

**ANALISIS BUANGAN LUMPUR PADA PROSES PENGOLAHAN AIR
MINUM**

DI PDAM TIRTA MOUNTALA CABANG SIRON

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**RIZAL FAHMI
NIM. 140702009**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM – BANDA ACEH
2020 M / 1441 H**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizal Fahmi
NIM : 140702009
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Analisis Buangan Lumpur Pada Proses Pengolahan Air Minum Di PDAM Tirta Mountala Cabang Siron

Dengan ini menyatakan bahwa dalam dalam penulisan tugas akhir 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 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, 28 Januari 2020

Yang Menyatakan,



Rizal Fahmi

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS BUANGAN LUMPUR PADA PROSES PENGOLAHAN AIR MINUM DI PDAM TIRTA MOUNTALA CABANG SIRON

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

Rizal Fahmi

NIM. 140702009

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

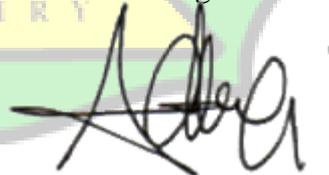
Disetujui Oleh :

Pembimbing 1



Aulia Rohendi , S.T., M.Sc.
NIDN. 2010048202

Pembimbing II



Adian Aristia Anas,S.T.,M.Sc.
NIDN. 2022100701

**ANALISIS BUANGAN LUMPUR PADA PROSES PENGOLAHAN
AIR MINUM DI PDAM TIRTA MOUNTALA CABANG SIRON**

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 Studi Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan**

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 1 Juli 2019
10 Dzulkaidah 1440 H

Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir

Ketua,



Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
NIDN. 2010048202

Sekretaris,



Adian Aristia Anas, M.Sc.
NIDN. 2022100701

Penguji I,



Yeggi Darnas, S.T., M.T.
NIDN. 2020067905

Penguji II,



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

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



Dr. Azhar Amsal M.Pd &
NIDN. 2001066802

ABSTRAK

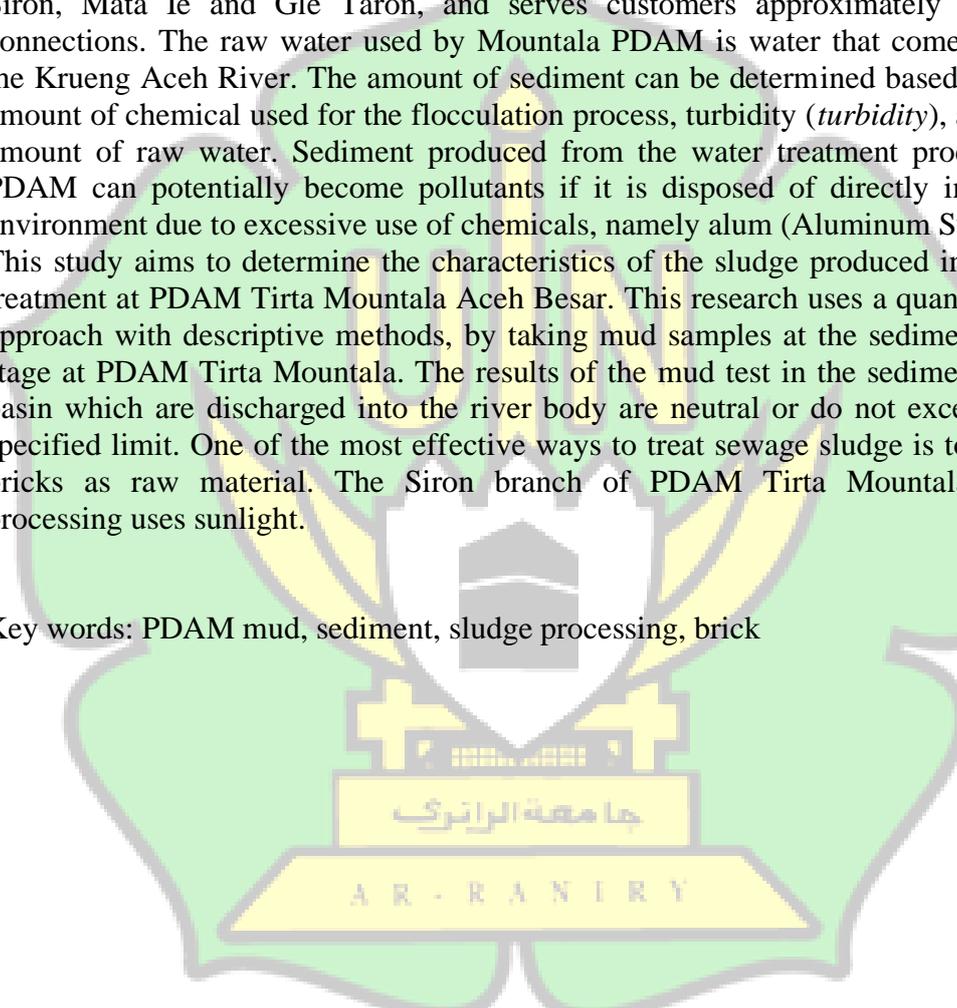
Nama : Rizal Fahmi
NIM : 140702009
Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Analisis Buangan Lumpur Pada Proses Pengolahan Air Minum Di PDAM Tirta Mountala Cabang Siron
Tanggal Sidang : 1 Juli 2019
Pembimbing I : Aulia Rohendi , S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Adian Aristia Anas,S.T.,M.Sc.
Kata kunci : Lumpur PDAM, sedimen, pengolahan Lumpur, batu bata

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyediaan air bersih dan berperan sangat penting bagi kebutuhan air di Indonesia. Di Aceh Besar kebutuhan air bersih disediakan oleh PDAM Tirta Mountala. PDAM Tirta Mountala saat ini memiliki kapasitas produksi 225 L/dt, yang memiliki 6 sumber produksi yaitu di kota Jantho, Seulimum, Luthu, Siron, Mata Ie dan Gle Taron, dan melayani pelanggan kurang lebih 25.000 sambungan. Air baku yang digunakan PDAM Mountala adalah air yang sumber dari Sungai Krueng Aceh. Banyaknya jumlah sedimen dapat diketahui berdasarkan dari jumlah pemakaian bahan kimia untuk proses flokulasi, kekeruhan (*turbidity*), dan jumlah air baku. Sedimen yang dihasilkan dari proses pengolahan air di PDAM dapat berpotensi sebagai pencemar jika langsung dibuang ke lingkungan diakibatkan penggunaan zat kimia yang berlebihan yaitu Tawas (*Aluminium Sulfat*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik lumpur yang dihasilkan pada pengolahan air di PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif, dengan melakukan pengambilan sampel lumpur pada tahap sedimentasi di PDAM Tirta Mountala. Hasil uji lumpur di bak sedimentasi yang dibuang ke badan sungai netral atau tidak melebihi batas yang ditentukan. Salah satu cara pengolahan limbah lumpur yang paling efektif adalah dengan menjadikan bahan baku pembuatan batu bata. Pengolahan lumpur PDAM Tirta Mountala cabang Siron menggunakan sinar matahari

ABSTRACT

Regional Drinking Water Company (PDAM) is a regional company as a means of providing clean water and plays a very important role for water needs in Indonesia. In Aceh Besar, the need for clean water is provided by PDAM Tirta Mountala. PDAM Tirta Mountala currently has a production capacity of 225 L / s, which has 6 production sources, namely in the cities of Jantho, Seulimum, Luthu, Siron, Mata Ie and Gle Taron, and serves customers approximately 25,000 connections. The raw water used by Mountala PDAM is water that comes from the Krueng Aceh River. The amount of sediment can be determined based on the amount of chemical used for the flocculation process, turbidity (*turbidity*), and the amount of raw water. Sediment produced from the water treatment process in PDAM can potentially become pollutants if it is disposed of directly into the environment due to excessive use of chemicals, namely alum (Aluminum Sulfate). This study aims to determine the characteristics of the sludge produced in water treatment at PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. This research uses a quantitative approach with descriptive methods, by taking mud samples at the sedimentation stage at PDAM Tirta Mountala. The results of the mud test in the sedimentation basin which are discharged into the river body are neutral or do not exceed the specified limit. One of the most effective ways to treat sewage sludge is to make bricks as raw material. The Siron branch of PDAM Tirta Mountala mud processing uses sunlight.

Key words: PDAM mud, sediment, sludge processing, brick



KATA PENGANTAR



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

Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Buangan Lumpur Pada Proses Pengolahan Air Minum Di Pdam Tirta Mountala Cabang Siron**” Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

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

1. Ibu Eriawati, S.Pd.I.,M.Pd. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Yeggi Darnas, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dari awal hingga selesai.
4. Bapak Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini dari awal hingga selesai.
5. Seluruh dosen-dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memotivasi dan mengajari penulis tentang hebatnya ilmu teknik lingkungan.

6. Kepada Ayahanda tercinta yang tanpa lelah mendukung dan selalu memberi doa bagi penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik serta dapat menjalani kehidupan yang lebih baik lagi.
7. Muhammad Riza, Zakirul Fuad, Firda Novita, Sarah, Arrahimah Aldin, Muhammad Niko dan seluruh teman-teman Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2014.
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam proses menyelesaikan 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 khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan laporan ini.

