

**PENURUNAN KADAR ALUMINIUM (Al) PADA SEDIMEN
PDAM DENGAN METODE FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN TUMBUHAN PURING GLADIATOR
(*Codiaeum variegatum L*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

ILHAMULLAH

NIM. 140702025

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2019 M / 1440 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENURUNAN KADAR ALUMINIUM (Al) PADA SEDIMEN PDAM
DENGAN METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TUMBUHAN
PURING GLADIATOR (*Codiaeum variegatum L*)**



ILHAMULLAH
NIM. 140702025

Disahkan pada tanggal 21 Juni 2019

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc
NIDN. 2024108402

Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc
NIDN. 2009118301

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ilhamullah
NIM : 140702025
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Tahun Akademik : 2018/2019

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

**“PENURUNAN KADAR ALUMINIUM (Al) PADA SEDIMEN PDAM
DENGAN METODE FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TUMBUHAN
PURING GLADIATOR (*Codiaeum variegatum L*)”**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Banda Aceh, 21 Juni 2019

Yang Menyatakan,



ILHAMULLAH

ABSTRAK

Sedimen merupakan campuran cair atau semi cair antara tanah dan air di mana sedimen terjadi saat tanah basah. Secara geologis, sedimen adalah campuran partikel dan air endapan sedimen dengan tanah liat. 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). Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kadar aluminium dalam sedimen PDAM, untuk mengetahui seberapa efektif penyerapan aluminium (Al) oleh tanaman puring gladiator (*Codiaeum variegatum* L.) dan untuk mengetahui pengaruh kadar aluminium (Al) terhadap pertumbuhan tanaman puring gladiator (*Codiaeum variegatum* L.). Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini mengacu pada SNI 19-0428-1998. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam aluminium sebelum fitoremediasi di bak sedimentasi sebesar (18,344 mg/kg), bak clarifier sebesar (14,027 mg/kg), dan bak filtrasi sebesar (11,636 mg/kg). Ditinjau dari parameter pH bahwa pH aluminium (Al) berada dibawah baku mutu yang ditentukan oleh *environmental protection agency office of solid waste and emergency response*. Berdasarkan status mutu tanah, sedimen PDAM dikategorikan sebagai aluminium yang dapat menyebabkan toksik. Kemudian setelah proses fitoremediasi selama ± 60 hari, kandungan logam aluminium di bak sedimentasi sebesar 3,96 mg/kg, bak clarifier sebesar 5,31 mg/kg, dan bak filtrasi sebesar 7,19 mg/kg dengan efektivitas masing-masing dari bak sedimentasi sebesar 74,4 %, bak clarifier sebesar 62,1 %, dan bak filtrasi sebesar 38,2 %.

Kata Kunci: Sedimen, tawas, aluminium, fitoremediasi, tanaman puring

ABSTRACT

Sediment is a liquid or semi-liquid mixture between soil and water where the sediment occurs when the soil is wet. Geologically, sediments are a mixture of particles and sedimentary water with clay. The amount of sediment can be known based on the amount of use of chemicals for the process of flocculation, turbidity (turbidity), and the amount of raw water. the sediment produced from the water treatment process in the PDAM can be approved as a polluter if it is directly transferred to the water caused by excessive chemical use, namely Alum (Aluminum Sulfate). The purpose of this study was to determine how much aluminum in PDAM sediments, to find out how effective aluminum (Al) by croton gladiator plants (*Codiaeum variegatum L*) and to determine the relationship of aluminum levels (Al) to the growth of gladiator croton (*Codiaeum variegatum L*). The sampling method in this study was SNI 19-0428-1998. The results showed that aluminum metal before phytoremediation in sedimentation tanks was (18,344 mg / kg), tubs were as big as (14,027 mg / kg), and filtration tanks were (11,636 mg / kg). Judging from the pH parameters as aluminum (Al), it is placed below the quality standard determined by the office of the Solid Waste and Emergency Response Environmental Protection Agency. Based on the status of soil quality, PDAM sediments are categorized as Aluminum which can cause toxic. Then after the phytoremediation process for \pm 60 days, the aluminum metal content in the sedimentation tank was (3.96 mg / kg), the tub clarified by (5.31 mg / kg), and the filtration bath was (7.19 mg / kg) with each of each sedimentation tank is (74.4%), the body is as big as (62.1%), and the filtration tank is (38.2%).

Keywords: Sediment, Alum, Aluminum, Phytoremediation, Croton Plant

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbi ‘alamin, Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, nikmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa pula shalawat dan salam kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, karena beliau telah membawa kita ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Dengan judul tugas akhir yaitu: **“Penurunan Kadar Aluminium (Al) Pada Lumpur PDAM Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Puring Gladiator (*Codiaeum variegatum L*)”**.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak saya tidak akan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada Ibu Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc selaku Pembimbing I dan Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberi bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Selain itu dengan kerendahan hati, saya juga ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penulisan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Ibunda tercinta (Nurkhairah), yang tiada henti memanjatkan doa demi keberhasilanku, merawat, mendidik, membesarkan, memotivasi, memenuhi kebutuhan saya dengan penuh cinta dan kasih sayang. Kepada Ayah tercinta (Ansari) yang telah berjuang dengan gigih membesarkan, merawat, mendidik dan membimbing saya dengan penuh kesabaran dan kasih sayang.

2. Kedua kakak dan abang saya, Rini Anita, Rina Sari dan Safriadi yang telah memberikan support dan terus memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Eriawati, S.Pd.I.,M.Pd selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Yeggi Darnas, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri, Ar- Raniry Banda Aceh.
5. Bu Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing ITugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Bu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
7. Seluruh dosen-dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memotivasi dan mengajari penulis tentang hebatnya ilmu teknik lingkungan.
8. Bapak Drs. Yusri M.Daud, M.Pd dan Ibu Zuraidah, M.Si, yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Terima kasih saya ucapkan kepada Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND) Banda Aceh yang telah membantu pada penelitian.
10. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
11. Terima kasih kepada sahabat-sahabat seperjuangan mengerjakan skripsi dan membantu saya dalam proses pengumpulan data (Teuku Ryven Trias Kembara S.T,Teuku R. Raihan Akbar S.T, M. Akbar Ardiansyah Hasibuan S.T, Cut Julianti, Geubrina Rizki)sahabat-sahabat yang telah memberikan

support dan bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir ini (Alpin Pryatama, M. Arif Nikho, Ulfa Riana, Putri Indah Riami, dan Tursina).

12. Kepada seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Lingkungan 2014 dan semua pihak yang telah membantu dalam proses menyelesaikan proposal 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 proposal 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 Banda Aceh. Penulismenyadaribahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan skripsi ini.

