan pra sedimentasi, dimana pada bangunan ini tidak dilakukan penggunaan bahan kimia dan diproses secara alami. (Rifa'i, 2007). Menurut Permatasari (2013) Pra Sedimentasi adalah suatu proses dimana partikel diskret atau partikel kasar maupun lumpur diendapkan, sedangkan pengertian partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan dari bentuk maupun ukuran selama mengendap di dalam air.

2.1.3. Clarifier

Clarifier sebagai tempat terjadinya koagulasi. Pada *clarifier* air dibersihkan dari banyaknya kotoran yaitu dengan cara kotoran tersebut diendapkan pada besi pada bagian bawah *clarifier*, kemudian kotoran yang mengendap akan dibuang melalui pipa saluran pembuangan. Permatasari (2013) mengatakan pada proses koagulasi terjadinya pencampuran koagulan dengan air secara merata kemudian akan terjadi destabilisasi koloid sehingga koloid saling tarik menarik dan membentuk gumpalan yang lebih besar.

2.1.4. Bangunan Pengaduk Cepat (*Rapid Mixing*)

Bangunan pengaduk cepat berfungsi sebagai tempat terjadinya pencampuran koagulan dengan air baku sehingga terjadinya proses koagulasi. Menurut Permatasari (2013) *Rapid Mixing* berfungsi untuk melarutkan koagulan kedalam air hingga homogen.

2.1.5. Bangunan Pengaduk Lambat (*Slow Mixing*)

Pada bangunan ini terjadinya proses pengadukan yang berlangsung lambat dan terjadi di pulsator. Flok terbentuk berukuran lebih besar dan stabil, sehingga flok lebih mudah untuk terendap dan disaring. Pulsator bekerja yaitu dengan sistem ruang hampa dimana air dapat dinaikkan dan diturunkan, sehingga flok-flok yang terbentuk dapat tercampur. Flokulen yang telah terendap kemudian dibuang 15 menit sekali, selanjutnya akan diproses di filter.

2.1.6. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan suatu proses dimana air baku berada disuatu bangunan untuk terjadinya proses pengendapan flok-flok. (Rifa'i, 2007). Kriteria perencanaan untuk unit sedimentasi (Pengendap) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kriteria Unit Sedimentasi (bak pengendap)

Kriteria Umum	Bak Persegi (aliran horizontal)	Bak Persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar (aliran vertikal-radial)	Bak bundar (aliran kontak padatan)	<i>Clarifier</i>
Beban permukaan ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$)	0,8-2,5	3,8-2,75*)	1,3-1,9	2-3	0,5-1,5
Kedalaman (m)	3-6	3-6	3-5	3-6	0,5-1,5
Waktu Tinggal (jam)	1,5-3	0,07**)	1-3	1-2	2-2,5
Lebar/panjang	>1/5	-	-	-	-
Beban Pelimpah ($\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$)	<11	<11	3,8-1,5	7-15	7,2-10
Bilangan Reynold	<2000	<2000	-	-	<2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-

Lanjutan Tabel 2.1.

Kriteria Umum	Bak Persegi (aliran horizontal)	Bak Persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar (aliran vertikal-radial)	Bak Bundar (aliran kontak padatan)	Clarifier
Bilangan <i>Fraude</i>	$>10^{-5}$	$>10^{-5}$	-	-	$>10^{-5}$
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	>1	>1
Sirkulasi lumpur	-	-	-	3-5% dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45° - 60°	45° - 60°	45° - 60°	$>60^{\circ}$	45° - 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12-24	8-24	12-24	Kontinyu	12-24***
Kemiringan tube/plate	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°

Sumber : SNI 6774:2008

Catatan : *) Luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) Waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) Pembuangan lumpur sebagian

2.1.7. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses untuk menghilangkan flok yang lewat dari bak sedimentasi, flok yang lewat tersebut akan tersaring di media penyaring (Rifa'i, 2007). Menurut Permatasari (2013) Filter merupakan sebuah bangunan untuk menghilangkan koloid dengan menyaring di media filter. Kriteria Perencanaan untuk Unit Filtrasi (Saringan Cepat) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi (saringan cepat)

No.	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan Bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q_{0,5^*}$	minimum 5 bak	-
1.	Kecepatan penyaringan	6-11	6-11	12-33
2.	Pencucian:			
	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50	72-198
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15	
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24	
	Espansi (%)	30-50	30-50	30-50
3.	Media pasir :			
	Tebal (mm)	300-700	300-700	
	<i>Single media</i>	600-700	600-700	
	Media ganda	300-600	300-600	
	Ukuran efektif, ES (mm)	0,3-0,7	0,3-0,7	

Lanjutan Tabel 2.2.

No.	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan Bertekanan
	Koefisien Keseragaman, UC	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	
	Berat Jenis (kg/dm^3)	2,5-2,65	2,5-2,65	
	Porositas	0,4	0,4	
	Kadar SiO ₂	>95%	>95%	>95%
4.	Media Antransit:			
	Tebal (mm)	400-500	400-500	400-500
	ES (mm)	1,2-1,8	1,2-1,8	1,2-1,8
	UC	1,5	1,5	1,5
	Berat Jenis (kg/dm^3)	1,35	1,35	1,35
	Porositas	0,5	0,5	0,5
5.	Filter botom/dasar saringan			
	1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	
	Ukuran butir (mm)	2-5	2-5	
	Ukuran butir (mm)	80-150	80-150	
	Ukuran butir (mm)	15-30	15-30	
	2) Filter Nozel (mm)			
	Lebar slot nozel	<0,5	<0,5	<0,5

Lanjutan Tabel 2.2.

No.	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan Bertekanan
	Persentase luas slot nozel terhadap luas filter(%)	>4%	>4%	>4%

Sumber : SNI 6774:2008

Catatan: *) Untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

**) Untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan, harus dilengkapi dengan pengatur aliran otomatis.

2.1.8. Reservoir

Reservoir adalah suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara sebelum didistribusikan ke pelanggan. Reservoir biasanya terdapat di dalam pengolahan dan terdapat di daerah layanan.

2.2. Koagulasi

2.2.1. Proses Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pencampuran bahan kimia atau koagulan dengan air baku sehingga homogen. Penambahan koagulan pada air maka akan terbentuknya flok-flok halus, dimana flok tersebut berfungsi untuk mengikat kotoran dalam air baku sehingga air lebih jernih (Rifa'i, 2007).

Temperatur merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi, temperatur dapat diatur agar hasil yang didapat lebih optimum (Hendrawati, 2013). Menurut Pernitsky (2003) di dalam jurnal Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica L.*) Temperatur rendah mempengaruhi proses flokulasi dan koagulasi yaitu dengan diubahnya solubilitas koagulan, viskositas

air ditingkatkan, dan kinetika reaksi hidrolisis dan flokulasi partikel dapat diperlambat.

Koagulasi proses pengadukan cepat (*flash mixing*) dengan ditambahkan nya koagulan ke dalam air baku dengan tujuan untuk mendestabilisasi partikel koloid dan *suspended solid* (Reynolds, 1996). Sedangkan menurut (Syaiful, 2014) koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan koloid seperti bakteri dan virus, dengan pencampuran koagulan sehingga terbentuk partikel halus yang dapat diendapkan. Kriteria perencanaan untuk unit koagulasi (pengaduk cepat) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (pengaduk cepat)

Unit	Kriteria
Pengaduk cepat • Tipe	Hidrolis: - terjunan - saluran bersekat - dalam instalasi pengolahan air bersekat Mekanis: - Bilah (<i>Blade</i>), pedal (<i>padle</i>) instalasi pengolahan air - Flotasi
• Waktu pengadukan (detik)	1-5
• Nilai G/detik	>750

Sumber : SNI 6774:2008

2.2.2. Koagulan

Koagulan berbentuk zat kimia yang digunakan untuk pencampuran dengan air baku sehingga terbentuknya flok. Koagulan menyebabkan destabilisasi muatan negatif flok di dalam suspensi. Secara umum koagulan berfungsi untuk mengurangi kekeruhan akibat adanya partikel koloid organik dan anorganik di dalam air baku, kemudian mengurangi warna yang disebabkan oleh partikel koloid di dalam air, dan juga mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air (Rifa'i, 2007). Sedangkan menurut (Nasution, 2014),

koagulan berfungsi untuk menurunkan kekeruhan dengan mengikat kandungan solid yang ada dalam air. Ada dua jenis bahan kimia yang umum dipakai, yaitu:

a. Koagulan garam logam, antara lain:

- 1) *Aluminium Sulfat* ($\text{Al}_3(\text{SO}^4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)
- 2) *Feri Klorida* (FeCl_3)
- 3) *Fero Klorida* (FeCl_2)
- 4) *Feri Sulfat* ($\text{Fe}_2(\text{SO}^4)_3$)

Aluminium Sulfat merupakan salah satu logam garam yang sering digunakan dibandingkan koagulan garam besi dikarenakan harga *Aluminium Sulfat* lebih terjangkau. Jika *Aluminium Sulfat* ditambahkan ke air maka ion alumunium akan terhidrasi dan terjadi olasi dimana mikroflok yang terbentuk akan bergabung. Hasilnya muatan elektrik dari partikel tersebut berkurang, dan flokulan terdestabilisasi.

b. Koagulan polimer kationik, antara lain:

- 1) *Poly Aluminium Chloride* sering disingkat PAC ($\text{Al}_{10}(\text{OH})_{15}\text{Cl}_{15}$)
- 2) *Chitosan* dan
- 3) *Curie flock*

PAC merupakan jenis koagulan polimer kationik. Penggunaan PAC sebagai koagulan dapat menghasilkan flok-flok yang lebih padat dan dengan kecepatan mengendap yang tinggi, dan air olahan yang dihasilkan memiliki pH yang lebih stabil bila terjadi kelebihan dosis. Perbedaan dari *Aluminium Sulfat* dan PAC adalah pada tingkat hidrolisisnya di dalam air. Koagulan bahan logam akan mengalami hidrolisis di dalam air sedangkan koagulan polimer tidak mengalami hidrolisis. Jenis koagulan dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan air	pH Optimum
<i>Aluminium Sulfat/ Alum</i>	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14, 16, 18$	Bongkah, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Sodium Aluminat</i>	NaAlO_2 atau $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
<i>Poly Aluminium Chloride (PAC)</i>	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Ferri Sulfat</i>	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal Halus	Asam	4 – 9
<i>Ferri Klorida</i>	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkahan, Cairan	Asam	4 – 9
<i>Ferro Sulfat</i>	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal Halus	Asam	>8,5

Sumber : (Mulyadi, 2007)

Zat koagulan yang paling sering digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi adalah garam besi (ion Fe^{3+}) atau aluminium (ion Al^{3+}) yang terdapat dalam banyak bentuk berbeda (Rifa'i, 2007).

2.2.2.1. Kriteria koagulan

Kriteria koagulan adalah sebagai berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007):

a) Jenis koagulan yang digunakan;

- 1) *Aluminium Sulfat*, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14(\text{H}_2\text{O})$ dibuat dalam bentuk cair dengan konsentrasi sebesar (5-20) %.
- 2) PAC, $(\text{Al}_{10}(\text{OH})_{15}\text{Cl}_{15})$ kualitas PAC ditentukan oleh kadar *aluminium oxide* (Al_2O_3) dengan kadar PAC (10-11)%.

b) Dosis koagulan ditentukan setelah uji coba jarrest pada air baku.

c) Penambahan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan dengan cara pemompaan atau gravitasi.

2.2.2.2. Bak koagulan

Kriteria bak koagulan adalah sebagai berikut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007):

1. Bangunan koagulan harus dapat menampung larutan selama 24 jam;
2. Diperlukan 2 buah bangunan yaitu 1 buah bangunan pengaduk manual dan 1 buah bangunan pembunuh; dan
3. Bangunan harus terlindungi dari pengaruh luar dan tahan terhadap bahan koagulan.

PDAM Tirta Aneuk Laot menggunakan *Aluminium Sulfat* (Tawas) sebagai koagulan. Air baku yang di olah di PDAM Tirta Aneuk Laot berasal dari air terjun Pria Laot, dimana air yang mengalir dari air terjun tersebut menjadi sungai. Sungai Pria Laot memiliki kualitas air yang bersih dan turbiditaas yang rendah, hal tersebut dikarenakan sungai ini belum pernah tercemar oleh limbah industri maupun limbah berbahaya lainnya. Oleh karena itu PDAM Tirta Aneuk Laot jarang sekali menggunakan koagulan. Koagulan hanya digunakan ketika musim hujan berlangsung yang mengakibatkan turbiditas air menjadi sedikit lebih tinggi. Koagulan yang digunakan berupa *Aluminium Sulfat* (Tawas). Tawas sebagai koagulan sangat efektif dan ekonomis, mengingat harga tawas di pasaran yang masih terjangkau.