Banda Aceh, 28 Januari 2020
Penulis,


Rizal Fahmi

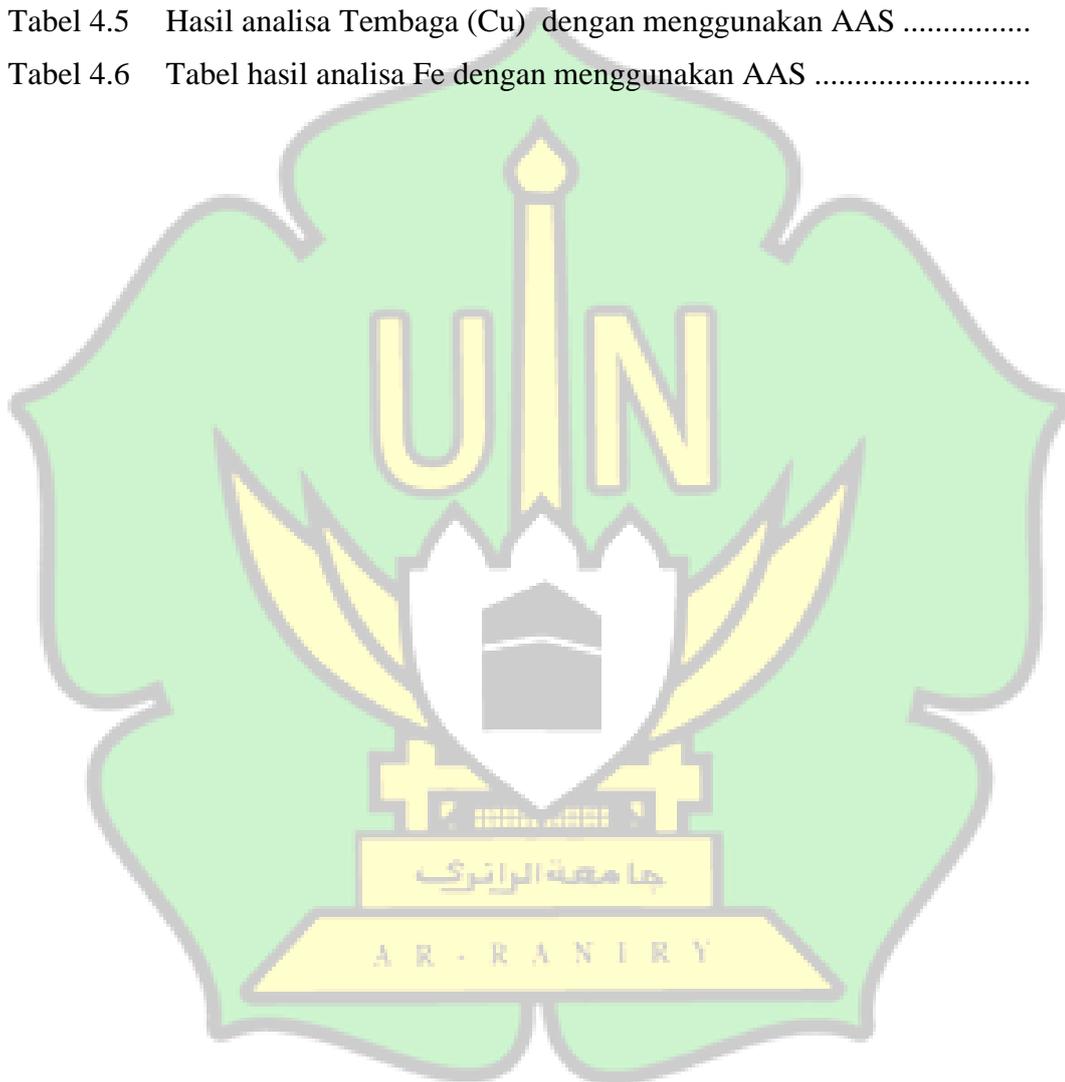
DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.5 Batasan Masalah | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 3 |
| 2.1 Instalasi Pengolahan Air (IPA) | 3 |
| 2.2 Sedimentasi | 6 |
| 2.3 Lumpur Pada Pengolahan Air..... | 7 |
| 2.4 Pemanfaatan Lumpur | 9 |
| 2.5 Parameter Pengujian | 11 |
| 2.6 PDAM Tirta Mountala..... | 13 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 16 |
| 3.1 Metode Penelitian | 16 |
| 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian | 16 |
| 3.3 Pengumpulan Data | 16 |
| 3.4 Pengambilan Sampel..... | 17 |
| 3.5 Bahan dan Alat Penelitian..... | 17 |
| 3.6 Parameter Uji Lumpur | 17 |
| 3.6.1 Pengukuran pH..... | 17 |
| 3.6.2 Penetapan Kadar Air | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6.3 Preparasi Sampel | 18 |
| 3.6.4 Analisis Secara SSA | 19 |
| 3.6.5 Pengukuran Konsentrasi Fe, Mg, Cu, dan Cd Menggunakan SSA | 19 |
| 3.7 Diagram Penelitian | 20 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 20 |
| 4.1 Karakteristik Lumpur PDAM Tirta Mountala | 20 |
| 4.2 Hasil Pengukuran pH | 22 |
| 4.3 Hasil Penetapan Kadar Air | 23 |
| 4.4 Hasil Analisis Karakteristik Lumpur berdasarkan Parameter Kimia | 24 |
| 4.5 Kandungan Cadmium | 24 |
| 4.6 Magnesium | 25 |
| 4.7 Tembaga (Cu) | 27 |
| 4.8 Besi (Fe) | 28 |
| 4.9 Rekomendasi Pengolahan Lumpur | 29 |
| 5.0. Pemanfaatan limbah lumpur sebagai bahan pembuatan batu-bata ... | 29 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 31 |
| 5.1. Kesimpulan | 31 |
| 5.2. Saran | 32 |
| DAFTAR PUSTAKA | 33 |
| LAMPIRAN A | 35 |
| LAMPIRAN B | 38 |

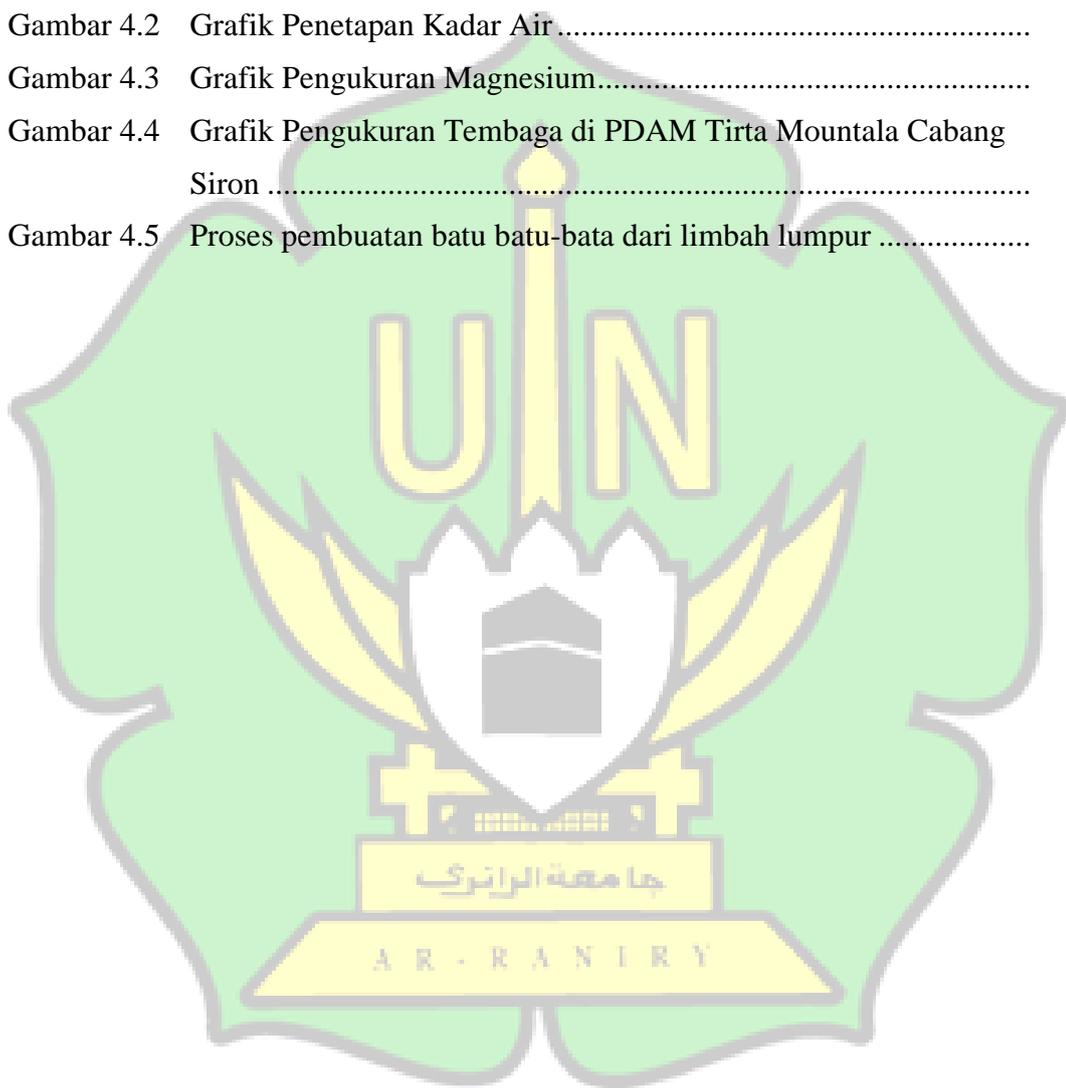
DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 4.1 | Hasil pengukuran pH mete | 22 |
| Tabel 4.2 | Tabel Penetapan Kadar Air | 23 |
| Tabel 4.3 | Hasil analisa Kadmium dengan menggunakan AAS..... | 24 |
| Tabel 4.4 | Hasil analisa Magnesium dengan menggunakan AAS..... | 25 |
| Tabel 4.5 | Hasil analisa Tembaga (Cu) dengan menggunakan AAS | 27 |
| Tabel 4.6 | Tabel hasil analisa Fe dengan menggunakan AAS | 28 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Skema Pengolahan Air Minum | 5 |
| Gambar 2.2 | Diagram Alir Penelitian | 20 |
| Gambar 4.1 | Tahapan pengambilan sampel lumpur..... | 21 |
| Gambar 4.2 | Grafik pengukuran pH meter di WTP | 22 |
| Gambar 4.2 | Grafik Penetapan Kadar Air..... | 23 |
| Gambar 4.3 | Grafik Pengukuran Magnesium..... | 26 |
| Gambar 4.4 | Grafik Pengukuran Tembaga di PDAM Tirta Mountala Cabang Siron | 27 |
| Gambar 4.5 | Proses pembuatan batu bata dari limbah lumpur | 30 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan zat penting yang sangat dibutuhkan makhluk hidup, terutama manusia. Air memegang peranan penting dalam proses metabolisme tubuh, karena air merupakan pelarut universal dan hampir semua jenis zat dapat larut dalam air. Air dalam tubuh manusia berkisar antara 50 – 70% dari seluruh berat badan. Kelangsungan hidup manusia sebagian besar membutuhkan air seperti, mandi, mencuci, minum dan lain-lain. Air juga memegang peranan dalam berbagai aspek kehidupan, air juga digunakan untuk keperluan industri, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi dan lain-lain (Azikin, 2013).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyediaan air minum dan berperan sangat penting bagi kebutuhan air di Indonesia. Di Aceh Besar kebutuhan air untuk domestik disediakan oleh PDAM Tirta Mountala. PDAM Tirta Mountala saat ini memiliki kapasitas produksi 225 L/dt, yang memiliki 6 sumber produksi yaitu di kota Jantho, Seulimum, Luthu, Siron, Mata Ie dan Gle Taron, dan melayani pelanggan kurang lebih 25.000 sambungan. Air baku yang digunakan PDAM Mountala adalah air yang bersumber dari Sungai Krueng Aceh.

Tahap pengolahan air minum di PDAM Tirta Mountala terdiri dari tahap: pengambilan air dari sumber air baku, tahap koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan selanjutnya air bersih ditampung sebelum didistribusikan kepada pelanggan. Tahap sedimentasi menghasilkan limbah berupa lumpur yang akan dibuang kembali ke badan air. Di PDAM Tirta Mountala lumpur yang dihasilkan dari bak sedimentasi tersebut tidak dianalisis, sehingga setelah proses sedimentasi langsung dibuang ke drainase dan tidak diolah sebelum dibuang. Penelitian ini menganalisis lumpur buangan tersebut dan selanjutnya direkomendasikan pengolahan lumpur yang sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik lumpur yang dihasilkan dari pengolahan di PDAM Tirta Mountala ditinjau dari parameter kimia?
2. Bagaimana rekomendasi pengolahan lumpur berdasarkan karakteristik lumpur tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik lumpur yang dihasilkan pada pengolahan air di PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. Dengan mengetahui karakteristik lumpur tersebut, maka akan dapat direkomendasikan pengolahan lumpur yang sesuai.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kualitas lumpur dan pemanfaatan limbah sebelum dibuang ke badan air. Pihak PDAM dapat mengkaji lebih lanjut tentang bahayanya logam berat yang dihasilkan agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Parameter kimia yang dianalisis adalah pH, besi (Fe), tembaga (Cu), Kadmium (Cd), dan Magnesium (Mg).
2. Penelitian dilakukan dari bulan Februari sampai bulan Maret 2019 (musim penghujan) sehingga ada kemungkinan tidak mewakili kondisi sepanjang tahun.