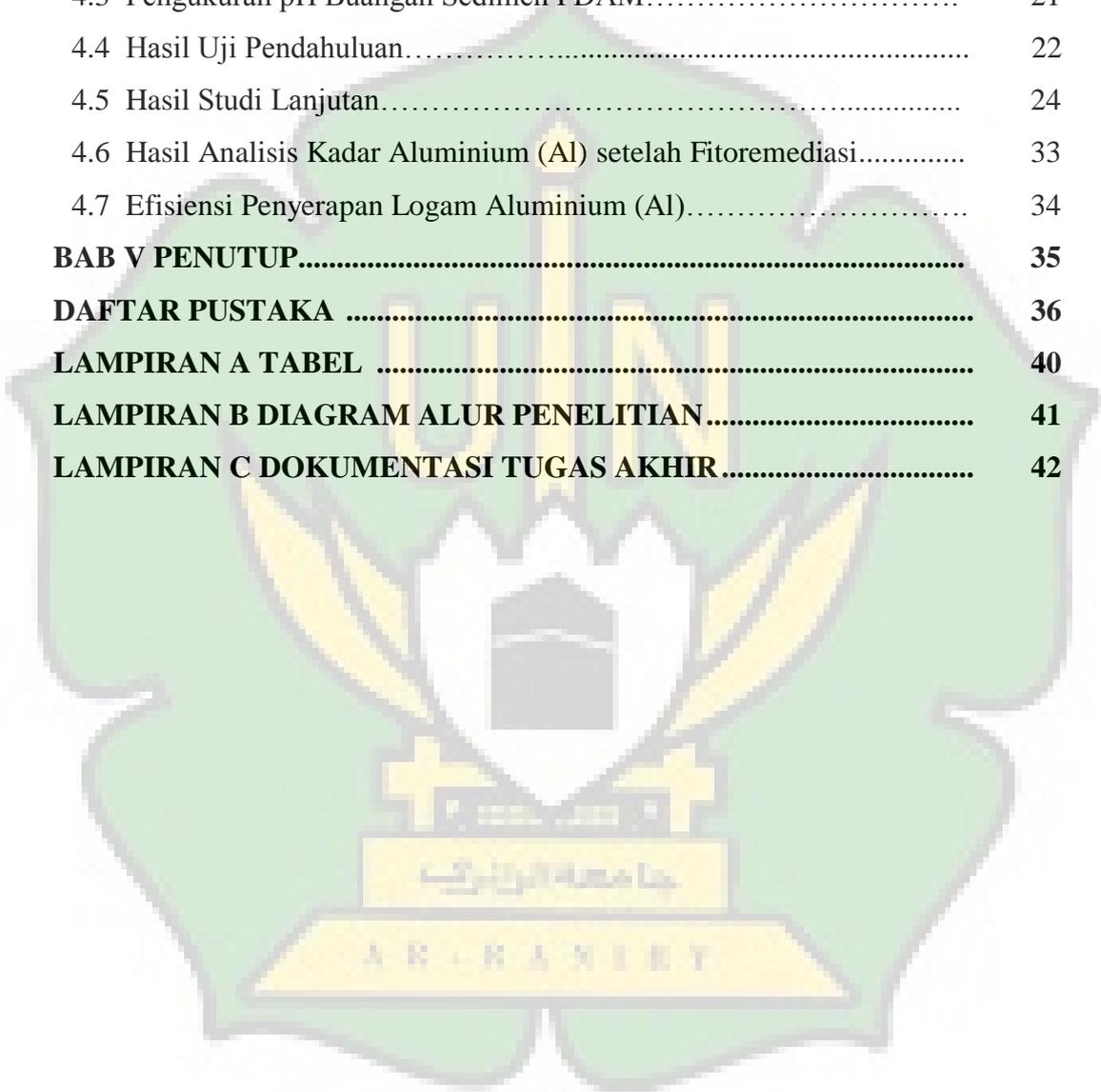
Banda Aceh, 21 Juni 2019

Ilhamullah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)	6
2.2. Sedimen	8
2.3. Tawas (Aluminium Sulfat)	8
2.4. Fitoremediasi	9
2.5. Tumbuhan Puring	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	14
3.2. Prosedur Penelitian.....	15
3.3. Proses Fitoremediasi.....	17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1. Pengamatan Umum.....	20
4.2 Hasil Analisis Kadar Aluminium (Al) Pada Sedimen PDAM Tirta Mountala.....	21
4.3 Pengukuran pH Buangan Sedimen PDAM.....	21
4.4 Hasil Uji Pendahuluan.....	22
4.5 Hasil Studi Lanjutan.....	24
4.6 Hasil Analisis Kadar Aluminium (Al) setelah Fitoremediasi.....	33
4.7 Efisiensi Penyerapan Logam Aluminium (Al).....	34
BAB V PENUTUP.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN A TABEL	40
LAMPIRAN B DIAGRAM ALUR PENELITIAN.....	41
LAMPIRAN C DOKUMENTASI TUGAS AKHIR.....	42



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi tanaman puring.....	12
Tabel 4.1	Kandungan Logam Aluminium Sebelum Fitoremediasi.....	21
Tabel 4.2	pH Sedimen Aluminium.....	22
Tabel 4.3	Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 1 – 4	24
Tabel 4.4	Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 1 – 4	26
Tabel 4.5	Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 5 – 6.....	27
Tabel 4.6	Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 5 – 6	29
Tabel 4.7	Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 7 – 8.....	30
Tabel 4.8	Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 7 – 8	31
Tabel 4.9	Kandungan Logam Aluminium Setelah Fitoremediasi.....	33
Tabel 4.10	Efisiensi Penyerapan Logam Al	34