- *Aluminium Sulfat* ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Aluminium Sulfat adalah turunan alumunium yang paling banyak penggunaannya dan tersedia dalam bentuk bubuk dan cair. Sebagian besar alum tidak larut pada pH antara 5-7. Alum mengurangi membentuk ion aluminium pada $\text{pH} \leq 5$, sedangkan pada $\text{pH} \geq 7$, alum mengurangi menjadi ion aluminat.

2.3. Flokulasi

Flokulasi adalah proses dimana flok yang terbentuk berasal dari pengelompokan partikel dengan koagulan. Mekanisme pembentukan flok dalam proses koagulasi-flokulasi adalah (Syaiful, 2014):

1. Destabilisasi partikel koloid (koagulasi)
2. Pembentukan mikroflok (koagulasi)

3. Penggabungan mikroflok (flokulasi)
4. Pembentukan makroflok (flokulasi)

Pada dasarnya ada dua aspek yang penting dalam proses koagulasi-flokulasi, yaitu:

- a. Pembubuhan koagulan dan
- b. Pengadukan koagulan dengan air baku

Pada saat proses koagulasi-flokulasi diperlukan pemisahan padatan terlarut karena secara alami laju pengendapan padatan terlarut sangat lambat (Rifa'i, 2007). Flokulasi merupakan proses pembentukan flok untuk mempercepat tumbukan sehingga terjadi gumpalan partikel koloid yang dapat diendapkan (Nugraheni, 2014).

- **Unit Flokulasi**

Kriteria perencanaan untuk unit flokulasi (pengaduk lambat) dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (pengaduk lambat)

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanik		Flokulator <i>Clarifier</i>
		Sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertikal dengan bilah	
G(gradien kecepatan) l/det	60 (menurun)- 5	60 (menurun)- 10	70 (menurun)- 10	100-10

Lanjutan Tabel 2.5.

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanik		Flokulator <i>Clarifier</i>
		Sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertikal dengan bilah	
Waktu tinggal (menit)	30-45	30-40	20-40	20-100
Tahap flokulasi (buah)	6-10	3-6	2-4	1
Pengendalian energi	Bukan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran
Kecepatan aliran max. (m/det)	0,9	0,9	1,8-2,7	1,5-0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5-20	0,1-0,2	
Tinggi (m)				2-4*

Sumber : SNI 6774:2008

Keterangan: * termasuk ruang *sludge blanket*

2.4. Limbah Padat Lumpur

Limbah Padat Lumpur atau yang sering disingkat dengan LPL merupakan hasil buangan dari pengolahan air pada PDAM. LPL terbentuk dari proses Koagulasi-Flokulasi, dimana koagulan seperti Tawas dan PAC digunakan sebagai media penggumpal partikel-partikel halus yang tersuspensi menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar (flok). Kumpulan flok yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dengan cara sedimentasi dan filtrasi sehingga didapatkan air yang bersih dan sisanya dibuang berupa limbah padat lumpur (LPL). LPL yang dibuang

dan ditimbun dalam kolam-kolam penampung sebenarnya masih mengandung *Aluminium Sulfat* (Alum) dalam bentuk lumpur alum yang dapat diolah kembali menjadi Alumina (Al_2O_3) melalui proses pengambilan kembali (*recovery*) (Suherman, 2003, dalam Mirwan, 2012).

LPL ini menimbulkan permasalahan tersendiri bagi PDAM karena jumlahnya relatif besar sehingga perlu penanganan khusus. Bahkan dari tahun ke tahun dengan tingginya kandungan bakteri dan logam berat berpengaruh terhadap penyediaan air baku PDAM menjadi air bersih sehingga memerlukan dana yang makin besar untuk penyediaan koagulannya (Banjarmasin Post, 2010) Hal tersebut dijelaskan dalam jurnal (Mirwan, 2012).

Menurut Tuan dkk (2012), dalam jurnal (Darmawan, 2013) hasil dari pengolahan limbah cair diharapkan adalah air limbah dapat dialirkan ke perairan umum atau dimanfaatkan untuk banyak fungsi. Pada saat pengolahan limbah cair akan menghasilkan endapan yang berupa lumpur yang kepadatan dan volumenya sangat bervariasi. Selama berada di kolam pengendapan lumpur tidak dapat dibiarkan menumpuk di dalam kolam, karena volume lumpur akan terus bertambah sehingga kapasitas pengolahan limbah cair akan menurun.

Lumpur dapat mengandung unsur atau senyawa yang berbahaya, yang berbentuk padatan, cairan maupun residunya. Oleh sebab itu, lumpur harus diolah terlebih dahulu untuk membersihkan atau mengurangi unsur dan senyawa berbahaya di dalam lumpur, sekaligus mengeringkan lumpur untuk lebih mudah diangkut dan ditumpuk.

Berbagai teknologi untuk pengeringan (*dewatering*) dari lumpur telah banyak dikembangkan seperti: pengepresan, sentrifusi, pembakaran, dan penyaringan, yang memiliki kapasitas terbatas dan peralatan khusus dengan harga dan biaya pemeliharaannya mahal. Teknologi lain untuk pengolahan lumpur yang mulai dikembangkan secara teknis dan ekonomis adalah dengan memanfaatkan fenomena elektroosmosis (Tuan dkk., 2012), (Iwata dkk., 2013), dalam jurnal (Darmawan, 2013).

Beberapa metode yang telah umum digunakan untuk pengolahan limbah padat lumpur adalah *sewage pipelines system*, *mud containing*, *land application*,

dan *landfilling*. Namun beberapa metode tersebut tidak dapat digunakan jika komposisi kimia dalam lumpur berjumlah besar karena beberapa metode ini tidak dapat merubah komposisi kimia dan tetap menjadi ancaman bagi lingkungan (Monteiro, et.al., 2007) dalam jurnal (Mizwar, 2012).

Pemanfaatan lumpur sebagai batu bata dan menjadi bahan konstruksi, merupakan pilihan yang paling ekonomis dan ramah lingkungan karena pada saat pembuatan batu bata suhu tinggi pembakaran tidak hanya mengkonsolidasi partikel lumpur dan tanah liat, tetapi juga dapat memecah senyawa organik terutama dalam fase silikat (Monteiro, et.al., 2007); (Ramadan, et.al., 2008); (Chiang, et.al., 2009); (Hegazy, et.al., 2011) dalam jurnal (Mizwar, 2012).

“Beberapa hasil penelitian mengatakan bahwa jumlah maksimum limbah lumpur pengolahan air dengan suhu pembakaran optimum 1000UC yang dapat digunakan dalam pembuatan batu bata adalah sebesar 50% dari berat batu bata dengan hasil optimum pada kadar 5% - 10%” (Chipin et.al., 2001); (Lin and Weng, 2001); (Anderson et.al., 2003); (Monteiro, et.al., 2007) dalam jurnal (Mizwar, 2012).

“Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air minum mengandung partikel padatan sebesar 17,62% yang sebagian besar merupakan senyawa organik sehingga menurut Graham, et al. (2001), lumpur hasil pengolahan air dapat dijadikan sebagai sumber karbon aktif. Lumpur hasil pengolahan air telah digunakan sebagai bahan dasar (prekursor) untuk pembuatan karbon aktif oleh de Andrés et al., (2013), Sheha et al. (2013), Wen et al. (2010)” Arief, 2015.

Rosyidi (2012) telah melakukan penelitian tentang menggunakan limbah padat lumpur sebagai pencampuran pembuatan lapisan atas *paving block*. *Paving block* yang dihasilkan memiliki kekuatan tekan kualitas C Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-0691-1996 dan kualitas A untuk daya serap air dan laju keausan.

Hingga saat ini, belum ada peraturan mengenai kadar maksimum aluminium dalam limbah yang dapat dibuang ke lingkungan. Sifat aluminium umumnya tidak larut dalam keadaan pH netral (antara 6,0-8,0), dibawah asam ($\text{pH} < 6,0$) atau alkali ($\text{pH} > 8,0$) (Seiler, 1994). Artinya, walaupun lumpur yang mengandung aluminium

ini akan diolah melalui pengolahan lumpur, kandungan aluminium tidak hilang dan akan tetap ada di dalam *cake* lumpur hasil olahan, karena pengolahan lumpur yang direncanakan hanya mengolah sebatas parameter fisik saja. Dampak paparan aluminium terhadap manusia dapat terjadi melalui pernapasan, makanan, , dan kontak dengan kulit. Dampak aluminium jika terkena kulit adalah tersumbatnya pori-pori kulit sehingga kulit tidak bisa mengeluarkan racun secara alami. Jika terkena Aluminium dalam jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan efek kesehatan yang serius, seperti kerusakan pada sistem saraf pusat, kehilangan memori demensia, kelesuan, gemetar parah (Amazine.co, 2014). Walaupun aluminium berbahaya jika terdapat dalam kadar tinggi di air minum (0,2 mg/L Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/2010), akan tetapi kadar aluminium ini dapat berfungsi sebagai dasar perencanaan unit pengolahan lumpur (Reynolds, 1982) dalam jurnal (Az-Zahra, 2014).

2.5. Parameter Pengujian

2.5.1. Uji Air Hasil Olahan

Parameter yang diuji untuk air hasil olahan adalah:

a) Turbiditas

Turbiditas diuji untuk mengetahui kadar kekeruhan dalam air, menurut permenkes baku mutu untuk turbiditas adalah 5 NTU. Turbiditas diukur menggunakan turbidimetri.

b) pH

Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui kadar keasaman atau basa pada air. Baku mutu pH yaitu berada pada 6,5 – 8,5. pH diukur pHmeter.

c) Suhu

Suhu harus lebih dari 3°C dan diukur menggunakan termometri.

d) TDS

TDS diuji untuk mengetahui ukuran partikel padatan yang terlarut di dalam air.

TDS diuji menggunakan metode gravimetri.

e) Bakteri *Coliform*

Pengujian bakteri *coliform* adalah untuk melihat bakteri pencemar air berdasarkan indikator *coliform*. Baku mutu yang diperbolehkan adalah 0 dalam 100 ml sampel air.

2.5.2. Uji Lumpur

Parameter yang diuji untuk lumpur adalah:

a) Fe

Fe diuji untuk melihat kadar besi dalam lumpur dan di uji menggunakan spektrophotometri.

b) Mg

Mg diuji untuk melihat kadar magnesium didalam lumpur dan di uji menggunakan spektrophotometri.

c) Cu

Cu diuji untuk melihat kadar tembaga dalam lumpur dan di uji menggunakan spektrophotometri.

d) Pb

Pb diuji untuk melihat kadar timbal dalam lumpur dan di uji menggunakan spektrophotometri.

Pengujian parameter untuk air hasil olahan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010. Berdasarkan dokumen hasil analisa air di IPA Pria Laot tahun 2010, 2012, dan 2018 bahwa air di IPA Pria Laot memenuhi syarat secara fisika dan kimia dan sesuai dengan persyaratan kualitas air minum. Begitu juga dengan hasil analisa kandungan logam berat yang memiliki nilai di bawah baku mutu dan dapat dikatakan bahwa kandungan logam berat sangatlah kecil. Hal tersebut menjadi dasar bahwa untuk penelitian ini tidak menguji kadar logam berat dan hanya menguji beberapa parameter yaitu turbiditas, pH, suhu, TDS dan bakteri *coliform*. Penelitian sebelumnya yang meneliti tentang kualitas air yaitu (Gusril, 2016) dengan judul studi kualitas air minum pdam di kota duri riau menguji beberapa parameter yaitu bau, pH, rasa, warna, suhu, kekeruhan dan jumlah zat padat terlarut.