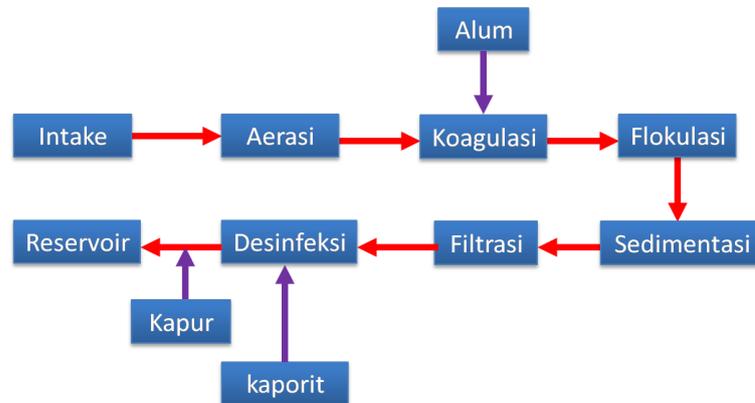
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Instalasi Pengolahan Air (IPA) merupakan suatu sistem yang mengkombinasikan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi serta dilengkapi dengan pengontrolan proses juga instrumen pengukuran yang dibutuhkan. Instalasi ini harus didesain untuk menghasilkan air yang layak dikonsumsi masyarakat bagaimanapun kondisi cuaca dan lingkungan. Selain itu, sistem dan subsistem dalam instalasi yang akan didesain harus sederhana, efektif, dapat diandalkan, tahan lama, dan murah dalam pembiayaan (Joni, 2001).

Standar kualitas air bersih yang digunakan di Indonesia saat ini adalah Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air dan Peraturan Pemerintah RI No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sedangkan standar kualitas air minum menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

PDAM merupakan perusahaan milik daerah yang bergerak di bidang pengolahan dan pendistribusian air minum. Beberapa fasilitas yang dimiliki dalam pemrosesan air bersih antara lain: *intake*, aerasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan *reservoir*. Skema pengolahan air minum secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema Pengolahan Air Minum (Alfandi, 2007)

Menurut Sutrisno (2006), pengolahan air minum terdiri dari beberapa unit, yaitu:

1. Bangunan Penangkap Air

Bangunan penangkap air merupakan suatu bangunan untuk menangkap atau mengumpulkan air dari suatu asal air, untuk dapat dimanfaatkan. Bangunan ini mempunyai saluran bercabang dua yang dilengkapi dengan saringan kasar berfungsi untuk mencegah masuknya sampah berukuran besar dan saringan halus berfungsi untuk mencegah masuknya kotoran-kotoran maupun sampah berukuran kecil terbawa arus sungai. Masing-masing saluran dilengkapi dengan pintu pengatur ketinggian air dan penggerak elektromotor.

2. Bangunan Prasedimentasi (Pengendapan Pertama)

Bangunan pengendap pertama dalam pengolahan ini berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel padat dari air sungai dengan gaya gravitasi. Pada proses ini tidak ada pembubuhan zat atau bahan kimia. Untuk instalasi penjernihan air minum, yang airnya cukup jernih tetapi tidak sadah, bak pengendap pertama tidak diperlukan.

3. Bangunan Pulsator (Koagulasi/Pengendapan Kedua)

Air dari bak penampung dipompakan ke bak koagulan untuk diberi tambahan koagulan secara teratur sesuai kebutuhan (dengan dosis yang tepat). Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan pada air untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tak dapat mengendapkan dengan sendirinya (secara gravimetris). Penambahan koagulan kedalam air baku diikuti dengan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampur antara koagulan dengan koloid.

Pada proses ini perlu diperhatikan dalam pembubuhan koagulan, perpipaan yang mengalirkan bahan atau zat kimia supaya tidak tersumbat maka perlu pemeriksaan secara teliti terhadap peralatannya. Bahan atau zat kimia yang dipergunakan sebagai koagulan adalah aluminium sulfat, biasa disebut tawas. Bahan ini banyak dipakai, karena efektif untuk menurunkan kadar karbonate. Bahan ini paling ekonomis (murah) dan mudah didapat pada pasaran serta mudah disimpan. Untuk mengetahui dosis bahan optimum yang digunakan dapat ditentukan dengan percobaan yang disebut *Jar Test*.

4. Bangunan Pengaduk Cepat

Unit ini untuk meratakan bahan/zat kimia (koagulan) yang ditambahkan agar dapat bercampur dengan air secara baik, sempurna dan cepat. Cara pengadukan dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu mekanis dan penerjunan air. Alat mekanis: motor dengan alat pengaduk. Penerjun air: dengan bantuan udara bertekanan yang perlu diperhatikan dalam pengadukan cepat adalah alat atau cara pengadukannya, supaya mendapat pengadukan sempurna.

5. Bangunan Sedimentasi (Pembentuk Flok)

Unit sedimentasi berfungsi untuk membentuk partikel padat yang lebih besar supaya dapat diendapkan dari hasil reaksi partikel kecil (koloida) dengan bahan atau zat koagulan yang kita bubuhkan.

2.2 Sedimentasi

Proses sedimentasi secara umum diartikan sebagai proses pengendapan, karena gaya gravitasi dan mengakibatkan partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari berat jenis air yang akan mengendap ke bawah dasar permukaan (Adhinda, 2017). Proses pengendapan pada unit sedimentasi adalah merupakan lanjutan dari proses flokulasi. Tujuan dari pengendapan adalah membuat partikel flok yang ada di air dapat mengendap secara gravitasi. Endapan (berupa lumpur) yang dihasilkan oleh bak pengendap kemudian dibuang kembali ke sungai. Proses pemisahan ini sangat tergantung dari jenis partikel dalam air yang akan dipisahkan sehingga diperoleh air olahan yang jernih. Jenis-jenis partikel dan sifatnya mengendap adalah sebagai berikut:

- a. Partikel diskrit, yaitu partikel yang dapat mengendap secara alami tanpa merubah ciri atau sifatnya dan tanpa mengalami perubahan ukuran, misalnya adalah pasir.
- b. Partikel flokulen, yaitu partikel yang dapat mengendap bila sifat, ciri, dan ukurannya berubah menjadi lebih besar pada kedalaman air yang bertambah dalam sehingga dapat mengendap.

Partikel diskrit bila bertubrukan dengan partikel diskrit yang lainnya tidak akan mengubah ukurannya. Sedangkan partikel-partikel flokulen yang bertubrukan dapat bergabung dan membesar dan akhirnya dapat mengendap. Sifat partikel flokulen yang dapat berubah sifatnya ini terjadi karena ada pengaruh dari penambahan bahan kimia atau koagulan. Zat-zat yang terlarut dalam cairan dapat pula dipisahkan melalui sedimentasi apabila ke dalam cairan tersebut ditambahkan bahan kimia atau koagulan sehingga terjadi presipitasi atau pengendapan (Mulyani, 2010).

Muatan sedimen layang bergerak bersama dengan aliran air sungai, terdiri dari pasir halus yang senantiasa didukung oleh air, dan hanya sedikit sekali berinteraksi dengan dasar sungai karena sudah didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Di samping itu, dalam sedimen layang juga terdapat sedimen bilas (*wash load*) yang berukuran sangat kecil (<50mikrometer).

Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan tergantung pada transpor partikel-partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah tangkapan air DAS. Produksi sedimen umumnya mengacu pada laju sedimen yang mengalir melewati satu titik pengamatan tertentu dalam suatu DAS. Besarnya hasil sedimen biasanya bervariasi mengikuti karakteristik fisik DAS. Satuan yang biasa digunakan adalah ton/ha²/tahun. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk (Ella dkk, 2012).

2.3 Lumpur Pada Pengolahan Air

Pada dasarnya limbah merupakan bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam. Dilihat dari wujudnya, limbah dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Dilihat dari fisiknya, lumpur merupakan salah satu jenis limbah padat. Limbah padat merupakan limbah yang berasal seperti dari limbah pertanian, limbah industri, sisa pertambangan, sampah kota, lumpur endapan hasil limbah industri, atau bahan buangan lainnya termasuk padat, semi padat, yang merupakan hasil pembuangan dari industri, pertambangan, operasi pertanian, serta dari kegiatan masyarakat.

Kegiatan produksi selain menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi juga menghasilkan limbah, berupa limbah padat, cair maupun gas. Limbah-limbah tersebut akan menyebabkan pencemaran lingkungan meliputi pencemaran air, pencemaran udara, dan pencemaran tanah. Pencemaran tanah dapat terjadi akibat penggunaan pupuk secara berlebihan, penggunaan pestisida dan pembuangan limbah yang tidak dapat terurai (Tejoyuwono, 2006).

Lumpur adalah campuran cair atau semi cair antara air dan tanah. Lumpur terbentuk saat tanah basah. Secara geologis, lumpur ialah campuran air dan partikel endapan lumpur dan tanah liat. Jumlah lumpur dapat diketahui berdasarkan jumlah pemakaian bahan kimia untuk proses flokulasi (*flocculation*), kekeruhan (*turbidity*), dan jumlah air baku. Produksi lumpur meningkat pada musim hujan akibat peningkatan kekeruhan yang disebabkan oleh erosi, hal

tersebut merupakan salah satu ciri air permukaan. Jumlah pemakaian bahan kimia untuk penanganan kekeruhan tergantung pada tingkat kekeruhan, dengan demikian pemakaian bahan kimia yang meningkat mengindikasikan adanya peningkatan produksi lumpur. Pada umumnya lumpur masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Lumpur yang banyak mengandung padatan diperoleh dari hasil proses pemisahan padat-cair dari limbah yang sering disebut dengan *sludge* atau lumpur encer. Didalam *sludge* tersebut sebagian besar mengandung air dan hanya beberapa persen berupa zat padat. Umumnya persentase kandungan air tersebut dapat mencapai 95-99% (Muhammad, 2010).

Pada dasarnya, lumpur merupakan bagian dari tanah yang terbawa hanyut oleh aliran air sungai. Tanah tersusun dari empat bahan utama, yaitu: bahan mineral, bahan organik, air, dan udara. Bahan-bahan penyusun tersebut jumlahnya masing-masing berbeda untuk setiap jenis tanah ataupun setiap lapisan tanah. Tanah lapisan atas yang baik untuk pertumbuhan tanaman lahan kering (bukan sawah), umumnya mengandung volume 45% bahan mineral, 5% bahan organik, 20-30% udara, 30-30% air. Bahan organik dalam tanah pada umumnya ditemukan di permukaan tanah. Jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-5% tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar (Achmad, 2004).

Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air atau IPA berasal dari unit sedimentasi. Lumpur yang dihasilkan umumnya berwarna coklat pekat dan lumpur tersebut sifatnya diskrit maupun flok. Diskrit yaitu lumpur yang butir-butirannya terpisah tanpa koagulan, umumnya lumpur ini mengandung pasir, grit, dan pecahan kerikil berukuran kecil. Sebaliknya, lumpur yang berupa flok, yaitu kimflok (*chemiflocc*) sangat besar volumenya terutama di PDAM besar air bakunya sangat keruh, didominasi oleh koloid. Lumpur dari bak sedimentasi ini memanfaatkan *Sludge Drying Bed* kemudian dibuang ke tanah-tanah yang cekung sebagai bahan urugan (Muhammad, 2010).

2.4 Pemanfaatan Lumpur

Pada umumnya upaya pengelolaan terhadap lumpur meliputi tahap-tahap berikut (Muhammad, 2010):

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*);
2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*);
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*); dan
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*).

Lumpur PDAM dapat dimanfaatkan kembali dengan proses tertentu sebagai pencampur bahan bangunan, pupuk dan lain-lain. Pupuk merupakan suatu zat hara yang ditambahkan kedalam tanah untuk menambah unsur-unsur yang diperlukan oleh pertumbuhan tanaman. Untuk pemanfaatan sebagai pupuk, lumpur dapat ditambahkan dengan sampah organik atau kompos agar lumpur dapat membantu menyuburkan tanah. Berdasarkan bahan bakunya, jenis pupuk tersebut dibagi menjadi 2 (dua), yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik merupakan hasil dari penguraian dari bahan-bahan organik seperti sisa-sisa tanaman dan hewan serta bahan-bahan organik lain, sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk kimia yang selalu diproduksi oleh industri sehingga dikenal dengan nama pupuk kimia atau pupuk buatan.