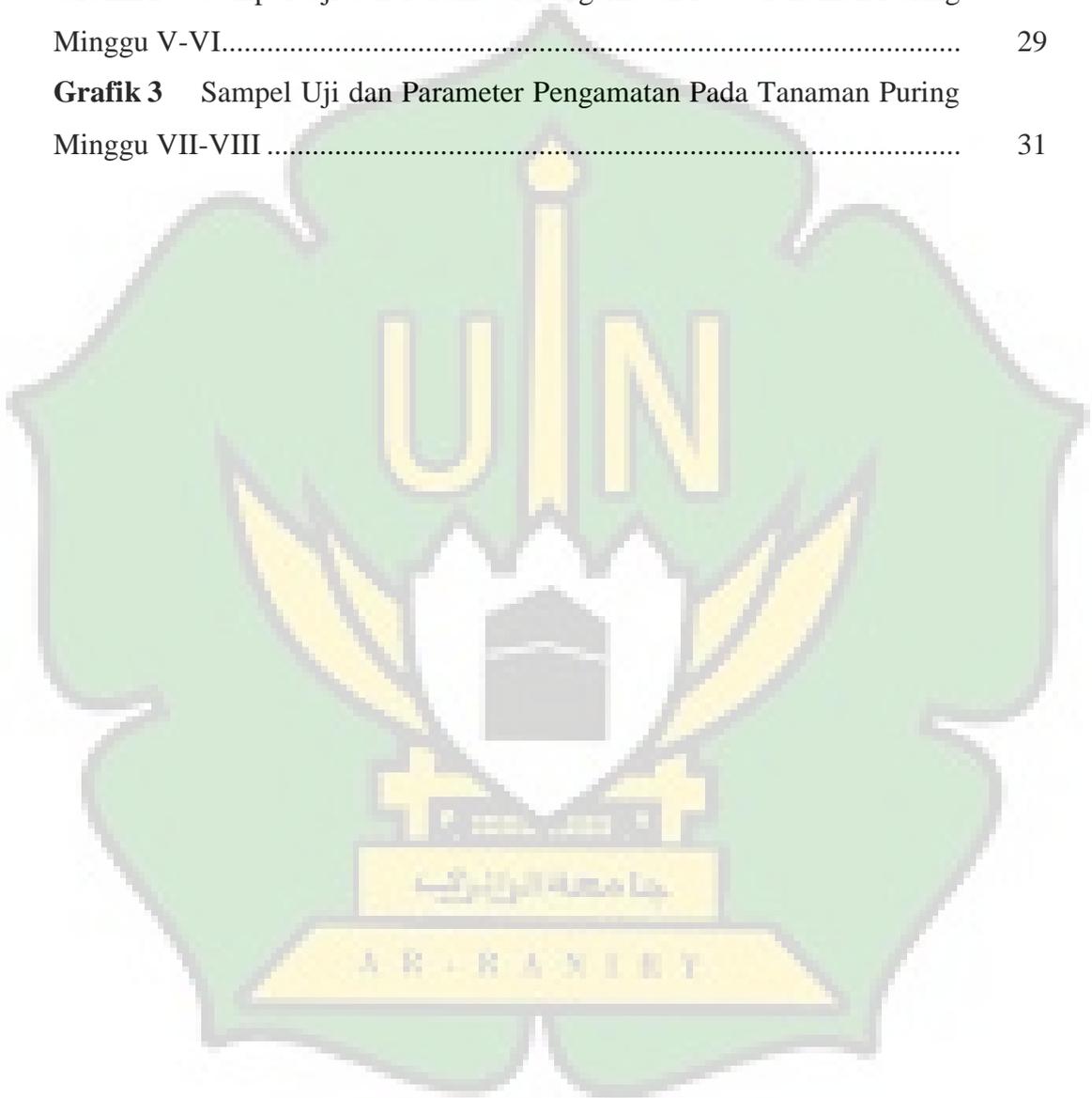
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Fitoremediasi	10
Gambar 2.2	Tanaman Puring	11
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Sampel di PDAM Tirta Mountala Aceh Besar.....	14
Gambar 3.2	Metode Penanaman Tanaman pada Media	18
Gambar 4.1	Lokasi Sampling Bak Sedimentasi dan bak Filtrasi	20
Gambar 4.2	Lokasi Sampling Bak Clarifier.....	20
Gambar 4.3	Uji Pendahuluan Tanaman Puring	23
Gambar 4.4	Penelitian Awal Tanaman Puring Setelah 30 Hari.....	23
Gambar 4.5	Sampel Sedimen Setelah Fitoremediasi	33



DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Sampel Uji dan Parameter Pengamatan Pada Tanaman Puring Minggu I-VI.....	26
Grafik 2 Sampel Uji dan Parameter Pengamatan Pada Tanaman Puring Minggu V-VI.....	29
Grafik 3 Sampel Uji dan Parameter Pengamatan Pada Tanaman Puring Minggu VII-VIII.....	31



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air dipermukaan bumi merupakan salah satu faktor penunjang dalam kehidupan manusia. Air sangat berlimpah, dimulai dari air permukaan seperti sungai, waduk, danau, laut, hingga samudra dan air tanah seperti mata air, bahkan air reklamasi. Namun demikian, untuk dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, air perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Novitasari, 2001).

Menurut Hanif (2012), Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan dan telah memenuhi syarat kesehatan menurut Menteri Kesehatan RI No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, air bersih banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, seperti, minum, mencuci, mandi, dan kakus. Syarat air bersih antara lain adalah tidak berbau, jernih, tidak beracun, tidak berwarna, tidak berasa, pH netral dan bebas mikroorganisme. Meningkatnya jumlah penduduk akan mempengaruhi tingkat kebutuhan air bersih. Pertumbuhan jumlah penduduk di Aceh Besar pada tahun 2013 sebesar 383.477 jiwa dan terus bertambah pada tahun 2017 mencapai 409.109 jiwa dan terus meningkat tiap tahunnya sehingga kebutuhan terhadap air bersih semakin meningkat pula (Badan Pusat Statistik Aceh Besar, 2018).

Menurut Zahra (2014) Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) merupakan infrastruktur yang berhubungan dengan pertumbuhan dan perkembangan masyarakat Indonesia. Air bersih merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup dan kebutuhan sehari-hari.

PDAM atau Perusahaan Daerah Air Minum merupakan usaha milik pemerintah daerah yang tugasnya bergerak dalam proses pendistribusian air bersih bagi masyarakat umum. PDAM pada umumnya terdapat di setiap

provinsi, kabupaten dan kota madya. Salah satu PDAM yang terdapat di provinsi Aceh, khususnya Aceh Besar adalah PDAM Tirta Mountala. PDAM Tirta Mountala terdiri dari tiga cabang. Salah satu cabangnya berada di Kota Jantho Kabupaten Aceh Besar, yang melayani Kota Jantho, Batalyon Kaveleri dan Seulimum. Cabang kedua berada di Kecamatan Darul Imarah, yang melayani wilayah Lhoknga, Puskoppol, Villa Gardenia, Ajun, Garot, Darul Imarah, Dusun Indah, Punei, Darul Kamal dan Batalyon 112. Kemudian cabang ketiga adalah Siron, yang melayani Lambaro, Montasik, Barona Jaya, Suka Makmur, Baitussalam, Kuta Baro, dan Tungkop. Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan penelitian di PDAM Tirta Mountala Aceh Besar.

PDAM Tirta Mountala menggunakan air sungai sebagai sumber air baku yang perlu diproses pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan air baku untuk produksi air bersih dan air minum akan menghasilkan residu berupa lumpur. Menurut Adityosulindro, dkk (2013), terdapat material organik yang mengendap di air baku dalam residu PDAM berupa lumpur dari proses pengolahan baik secara kimia maupun proses pengolahan lainnya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Indonesia tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum No.16 Tahun 2005 Pasal 9 ayat 3 menyatakan bahwa limbah akhir dari proses pengolahan air baku menjadi air minum wajib diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Pada pengolahan air bersih terdapat beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah koagulasi yaitu proses pencampuran bahan kimia berupa koagulan (Alumunium Sulfat) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen dengan disertai pengadukan cepat. Tahapan kedua adalah flokulasi yaitu proses pembentukan partikel flok yang besar dan padat dengan pengadukan lambat sehingga dapat diendapkan. Kemudian tahap ketiga adalah sedimentasi yaitu suatu proses untuk memisahkan padatan dan air berdasarkan perbedaan berat jenis dan cara pengendapannya. Tahap keempatnya yaitu filtrasi, adalah proses pemisahan padatan air dengan menggunakan media penyaring seperti pasir. Dan tahap kelima yaitu desinfeksi, yaitu pembubuhan bahan kimia

yang berguna untuk mematikan kuman/organisme dan mengurangi zat organik pada air baku.