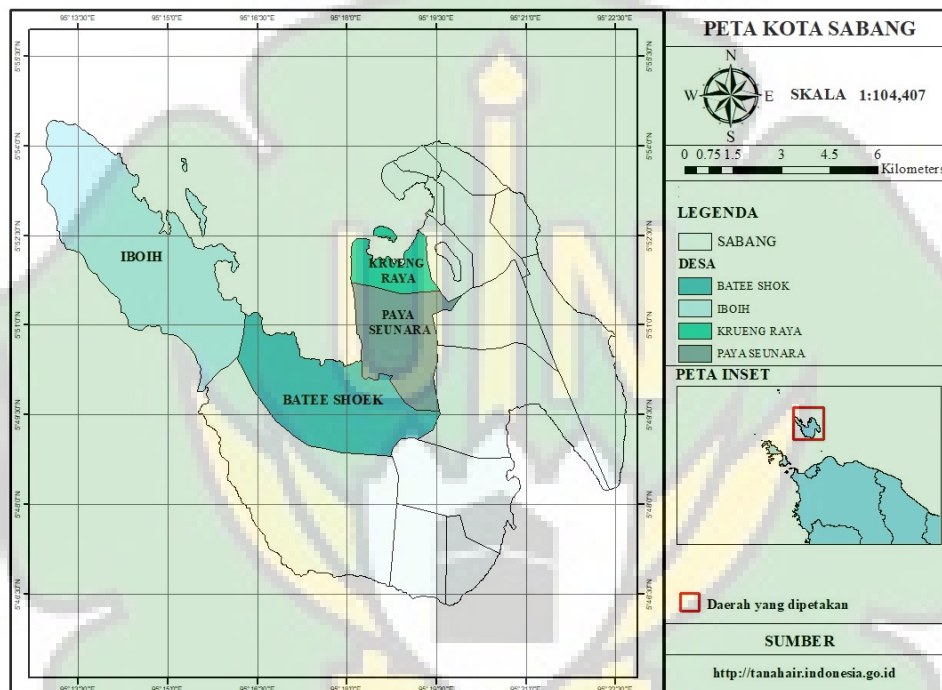
Lumpur pembuangan IPA Pria Laot dilakukan analisa secara umum yaitu menguji parameter Fe,Mg,Cu dan Pb mengingat PDAM Tirta Aneuk Laot belum pernah melakukan pengujian kualitas lumpur. Penelitian sebelumnya yang meneliti tentang lumpur hasil buangan pdam adalah (shelvi, 2012) karakterisasi lumpur hasil pengolahan air pdam tirta pakuan bogor yang menguji parameter Mg, pH, Fe, Cu, N, K, P dan Cd. Untuk lumpur sendiri belum ada standar baku mutu yang ditetapkan, sehingga penelitian ini mengacu dan mendasar pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Wilayah Studi



Gambar 3.1. Peta Sabang

Sumber: Peta Tematik Indo

Sabang memiliki luas daerah sebesar 153 Km², yang terdiri dari dua kecamatan yaitu Kecamatan Sukakarya dan Sukajaya. Kota sabang memiliki batas wilayah sebagai berikut:

Sebelah Utara : Selat Malaka
Sebelah Timur : Selat Malaka
Sebelah Selatan : Samudera Indonesia
Sebelah Barat : Samudera Indonesia

Jumlah penduduk Kota Sabang terus bertambah dari tahun ke tahun. Pada tahun 2017 jumlah penduduk Kota Sabang sebanyak 33.978 jiwa. Pekerjaan rata-

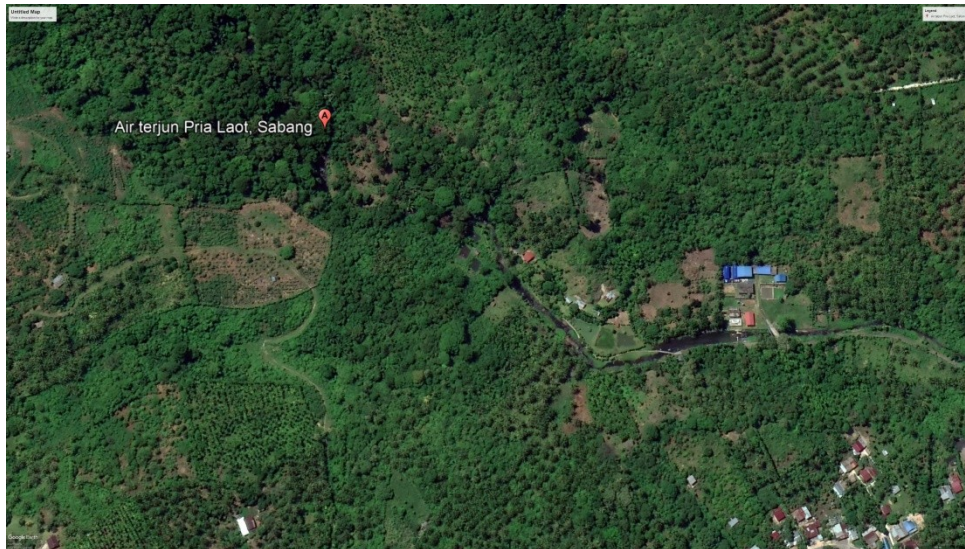
rata penduduk Kota Sabang adalah nelayan, kemudian sebagian lainnya bekerja pada bidang pertanian, kehutanan, perburuan dan perikanan. Curah hujan paling tinggi di Kota Sabang terjadi pada bulan September – bulan Januari dan suhu udara tertinggi terjadi pada bulan Februari – bulan Agustus. Kota Sabang memiliki beberapa sumber air yang dapat digunakan menjadi air baku yaitu Danau Aneuk Laot, Sungai Pria Laot, Krung Pancu, Gapang dan Lhueng Angen.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan dalam menguji sampel air hasil olahan dan menguji sampel limbah padat lumpur. Metode kualitatif digunakan untuk mengetahui manajemen operasional IPA Pria Laot melalui observasi langsung, analisis dokumen dan wawancara dengan pihak pengelola IPA Pria Laot.

Penyusunan kerangka penelitian ini digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian yang dimulai dari awal hingga hasil akhir penelitian yang akan dicapai. Penelitian yang akan dilakukan dimulai dari observasi awal, kemudian mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data primer dan sekunder. Lalu, mengevaluasi sistem operasional, kualitas air olahan dan menganalisa kandungan limbah padat lumpur hasil buangan dari Instalasi Pengolahan Air Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot. Kemudian dilakukan pengujian parameter pada air hasil olahan dan pengujian parameter pada limbah padat lumpur di laboratorium. Parameter yang akan diuji pada air hasil olahan adalah Turbiditas, pH, suhu dan Bakteri Coliform. Sedangkan parameter yang akan diuji pada limbah padat lumpur adalah Fe, Mg, Cu, dan Pb.

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian



Gambar 3.2. Lokasi PDAM Tirta Aneuk Laot

Sumber: Google Earth

Waktu Penelitian: Penelitian ini dilaksanakan selama 60 hari pada bulan Juli 2019 – Agustus 2019. Penelitian ini dilakukan dengan dua kali pengulangan dalam pengambilan sampel air hasil olahan dan air hasil buangan (lumpur). Pengulangan dilakukan pada saat tidak hujan dan pada saat hujan.

Tempat Penelitian: Pengambilan sampel air hasil olahan dan sampel lumpur berlokasi di IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot yang beralamat di Batee Shoek, Sukakarya, Kota Sabang. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium PDAM Tirta Aneuk Laot, di Laboratorium Kesehatan, dan di Laboratorium Terpadu Universitas Syiah Kuala.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

- Alat Penelitian :
 - *Turbidity Meter*
 - pHmeter
 - Spektrofotometer
 - *Thermometer*
- Bahan Penelitian: Sampel air hasil olahan dan sampel LPL PDAM Tirta Aneuk Laot.

3.5. Tahap Pelaksanaan

3.5.1. Tahap Pengambilan dan Pengamatan Sampel

Air hasil olahan:

- Sampel diambil menggunakan botol sampel
- Pengambilan sampel hanya disatu titik
- Untuk pengujian suhu dan pH dilakukan langsung di lokasi pengambilan sampel
- Untuk pengujian turbiditas dan bakteri coliform dan TDS dilakukan di laboratorium laboratorium kesehatan
- Pengujian turbiditas dan bakteri coliform dilakukan pengawetan sampel secara fisika

Lumpur:

- Sampel diambil menggunakan botol sampel
- Pengambilan sampel dilakukan di satu titik
- Untuk pengujian Fe, Mg, Cu, dan Pb dilakukan di Laboratorium Kesehatan dan di Laboratorium Terpadu Unsyiah.

3.5.2. Prosedur Pengujian Sampel

Pengujian sampel air hasil olahan

1. Turbiditas (Kekeruhan) (SNI 06-6989.25-2005)

Uji kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat *Turbidity meter*. Sampel yang telah disiapkan dapat dimasukkan ke dalam kuvet *Turbidity meter*. Alat dibiarkan hingga menunjukkan pembacaan stabil. Pengukuran turbiditas dilakukan sebagai berikut:

- Bilas botol sampel dengan aquadest
- Masukkan sampel kedalam botol sampel
- Masukkan botol sampel kedalam alat *Turbidity meter*
- Hidupkan alat, dan tekan read
- Baca turbiditas yang ditunjukkan oleh *Turbidity meter*

- Catat turbiditas pada buku pelaporan hasil analisa

2. Suhu (SNI 06-6989.23-2005)

Sampel yang digunakan pada uji suhu ini adalah air hasil produksi. Pengujian suhu dapat dilakukan dengan menggunakan alat *pH portable meters* yang dicelupkan kedalam botol sampel yang diinginkan. Pengukuran suhu dilakukan sebagai berikut:

- Masukkan sampel kedalam beaker glass 100 ml
- Bilas pH meter dengan aquadest
- Celupkan pH meter
- Hidupkan alat pH meter
- Baca suhu yang ditunjukkan oleh pH meter
- Catat suhu pada buku pelaporan hasil analisa
- Angkat pH meter dari sampel
- Bilas pH meter dengan aquadest, keringkan dengan tissue

3. pH (SNI 06-6989.11-2004)

Sampel yang digunakan pada uji pH ini adalah air hasil produksi. Metode pengukuran pH melihat aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri dengan menggunakan pH meter.

- Dikeringkan dengan kertas tisu selanjutnya elektroda dibilas dengan air suling.
- Lalu elektroda dibilas dengan sampel.
- Elektroda dicelupkan ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- Hasil pembacaan dicatat skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

4. Bakteri *Coliform* (SNI 01-2332.1-2006)

a. Uji pendugaan *coliform* (*Presumptive coliform*)

- Pengenceran 102 disiapkan yaitu dengan dilarutkan 1 ml larutan 101 ke dalam 9 ml larutan pengencer *Butterfield's Phosphate Buffered*. Untuk setiap pengenceran pengocokan minimal 25 kali.

- Larutan 1 ml dari pengenceran tersebut dipindahkan menggunakan pipet steril ke dalam 3 atau 5 seri tabung *lauryl tryptose Broth* (LTB) yang berisi tabung durham.
 - Tabung diinkubasi selama 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Perhatikan gas yang terbentuk setelah inkubasi 24 jam, kemudian tabung inkubasikan kembali. Untuk tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas didalam tabung durham.
 - Kemudian dilakukan uji penegasan *coliform* untuk tabung positif.
- b. Uji penegasan *coliform* (*confirmed coliform*)
- Tabung LTB positif diinokulasikan ke tabung BGLB Broth dengan jarum ose, kemudian diinokulasikan selama 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
 - Tabung BGLB diperiksa yang menghasilkan gas selama 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Pada Tabung positif ditandai dengan gas dalam tabung durham dan kekeruhan.
 - Kemudian ditentukan angka paling memungkinkan (APM) berdasarkan jumlah tabung BGLB positif dan nyatakan nilainya dengan APM/g *coliform*.

Pengujian limbah padat lumpur

1. Uji Fe (SNI 6989.4:2009)

- Contoh uji dihomogenkan, dengan pipet 50,0 mL contoh uji ke dalam gelas piala 100 mL atau *Erlenmeyer* 100 mL.
- Ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat, jika menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan jika dengan *Erlenmeyer* digunakan corong sebagai penutup.
- Dipanaskan perlahan sampai sisa volumenya 15 mL-20 mL.
- Jika destruksi tidak jernih, maka ditambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat, kemudian ditutup gelas piala dengan kaca arloji atau ditutup *Erlenmeyer* dengan corong dan dipanaskan lagi (tidak mendidih). proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut,

yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih

- Kaca arloji dibilas dan dimasukkan air bilasannya ke dalam gelas piala
- Contoh uji masing – masing dipindahkan ke dalam labu ukur 50,0 mL disaring dan ditambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan
- Kemudian diukur serapan sampel

2. Uji Mg (06-6989.55-2005)

a. Persiapan contoh uji

- Dimasukkan 100 mL sampel yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala;
- Ditambahkan 2 mL asam klorida (1+1);
- Dipanaskan larutan sampel sampai hampir kering;
- Ditambahkan 1 mL larutan lantan klorida;
- Dipindahkan secara kuantitatif larutan hasil pengerjaan sebelumnya ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan tepatkan hingga tanda tera dengan air suling kemudian dihomogenkan.

b. Pembuatan larutan kerja magnesium

- Dipipet 0,0 mL; 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL dan 4,0 mL. larutan baku magnesium 10 mg/L, masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL;
- Ditambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera kemudian dihomogenkan sehingga memperoleh kadar magnesium 0 µg/L; 100 µg/L; 200 µg/L; 300 µg/L dan 400 µg/L.

c. Prosedur kerja dan pembuatan kurva kalibrasi

- Alat SSA dioptimalkan sesuai petunjuk penggunaan alat;

- Diukur masing-masing sampel yang telah dibuat pada panjang gelombang 285,2 nm;
- Dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi;
- Dilanjutkan dengan pengukuran sampel yang sudah dipersiapkan.