Menurut Murbandono (2001), unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dan terdapat dalam pupuk dibagi menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu:

- 1) Unsur hara makro yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).
- 2) Unsur hara sedang (sekunder) yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah kecil, seperti belerang (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg).
- 3) Unsur hara mikro yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit, seperti besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), klor (Cl), boron (B), mangan (Mn), dan molybdenum (Mo).

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) menghasilkan lumpur (*sludges*) dalam proses pengolahannya, volume lumpur yang dihasilkan akan meningkat sesuai dengan peningkatan kapasitas produksi serta *impurity* yang terkandung di badan air. Lumpur didefinisikan sebagai *solids* (padatan) yang dihilangkan dalam proses pengolahan air minum (maupun air limbah), dan lumpur ini akan

dipekatkan untuk dibawa ke pembuangan akhir (*disposal*). Menurut Dedi (2015), lumpur IPA yang dihasilkan terdiri dari beberapa proses, yaitu:

1. Unit sedimentasi (lumpur koagulan), dimana terdapat lumpur anorganik yang mengandung koloid, *suspended solids*, pasir, zat organik dan organik, serta metal hidroksida yang berasal dari koagulan itu sendiri, misalnya alum *sludges*, *iron sludges*.
2. Unit filtrasi (air bekas *backwash filter*), dimana airnya mengandung flok berukuran halus yang tidak dapat dihilangkan di unit sedimentasi, dimana flok ini terjebak dalam saringan pasir dan terbawa oleh air bekas *backwash filter*.
3. Unit lainnya, yaitu seperti unit pelunakan air, dan unit netralisasi.

Menurut Shelvi (2012) lumpur yang dihasilkan dari unit-unit tersebut di atas akan ditangani melalui berbagai variasi proses, yaitu:

1. *Thickening*, yaitu proses pemekatan lumpur untuk mengurangi volume lumpur sebelum diolah di unit berikutnya;
2. *Conditioning*, yaitu penambahan zat kimia (Alum) untuk memperbaiki kemampuan lumpur memadat;
3. *Dewatering*, yaitu proses pemekatan lumpur lebih lanjut menjadi berbentuk cake;
4. *Drying*, penghilangan air lebih lanjut melalui pemanasan;
5. *Disposal* dan *reuse*, dimana lumpur pekat dibuang ke lokasi pembuangan permanen, atau dapat digunakan untuk reklamasi lahan, pertanian;
6. *Sludge drying*, dimanapada metode ini lumpur yang dihasilkan dari proses sedimentasi di jemur dalam bak penampung dengan menggunakan sinar matahari;
7. Limbah lumpur bisa digunakan sebagai bahan pembuatan batu-bata yang mudah dikerjakan, sehingga bahan kimia yang ada tidak terkontaminasi; dan
8. Pembuatan bahan campuran pupuk untuk keperluan tanaman, zat kimia yang terkandung dalam lumpur perlu diperlakukan kembali bila melebihi standar.

2.5 Parameter Pengujian

Parameter pendahuluan untuk analisis lumpur yaitu dengan menggunakan beberapa parameter uji sebagai berikut :

1. pH

Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. pH air dapat mempengaruhi jenis dan susunan zat dalam lingkungan perairan dan mempengaruhi tersedianya hara serta toksisitas dari unsur-unsur renik. Lumpur merupakan campuran antara tanah dan air yang didominasi oleh tanah, maka nilai pH pada lumpur didasari dengan nilai pH tanah. Nilai pH tanah menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H^+ di dalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Di dalam tanah selain H^+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+ . Pada tanah-tanah yang masam jumlah ion H^+ lebih tinggi daripada OH^- , sedangkan pada tanah alkalis kandungan OH^- lebih banyak daripada H^+ . Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- maka tanah bereaksi netral, yaitu mempunyai pH = 7.

2. Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur kimia yang dapat ditemukan pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologi dan semua badan air. Besi adalah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Secara umum Fe(II) terdapat dalam air tanah berkisar antara 1,0-10 mg/L, namun demikian tingkat kandungan besi sampai sebesar 50 mg/L dapat juga ditemukan dalam air tanah di tempat-tempat tertentu. Kandungan Fe di bumi sekitar 6.22 %, di tanah sekitar 0.5 – 4.3%, di sungai sekitar 0.7 mg/L. Pada air permukaan biasanya kandungan zat besi relatif rendah yakni jarang melebihi 1 mg/L. Sedangkan konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dan 0,01 mg/L sampai dengan +25 mg/L.

Besi (Fe) merupakan salah satu contoh unsur hara mikro esensial bagi tanaman karena walaupun diperlukan dalam jumlah relatif sedikit tetapi sangat besar

perannya dalam metabolisme di dalam tanaman. Fe dalam tanaman sekitar 80% yang terdapat dalam kloroplas atau sitoplasma. Penyerapan Fe lewat daun dianggap lebih cepat dibandingkan dengan penyerapan lewat akar, terutama pada tanaman yang mengalami defisiensi Fe. Kekurangan Fe juga akan mengakibatkan pengurangan aktivitas semua enzim (Eka Amalia, 2010).

3. Tembaga (Cu)

Tembaga adalah suatu unsur kimia di dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan bernomor atom 29. Cu digolongkan kedalam logam berat 9 essential, artinya meskipun Cu merupakan logam berat, unsur logam berat ini sangat dibutuhkan meski dalam jumlah sedikit.

Unsur Cu bersumber dari hasil pelapukan atau pelarutan mineral yang terkandung dalam bebatuan, tembaga juga berasal dari buangan bahan yang mengandung tembaga seperti dari industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, dan limbah domestik. Penambahan Cu ke dalam tanah melalui polusi dapat terjadi pada industri – industri tembaga, pembakaran batu bara, minyak bumi dan buangan di area pemukiman yang akhirnya dapat masuk ke dalam badan sungai. Cu tanah adalah Cu^{2+} yang terikat kuat oleh tanah yang terdiri dari kompleks liat dan humus atau senyawa – senyawa organik yang berasal dari reaksi perombakan bahan organik (Lahuddin, 2007).

4. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) Kadmium merupakan salah satu logam karena sifatnya yang beracun. Cd adalah bahan pencemar yang berbahaya setelah Hg dan Pb. Ketiga jenis logam ini tidak diperlukan oleh suatu organisme. Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya Cd terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (*Cadmium Oxide*), Klorin (*Cadmium Chloride*) atau belerang (*Cadmium Sulfide*). Kebanyakan Cd merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga kadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik.

Kadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida (CdCl_2), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat (CdCO_3). Pada air payau yang biasanya terdapat di muara sungai kedua senyawa tersebut jumlahnya seimbang.

Penambahan Cd pada tanah terjadi melalui penggunaan pupuk fosfat, pupuk kandang, dari buangan industri yang menggunakan bahan bakar batubara dan minyak dan buangan inkineratur (tanur) (Lahuddin, 2007).

5. Magnesium (Mg)

Magnesium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mg dan nomor atom 12. Ia berupa padatan abu-abu mengkilap yang memiliki kemiripan fisik dengan lima unsur lainnya pada kolom kedua (golongan 2, atau logam alkali tanah) tabel periodik: semua unsur golongan 2 memiliki konfigurasi elektron yang sama pada kelopak elektron terluar dan struktur kristal yang serupa.

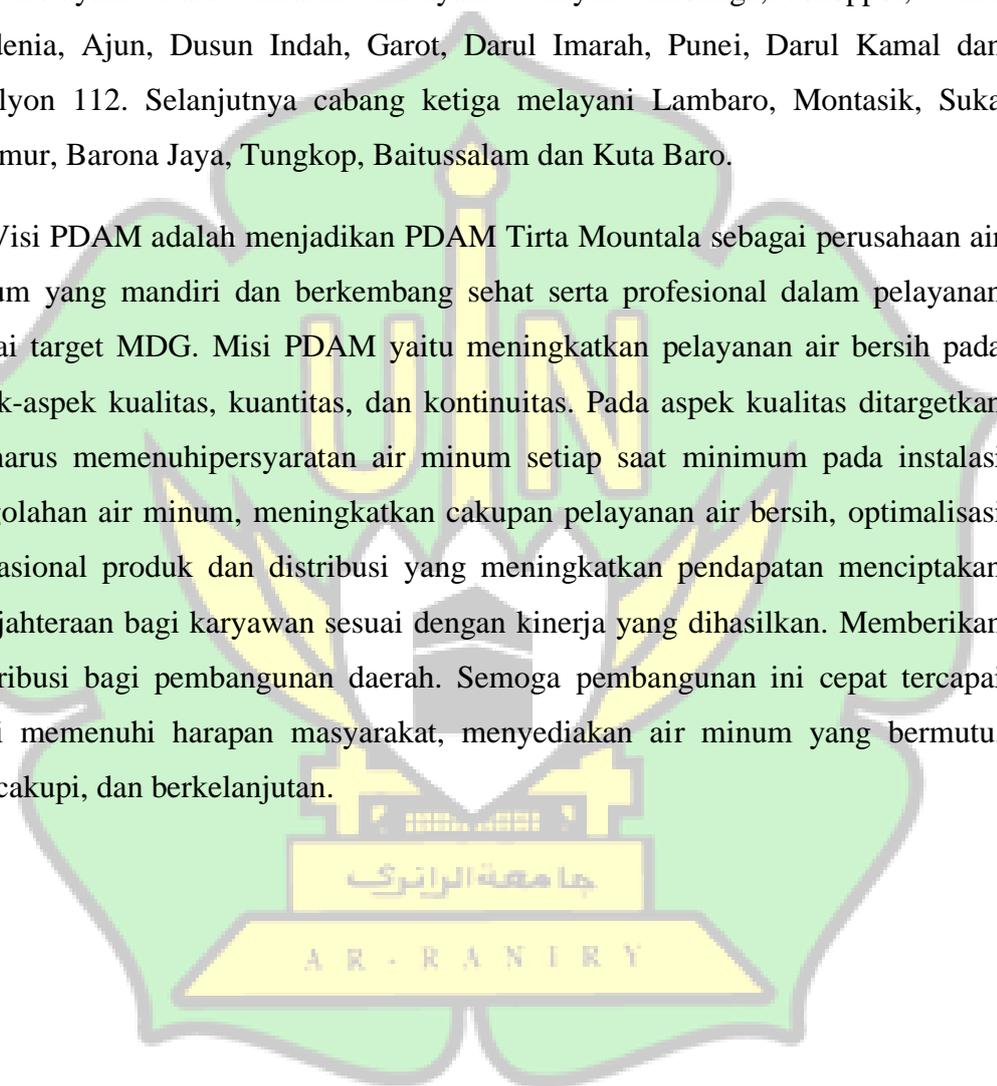
Magnesium adalah unsur kesembilan paling melimpah di alam semesta, biasanya banyak terakumulasi pada batuan beku Magnesium diproduksi dalam penuaan bintang besar dari penambahan sekuensial tiga inti helium ke inti karbon. Ketika bintang semacam itu meledak sebagai supernova, sebagian besar magnesium dimuntahkan ke medium antarbintang yang dapat didaur ulang ke dalam sistem bintang baru. Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling melimpah dalam kerak bumi dan unsur keempat yang paling umum di Bumi (setelah besi, oksigen dan silikon), membentuk 13% massa planet dan sebagian besar mantel planet ini. Magnesium adalah unsur paling melimpah ketiga yang terlarut dalam air laut, setelah natrium dan klor.