Pada proses pengolahan air sungai menjadi air minum akan dihasilkan lumpur endapan yang langsung dibuang tanpa adanya pengolahan maupun pemanfaatan. Lumpur endapan ini akan menimbulkan masalah baru seperti terjadinya akumulasi bahan berbahaya hasil dari proses pengolahan. Selanjutnya, jika lumpur dibuang ke sungai tanpa adanya pengolahan maka dapat menyebabkan terganggunya kesehatan pada manusia seperti alzheimer resiko kanker, gangguan fungsi hati, gangguan ginjal dan lainnya. Tidak hanya itu saja, biota air juga ikut mengkonsumsi air sungai tersebut dan juga ikut terkena paparan dari pencemaran logam di badan air (Wido, 2017).

Penggunaan bahan baku tawas (aluminium sulfat) sering digunakan dalam proses penjernihan air baku pada instalasi pengolahan air minum. Dengan demikian diperlukan penanggulangan lebih lanjut untuk menurunkan kadar aluminium (Al) agar tidak berpotensi mencemari lingkungan terutama badan air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode fitoremediasi (Haryanti dan Budianta, 2013). Menurut Viobeth (2012), Fitoremediasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair dengan pemanfaatan tumbuhan guna untuk menghilangkan atau menurunkan kadar konsentrasi logam yang telah melebihi ambang batas standar baku mutu.

Sudah banyak penelitian yang telah dilakukan untuk proses fitoremediasi kadar logam yang terdapat dalam air dan sedimen di Indonesia. Terdapat tanaman-tanaman yang sudah digunakan seperti *aquatic plant* untuk meremediasi timbal (Pb) (Murdihani, 2011), tanaman talas (*Colocasia esculenta*) untuk meremediasi N, P dan C (Wibowo dan Wage, 2012), dan tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*L) untuk meremediasi Cu dan Zn (Busran dan Indah, 2010). Tumbuhan puring (*Codiaeum variegatum*L) juga sering digunakan untuk meremediasi pencemaran logam seperti penurunan kadar Kadmium (Cd) di udara (Kurniawati, 2016), dan penurunan kadar Timbal (Pb) dalam tanah (Heryanti, 2013).

Pada penelitian ini akan di uji penggunaan tumbuhan puring gladiator untuk meremediasi pencemaran logam aluminium (Al) dalam lumpur buangan PDAM Tirta Mountala Aceh Besar, Provinsi Aceh serta akan diamati efek logam Al terhadap pertumbuhan tanaman puring gladiator.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kadar Al dalam sedimen buangan bak sedimentasi, bak filtrasi, dan bak clarifier pada PDAM Tirta Mountala Aceh Besar ?
2. Bagaimana efektivitas tanaman puring gladiator (*C. variegatum* L) dalam menyerap logam Al ?
3. Bagaimana pengaruh kadar Al terhadap pertumbuhan puring gladiator (*C. variegatum* L) sebagai fitoremediator ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui berapa kadar Al dalam sedimen PDAM.
2. Untuk mengetahui seberapa efektif penyerapan Al oleh tanaman puring gladiator (*C. variegatum* L).
3. Untuk mengetahui pengaruh kadar (Al) terhadap pertumbuhan tanaman puring gladiator (*C. variegatum* L).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan informasi mengenai kadar Al pada lumpur buangan PDAM Tirta Mountala Aceh Besar.
2. Dapat memberikan informasi mengenai efektivitas tumbuhan puring gladiator (*C. variegatum* L) untuk meremediasi kadar Al pada lumpur.
3. Sebagai salah satu informasi yang dapat digunakan dalam mengatasi masalah pencemaran Al di lingkungan.

1.5. Batasan Penelitian

Penulisan proposal penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

1. Fitoremediasi yang diuji hanya dengan menggunakan tanaman puring gladiator (*C. variegatum*L).
2. Tidak dilakukan pengujian akumulasi logam Al dalam akar, batang dan daun tanaman fitoremediator.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia untuk memenuhi kehidupan sehari-hari, baik untuk mencuci, mandi maupun dikonsumsi. Ketidakterersediaan air bersih disebabkan oleh pencemaran yang disebabkan oleh alam seperti kebakaran hutan, meletusnya gunung berapi, endapan hasil erosi dan lainnya. Sementara pencemaran sungai yang disebabkan oleh ulah manusia yang terbagi menjadi beberapa sumber pencemar seperti limbah industri, limbah pemukiman, limbah pertanian, limbah rumah sakit, dan limbah pertambangan (Puspitasari, 2009).

Seiring dengan perkembangan zaman, proses industrialisasi menjadi tak terelakkan. Peningkatan volume limbah yang mencemari perairan merupakan salah satu dampak yang diakibatkan oleh proses industrialisasi. Salah satu sumber utama pencemaran air yaitu logam berat. Pada air sungai terdapat logam-logam berat yang tersuspensi dimana logam berat tersebut dapat mempengaruhi kesehatan manusia jika tidak diolah terlebih dahulu (Quddus, 2014).

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Air sangat berperan penting dalam mendukung kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat. Jika air yang tersedia cukup memadai, hal ini akan mendorong berkembangnya sektor pembangunan di masyarakat. Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara untuk digunakan bagi kemakmuran rakyat, dimana hal tersebut terkandung dalam UUD 1945 Pasal 33. Pasal tersebut menjadi landasan utama dalam menentukan bagaimana pengelolaan sumber daya alam dalam kehidupan bernegara, termasuk sumber daya air. Sebagai langkah perwujudannya, dalam penyediaan kebutuhan air bersih di

Indonesia sebagian besar dilakukan oleh PDAM yang ada diseluruh Indonesia (Arief, 2005).

PDAM merupakan salah satu perusahaan daerah sebagai sarana dalam penyediaan air bersih yang diawasi dan dikontrol oleh badan eksekutif. PDAM memiliki tanggung jawab untuk mengelola dan mengembangkan sistem penyediaan air bersih dan melayani masyarakat dengan harga terjangkau. Keberadaan PDAM di setiap daerah dibawah tanggung jawab pemerintah daerah yang diharapkan dapat melayani masyarakat, namun tidak semua organisasi pemerintah dalam bidang jasa layanan air bersih sesuai dengan harapan masyarakat (Purwati, dkk, 2014).

PDAM Tirta Mountala berada di Kabupaten Aceh Besar didirikan sesuai dengan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 1993 Tanggal 29 Mei 1993 dan di undangkan dalam lembaran Daerah Kabupaten Aceh Besar Nomor 3 Tahun 1993 dengan nama PDAM Tirta Moundala dan berkedudukan di Ibu Kota Aceh Besar. PDAM Tirta Mountala memiliki kapasitas produksi dengan total 225 L/dt yang berasal dari 6 sumber produksi yaitu di Kota Jantho, Seulimum, Luthu, Siron, Mata Ie, dan Gle Aron.