3. Uji Cu (SNI 06-6989.6-2004)

a. Persiapan contoh uji

- Dimasukkan 100 mL sampel yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala.
- Ditambahkan 5 mL asam nitrat.
- Dipanaskan di pemanas listrik sampai larutan sampel hampir kering.
- Ditambahkan 50 mL air suling, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

b. Pembuatan larutan kerja logam tembaga (Cu)

- Dipipet 0 mL; 2 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; dan 40 mL larutan baku tembaga, Cu 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- Ditambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam besi 0,0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L dan 4,0 mg/L.

c. Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- Alat SSA dioptimalkan sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Diukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 324,8 nm.
- Dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.

- Dilanjutkan dengan pengukuran sampel yang sudah di persiapkan.

4. Uji Pb (06-6989.16-2004)

a. Persiapan contoh uji

- Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala.
- Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
- Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

b. Pembuatan larutan kerja logam Timbal (Pb)

- Dipipet 0,0 mL; 0,5 mL; 1 mL; 2 mL; 5 mL; 10 mL dan 20 mL larutan baku Timbal (Pb), 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- Ditambahkan larutan pengencer sampai tepat sehingga diperoleh konsentrasi logam besi 0,0 mg/L; 0,05 mg/L; 0,5 mg/L; 0,1 mg/L; dan 0,2 mg/L.

c. Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

Alat SSA dioptimalkan sesuai petunjuk penggunaan alat.

- Diukur masing-masing sampel yang telah dibuat pada panjang gelombang 228,8 nm.
- Dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- Dilanjutkan dengan pengukuran sampel yang sudah di persiapkan.

3.6. Tahap Pelaporan Hasil

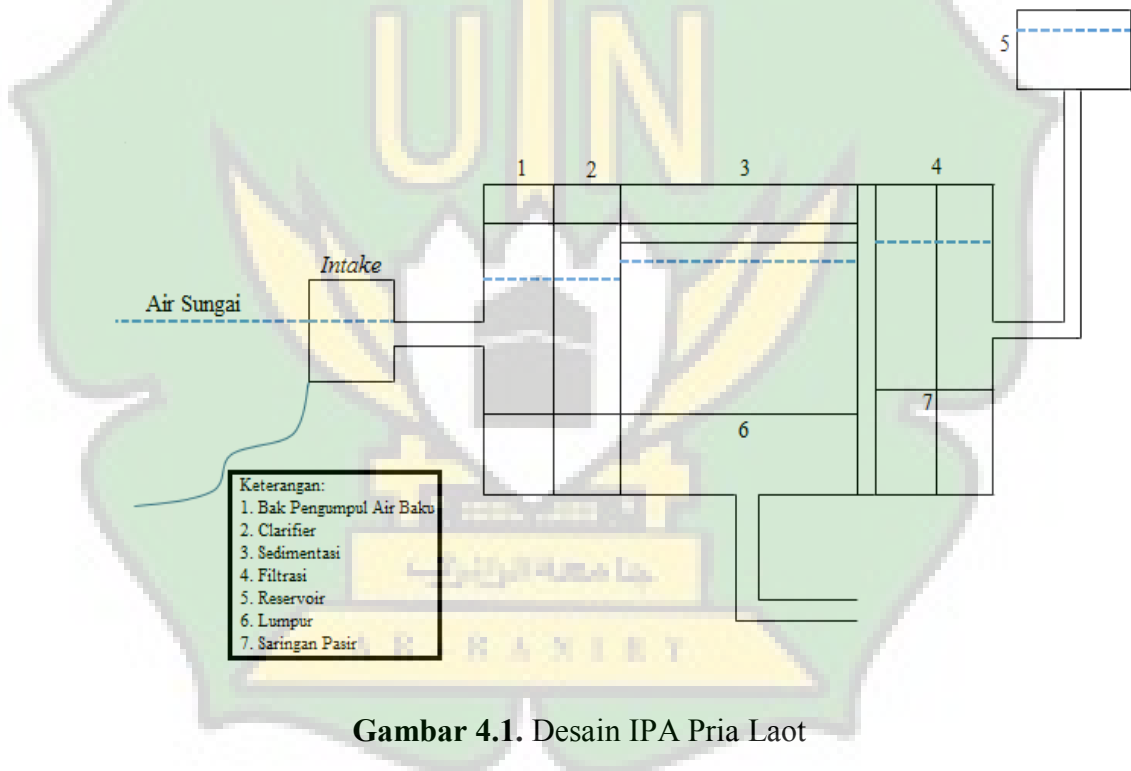
Tahap ini terdiri atas penulisan tugas akhir yang memuat hasil dan pembahasan hasil penelitian kemudian menarik kesimpulan dan saran.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Operasional IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot

Sumber air IPA Pria Laot berasal dari air terjun Pria Laot, aliran dari air terjun dibuat seperti sungai berukuran kecil. Berikut bentuk dan penjelasan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pria Laot.



4.1.1. Intake

Intake IPA dibangun di tengah pengaliran air terjun Pria Laot. Berdasarkan lokasi dari sumber *intake* Pria Laot termasuk ke dalam *intake* sungai. Jenis *intake* air baku yang digunakan adalah *shore intake*. *Shore intake* merupakan *intake* yang sering digunakan bila sumber air baku berasal dari sungai maupun danau. Air baku masuk ke dalam *intake* disaring menggunakan saringan kasar untuk

menyaring sampah maupun material lain yang ikut masuk ke dalam *intake*. Air yang sudah disaring kemudian dipompa ke dalam bak pengumpul air baku yang berukuran 4x3x2 meter. Berdasarkan perhitungan, untuk waktu tinggal 40 detik, kecepatan aliran 0,05 m/d dan volume 24 m³. Lokasi *intake* berada sekitar 150 meter dari IPA Pria Laot. Pipa transmisi menggunakan pipa GIP berdiameter 300/12. *Intake* IPA Pria Laot dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. *Intake* IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi dari *intake* dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kriteria Desain *Intake* IPA Pria Laot

Spesifikasi	Keterangan
Panjang	4 meter
Lebar	3 meter
Volume	2 meter
Waktu Tinggal	40 detik
Kecepatan Aliran	0,05 m/d

Perhitungan:

- Volume *Intake*

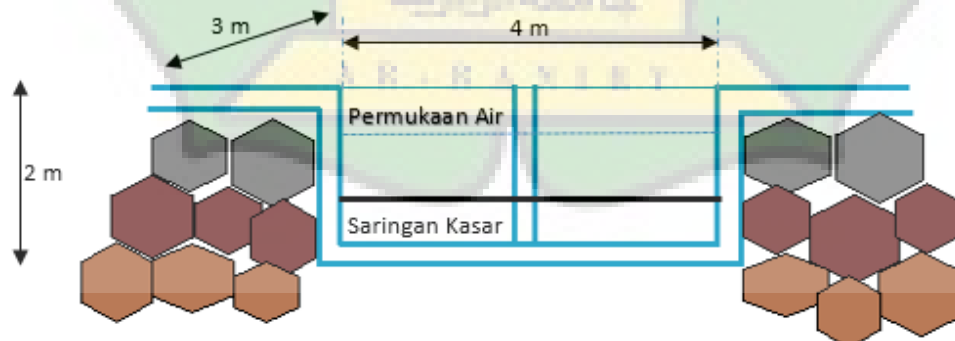
$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ &= 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 24 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu Tinggal

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{24 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}^3/\text{d}} \\ &= 40 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Kecepatan Aliran

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 12 \text{ m}^2 \\ v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,6 \text{ m}^3/\text{d}}{12 \text{ m}^2} \\ &= 0,05 \text{ m/d} \end{aligned}$$



Gambar 4.3. Desain *Intake*

Evaluasi:

Bangunan *intake* sesuai dengan SNI 6774-2008 tentang Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dan sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007.

4.1.2. *Clarifier*

Bak *Clarifier* berbentuk persegi yang berjumlah dua bak. Air baku yang masuk ke dalam bak *clarifier* kemudian dicampur dengan koagulan yang telah diinjeksikan. Koagulan yang digunakan adalah *Aluminium Sulfat* atau tawas.

Koagulan sendiri berfungsi untuk mengurangi kekeruhan pada air baku yang disebabkan oleh partikel koloid organik dan anorganik. Koagulan dicampur dengan air baku hingga merata. Kemudian air dialirkan ke dalam bak flokulasi, di dalam bak ini air baku mulai terbentuk flok-flok yang berfungsi mengikat kotoran dari partikel sehingga menurunkan kekeruhan pada air baku.

IPA Pria Laot tidak menggunakan koagulan di setiap proses pengolahan airnya. IPA Pria Laot hanya menggunakan koagulan di waktu tertentu seperti ketika air baku menjadi keruh karena musim hujan, atau karena terjadinya longsor di hulu. Menurut Kasie Produksi koagulan yang digunakan pada saat musim hujan adalah 80 kg-100 kg perhari dengan volume produksi harian adalah 1,725.66 m³ dengan debit air 0,02 m³/d (PDAM Tirta Aneuk Laot, 2019). Koagulan yang berbentuk kristal dilarutkan terlebih dahulu di dalam bak *mixer* kemudian dimasukkan ke dalam bak dosing untuk dapat diinjeksikan ke dalam bak *clarifier*. Berdasarkan perhitungan, bak *clarifier* memiliki gradien kecepatan 54,73 detik⁻¹ dengan waktu tinggal 0,6 menit dan kecepatan aliran 0,08 m/detik serta ukuran bak 3x3x2 meter dengan volume 18 m³.

Menurut Kasie Produksi tidak ada panduan yang jelas tentang penggunaan dosis koagulan dan pengecekan turbiditas sehingga proses koagulasi-flokulasi tidak optimal. Bak *clarifier* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Bak *Clarifier* IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi bak *Clarifier* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Evaluasi Kriteria Desain Bak *Clarifier* IPA Pria Laot

Spesifikasi	Bak Clarifier IPA Pria Laot	SNI 6774-2008	Keterangan
G (gradien kecepatan)	54,73 detik ⁻¹	100-10 detik ⁻¹	Sesuai
Waktu tinggal	15 menit	20-100 menit	Tidak sesuai
Tahap Flokulasi (buah)	1	1	Sesuai
Pengendalian Energi	Kecepatan Aliran	Kecepatan Aliran	Sesuai
Kecepatan Aliran max. (m/detik)	0,003 m/d	1,5	Sesuai
Tinggi	2 meter	2-4	Sesuai

Perhitungan:

- Waktu Detensi (Td)

Volume bak:

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 18 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Td &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{18 \text{ m}^3}{0,02 \text{ m}^3/d \times 60 d/m} \\
 &= 15 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Kecepatan Aliran (v)

$$\begin{aligned}
 A &= L \times T \\
 &= 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,02 \text{ m}^3/d}{6 \text{ m}^2} \\
 &= 0,003 \text{ m/d}
 \end{aligned}$$

- Gradien Kecepatan (G)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A}{W} \\
 &= \frac{L \times H}{2 H + L} \\
 &= \frac{6 \text{ m}^3}{2 (2) + 3} = 0,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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

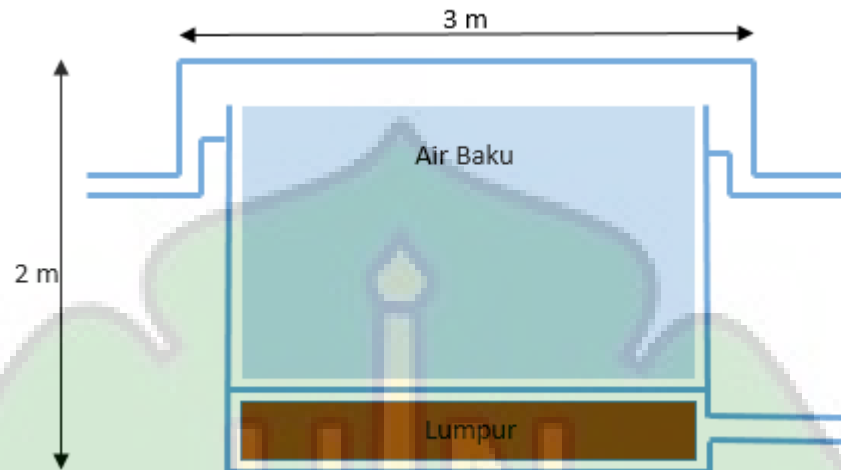
$$\begin{aligned}
 h_L &= \frac{n \cdot v \cdot L^{1/2}}{R^{2/3}} \\
 &= \frac{0,013 \times 0,08 \times (3)^{1/2}}{(1,25)^{2/3}} \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 G &= \sqrt{\frac{\rho \times Q \times h_f \times g}{V \times \mu}} \\
 &= \sqrt{\frac{996 \text{ kg/m}^3 \times 0,5 \text{ m}^3/d \times 0,003 \times 9,8 \text{ m/d}}{0,08 \times 0,836 \times 10^{-6}}}
 \end{aligned}$$

$$= 54,73 \text{ detik}$$



Gambar 4.5. Desain Bak *Clarifier*

Evaluasi:

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu tinggal pada bak clarifier tidak sesuai dengan kriteria desain pada SNI 6774-2008. Agar waktu tinggal sesuai dengan kriteria desain maka sebaiknya membesarkan ukuran bak menjadi 3 m x 3 m x 3 m atau membangun unit *clarifier* baru yang sesuai dengan SNI 6774-2008. Jika ukuran bak 3 m x 3 m x 3 m, maka perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{27 \text{ m}^3}{0,02 \text{ m}^3/\text{d} \times 60 \text{ d/m}} \\ &= 22,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk spesifikasi lainnya pada bak *clarifier* sudah memenuhi SNI 6774-2008.