2.6 PDAM Tirta Mountala

Perusahaan Daerah Air minum (PDAM) Tirta Mountala Kabupaten Aceh Besar didirikan berdasarkan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 1993 Tanggal 29 Mei 1993 dan diundangkan dalam lembaran daerah kabupaten Aceh Besar Nomor 3 tahun 1993 Tanggal 10 Desember 1993 dengan nama Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Mountala. Perusahaan berkedudukan dan berkantor pusat di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh.

PDAM Tirta Mountala saat ini memiliki kapasitas produksi total 225 L/dt yang berasal dari sumur/unit produksi yaitu di Kota Jantho, Seulimum, Luthu, Siron, Mata Ie dan Gle Taron. PDAM Tirta Mountala terdiri dari 3 (tiga) cabang. Cabang pertama berada di Kota Jantho (Ibu Kota Kabupaten Aceh Besar), yang melayani Kota Jantho, Batalyon Kavaleri dan Seulimum. Kemudian cabang ke dua melayani Darul Imarah melayani wilayah Lhoknga, Puskoppol, Villa Gardenia, Ajun, Dusun Indah, Garot, Darul Imarah, Punei, Darul Kamal dan Batalyon 112. Selanjutnya cabang ketiga melayani Lambaro, Montasik, Suka Makmur, Barona Jaya, Tungkop, Baitussalam dan Kuta Baro.

Visi PDAM adalah menjadikan PDAM Tirta Mountala sebagai perusahaan air minum yang mandiri dan berkembang sehat serta profesional dalam pelayanan sesuai target MDG. Misi PDAM yaitu meningkatkan pelayanan air bersih pada aspek-aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Pada aspek kualitas ditargetkan air harus memenuhi persyaratan air minum setiap saat minimum pada instalasi pengolahan air minum, meningkatkan cakupan pelayanan air bersih, optimalisasi operasional produk dan distribusi yang meningkatkan pendapatan menciptakan kesejahteraan bagi karyawan sesuai dengan kinerja yang dihasilkan. Memberikan kontribusi bagi pembangunan daerah. Semoga pembangunan ini cepat tercapai demi memenuhi harapan masyarakat, menyediakan air minum yang bermutu, mencakupi, dan berkelanjutan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif, dengan melakukan pengambilan sampel lumpur pada tahap sedimentasi di PDAM Tirta Mountala kemudian dianalisis parameter kimianya yaitu pH, besi (Fe), tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Magnesium (Mg). Berdasarkan hasil analisis akan direkomendasikan pengolahan lumpur yang sesuai.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai sejak bulan Oktober 2018 sampai bulan Maret 2019. Dimulai dari penyusunan laporan sampai revisi dan pengambilan sampel bulan Maret-April. Pengambilan sampel di bak sedimentasi PDAM Tirta Mountala cabang Siron, kemudian sampel dianalisis di Laboratorium MIPA Kimia Unsyiah.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengambilan sampel dan uji Laboratorium. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait, yaitu PDAM Tirta Mountala.

Dalam penelitian ini, terdapat 2 (dua) sumber data penelitian yang terdiri atas:

a) **Data Primer**

Data primer merupakan data yang diambil berupa sampel limbah buangan berupa lumpur dari bak sedimentasi PDAM Tirta Mountala Aceh Besar.

b) **Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang didapat peneliti melalui pengkajian teori yang dilakukan dari berbagai sumber, yaitu jurnal, buku, artikel yang didapat

dari website yang mana erat kaitannya dengan topik permasalahan penelitian ini.

3.4 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ini dilakukan di tempat penampungan lumpur sedimen dengan menggunakan SNI 6989.59:2008 di PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. Untuk pengambilan sampel dilakukan dalam waktu 3 minggu, setiap minggunya dilakukan pengambilan sampel 1 kali pada hari Jumat dengan menggunakan SNI dan peralatan pengambilan sampel.

3.5. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah lumpur PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA Shimadzu AA-6300), gelas piala, gelas ukur, neraca analitik, labu didih, labu ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, oven, piringan aluminium, eksikator, pH meter, dan pipet ukur.

3.6 Parameter Uji Lumpur

3.6.1 Pengukuran pH

Metode yang digunakan pada pengukuran pH adalah metode dengan menggunakan menggunakan SNI 06-6989-11-2014. pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi Setelah dikalibrasi, elektroda dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml yang berisi sampel. Nilai pH akan muncul pada alat dan dicatat hasilnya.

3.6.2 Penetapan Kadar Air

Ditimbang 50 gr sampel lumpur dalam piringan aluminium yang telah diketahui bobotnya. Dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C selama 3 jam (Shelvi, 2012). Piringannya diangkat dengan penjepit dan dimasukkan ke dalam eksikator. Setelah sampelnya dingin kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik. Selanjutnya sampelnya dipanaskan lagi dan didinginkan serta ditimbang sampai bobotnya statis.

Menurut Shelvi (2012) tentang persamaan mencari Kadar Air (KA), ditunjukkan pada rumus dibawah ini.

$$KA \% = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Dimana :
A = Bobot piringan aluminium kosong
B = Bobot piringan aluminium + sampel sebelum dioven
C = Bobot piringan aluminium + sampel setelah dioven

3.6.3 Preparasi Sampel

Preparasi sampel dengan cara pengabuan:

1. Sebanyak 5 gr sampel ditimbang kedalam cawan porselen, lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama semalam.
2. Kemudian sampe dimasukkan kedalam gelas kimia, lalu dipanaskan diatas piringan pemanas sambil ditambahkan 2 tetes HNO tambah aquades sampai 100 ml.
3. Diuapkan sampai larutan tinggal 50 ml
4. Kemudian larutan ditambahkan aquades samapai volume 100 ml, lalu larutan disaring menggunakan alat penyaring manual diberi media kapas atau penyaring tipis.

3.6.4 Analisis Secara SSA

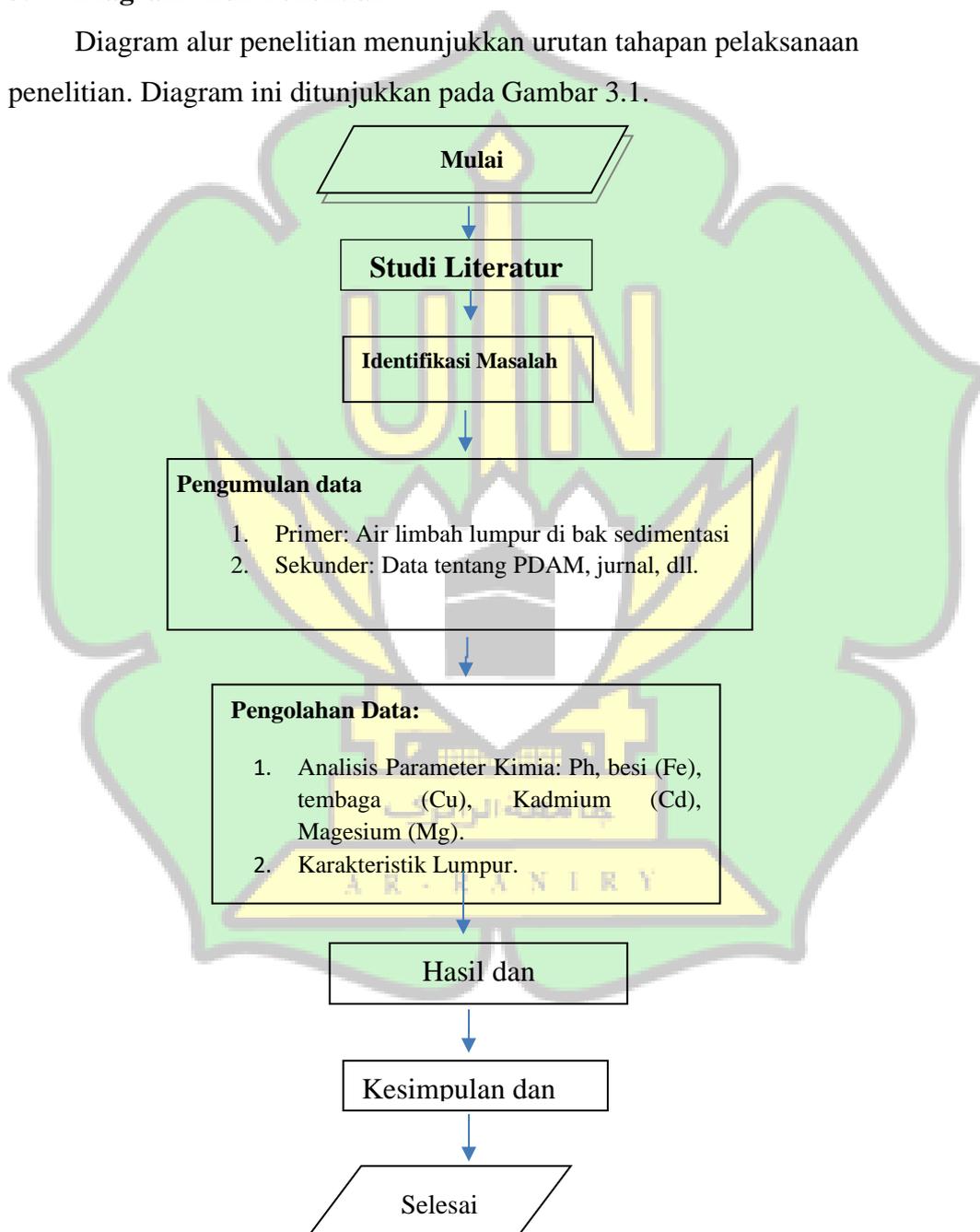
Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri ialah Spektrometri Serapan Atom (SSA), dimana merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan beban.

3.6.5 Pengukuran Konsentrasi Fe, Mg, Cu, dan Cd Menggunakan SSA

Mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat kemudian mengukur masing-masing parameter pengujian. Dan sampel dimasukkan ke dalam AAS dengan menggunakan pipet. Nilai absorbansinya akan terlihat.

3.7 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian menunjukkan urutan tahapan pelaksanaan penelitian. Diagram ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Lumpur PDAM Tirta Mountala

Pengambilan sampel lumpur dilakukan selama 3 (tiga) minggu, yaitu tanggal 9 Februari sampai 1 Maret 2019 pada hari jumat jam kerja. Setiap minggu sampel lumpur diambil di 2 titik bak penampung WTP. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan karyawan PDAM Tirta Mountala cabang Siron, diketahui bahwa lumpur yang dihasilkan dari bak sedimentasi langsung dibuang ke tempat pembuangan yang akan mengalir ke sungai tanpa terjadinya pengolahan. Untuk air baku, PDAM Tirta Mountala Cabang Siron mengambil sumber air di Krueng Aceh.

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di bak penampung 1 dan bak penampung 2 pada proses sedimentasi, lumpur akan dibuang setiap minggu tergantung pada bak penampung, apabila penuh akan dibuang langsung. Proses pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.1.