PDAM Tirta Mountala terdiri dari tiga cabang. Salah satu cabangnya berada di Kota Jantho Kabupaten Aceh Besar, yang melayani Kota Jantho, Batalyon Kaveleri dan Seulimum. Cabang kedua berada di Kecamatan Darul Imarah, yang melayani wilayah Lhoknga, Puskoppol, Villa Gardenia, Ajun, Garot, Darul Imarah, Dusun Indah, Punei, Darul Kamal dan Batalyon 112. Kemudian cabang ketiga adalah Siron, yang melayani Lambaro, Montasik, Barona Jaya, Suka Makmur, Baitussalam, Kuta Baro, dan Tungkop. Dalam proses produksinya, Instalasi Pengolahan Air PDAM Tirta Mountala menggunakan air baku dari air permukaan yaitu air sungai Krueng Aceh di Kecamatan Ingin Jaya yang kemudian diolah menjadi air minum (PDAM, 2015).

2.2. Sedimen

Sedimen merupakan campuran cair atau semi cair antara tanah dan air di mana sedimen terjadi saat tanah basah. Secara geologis, sedimen adalah campuran partikel dan air endapan sedimen dengan tanah liat. Banyaknya jumlah sedimen dapat diketahui berdasarkan dari jumlah pemakaian bahan kimia untuk proses flokulasi, kekeruhan (*turbidity*), dan jumlah air baku. Produksi sedimen 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 maka adanya peningkatan produksi sedimen (Muhammad, 2010).

Walaupun berbeda sifat atau karakteristiknya seperti halnya di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), PDAM menghasilkan sedimen yang volume hariannya relatif besar, tergantung pada debit air yang diolah dan konsentrasi kekeruhan pada air bakunya. Semakin besar volume sedimennya, maka semakin besarnya jumlah debit dan makin tinggi konsentrasinya, baik padatan kasar, padatan tersuspensi, maupun koloid (Mary dan Azikin, 2003).

Menurut Suherman (2003), sedimen yang dihasilkan dari proses pengolahan air di PDAM berpotensi sebagai pencemar jika langsung dibuang ke badan air. Apapun jenis dan bentuk teknologi pengolahan yang digunakan, sedimen akan selalu dihasilkan di setiap proses pengolahan air. Semakin besar debit pengolahan pada suatu Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), maka akan semakin tinggi konsentrasinya.

2.3. Tawas (*Aluminium Sulfat*)

Tawas adalah salah satu jenis bahan kimia yang digunakan untuk proses penjernihan air. Fungsi tawas yaitu sebagai bahan penggumpal padatan yang larut dalam air. Tawas mempunyai rumus kimia $Al_2(SO_4)_3$. Aluminium dalam tawas berupa ion logam berat yang toksik dan kebanyakan masuk ke

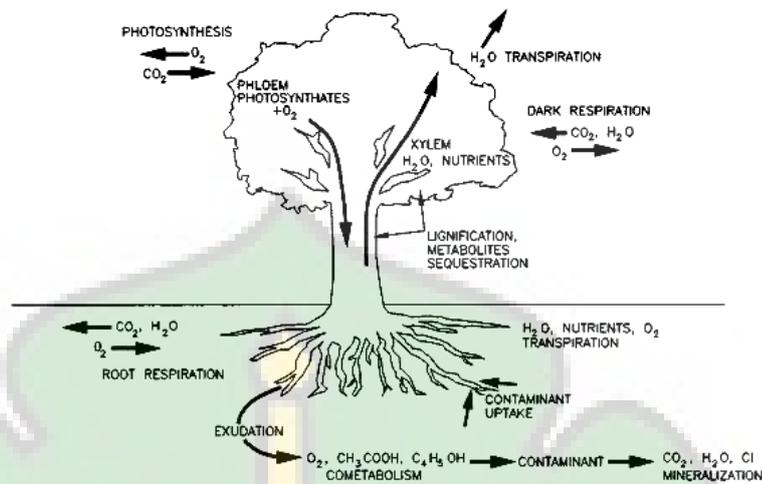
dalam tubuh manusia bersama dengan makanan. Ion logam tersebut diserap ke dalam darah dan usus, serta akan terikat 90% pada eritrosit (Cheung dkk., 2001).

Dalam jangka waktu yang lama, logam berat yang masuk ke dalam tubuh lewat makanan akan meningkatkan gangguan syaraf, kelumpuhan, dan penurunan tingkat kecerdasan anak (Darmono, 2011). Aluminium merupakan salah satu logam yang berbahaya jika tidak diolah lebih lanjut, apabila aluminium tidak diolah maka akan berdampak buruk pada biota air seperti ikan akan menimbulkan efek samping bagi yang mengkonsumsinya. Konsentrasi aluminium yang tinggi akan mengubah sungai tersebut menjadi asam. Menurut (Darmono 2011), mengatakan bahwa jika di konsumsi oleh manusia logam tersebut akan terikat dalam tubuh dan menjadi penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Jika lebih jauh lagi, aluminium akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, bagi manusia. Oleh karena itu, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut dalam mengatasi pencemaran logam berat agar tidak berbahaya lagi bagi lingkungan, salah satu cara yang dapat di aplikasikan adalah dengan metode Fitoremediasi.

2.4. Fitoremediasi

Kontaminasi yang terdapat pada perairan dan dalam tanah disebabkan oleh banyak penyebab seperti limbah industri, limbah penambangan, pestisida, residu pupuk hingga bekas instalasi kimia (Nurul, 2005). Remediasi adalah perbaikan lingkungan untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi logam dan akibat kelakuan manusia.

Menurut Artiyani (2011), pengolahan limbah secara sederhana dikenal dengan nama fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu metode untuk mengurangi atau menghilangkan zat kontaminan pada suatu daerah seperti air, udara dan tanah agar tidak berbahaya lagi bagi lingkungan. Kajian penanganan limbah dengan menggunakan tanaman sudah sering dilakukan, seperti menggunakan tanaman enceng gondok, lidah mertua, jengger ayam dan lain-lainnya.



Gambar 2.1 Proses Fitoremediasi

(Sumber : Putri,dkk, 2014)

1. Mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, sebagai berikut (Priyanto dan Prayitno, 2007 dalam Hardiani, 2009) :

- a. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar dengan cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa yang diserap oleh permukaan akar adalah senyawa hidrofobik, sedangkan senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air.
- b. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman tersebut melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya setelah logam menembus endodermis akar.
- c. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan, hal tersebut bertujuan untuk menjaga agar logam tersebut tidak menghambat metabolisme tanaman. Upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

2.5. Tumbuhan Puring

Tanaman merupakan salah satu mata rantai utama dalam kehidupan manusia. Tanaman akan sangat bermanfaat bagi manusia jika dibudidayakan dengan benar, sehingga dapat dimanfaatkan untuk sumber kebutuhan manusia, misalnya sebagai sumber makanan, obat-obatan dan penyedia udara segar. Fungsi tanaman lainnya yaitu menahan penguapan air, sebagai hiasan rumah, atau bahan utama pembuatan rumah tinggal (Riyanto, 2008).

Puring (*C. variegatum*) termasuk dalam keluarga euphorbiaceae. Puring disebut juga croton. Tanaman puring banyak jenisnya, diseluruh Asia dan Pasifik jenis puring diduga mencapai sekitar 1.600 varietas. Pada alam bebas puring tumbuh di Amerika Selatan, Asia Selatan, Indonesia, pulau Pasifik dan kepulauan Fiji (Chandra, 2007).