4.1.3. Sedimentasi

Bak sedimentasi berbentuk persegi panjang dengan ukuran 5x3 meter dan di dalam bak terdapat lamella yang berfungsi untuk tempat menempelnya flok-flok yang sudah terikat dengan partikel kotoran dan kemudian flok tersebut diendapkan di dasar bak sedimentasi. Berdasarkan perhitungan bak sedimentasi memiliki kedalaman 5 meter. Berdasarkan perhitungan, waktu tinggal pada bak sedimentasi selama 625 detik. Air yang tidak mengandung flok kemudian dialirkan ke dalam bak filtrasi. Lumpur hasil pengendapan flok dibuang melalui saluran pipa pembuangan lumpur yang terletak di bawah bak sedimentasi dan langsung dialirkan ke dalam bak penampung lumpur. Menurut pihak PDAM, frekuensi pembuangan lumpur adalah satu kali dalam sehari, apabila turbiditas pada air tinggi maka pembuangan lumpur dilakukan 2-3 kali dalam sehari. Menurut Kasie produksi bak sedimentasi memiliki beban permukaan $0,8 \text{ m}^3/\text{jam}$, beban pelimpah $9 \text{ m}^3/\text{jam}$, kemiringan dasar bak sebesar 60° . Bak sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Bak Sedimentasi IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Evaluasi Kriteria Desain Bak Sedimentasi IPA Pria Laot

Spesifikasi	Bak Sedimentasi	SNI 6774-2008	Keterangan
-------------	-----------------	---------------	------------

	IPA Pria Laot		
Beban Permukaan	0,8 m ³ /jam	0,8-2,5	Sesuai
Kedalaman	5 m	3-6 m	Sesuai
Lebar/Panjang	3/5	>1/5	Sesuai
Beban Pelimpah	9 m ³	<11 m ³	Sesuai
Bilangan Reynold	<2000	<2000	Sesuai
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap	-	-	Sesuai
Bilangan Fraude	0,031	>10 ⁻⁵	Sesuai
Kecepatan vertikal	-	-	Sesuai
Sirkulasi lumpur	-	-	Sesuai
Kemiringan dasar bak	60°	45°-60°	Sesuai
Periode antar pengurasan lumpur	24 jam	12-24 jam	Sesuai
Kemiringan tube/plate	30°/60°	30°/60°	Sesuai

Perhitungan:

- Volume:

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 5 \times 3 \times 5 \\
 &= 75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Waktu Tinggal:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{75 \text{ m}^3}{0,12 \text{ m}^3/d} = 625 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Bilangan Froude (Fr):

$$\begin{aligned} A &= L \times T \\ &= 3 \times 5 \\ &= 15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,12 \text{ m}^3/d}{15 \text{ m}^2} = 0,008 \text{ m/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_h &= \frac{A}{W} \\ &= \frac{L \times H}{2 H + L} \\ &= \frac{3 \times 4}{2 (4) + 3} = \frac{12}{11} = 1,09 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= L \times T \\ &= 3 \times 5 = 15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,12 \text{ m}^3}{1,09 \text{ m}^2} = 0,11 \text{ m/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \times R_h}} \\ &= \frac{0,11 \text{ m/d}}{\sqrt{9,8 \text{ m/d} \times 1,21 \text{ m}}} = 0,031 \end{aligned}$$



Gambar 4.7. Desain Bak Sedimentasi

Evaluasi:

Kriteria umum pada bak sedimentasi sesuai dengan kriteria desain SNI 6774-2008 tentang Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dimulai dari beban permukaan, kedalaman, lebar/panjang bak, beban pelimpah, bilangan reynold, bilangan fraude, kecepatan vertikal, sirkulasi lumpur, kemiringan dasar bak, periode antar pengurasan lumpur, dan kemiringan tube/plate. Semua data berdasarkan perhitungan dan hasil wawancara dengan pihak PDAM.

4.1.4. Filtrasi

Pada bak filtrasi ini flok yang tidak dapat terendap pada bak sedimentasi kemudian disaring menggunakan media penyaring yaitu filter pasir cepat. Proses filtrasi ini merupakan pengolahan tahap akhir sebelum masuk ke dalam bak reservoir. Bak filtrasi berbentuk persegi dengan jumlah dua bak yang berukuran 3x3 meter. Air yang masuk ke dalam bak filtrasi disaring menggunakan saringan cepat dengan media pasir silika. Media pasir silika memiliki tebal 600 mm dengan

kedalaman bak 5 meter dan porositas 0,4. Menurut SNI 6774-2008 tentang Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, media pasir silika untuk *single* media berukuran 600-700 mm. Berdasarkan perhitungan, kecepatan penyaringan pada bak filtrasi adalah 0,004 m/d. Menurut Kasie produksi kecepatan pencucian adalah 37 m/jam. Untuk media antrasit memiliki tebal 400 mm dengan berat jenis 1,35 kg/dm³ dan porositas 0,5. Untuk filter dasar pada lapisan penyangga dari atas ke bawah memiliki kedalaman 80 mm dengan ukuran butir 2 mm. Pencucian bak atau *backwash* dilakukan 4 bulan sekali dengan waktu 30 menit – 1 jam. Jika bak tersumbat karena padatan lumpur maka pencucian bak dapat langsung dilakukan walau hanya berjangka waktu 2 bulan setelah pembersihan terakhir kalinya. Frekuensi *backwash* ini tidak memenuhi SNI 6774-2008 tentang Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, *backwash* untuk saringan pasir cepat harusnya dilakukan dalam 18 - 24 jam dalam periode antara dua pencucian dengan waktu 10 – 15 menit. Bak Filtrasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Bak Filtrasi IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi bak filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Evaluasi Kriteria Desain Bak Filtrasi IPA Pria Laot

Spesifikasi	Bak Filtrasi IPA Pria Laot	SNI 6774-2008	Keterangan

Jumlah bak saringan	2 bak	$N = 12Q^{0,5}$	Sesuai
Kecepatan penyaringan	7,2	6-11	Sesuai
Pencucian - Kecepatan (m/jam) - Lama pencucian (menit) - Periode antara dua pencucian (jam)	37 m/jam 30 menit – 1 jam 2 – 4 bulan	36-50 10 – 15 menit 18 – 24 jam	Sesuai Tidak sesuai Tidak sesuai
Media pasir - Tebal (mm) - Ukuran efektif, ES (mm) - Koefisien keseragaman, UC - Berat jenis (kg/m^3) - Porositas	600 mm 0,7 1,2 2,5 0,4	300-700 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4	Sesuai Sesuai Sesuai Sesuai Sesuai
Media antrasit - Tebal (mm) - Berat jenis	400 mm 1,35	400-500 mm 1,35	Sesuai Sesuai

(kg/dm ³)			
• Porositas	0,5	0,5	Sesuai
Filter bottom/dasar saringan			
Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
• Kedalaman (mm)	80 mm	80 – 100 mm	Sesuai
• Ukuran butir (mm)	2 mm	2-5	Sesuai

Perhitungan:

- Jumlah bak saringan

$$N = 12 \times Q^{0,5}$$

$$= 12 \times 0,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

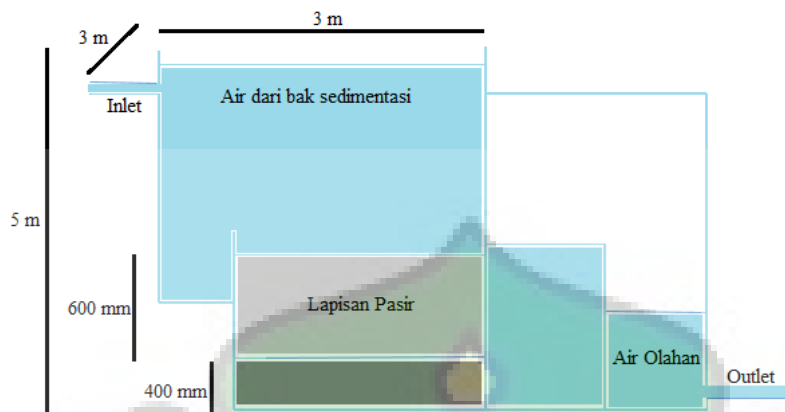
$$= 2,4 = 2 \text{ bak}$$
- Kecepatan penyaringan per bak

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{d}}{15 \text{ m}^2}$$

$$= 0,002 \text{ m/d}$$

$$= 7,2 \text{ m/jam}$$



Gambar 4.9. Desain Bak Filtrasi

Evaluasi:

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengamatan untuk spesifikasi, lama pencucian dan periode antar dua pencucian tidak sesuai dengan kriteria desain pada SNI 6774-2008. Pihak PDAM harus lebih memperhatikan lama pencucian dan periode antara dua pencucian agar sesuai dengan SNI 6774-2008, yaitu dengan cara memperlambat pencucian selama 15 menit, di dalam SNI 6774-2008 untuk lama pencucian berkisar antara 10 - 15 menit dan melakukan pencucian selama per 24 jam sesuai dengan. Untuk spesifikasi lainnya sudah sesuai dengan kriteria desain pada SNI 6774-2008 dimulai dari jumlah bak saringan, kecepatan penyaringan, media pasir dan kriteria selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

4.1.5. Reservoir

Untuk tahap akhir, air yang sudah disaring di bak filtrasi kemudian dimasukkan ke dalam bak reservoir. Pada bak ini air bersih ditampung sementara sebelum didistribusikan ke pelanggan. IPA Pria Laot memiliki beberapa reservoir layanan, yaitu reservoir di IPA sebelum distribusi dan reservoir di tengah-tengah lokasi pelayanan sejumlah 3 buah reservoir yaitu terletak di desa Cot Dammar, desa Cot Bak U dan desa Tektok. Reservoir yang berada di tengah lokasi pelayanan berfungsi untuk memudahkan penyaluran air ke pelanggan dengan

menggunakan pompa, karena kondisi wilayah Sabang termasuk ke dalam perbukitan sehingga diperlukan tekanan pompa yang lebih besar. Air dari reservoir IPA dipompa ke reservoir layanan, kemudian air dari reservoir layanan dipompa untuk didistribusikan menuju rumah pelanggan. Berdasarkan perhitungan, kapasitas reservoir IPA maupun reservoir layanan berukuran sama yaitu 200 m^3 dengan waktu tinggal 666,6 detik.