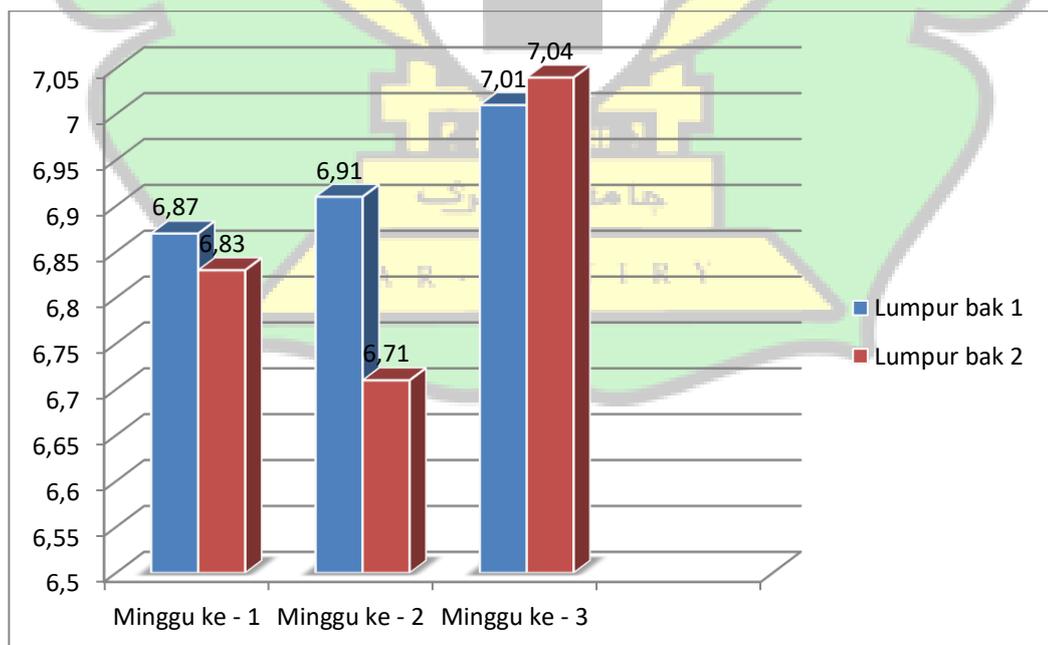
Gambar 4.1 Tahapan pengambilan sampel lumpur.

4.1.1 Hasil Pengukuran pH

Berdasarkan pengukuran pH yang dilakukan di FMIPA Unsyiah dengan menggunakan pH meter hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2. Dari hasil analisa pH dapat diketahui bahwa pH yang terdapat di bak penampung 1 dan bak 2 adalah standar atau netral sesuai baku mutu air minum. Dari tabel atau gambar, dapat diketahui bahwa pH yang paling rendah terjadi di bak 2 pada minggu kedua dan yang paling tinggi di minggu ketiga.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pH meter.

| NO. | Ph | Hasil Analisis Sampel | | Metode analisis |
|-----|-------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | | Bak penampung lumpur 1 | Bak penampung lumpur 2 | |
| 1. | Minggu ke 1 | 6.87 | 6.83 | pH meter |
| 2. | Minggu ke 2 | 6.91 | 6.71 | |
| 3. | Minggu ke 3 | 7.01 | 7.04 | |



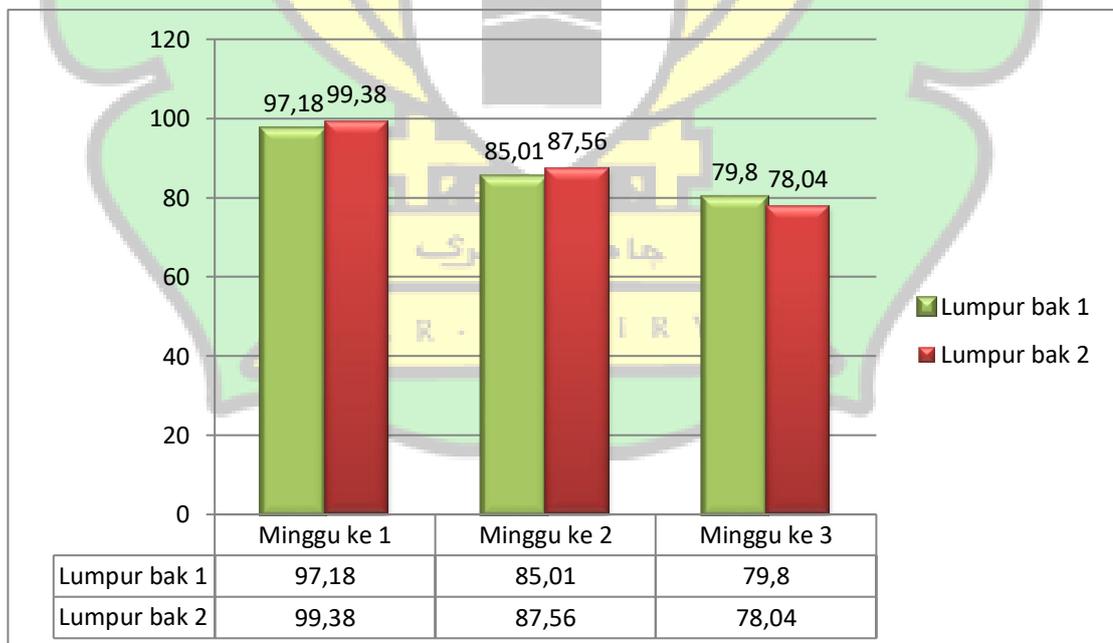
Gambar 4.2 Grafik pengukuran pH meter di bak penampung WTP.

4.1.2 Hasil Penetapan Kadar Air

Hasil analisis kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2. Pengamatan kadar air yang paling banyak terdapat di bak penampung 2 pada minggu pertama sedangkan kadar air yang paling sedikit di bak penampung 2 minggu ketiga. Pengaruh yang terjadi pada setiap bak untuk penetapan kadar air karena terjadinya perbedaan dalam pengolahan air dalam bentuk koagulan atau bentuk bak penampung yang berbeda.

Tabel 4.2 Tabel Penetapan Kadar Air.

| NO. | Kadar Air | Unit | Hasil Analisis Sampel | | Metode analisis |
|-----|-------------|------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | Bak penampung lumpur 1 | Bak penampung lumpur 2 | |
| | | | 1. | Minggu ke 1 | |
| 2. | Minggu ke 2 | % | 85,01 | 87,56 | |
| 3. | Minggu ke 3 | % | 79,80 | 78,04 | |



Gambar 4.2. Grafik Penetapan Kadar Air.

4.1.3. Hasil Analisis Karakteristik Lumpur berdasarkan Parameter Kimia

4.1.3.1. Kandungan Cadmium

Logam kadmium adalah logam kimia yang dalam sistem periodik memiliki nomor atom 48 dan berat atom 112,41 g/mol serta memiliki titik lebur 321 °C. Logam kadmium dan bentuk garamnya banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik untuk proses produksinya. Logam kadmium juga tersebar secara luas sebagai limbah dari pertanian karena banyak digunakan pengolahan endapan kotor untuk menghasilkan pupuk (Lahuddin, 2007).

Logam kadmium membawa sifat racun yang sangat merugikan bagi organisme hidup, bahkan juga merupakan senyawa racun bagi manusia. Keracunan yang disebabkan oleh logam kadmium dapat bersifat akut dan keracunan kronis (Elanda, 2014). Hasil yang didapatkan setelah analisa menggunakan AAS dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil analisa Kadmium dengan menggunakan AAS.

| NO. | Kadmium (Cd) | Unit | Hasil Analisa Sampel | | Metode Analisa |
|-----|--------------|------|------------------------|------------------------|----------------|
| | | | Bak Penampung lumpur 1 | Bak penampung lumpur 2 | |
| 1. | Minggu ke 1 | mg/L | <0,0004 | <0,0004 | AAS |
| 2. | Minggu ke 2 | mg/L | <0,0005 | - | |
| 3. | Minggu ke 3 | mg/L | <0,0004 | <0,0003 | |

Dari hasil pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa hasil analisis menggunakan AAS pada minggu pertama di bak penampung1 dan bak penampung2 nilainya <0,0004 mg/L, artinya dapat diketahui bahwa kandungan logam rendah. Pada minggu kedua di bak 1 dan bak 2 logam yang didapatkan <0,0005 mg/L sedangkan bak 2 tidak diperoleh hasilnya karena tidak terdeteksi oleh AAS. Pada bak 2 minggu kedua tidak terdeteksi oleh AAS karena kandungan Cd sangat kurang. Pada minggu ketiga hasil yang didapatkan pada bak 1 <0,0004 mg/L dan untuk bak 2 <0,0003 mg/L. Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa kandungan Cd dalam lumpur sangat rendah. Bila dibandingkan dengan baku mutu

air limbah, kandungan Cd bila $<0,005$ mg/L maka tergolong kepada tipe I dan bila kandungan Cd $< 0,1$ mg/L maka tergolong tipe II. Nilai dari baku mutu tersebut sangat kecil. Hal ini bisa disimpulkan bahwa kandungan Cd pada sampel lumpur tidak mencemari lingkungan. Menurut Lahuddin (2007) masuknya Cd pada perairan kemungkinan akibat penggunaan pestisida, dan pupuk fosfat pada pertanian yang terbawa oleh aliran sungai yang digunakan sebagai air baku untuk proses pengolahan air.

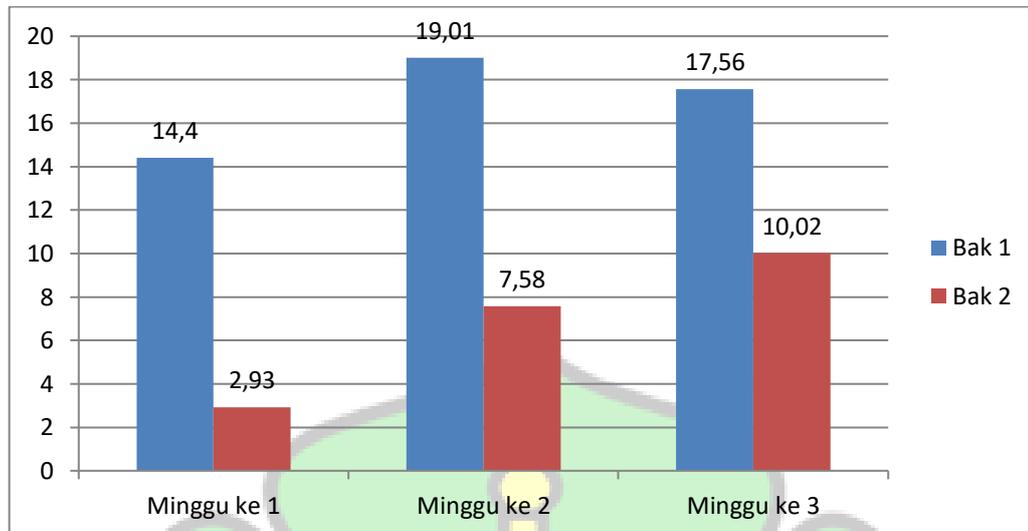
4.1.3.2. Magnesium

Magnesium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 12. Unsur Mg merupakan komponen klorofil dan kofaktor untuk tanaman. Kandungan Mg banyak dihasilkan dari tanah dan tanaman, juga dari proses dekomposisi limbah domestik berupa sisa metabolisme sayuran dan tanaman yang terurai oleh air permukaan. Magnesium murni tidak didapatkan di alam, namun terkandung sebagai senyawa dalam mineral (Elanda, 2014). Hasil analisis magnesium dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.4 Hasil analisa Magnesium dengan menggunakan AAS.

| NO. | Magnesium | Unit | Hasil Analisis Sampel | | Metode analisis |
|-----|-------------|------|-----------------------|---------------|-----------------|
| | | | Bak penampung | Bak penampung | |
| | | | lumpur 1 | lumpur 2 | |
| 1. | Minggu ke 1 | mg/L | 14,4 | 2,93 | AAS |
| 2. | Minggu ke 2 | mg/L | 19,01 | 7,58 | |
| 3. | Minggu ke 3 | mg/L | 17.56 | 10.02 | |

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.3 dapat dilihat perbedaan kandungan Mg di bak 1 dan bak 2 setiap minggunya. Penyebab terjadinya perbandingan kandungan Mg di bak 1 maupun bak 2 karena pengaruh sumber air dan proses penambahan bahan koagulan yang terjadi setiap minggu. Untuk parameter Magnesium dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Magnesium.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi yang paling tinggi, yaitu konsentrasi yang berada di bak penampung 1 yang berada di minggu pertama sebesar 19,01 mg/L, dan diikuti oleh minggu ketiga sebesar 17,56 mg/L. Pada bak penampung 1 dan bak penampung 2 terjadi perbedaan yang jauh disebabkan oleh bak pengolahan yang berbeda. Menurut M. Yazid (2003), banyaknya kandungan Mg kemungkinan berasal dari tanah, tanaman, dan juga dari proses dekomposisi limbah domestik berupa sisa sayuran dan tanaman yang terurai oleh air permukaan. Kandungan Mg banyak dihasilkan dari tanah dan tanaman, juga dari proses dekomposisi limbah domestik berupa sisa sayuran yang terurai oleh air baku selama perjalanan di sepanjang sungai. Unsur Mg merupakan unsur hara sedang (sekunder), yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedang, peranan Mg adalah sebagai komponen klorofil dan kofaktor dalam tanaman (Murbandono, 2001).