Gambar 2.2 Tanaman Puring Gladiator
(Sumber : <http://www.tukangtamanrumput.com>)

Tanaman puring gladiator (*C. variegatum* L) adalah tanaman yang diidentikan dengan tanaman semak, namun puring berpotensi sebagai tanaman hias. Puring mempunyai ribuan varietas yang banyak tersebar di seluruh dunia, khususnya negara yang memiliki intensitas sinar matahari yang cukup tinggi seperti Indonesia, Sri Lanka, Malaysia, Kepulauan Fiji, Thailand, India dan Filipina (Brown, 1995).

2.5.1. Klasifikasi tanaman puring

Menurut Henny, dkk (2007), klasifikasi tanaman puring adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi tanaman puring

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Tracheobionta
Superdivisi	Spermatophyta
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliopsida
Subklas	Rosidae
Ordo	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Genus	<i>Codiaeum</i>
Spesies	<i>Codiaeum variegatum</i>

(Sumber : Henny, dkk 2007)

2.5.2. Morfologi tanaman puring

Tanaman puring memiliki tinggi 90 cm - 3,5 m dengan kisaran 90 cm – 1,8 m dan tekstur kasar. Tipe daunnya bulat dan bergelombang dengan susunan daun spiral. Bentuk daunnya yang sangat variatif sehingga menambah keindahan tanaman ini. Akar puring termasuk dalam akar serabut. Puring memiliki bunga jantan dan betina (monoceous) dan berukuran kecil dengan warna agak kekuningan yang terdapat dalam satu tanaman, bentuk buah membulat dengan warna hijau atau coklat (Henny, 2007).

Puring merupakan jenis tanaman yang mempunyai daun paling baik dalam menyerap unsur yang ada di udara. Puring atau nama lainnya Croton juga digunakan sebagai tanaman hias karena

keindahan keragaman corak dan warnanya, selain digunakan sebagai tanaman penyerap polutan. Selain itu, warna daunnya juga beragam, seperti hijau, kuning, orange, merah, dan ungu dengan corak daun bintik-bintik atau garis. Secara umum, semakin tua umur tanaman, warna daunnya semakin menonjol, bahkan dalam satu tanaman memiliki dua atau tiga warna sekaligus. Daun puring bentuknya bervariasi, seperti ekor ayam, dasi, keriting spiral, dan lain-lain (Silitonga, 2007).

Akar-akar tanaman puring dapat memperbaiki kualitas air dengan menyerap kelebihan fosfor yang terkandung di dalam air, sehingga tanaman ini sangat cocok jika tumbuh di sekitar sumur atau sumber air. Puring juga bisa digunakan untuk tanaman obat, yaitu dengan menggunakan rebusan daun hijau yang sudah tua, kemudian dipakai untuk menurunkan demam dan rebusan akarnya sebagai obat pencahar (Suryani, 2008).

Pada penelitian (Haryanti dkk, 2013) memanfaatkan tanaman hias sebagai fitoremediator, salah satunya adalah tanaman puring yang digunakan untuk meremediasi logam timbal (Pb) yang tercemar pada tanah. Dari hasil penelitian ini, peneliti menyatakan bahwa tanaman puring mampu menyerap logam timbal (Pb) sebesar 0,83 mg/kg/hari.

Pada penelitian lainnya tanaman puring juga di manfaatkan sebagai fitoremediator. Seperti pada penelitian Medina, Regita Hilda dkk (2018), tentang potensi beberapa kultivar puring (*C. variegatum*) sebagai Fitoremediasi pada tanah tercemar logam berat Pb (Timbal) dan peneliti lainnya Sulistiani S. tentang kemampuan penyerapan timbal (Pb) pada beberapa kultivar tanaman puring (*C. variegatum*).

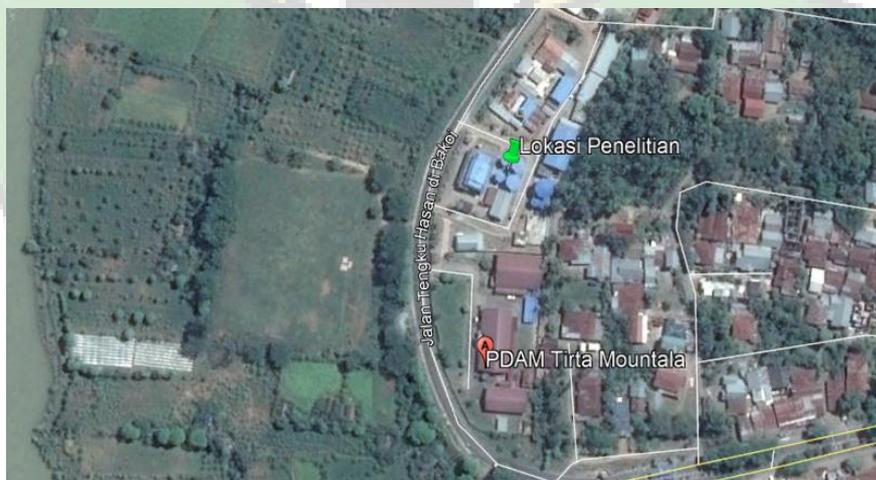
BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Sampel sedimen diambil pada tanggal 25 Agustus 2018 pada saat musim kemarau. Pengambilan sampel sedimen diambil pada 3 titik pengeluaran sedimen yaitu, bak sedimentasi, bak filtrasi dan bak clarifier. Kemudian sampel diambil sebanyak 3 kg, 1 kg sampel sedimen dibawa ke laboratorium untuk mengetahui kandungan aluminium sebelum penyerapan dan 2 kg digunakan untuk fitoremediasi logam aluminium pada tanaman puring.

Penelitian ini meliputi pengamatan di lapangan dan pengujian di laboratorium. Penanaman tumbuhan puring dilakukan di ruang terbuka. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Standarisasi Industri Aceh (BARISTAND) dan Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian berlangsung selama 6 bulan, dimulai dari pengumpulan data pada bulan Juli hingga bulan Januari 2019.



Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Sampel di PDAM
Tirta Mountala Aceh Besar

(Sumber : Google Earth Pro, 2017)

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Pengambilan sampel sedimen

Pengambilan sedimen PDAM dilakukan secara langsung pada daerah produksi pembuangan dibak sedimentasi, bak clarifier dan bak filtrasi. Berikut petunjuk pengambilan sampel padatan :

- a. Sedimen diambil dengan menggunakan alat sekop gagang pendek (SNI 19-0428-1998).
- b. Kemudian sedimen dimasukkan kedalam wadah berupa botol plastic yang bersih dan kering, agar tidak terjadinya kontaminan pada sampel.
- c. Selanjutnya wadah disegel dengan rapi dan diberi label.

3.2.2. Pengukuran pH

Menurut Shahrulakram (2016), pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkatkeasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. pH meter adalah alat ukur yang dapat memberikan informasi mengenai derajat keasamansuatu larutan. Alat ukur ini menggunakan sebuah *probe* yang terbuat dari silinder kaca nonkonduktor yang berfungsi sebagai sensornya (Rifky, 2014). Pengukuran pH pada sedimen dilakukan sebelum perlakuan dan setelah perlakuan untuk melihat perubahan pH yang terjadi dari Fitoremediasi.