IPA Pria Laot juga tidak menggunakan desinfektan pada pengolahannya. Pihak PDAM sendiri mengatakan adanya keluhan warga apabila mereka menggunakan desinfektan pada pengolahan air bersih. Keluhan tersebut berkaitan dengan bau kaporit pada air yang diterima. Setelah diolah air tersebut langsung dialirkan ke dalam bak reservoir dan didistribusikan kepada pelanggan. Pengujian kualitas air tidak dilakukan setiap hari, dan hanya dilakukan setahun sekali. Hasil pengujian kualitas air oleh PDAM dapat dilihat di lampiran D (tahun 2018 dan 2019). Bak reservoir dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Bak Reservoir *Intake* IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi bak reservoir dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Kriteria Desain Bak Reservoir IPA Pria Laot

Spesifikasi	Keterangan
-------------	------------

Panjang	10 m
Lebar	5 m
Volume	4 m
Waktu Tinggal	666,6 detik

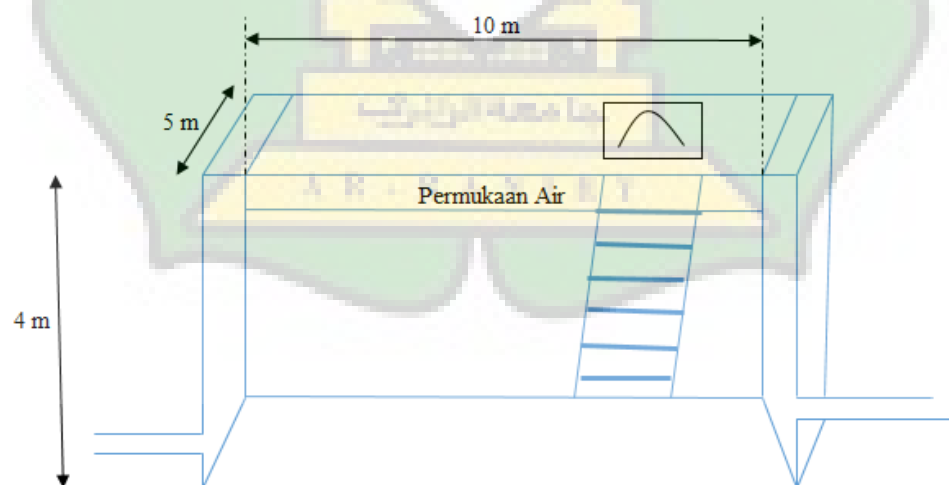
Perhitungan:

- Volume bak

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 200 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Waktu Tinggal

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{200 \text{ m}^3}{0,30 \text{ m}^3/d} \\
 &= 666,6 \text{ detik}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.11. Desain Bak Reservoir

4.1.6. Bak Penampung Lumpur

Limbah hasil pengolahan air di IPA Pria Laot pada proses sedimentasi dan filtrasi ditampung pada bak penampung limbah. Bak penampung limbah lumpur terletak dekat dengan bak reservoir. Bak tersebut berbentuk persegi panjang berjumlah 2 bak dengan ukuran 8 x 9 meter. Lumpur yang ditampung pada bak penampung tersebut hanya ditampung dan tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut. Bak penampung limbah lumpur dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Bak Penampung Lumpur IPA Pria Laot

Adapun spesifikasi bak penampung lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.6.

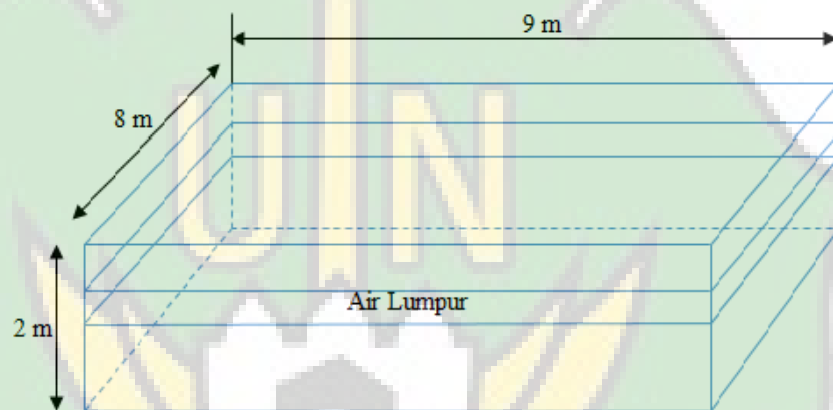
Tabel 4.6. Kriteria Desain Bak Penampung Lumpur IPA Pria Laot

Spesifikasi	Keterangan
Panjang	9 meter
Lebar	8 meter
Tinggi	2 meter
Volume	144 m ³

Perhitungan:

- Volume Bak

$$\begin{aligned} V &= P \times L \times T \\ &= 9 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 144 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4.13. Desain Bak Penampung Lumpur

Limbah lumpur tersebut sudah ditampung selama 8 tahun terakhir, awalnya pihak PDAM mengatakan bahwa mereka sudah mencoba untuk membuang limbah di TPA Cot Abeuk. Akan tetapi PDAM Tirta Aneuk Laot dikenai sanksi oleh pemerintah daerah Sabang. Hal tersebut karena pihak PDAM langsung membuang limbah tanpa adanya pengolahan dan dianggap mencemari juga berbahaya bagi lingkungan sekitar. Oleh karena itu pihak PDAM tidak membuang limbah lumpur dan hanya ditampung di dalam bak penampung dan pengujian kualitas lumpur pun tidak dilakukan. Pada penelitian ini, pengujian limbah lumpur dilakukan untuk menguji parameter Fe, Pb, Cu, dan Mg.

4.2. Kualitas Air Dan Lumpur Hasil Pengolahan IPA Pria Laot

4.2.1. Kualitas air

Kualitas air di IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot digolongkan menjadi kategori bersih dengan tingkat kekeruhan yang rendah. Faktor yang mendukung kualitas air bersih adalah sumber air baku yang digunakan oleh PDAM ini berasal dari air terjun Pria Laot. Karena berasal dari mata air, tingkat kualitas air pun terjaga dengan baik. Pengujian kualitas air bersih dilakukan setiap tahunnya oleh PDAM Tirta Aneuk Laot yang berpatokan kepada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Menurut dokumen hasil tahunan pengujian kualitas air, didapatkan hasil pengujian di bawah baku mutu.

Pengolahan air bersih pada IPA Pria Laot yang jarang menggunakan koagulan dan desinfektan dikhawatirkan air tersebut mengandung bakteri di dalamnya. Oleh karena itu, maka dilakukan pengambilan sampel air bersih dari bak reservoir untuk kemudian diuji di Laboratorium Kesehatan di Banda Aceh. Sampel air bersih diambil dalam dua kali pengulangan dan di waktu yang berbeda. Untuk pengambilan sampel yang pertama dengan pengulangan yang kedua berjarak 14 hari.

Pengambilan sampel air bersih di bak reservoir IPA Pria Laot langsung diukur suhu dan pH terlebih dahulu, karena parameter suhu dan pH harus diuji secara langsung di lapangan. Pengujian parameter suhu mendapatkan hasil 25°C dan untuk parameter pH adalah 7,2. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam jeriken yang berkapasitas 2 liter. Sampel yang di dalam jeriken untuk diuji kualitas air secara fisika dan kimia. Sedangkan untuk pengujian parameter biologi sampel dimasukkan ke dalam botol yang telah disterilkan. Jeriken dan botol dimasukkan ke dalam fiber yang telah diisi es batu untuk pengawetan secara fisika. Fiber ditutup rapat dan langsung dibawa ke laboratorium kesehatan di Banda Aceh.

Pengujian parameter biologi pada air sampel adalah menguji bakteri *Coliform* dan bakteri *Escherichia Coli*. Sampel diambil dan dimasukkan ke dalam botol sampel 100 ml yang telah disterilkan. Botol sampel kemudian dimasukkan ke dalam fiber yang berisi es batu dengan suhu 2-4°C dan langsung dibawa ke UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Banda Aceh. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Parameter Untuk Air Bersih

Sampel	Parameter		Hasil Uji	
			Pengujian I	Pengujian II
Air bersih	Mikrobiologi	E.Coli	2/100 ml	-
		Total Bakteri Coliform	4/100 ml	-
	Fisik	TDS	177,6	183,8
		Kekeruhan	1,10 NTU	1,28 NTU
		Suhu	25°C	30°C
	Kimiaawi	pH	7,2	7,5

Dari hasil pengujian didapatkan hasil 4ml dalam 100 ml air sampel untuk bakteri *Coliform* dan 2 ml dalam 100 ml air sampel untuk bakteri *Escherichia Coli*. Hal tersebut membuktikan bahwa terdapat bakteri *Coliform* dan bakteri *Escherichia Coli* di dalam air sampel reservoir IPA Pria Laot sehingga tidak memenuhi syarat menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010.

Selanjutnya pengujian parameter fisika pada air sampel adalah menguji kekeruhan dan zat padat terlarut atau TDS. Kekeruhan atau turbiditas diuji menggunakan *Turbidity meter* dan didapatkan hasil 1,10 NTU. Pengujian TDS menggunakan *Thermoscientific* dan didapatkan hasil 177,6 mg/l. Berdasarkan hasil yang didapat bahwa pengujian kekeruhan dan TDS sesuai syarat menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Pengujian kekeruhan dan TDS dilakukan dua kali pengulangan dengan waktu yang berbeda. Pada pengulangan kedua jarak waktu berkisar 14 hari untuk dapat dilihat perbedaan hasil antara pengujian pertama dan pengujian kedua. Sampel diuji pada UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan didapatkan hasil untuk kekeruhan adalah 1,28 NTU sedangkan untuk TDS 183,8. Berdasarkan hasil yang didapat bahwa pengujian kekeruhan dan TDS sesuai syarat menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Pengujian kekeruhan dan TDS yang pertama dengan pengulangan pengujian kedua didapatkan hasil yang berbeda. Dapat dilihat bahwa hasil pengujian yang kedua lebih tinggi daripada pengujian pertama. Hal tersebut dikarenakan pengaruh cuaca, pada saat pengambilan sampel untuk pengulangan kedua cuaca sedang dalam hujan. Pada saat hujan, polutan yang berasal dari udara dan dari tanah juga ikut terbawa ke dalam badan air baku sehingga memengaruhi turbiditas dan TDS. Begitu juga dengan parameter yang langsung diuji di lapangan yaitu suhu dan pH dilakukan pengulangan pengujian. Pada saat pengambilan sampel, suhu dan pH langsung diukur di lapangan menggunakan alat *Thermometer* dan pH meter. Pengujian suhu didapatkan hasil 30°C dan untuk pH adalah 7,5.

4.2.2. Kualitas Lumpur

Lumpur hasil buangan IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot menjadi suatu permasalahan bagi PDAM Tirta Aneuk Laot sendiri. Lumpur yang dialirkan ke dalam bak penampung lumpur tersebut hanya ditampung dan tidak dilakukan pengolahan apapun. Begitu juga dengan kondisi bak penampung lumpur yang terlihat penuh karena sudah menampung lumpur buangan selama 8 tahun terakhir.

Untuk dapat merekomendasikan penanganan terhadap lumpur maka dilakukan pengujian pada lumpur agar diketahui kualitas lumpur tersebut apakah dapat langsung dibuang ke lingkungan atau harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Parameter yang diuji adalah Tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb), Magnesium (Mg).

Sampel lumpur diambil langsung dari pipa buangan pengolahan di IPA Pria Laot, PDAM Tirta Aneuk Laot. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam jeriken yang berisi 2 liter. Selanjutnya jeriken yang berisi sampel dimasukkan ke dalam fiber yang telah diisi es batu dengan suhu kurang lebih 2-4°C dan langsung dibawa ke UPT. Laboratorium Terpadu Unsyiah, Banda Aceh. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Parameter Untuk Limbah Lumpur

Sampel	Parameter	Hasil Uji	
		Pengujian I	Pengujian II
Lumpur	Tembaga (Cu)	0,0058 mg/l	-
	Besi (Fe)	36,9660 mg/l	0,9516 mg/l
	Timbal (Pb)	-	-
	Magnesium (Mg)	43,4080 mg/l	19,1187 mg/l

Pengujian parameter menggunakan *spektrofotometer* dan didapatkan hasil Tembaga (Cu) adalah 0,0058 mg/l; Besi (Fe) sebesar 36,9660 mg/l; Timbal (Pb) tidak terdeteksi karena konsentrasi di bawah limit deteksi alat dan Magnesium (Mg) sebesar 43,4080 mg/l. Berdasarkan hasil uji dapat dilihat bahwa besi dan magnesium mempunyai kadar lebih tinggi di dalam lumpur.

Hingga saat ini belum ada baku mutu untuk lumpur di Indonesia, melalui hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa sangat diperlukan peraturan mengenai baku mutu kadar logam berat di dalam lumpur yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan. Berdasarkan Tabel 4.3, Besi dan Magnesium didapatkan hasil dengan kadar di atas rata rata atau jauh lebih tinggi dibandingkan Tembaga dan Timbal.

Pengujian sampel lumpur untuk pengulangan kedua dengan parameter yang sama yaitu Tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb) dan Magnesium (Mg) di UPT. Laboratorium Terpadu Unsyiah, Banda Aceh. Kemudian mendapatkan hasil untuk

Tembaga (Cu) tidak terdeteksi, Besi (Fe) sebesar 0,9516 mg/l, Timbal (Pb) tidak terdeteksi dan Magnesium (Mg) sebesar 19,1002 mg/l.

Berdasarkan hasil uji parameter yang pertama dengan hasil uji pada pengulangan kedua didapatkan perbedaan hasil. Saeni (2002) mengatakan bahwa unsur logam berat yang berpotensi menimbulkan pencemaran pada lingkungan adalah logam Fe, Cd, Mn, Pb, Cu, Hg, As, Zn, Cr dan Ni. Hal tersebut dikarenakan unsur dari logam berat ini memiliki toksisitas yang tinggi dan penggunaannya lebih ekstensif. Selanjutnya Surya (2008) menyebutkan bahwa logam magnesium mempunyai berat yang ringan yaitu hanya $\frac{2}{3}$ dari berat logam aluminium. Logam magnesium sendiri bereaksi dengan air pada suhu ruang, reaksi magnesium juga tergolong lambat apabila dibandingkan dengan logam kalsium.