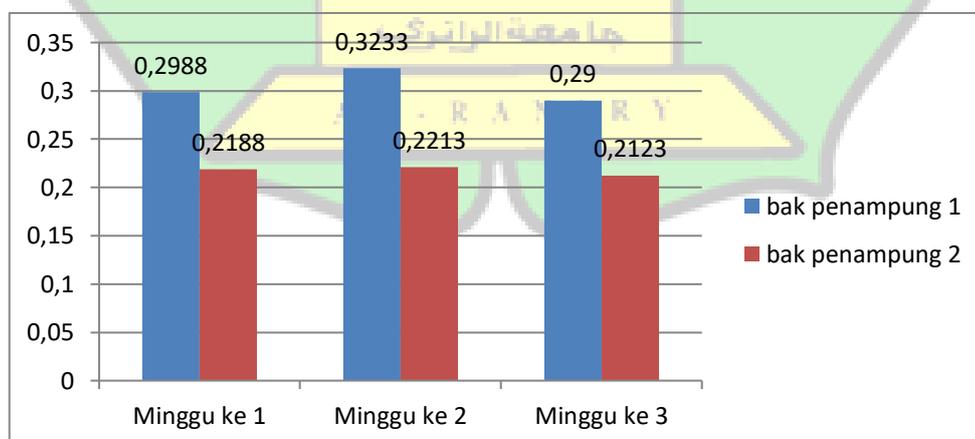
4.1.3.3. Tembaga (Cu)

Hasil analisis kadar Cu dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.5 Hasil analisa Tembaga (Cu) dengan menggunakan AAS.

| NO. | Tembaga (Cu) | Unit | Hasil Analisis Sampel | | Metode analisis |
|-----|--------------|------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | Bak penampung lumpur 1 | Bak penampung lumpur 2 | |
| 1. | Minggu ke 1 | mg/L | 0,2988 | 0,2188 | AAS |
| 2. | Minggu ke 2 | mg/L | 0,3233 | 0,2213 | |
| 3. | Minggu ke 3 | mg/L | 0,2900 | 0,2123 | |

Dari tabel tersebut kadar Cu yang terdapat di bak penampung 1 dan bak penampung 2 tidak jauh beda sehingga perbedaan setiap minggunya tidak mencapai 1 mg/L. Cu bersumber dari hasil pelapukan atau pelarutan mineral yang terkandung dalam bebatuan, tembaga juga berasal dari buangan bahan yang mengandung tembaga seperti industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, dan limbah domestik. Cu merupakan unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman sangat sedikit (Shelvi, 2012).



Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Tembaga di PDAM Tirta Mountala Cabang Siron

4.1.3.4 Besi (Fe)

Hasil analisis kadar Fe dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tabel hasil analisa Fe dengan menggunakan AAS.

| NO. | Besi (Fe) | Unit | Hasil Analisis Sampel | | Metode analisis |
|-----|-------------|------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | Bak penampung lumpur 1 | Bak penampung lumpur 2 | |
| 1. | Minggu ke 1 | mg/L | 156,944 | 42,568 | AAS |
| 2. | Minggu ke 2 | mg/L | 121,897 | 73,532 | |
| 3. | Minggu ke 3 | mg/L | 85,343 | 52,233 | |

Dari Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa kadar Fe di bak penampung 1 dan bak penampung 2 berbeda, lebih tinggi di bak penampung 1 untuk setiap sampel perminggu. Menurut Wahyu (2008) Sumber Fe dalam air permukaan berasal dari tanah dan pelarutan dari mineral-mineral antara lain: mineral hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4). unsur besi dibutuhkan dalam jumlah sedikit dan sangat dibutuhkan tanaman dalam pembentukan klorofil, berperan pada proses-proses fisiologis tanaman seperti proses pernapasan, selain itu besi berfungsi sebagai aktivator dalam proses biokimia didalam tanaman, dan pembentuk beberapa enzim.

4.2. Rekomendasi Pengolahan Lumpur

Pada proses pengolahan air minum pada suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) selain menghasilkan air bersih juga menghasilkan limbah lumpur yang umumnya dibuang ke badan air. Hal ini dapat menyebabkan akumulasi konsentrasi aluminium dalam air, organisme air dan tubuh manusia yang kemudian dapat menyebabkan berbagai penyakit.

Menurut Hardiani (2009) berdasarkan hasil yang telah diuji, limbah lumpur mengandung senyawa organik dan anorganik seperti CaCO_3 maupun CaO . Proses pengolahan air minum oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang konvensional seperti PDAM Tirta Mountala memang menghasilkan air bersih, namun dari pengolahan tersebut akan menghasilkan limbah berupa lumpur. Lumpur tersebut berasal dari proses koagulasi dan flokulasi yang menggunakan aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebagai bahan koagulan.

Beberapa metode yang sudah digunakan dalam pengelolaan dan pengolahan limbah lumpur pengolahan air, seperti; *sewage pipelines system*, *mud containing system*, *land application*, dan *landfilling* telah banyak dilakukan, namun semua teknik tersebut tidak mengubah komposisi atau unsur kimia dalam lumpur dan tetap menjadi ancaman bagi lingkungan (Sandyanto, 2013).

Limbah lumpur PDAM terbentuk karena endapan partikel koloid yang dipaksa untuk mengendap lebih cepat menggunakan bahan kimia aluminium. Kandungan logam berat sangat tinggi bila penggunaan terus menerus. Lumpur yang terlalu tinggi jika dibiarkan masuk ke badan perairan akan menyebabkan pencemaran. Dalam pengelolaan dan pengolahan diperlukan cara yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan limbah lumpur PDAM (Andy, 2015).

Menurut Andy Mizwar (2015), metode yang dilakukan dalam proses pembuatan batu-bata, yaitu; pengeringan, mencetak, dan pembakaran. Hal tersebut telah membuktikan bahwa limbah lumpur pengolahan air, khususnya limbah lumpur PDAM dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan batu bata. Proporsi lumpur dalam campuran dan suhu pembakaran merupakan faktor utama yang mempengaruhi kualitas dari batu bata yang dihasilkan. Proporsi lumpur optimum yang direkomendasikan adalah 5% - 10%. Untuk memperoleh batu bata dengan kualitas yang lebih baik, perlu dikaji lebih lanjut tentang cara pengurangan kadar air dalam lumpur yang lebih optimal.

Gambar 4.5 menunjukkan proses pembuatan batu-bata dari limbah lumpur dengan cara pengeringan menggunakan sinar matahari. Penggunaan sinar matahari dinilai sangat efektif dan hemat biaya.



Gambar 4.5. Proses pembuatan batu-bata dari limbah lumpur (Suparto, 2018)

Lumpur yang dihasilkan dari poses sedimentasi diolah lebih lanjut untuk mengurangi sebanyak mungkin air yang masih terkandung di dalamnya. Proses pengolahan lumpur yang bertujuan mengurangi kadar air tersebut sering disebut dengan pengeringan lumpur. Ada empat proses pengurangan kadar air, yaitu secara alamiah, dengan tekanan (pengepresan), dengan cara setrifugal, dan dengan pemanasan. Pengeringan secara alamiah dilakukan dengan mengalirkan atau memompa lumpur endapan ke sebuah kolam pengering yang mempunyai luas permukaan yang besar dengan kedalaman sekitar 1 atau 2 meter. Proses alamiah dilakukan dengan alamiah, yaitu dengan menggunakan sinar matahari dan angin yang bergerak di atas kolam pengering lumpur tersebut. Bila lumpur mengandung bahan yang berbahaya (misalnya logam berat yang berbahaya dan beracun lainnya), maka kolam pengeringan harus terbuat dari beton dan bagian bawahnya harus mempunyai saluran rembesan larutan yang kemudian harus diolah kembali (Nusa, 2002).

Proses pengolahan lumpur yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan bak penampung limbah lumpur dengan panjang 4 m dan Lebar 2, yang memiliki kedalaman 1,5- 2 meter, untuk bak penampung 5 unit tergantung banyaknya lumpur yang dihasilkan. Pada saat musim hujan lumpur yang dihasilkan lebih banyak dari pada musim kemarau.
2. Proses pengeringan, untuk proses ini menggunakan panas sinar matahari yang lebih efektif dan murah. Setiap bak penampung memiliki pipa untuk

mengalirkan air setelah pengendapan lumpur, yang kemudian dikeringkan dengan panas sinar matahari.

3. Proses cetak batu-bata, untuk proses ini biasanya dilakukan dengan proses biasa, seperti pembuatan cetak dan proses pembakaran batu-bata.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