Menurut SNI 03-6787-2002, tahapan pengujian pH pada sedimen sebagai berikut. Diambil 5 gram sampel tanah dan dimasukkan sampel tanah kedalam larutan akuades. Selanjutnya sampel diaduk, dan diendapkan larutan tanah. Kemudian diukur dengan pH meter serta diamati dan dicatat hasilnya.

3.2.3. Analisis kadar Al dalam sedimen

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini seperti spektrofotometer serapan atom (SSA), *microwave*, *neraca analitik*, kaca arloji, ball

pipet, mikro buret 10 ml, labukur 50 ml; 100 ml; dan 1000 ml, pipet volumetrik 10 ml, kertas *whatman* No. 40 dan pH soil tester.

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti sampel sedimen, aquades, asamnitrat (HNO_3), asam klorida (HCL), larutan standar induk aluminium 1000 mg/L.

c. Prosedur Kerja

1. Persiapan Sampel

Berdasarkan metode yang digunakan Baristand, tahapan persiapan sampel yang dilakukan yaitu, pertama sampel sedimen dimasukkan kedalam kaca arloji secara merata dan ditimbang ± 9 gram. Kedua, sampel sedimen ditambahkan 9 ml HCL dan 3 ml HNO_3 . Ketiga, sampel dimasukkan kedalam microwave dan dipilih metode kerja yang sesuai dengan sampel. Selanjutnya, setelah selesai sampel diencerkan kedalam labu takar 100 ml dan ditambahkan *aquades* sampai batas tera. Kemudian sampel disaring dengan menggunakan kertas *whatman*. Selanjutnya sampel diuji dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

2. Pembuatan larutan kerja aluminium

Berdasarkan metode yang digunakan Baristand, tentang cara uji kadar aluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yaitu, di ambil 0,0 ml; 0,2 ml; 0,5 ml; 1,0 mldan 2,0 ml larutan baku aluminium 1000 mg/l menggunakan mikro buret, masing-masing dimasukkan kedalam labu takar 100 ml. ditambahkan larutan pengencer sampai tanda tera, kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh kadar aluminium 0,0 mg/l; 2,0; mg/l; 5 mg/l; 10 mg/l dan 20 mg/l

3. Prosedur pembuatan kurva kalibrasi

Berdasarkan SNI 06-6989.34-2005 tentang cara uji kadar aluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) :

- Optimalkan SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Ukur masing-masing larutan yang telah di buat dan panjang gelombang 309,3 nm.
- Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis linier.
- Lanjutkan dengan pengukuran sampel yang sudah dipersiapkan.

3.3 Proses Fitoremediasi

3.3.1 Pengambilan Sampel Tumbuhan

Tanaman puring diperoleh dari tempat budidaya tanaman, tumbuhan puring distek dari satu tumbuhan yang kemudian dihidupkan kembali di media baru dan diberikan perlakuan yang sama. Tanaman memiliki tinggi sekitar 30 cm – 60 cm atau berumur enam bulan. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah hasil tanaman dalam menyerap logam.

Pengambilan sampel dilakukan dalam wadah yang sudah berisi sedimen dan ditutup rapat-rapat. Hal ini bertujuan agar tidak terjadinya kontak langsung terhadap sampel pada daerah lingkungan tersebut. Kemudian sampel dibawa ke laboratorium dan diberi kode berupa lokasi, tanggal dan jam pengambilan sampel.

3.3.2 Uji penelitian awal

Uji penelitian awal ini dilakukan selama 1 minggu dengan tujuan agar tanaman dapat beradaptasi terhadap lingkungan baru.

a. Media percobaan

- Media tanah tidak terkontaminasi digunakan sebagai media control adalah media yang diambil dari tempat budidaya tanaman yang bernama Banda Garden.

- Media tanah terkontaminasi adalah media yang diambil dari area pembuangan limbah padat PDAM.

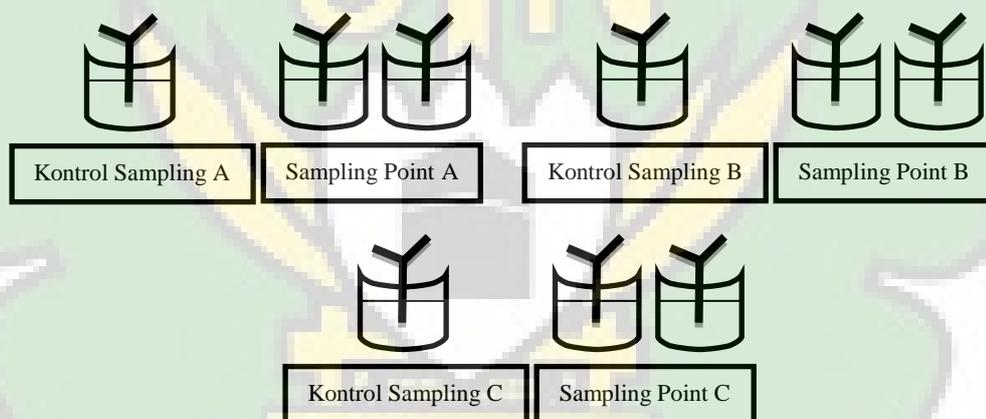
b. Jenis tanaman

Tanaman yang digunakan untuk penelitian ini adalah tanaman puring gladiator (*C. variegatum* L) yang sudah berumur 6 bulan.

c. Perlakuan tumbuhan

Tumbuhan yang sudah diberi perlakuan masing-masing (media tanah, tidak terkontaminasi, dan media tanah terkontaminasi) dengan disemprot air sebanyak 5 hari sekali.

3.3.3 Rangkaian Percobaan



Gambar 3.2. Metode Penanaman Tanaman pada Media

Keterangan :

- Sampling A merupakan sampel dari bak sedimentasi
- Sampling B merupakan sampel dari bak clarifier
- Sampling C merupakan sampel dari bakfiltrasi

3.3.4 Persiapan tanaman

a. Proses pengambilan sedimen

- Disediakan wadah berukuran besar untuk menampung sedimen dari setiap bak
- Selanjutnya diambil sedimen dan dimasukkan dalam wadah bersih dan kering menggunakan sekop gagang pendek.
- Sedimen yang diambil untuk proses fitoremediasi dimasukkan ke dalam wadah berupa plastik bersih dan ditimbang sampai 2 kg.
- Kemudian diikat rapi dan diberi label.
- Selanjutnya ditimbang 1 kg sedimen dalam wadah toples untuk dilakukan pengujian di laboratorium.
- Tutup dengan rapi dan diberi label.