Logam berat Magnesium (Mg) juga tidak termasuk ke dalam unsur logam yang berpotensi mencemari lingkungan, reaksi dengan air juga tergolong lambat, oleh karena itu logam Magnesium (Mg) digolongkan ke dalam unsur logam ringan yang tidak terlalu berbahaya jika dilepaskan ke lingkungan jika keberadaannya dalam skala kecil. Namun Kristanto (2004) mengatakan bahwa jika logam berat Na, Mg, Ca, dan Fe terkandung dalam air dalam jumlah yang tinggi maka akan menyebabkan air tersebut menjadi sadah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bobihu (2012) kadar Mg dan Ca yang membuat air sadah adalah 1375,173 mg/l.

Hasil pengujian kualitas air lumpur untuk logam Magnesium (Mg) didapatkan hasil 43,4080 mg/l pada pengujian pertama dan 19,1187 mg/l pada pengujian kedua. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam Magnesium jauh lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya dan tidak menyebabkan kesadahan pada air baku jika air lumpur dilepaskan ke lingkungan.

Logam berat Besi (Fe) termasuk ke dalam logam berat yang berpotensi menyebabkan pencemaran dalam lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor. 82 Tahun 2001, baku mutu untuk kadar logam berat Besi (Fe) dalam

mutu air kelas satu (air baku untuk air minum) maksimum adalah 0,3 mg/L. Hasil pengujian logam berat Besi (Fe) pada air lumpur adalah 36,9660 mg/L pada pengujian pertama dan 0,9516 mg/L pada pengujian kedua. Meski mengalami penurunan pada pengujian kedua akan tetapi tetap saja nilai kadar logam tersebut masih berada di atas baku mutu. Maka, air lumpur yang mengandung logam berat Besi (Fe) tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan.

4.3. Rekomendasi untuk Limbah Lumpur IPA Pria Laot

IPA Pria Laot memiliki dua bak penampung limbah lumpur yang berukuran 8x9 meter. Kedua bak tersebut telah terpenuhi oleh limbah lumpur dan tidak dapat menampung limbah lagi, sehingga diperlukan rekomendasi untuk dapat menyelesaikan permasalahan pada operasional pembuangan limbah lumpur di IPA Pria Laot. Menurut hasil pengujian kualitas lumpur, logam besi (Fe) dan Magnesium (Mg) mendapatkan hasil paling tinggi.

Rekomendasi pertama yang dapat dilakukan adalah dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah metode pengolahan air limbah dengan menggunakan media tumbuhan. Tumbuhan yang dapat digunakan untuk menyerap logam Besi (Fe) salah satunya adalah tanaman Eceng Gondok. Tanaman tersebut dapat hidup di dalam kolam, Eceng Gondok menyerap logam menggunakan akarnya.

Kolam penampung limbah lumpur dapat ditanami dengan tumbuhan Eceng Gondok, sehingga air lumpur yang mengandung logam berat Besi (Fe) mengalami penurunan kadar hingga di bawah baku mutu dan dapat dialirkan langsung ke dalam sungai yang mengalir. Selanjutnya untuk lumpur yang tersisa di dasar kolam apabila sudah memenuhi kolam dapat dikuras dan dibuang ke lingkungan karena lumpur tersebut sudah tidak mengandung logam berat dengan konsentrasi yang tinggi. Menurut penelitian (Djenar, 2005) tumbuhan Eceng Gondok dapat menurunkan kadar Fe sebanyak 92,54-96,26% dengan kadar logam Fe sebanyak 2,5150-6,1274 ppm pada tempat seluas 0,28 m² dan volume 20 liter digunakan tanaman Eceng Gondok sebanyak 2-4 rumpun.

Jika kadar logam berat besi (Fe) di dalam bak penampung lumpur sebesar 0,9516-36,9660 mg/l dengan volume 144 m³ maka tanaman Eceng Gondok yang dapat ditanam dalam kolam adalah 3600 rumpun Eceng Gondok.

Rekomendasi kedua yang dapat dilakukan adalah dengan metode presipitasi. Presipitasi adalah penambahan larutan kimia pada suatu limbah yang berbentuk cair maupun semi cair yang berfungsi untuk menyisihkan logam berat yang terkandung di dalam limbah tersebut sehingga dapat dipisahkan dari cairan secara fisik, misalnya berupa sedimentasi. Bahan kimia yang biasa digunakan untuk pengendapan adalah karbonat, senyawa hidroksida, dan sulfida. Ketika logam berat mengendap, maka logam tersebut lebih mudah dipisahkan dari air maupun larutan sehingga kadar logam dalam air lumpur menjadi lebih rendah. Proses pengendapan bergantung dari dua faktor yaitu pH air dan konsentrasi dari logam berat tersebut. Air lumpur yang terdapat di dalam kolam dapat ditambahkan bahan kimia baik berupa karbonat, sulfida, senyawa hidroksida maupun gabungan dari ketiganya untuk menyisihkan logam berat Besi (Fe) yang terdapat dalam air lumpur sehingga air lumpur yang mengandung Fe mengalami penurunan kadar Fe dan dapat dilepaskan ke lingkungan jika sudah berada di bawah baku mutu.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasional IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot adalah dimulai dari *intake* menuju bak *clarifier* setelah proses koagulasi flokulasi air dialirkan ke dalam bak sedimentasi yaitu pengendapan flok-flok dalam air selanjutnya dialirkan menuju bak filtrasi, pada bak ini air disaring hingga bersih. Air bersih hasil olahan dimasukkan ke dalam bak reservoir *intake* dan ke dalam bak reservoir layanan.
2. Kualitas air hasil pengolahan IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum untuk parameter kekeruhan, TDS, Suhu, dan pH namun untuk parameter bakteri *Coliform* dan E.Coli masih berada di atas baku mutu dan tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
3. Kualitas air lumpur IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot berada di atas baku mutu untuk parameter logam berat Besi (Fe) dan tidak sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Selanjutnya untuk parameter logam berat Cu dan Pb tidak terdeteksi di dalam air lumpur sehingga tidak berbahaya dan untuk parameter logam berat Mg terdeteksi di dalam air lumpur namun dalam jumlah kadar yang kecil sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan.
4. Rekomendasi yang dapat diberikan untuk bak penampung limbah lumpur dan pengolahan air lumpur adalah dengan metode presipitasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan kepada IPA Pria Laot pada PDAM Tirta Aneuk Laot adalah:

1. PDAM Tirta Aneuk Laot dianjurkan untuk memeriksa uji kualitas air produksi secara berkala seperti minimal satu kali sehari, sehingga kualitas air produksi dapat terjaga dengan baik, dan mengingat pengujian kualitas air sangat penting sehingga dibutuhkan laboratorium pada PDAM Tirta Aneuk Laot.
2. Memberikan desinfektan pada air produksi berupa Klorin secara injeksi sehingga tidak terdapat bakteri *Coliform* dan *E.Coli* di dalam air bersih. Selanjutnya untuk pengolahan limbah lumpur dan operasional pada bak penampung limbah lumpur dapat dijalankan dengan rekomendasi yang telah diberikan.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat diteliti parameter logam berat lainnya pada limbah lumpur dan menguji parameter lainnya untuk air hasil olahan di IPA Pria Laot PDAM Tirta Aneuk Laot.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, I. S., Juliawati, Y., & Winarno. (2012). Pemanfaatan Limbah Lumpur PDAM Kota Pontianak dan Tandan Kosong Sawit sebagai Adsorben Logam Merkuri. *Prosiding Seminar Nasional PIPT*.
- Bobihu, R. (2012). Uji Kadar Kesadahan Sumber Air Minum Pada Kejadian Penyakit Batu Saluran Kemih Di Desa Barakati Kecamatan Batudaa Kabupaten Gorontalo Tahun 2012. *Public Health Journal*, 1(1).
- Darmawan, D., Suryaningtyas, D. T., & Sariningpuri, J. M. (2013). Penerapan Elektroosmosis Untuk Pengeringan Sludge Dari Pengolahan Limbah Cair. *Reaktor*, 14(3), 204-210.
- Djenar, N. S., & Soeswanto, B. (2005). Penyerapan polutan logam besi (Fe) dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Fluida*, 4(1), 35-40.
- Hendrawati, H., Syamsumarsih, D., & Nurhasni, N. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) SEBAGAI Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1).
- Malahayati, E. F., & Musnadi, S. (2012). Evaluasi Kinerja Pelayanan Pdam Tirta Aneuk Laot Kota Sabang. *Jurnal Teknik Sipil*
- Mirwan, A. (2012). Pemanfaatan Kembali Limbah Padat Lumpur PDAM Untuk Penjernihan Air dari Sungai Martapura Kalimantan Selatan. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 12(1), 77-84.

- Mizwar, A., & Amalia, S. R. (2012). Pemanfaatan Limbah Lumpur Pengolahan Air Sebagai Bahan Pembuatan Batu Bata. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 12(2).
- Mulyadi (2007). Chemical Proses Control In Water Tretment, Serpong : Aula IPA Cisadane.
- Nasution, P., Sumiyati, S., & Wardhana, I. W. (2015). Studi Penurunan Tss, Turbidity Dan Cod Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Sido Muncul, Tbk Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1-10.
- Nugraheni, D. T., Sudarno, S., & Hadiwidodo, M. (2014). Cangkang Udang Sebagai Biokoagulan Untuk Penyisihan Turbidity, Tss, Bod, Dan Cod Pada Pengolahan Air Limbah Farmasi PT. Phapros Tbk, Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4), 1-10.
- Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Aneuk Laot. (2019).
- Permatasari, T. J., & Apriliani, E. (2013). Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1), A6-A11.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007. Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Pernitsky, D J. (2003). Coagulation. Alberta: Assosiated Engeenering.
- Reynolds, T.D. (1996). Unit Operations In Enviromental Engineering. Texas A & M Univercity; B/C Engineering Division Boston, Massacusetts.

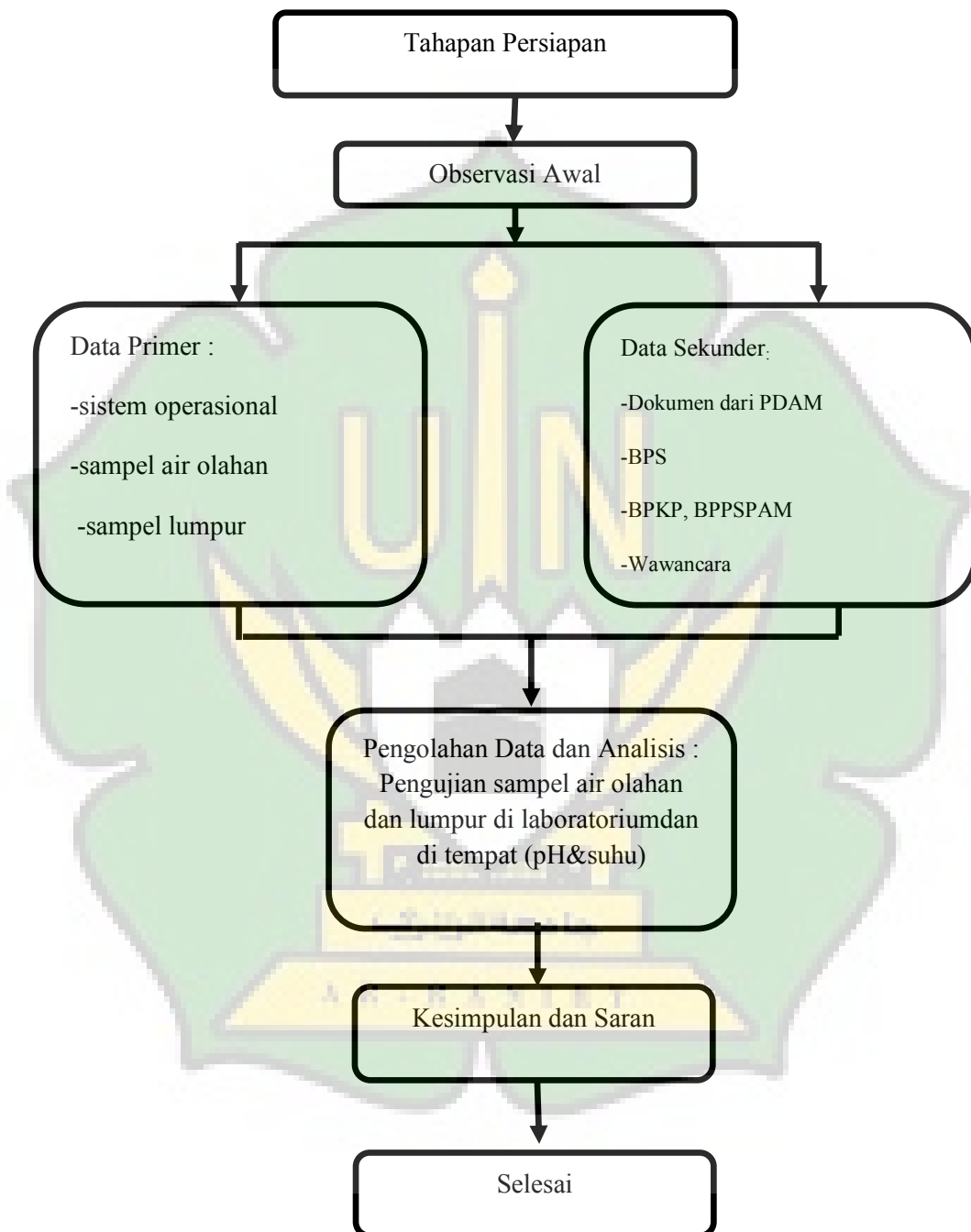
- Rifa'i, J. (2013). *Pemeriksaan kualitas air bersih dengan koagulan alum dan PAC di IPA Jurug PDAM kota Surakarta* (Doctoral dissertation, Universitas sebelas Maret).
- Rosyidi, C. N., Damayanti, R. W., & Winarno, W. (2012). Pemanfaatan Limbah Pdam Untuk Lapisan Atas Paving Block Menggunakan Metode Taguchi Dan Rsm Berbasis Sni No. 03-0691-1996. *Jurnal Standardisasi*, 14(2), 154-163.
- Saeni, M. S. (2002). *Bahan Kuliah Kimia Logam Berat. Program Pascasarjana IPB. Bogor.*
- SNI 6774:2008. *Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.*
- Suherman, B. (2003). Upaya Minimalisasi Kebutuhan Koagulan di PDAM. In *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia Bersama dengan Seminar Nasional Soehadi Reksowardjojo. Intitut Teknologi Bandung dan Fundamental & Aplikasi Teknik Kimia.*
- Surya, L. H. (2008). *Proses Perolehan Magnesium dengan Cara Elektrolisis Bahan Hidromagnesit dan Magnesium Oksida. FMIPA UI.*
- Syaiful, M., Jn, A. I., & Andriawan, D. (2015). Efektivitas Alum Dari Kaleng Minuman Bekas Sebagai Koagulan Untuk Penjernihan Air. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).
- Zahra, S. A. (2014). *Karakteristik Kualitas Air Baku & Lumpur sebagai Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur IPA Badak Singa PDAM Tirtawening Kota Bandung. REKA LINGKUNGAN*, 2(2).