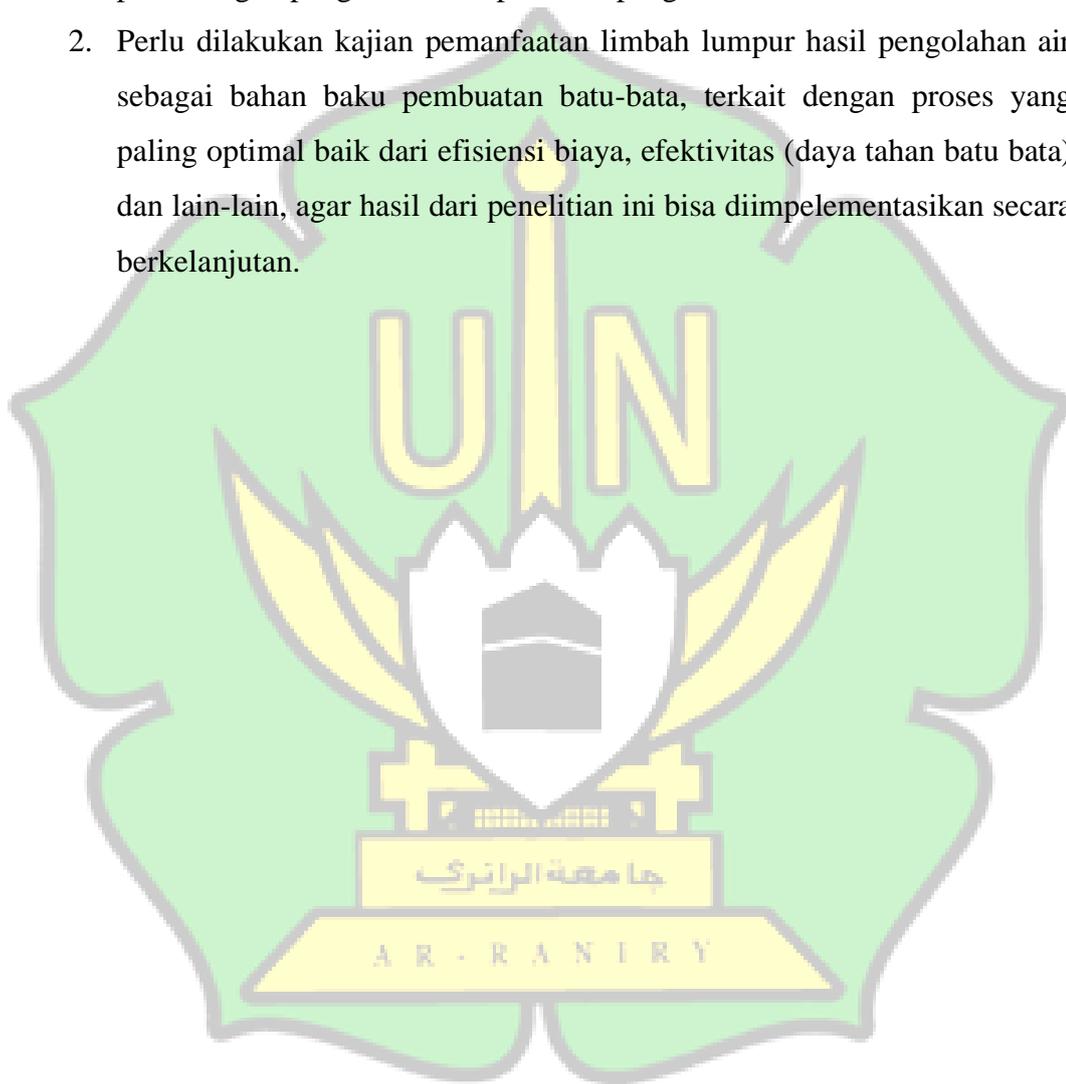
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik lumpur PDAM Tirta Mountala cabang Siron mengandung logam berat. Walaupun baku mutu limbah lumpur tidak ditetapkan di Indonesia, tetapi mengingat logam berat adalah pencemar berbahaya dan bila terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup bisa berakibat fatal, maka direkomendasikan pengolahan lumpur tersebut agar tidak dibuang langsung ke badan air. Rekomendasi pengolahannya adalah sebagai bahan pembuat batu bata.
2. Karakteristik lumpur di PDAM Tirta Mountala dapat diketahui bahwa parameter pH lumpur rata-rata 6-7 di bak penampung 1 dan bak penampung 2 untuk setiap minggunya. Kandungan unsur logam Cd di bak penampung 1 dan bak penampung 2, kandungan Cd rendah <0,0004 mg/L, untuk minggu kedua kandungan Cd tidak terdeteksi. Kadar Mg yang tinggi di bak penampung 1 19,01 mg/L minggu kedua dan yang rendah sebesar 2,93 mg/L di bak penampung 2 (minggu pertama). Kandungan Cu yang tinggi di bak penampung 1 sebesar 0,3233 mg/L (minggu kedua) dan kandungan Cu yang rendah di bak penampung 2 minggu pertama sebesar 0,2188 mg/L. Kandungan Fe yang tinggi terjadi di bak penampung 1 minggu pertama sebesar 156,944 mg/L dan kandungan Fe yang rendah di bak penampung 2 minggu kedua sebesar 42,568 mg/L.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengkajian oleh pihak yang berwenang agar menghasilkan standarisasi kadar pencemar logam berat di dalam lumpur olahan PDAM. Sehingga, standar baku mutu ini bisa dijadikan acuan bagi pemerintah (seperti DLHK3 dan pihak PDAM) untuk memutuskan pembuangan/pengolahan lumpur hasil pengolahan air.
2. Perlu dilakukan kajian pemanfaatan limbah lumpur hasil pengolahan air sebagai bahan baku pembuatan batu-bata, terkait dengan proses yang paling optimal baik dari efisiensi biaya, efektivitas (daya tahan batu bata) dan lain-lain, agar hasil dari penelitian ini bisa diimplementasikan secara berkelanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

- Azikir, L. (2001). Membuat Kompos, Edisi Revisi. *Penebar Swadaya, Jakarta*.
- Alfandi, R (2007). Kimia Lingkungan. *Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat-DIKTI, Bogor*.
- Sutandi, A. (2006). *Penuntun praktikum analisis tanah. Departmen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB. Bogor*.
- Balitnak (2010). *Prosedur Standar Operasional Analisis. Ciawi, Bogor*.
- Beni, M (2003). Studi kualitas air baku, air limbah dan badan air penerima limbah diinstalasi pengolahan air pejompongan 1 dan 2 Jakarta selama periode 2002-2004[skripsi]. *Jurusan Manajemen Sumber daya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor*.
- Dedi, L. (2015). *Kimia Anorganik. Jakarta : Rineka Cipta*
- Wulandari, E. A., & Sukei, S. (2013). *Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumpit Laut Merah (Eucheuma cottonii). Jurnal Sains dan Seni ITS, 2(2), C15-C17.*
- Muhammad, Y. F. (2010). *Unsur Hara Makro dan Mikro. Jakarta*
- Mukhlis, F. (2003). Pergerakan Unsur Hara Nitrogen dalam Tanah. *Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. USU digital library (in Indonesian).*

Perusahaan Daerah Air Minum (2012). Informasi Penggunaan Air Bersih. *Bogor Peraturan Pemerintah No. 02/Pert/HK.060/2/2006.Pupuk Organik dan Pembenh Tanah.*

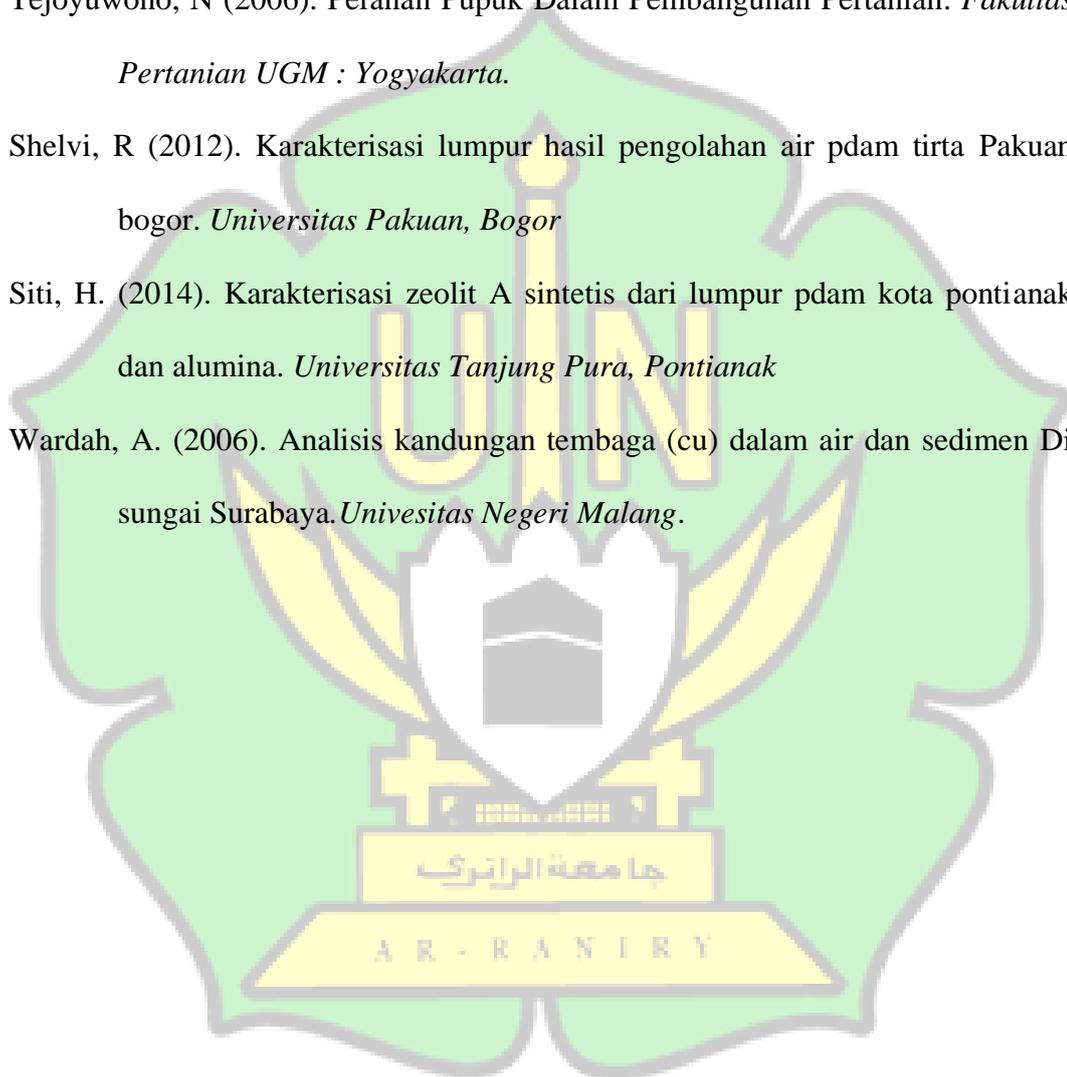
Joni, F (2001). Ilmu Kesuburan Tanah. *Kanisius. Yogyakarta.*

Tejoyuwono, N (2006). Peranan Pupuk Dalam Pembangunan Pertanian. *Fakultas Pertanian UGM : Yogyakarta.*

Shelvi, R (2012). Karakterisasi lumpur hasil pengolahan air pdam tirta Pakuan bogor. *Universitas Pakuan, Bogor*

Siti, H. (2014). Karakterisasi zeolit A sintetis dari lumpur pdam kota pontianak dan alumina. *Universitas Tanjung Pura, Pontianak*

Wardah, A. (2006). Analisis kandungan tembaga (cu) dalam air dan sedimen Di sungai Surabaya. *Univesitas Negeri Malang.*



LAMPIRAN A
DOKUMENTASI TUGAS AKHIR

A.1 WTP PDAM Tirta Mountala cabang Siron



A.2 Pengambilan sampel lumpur



A.3 Spektrofotometri (Shimizu AA-6300)



A.4 Preparasi sampel



A.5 Pengujian Parameter pH



A.6 Pengujian Paramater Cd, Mg,Cu, dan Fe



LAMPIRAN B

Persentase Kadar Air

B.1 Minggu Pertama

- Bak penampung 1

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50-1,3589}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{48,6411}{50} \times 100\% \\ &= 0,9728 \times 100\% \\ &= 97\% \end{aligned}$$

- Bak penampung 2

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50,35-0,3074}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{50,04561}{50,35} \times 100\% \\ &= 0,9938 \times 100\% \\ &= 99,38\% \end{aligned}$$

B.2 Minggu Kedua

- Bak penampung 1

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50-7,495}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{42,505}{50} \times 100\% \\ &= 0,8501 \times 100\% \\ &= 85,01\% \end{aligned}$$

- **Bak penampung 2**

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50-6,22}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{43,78}{50} \times 100\% \\ &= 0,875 \times 100\% \\ &= 87,56 \% \end{aligned}$$

B.3 Minggu Ketiga

- **Bak penampung 1**

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50-10,1}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{39,9}{50} \times 100\% \\ &= 0,798 \times 100\% \\ &= 79,8 \% \end{aligned}$$

- **Bak penampung 2**

$$\begin{aligned} \text{KA \%} &= \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \\ &= \frac{50-10,98}{50-0} \times 100\% \\ &= \frac{39,02}{50} \times 100\% \\ &= 0,7804 \times 100\% \\ &= 78,04 \% \end{aligned}$$