LAMPIRAN



LAMPIRAN A

DIAGRAM ALIR



Gambar A.1. Diagram Alir

LAMPIRAN B

Daftar Pertanyaan Wawancara

Narasumber: Pengelola IPA Pria Laot

Lokasi: IPA Pria Laot, PDAM Tirta Aneuk Laot, Sabang

1. Apa saja sarana dan prasarana yang terdapat di IPA Pria Laot?
2. Proses-proses apa saja yang dilakukan di IPA Pria Laot?
 - a. Unit air baku : Bagaimana ukuran dimensi bak unit air baku?
 - b. Unit koagulasi-flokulasi : Bagaimana cara pembubuhan koagulan di IPA Pria Laot?
 - c. Unit Sedimentasi : Apakah bak sedimentasi berfungsi dengan baik?
 - d. Unit Filtrasi : Bagaimana proses filtrasi yang dilakukan pada IPA Pria Laot?
 - e. Unit air bersih : Berapa lama waktu tinggal air bersih didalam reservoir untuk kemudian didistribusikan kepada pelanggan?
3. Bagaimana sistem pendistribusian di IPA Pria Laot?
4. Bagaimana kualitas air hasil produksi di IPA Pria Laot?
5. Masalah-masalah apa saja yang sering terjadi di PDAM Tirta Aneuk Laot?
 - Operasional
 - Fasilitas fisik
 - Keluhan Masyarakat

LAMPIRAN C

Permenkes 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg / l	0,01
	2) Flourida	mg / l	1,5
	3) Total Kromium	mg / l	0,05
	4) Kadmium	mg / l	0,003
	5) Nitrit (NO-2)	mg / l	3
	6) Nitrat (NO-3)	mg / l	50
	7) Sianida	mg / l	0,07
	8) Selenium	mg / l	0,01
2	Parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg / l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara $\pm$ 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg / l	0,2
	2) Besi	mg / l	0,3
	3) Kesadahan	mg / l	500

4) Khlorida	mg / l	250
5) Mangan	mg / l	0,4
6) Ph		6,5-8,5
7) Seng	mg / l	3
8) Sulfat	mg / l	250
9) Tembaga	mg / l	2
10) Amonia	mg / l	1,5



LAMPIRAN D

Hasil uji kualitas air di IPA Pria Laot pada tahun 2018

No	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan Uji	Hasil Uji
1.	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau
2.	Rasa	-	Tidak berasa	Tidak berasa
3.	Warna	TCU	15	1
4.	Temperatur	-	Suhu udara $\pm$ 3°C	27,40
5.	Kekeruhan	NTU	5	0,05
6.	Air raksa (Hg)	Mg/L	0,001	<0,0005
7.	Arsenik (As)	Mg/L	0,01	<0,0002
8.	Barium (Ba)	Mg/L	0,7	<0,009
9.	Selenium	Mg/L	0,01	<0,0001
10.	Boron (B)	Mg/L	0,3	<0,0001
11.	Cadmium (Cd)	Mg/L	0,003	<0,00004
12.	Kromium (Cr)	Mg/L	0,05	<0,0005
13.	Tembaga (Cu)	Mg/L	2	<0,0008
14.	Fluoride (F)	Mg/L	1,5	0,0464
15.	Timbal (Pb)	Mg/L	0,01	<0,0001
16.	Nikel (Ni)	Mg/L	0,02	<0,0001
17.	Nitrat (Sebagai NO ₃)	Mg/L	50	3,5451
18.	Nitrit (sebagai NO ₂)	Mg/L	3	0,0013
19.	Sianida (CN)	Mg/L	0,07	<0,0004
20.	Ammonia	Mg/L	1,5	<0,0050
21.	Aluminium	Mg/L	0,2	<0,0001
22.	Chloride	Mg/L	250	5,91
23.	Kesadahan	Mg/L	500	133,65

24.	Zat Organik	Mg/L	10	0,9505
25.	Diterjen	Mg/L	0,05	<0,01
26.	Besi (Fe)	Mg/L	0,3	<0,0002
27.	Mangan (Mn)	Mg/L	0,1	<0,0008
28.	pH	-	6,5-8,5	8,08
29.	Sodium	Mg/L	200	16,9500
30.	Sulfat	Mg/L	250	3,5373
31.	Padatan terlarut	Mg/L	1000	258
32.	Seng	Mg/L	3	<0,0001
33.	Bakteriologis			
34.	E. Coli	Jlh/100 ml	0	0
35.	Total Bakteri Coliform	Jlh/100 ml	0	65

Hasil uji kualitas air di IPA Pria Laot pada tahun 2019

No	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan Uji	Hasil Uji
1.	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau
2.	Rasa	-	Tidak berasa	Tidak berasa
3.	Warna	TCU	15	1
4.	Temperatur	-	Suhu udara $\pm$ 3°C	29,1
5.	Kekeruhan	NTU	5	0,1
6.	Air raksa (Hg)	Mg/L	0,001	<0,0005
7.	Arsenik (As)	Mg/L	0,01	<0,0002
8.	Barium (Ba)	Mg/L	0,7	<0,00001
9.	Selenium	Mg/L	0,01	<0,0009
10.	Boron (B)	Mg/L	0,3	<0,0001
11.	Cadmium (Cd)	Mg/L	0,003	<0,0005
12.	Kromium (Cr)	Mg/L	0,05	<0,00005
13.	Tembaga (Cu)	Mg/L	2	<0,0008
14.	Fluoride (F)	Mg/L	1,5	0,1205
15.	Timbal (Pb)	Mg/L	0,01	<0,0001
16.	Nikel (Ni)	Mg/L	0,02	0,0059
17.	Nitrat (Sebagai NO ₃)	Mg/L	50	0,4375
18.	Nitrit (sebagai NO ₂)	Mg/L	3	0,0226
19.	Sianida (CN)	Mg/L	0,07	0,001
20.	Ammonia	Mg/L	1,5	0,0116
21.	Aluminium	Mg/L	0,2	<0,0001
22.	Chloride	Mg/L	250	7,88
23.	Kesadahan	Mg/L	500	139,59
24.	Zat Organik	Mg/L	10	2,7381

25.	Diterjen	Mg/L	0,05	<0,01
26.	Besi (Fe)	Mg/L	0,3	<0,0002
27.	Mangan (Mn)	Mg/L	0,1	<0,0008
28.	Ph	-	6,5-8,5	7,57
29.	Sodium	Mg/L	200	35,13
30.	Sulfat	Mg/L	250	18,4842
31.	Padatan terlarut	Mg/L	1000	228
32.	Seng	Mg/L	3	<0,0001
33.	Bakteriologis			
34.	E. Coli	Jlh/100 ml	0	34
35.	Total Bakteri Coliform	Jlh/100 ml	0	85

LAMPIRAN E

Dokumentasi Penelitian



Kantor PDAM Tirta Aneuk Laot Sabang



Intake IPA Pria Laot



Bak Penampung Air Baku



Bak Clarifier



Bak Sedimentasi



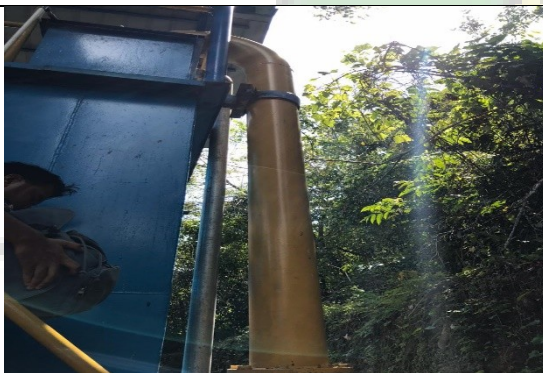
Bak Filtrasi



Bak Reservoir



Filtrasi



Pipa Air Baku



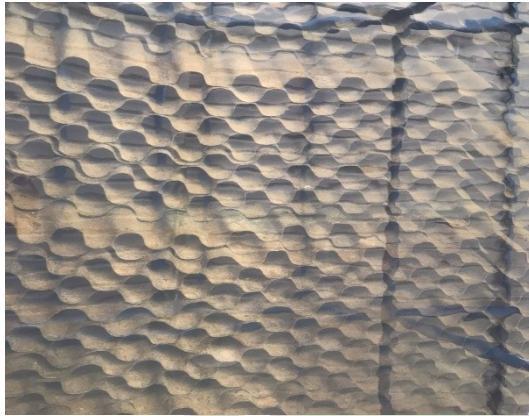
Pipa Pembuangan Lumpur Sedimentasi



Pipa Pembuangan Lumpur Filtrasi



Kolam Penampung Limbah Lumpur



Lamella Pada Bak Sedimentasi



Pompa



Mesin



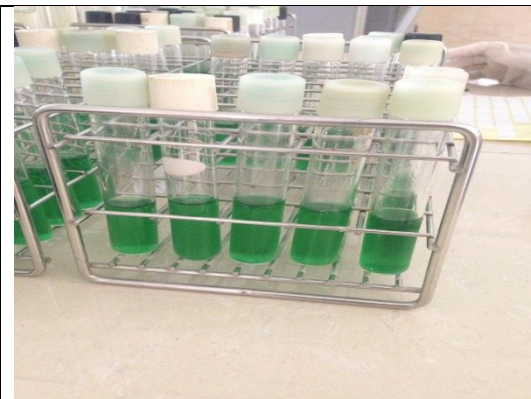
Pengadukan Koagulan dan Desinfektan



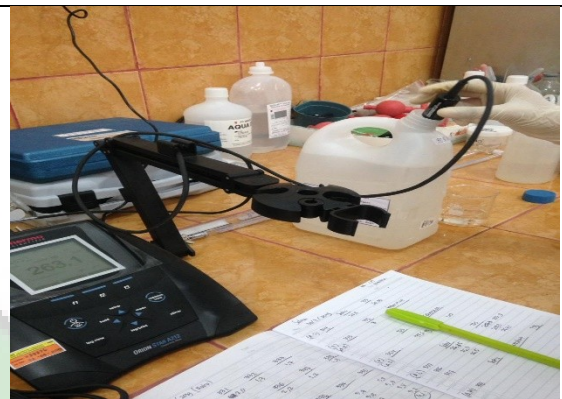
Reservoir layanan



Thermoscientific



Tabung Pengujian Bakteri koliform dan *E. Coli*



Uji TDS



Uji TDS



Uji Bakteri koliform dan *E. Coli*