b. Tanaman Puring

- Disediakan tanaman puring berumur 6 bulan yang diperoleh dari budidaya tanaman Banda Garden.
- Tanaman puring yang akan digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman yang sudah memiliki ketinggian 30 cm – 60 cm.
- Diambil sedimen dari bak sedimentasi, bak filtrasi, dan bak clarifier sebanyak 2 kg.
- Kemudian ditanam tanaman puring dan dihidupkan pada sedimen PDAM dalam wadah/tempat berupa ember plastic berukuran kecil (tinggi:23 cm; diameter atas:31 cm; diameter bawah:22.5 cm) yang berjumlah 6 wadah dan 3 kontrol tumbuhan puring.
- Selanjutnya tanaman diamati bentuk morfologinya selama \pm 60 hari.
- Penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak dua kali.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan Umum

Hasil buangan sedimen pada PDAM Tirta Mountala terjadi 5 kali sehari pada saat kondisi kemarau dan 8 kali sehari pada saat musim hujan tiba. 1 kali pengeluaran sedimen mencapai 50 kg per 8 menit pada saat musim kemarau dan 150 kg per 8 menit pada saat musim hujan tiba. Data tersebut didapatkan dari hasil wawancara peneliti dengan Bapak Kasubbag Peralatan Teknik di PDAM Tirta Mountala



Gambar 4.1 Lokasi Sampling Bak Sedimentasi dan Bak Filtrasi



Gambar 4.2 Lokasi Sampling Bak Clarifier

4.2 Hasil Analisa Kadar Aluminium (Al) pada sedimen PDAM Tirta Muntala

Berikut hasil kandungan logam aluminium (Al) pada sampel sedimen sebelum fitoremediasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Kandungan Logam Aluminium Sebelum Fitoremediasi

No.	Sampling	Konsentrasi Awal
1.	Sedimentasi	18,344 mg/kg
2.	Clarifier	14,027 mg/kg
3.	Filtrasi	11,636 mg/kg

Dari tabel 4.2.1 dapat dilihat bahwa kandungan aluminium pada sampel sedimen PDAM bak sedimentasi adalah sebesar 18,344 mg/kg, bak clarifier 14,027 mg/kg, filtrasi 11,636 mg/kg. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kandungan logam aluminium pada sampel sedimen adalah tinggi. Hal ini diperkuat dengan jumlah sedimen yang diproduksi sebanyak 50 kg per 8 menit. Sehingga dengan jumlah aluminium yang tinggi tanpa adanya pengelolaan lebih lanjut akan berdampak buruk bagi lingkungan.

4.3 Pengukuran pH Buangan Sedimen PDAM

Standar baku mutu untuk aluminium pada sedimen dan tanah sampai saat ini peneliti masih belum memperoleh berapa nilai yang aman untuk dapat dibuang ke lingkungan. *Environmental Protection Agency* (EPA 2013), mengatakan pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa logam aluminium pada tanah belum ada nilai batas ambang yang ditetapkan dan aluminium hanya bisa diidentifikasi sebagai COPC (*Contaminant of Potential Concern*) pada pengecekan pH tanah. Aluminium dapat dikategorikan beracun pada pH tanah kurang dari 5.5. Oleh karena itu, pada

penelitian ini juga dilakukan analisis pH pada sedimen PDAM sebagai berikut;

Tabel 4.2 pH Sedimen Aluminium

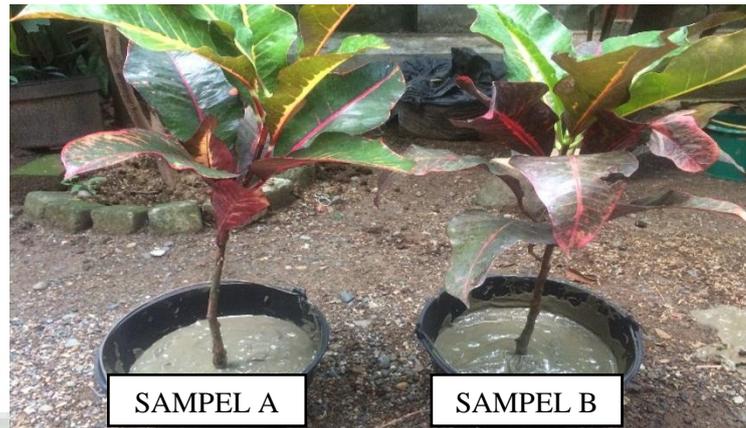
NO.	pH Sedimen				
	Sampling	Sebelum Penyerapan	Sesudah Penyerapan		Nilai Rata-rata Sesudah Penurunan
			A	B	
1.	Sedimentasi	5	6	6,2	6,1
2.	Clarifier	5,4	6,2	6,6	6,4
3.	Filtrasi	5,5	6,2	6,5	6,35

Hill Laboratorium New Zealand memaparkan bahwa, klasifikasi toksisitas logam aluminium dengan tingkat pH pada tanah sebagai berikut:

- pH dibawah 5.0, aluminium pasti menyebabkan toksik
- pH diantara 5.0 dan 5.5, aluminium hampir pasti menyebabkan toksik
- pH diantara 5.5 dan 6.0, aluminium mungkin menyebabkan toksik
- pH diatas 6.0, aluminium tidak menyebabkan toksik

4.4 Hasil Uji Pendahuluan

Pengujian pendahuluandilakukan untuk mengetahui apakah tanaman puring tersebut mampu bertahan pada kurun waktu yang telah ditetapkan kurang lebih selama 1 bulan. Sampel sedimen pada penelitian awal ini diambil pada bak sedimentasi dan bak filtrasi.



Gambar 4.3 Uji Pendahuluan Tanaman Puring

Gambar diatas merupakan tanaman puring yang telah digunakan dalam pengamatan awal untuk melihat apakah tanaman puring tersebut mampu bertahan atau tidak dalam sampel sedimen PDAM yang bersifat padat-cair selama 30 hari (1 bulan). Karena biasanya tanaman puring sering ditanam pada berbagai jenis tanah, tidak memerlukan jenis tanah yang khusus (Mulyani, 2006).

Berdasarkan pada pengamatan yang dilakukan pada uji pendahuluan, terlihat tidak adanya perubahan yang signifikan pada morfologi tanaman puring. Sehingga dapat diasumsikan bahwa tanaman puring mampu bertahan hidup pada media sedimen PDAM selama 30 hari (1 bulan).



Gambar 4.4 Penelitian Awal Tanaman Puring Setelah 30 Hari

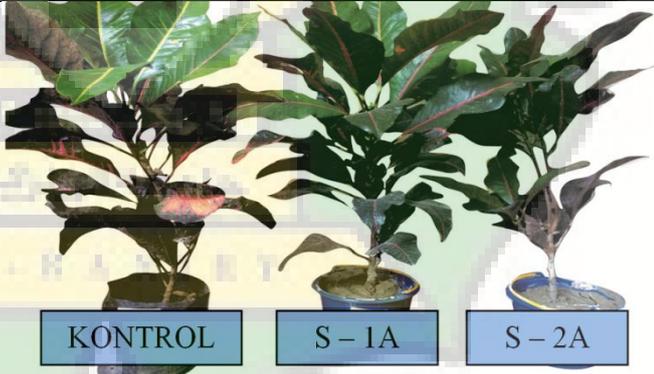
4.5 Hasil Studi Lanjutan

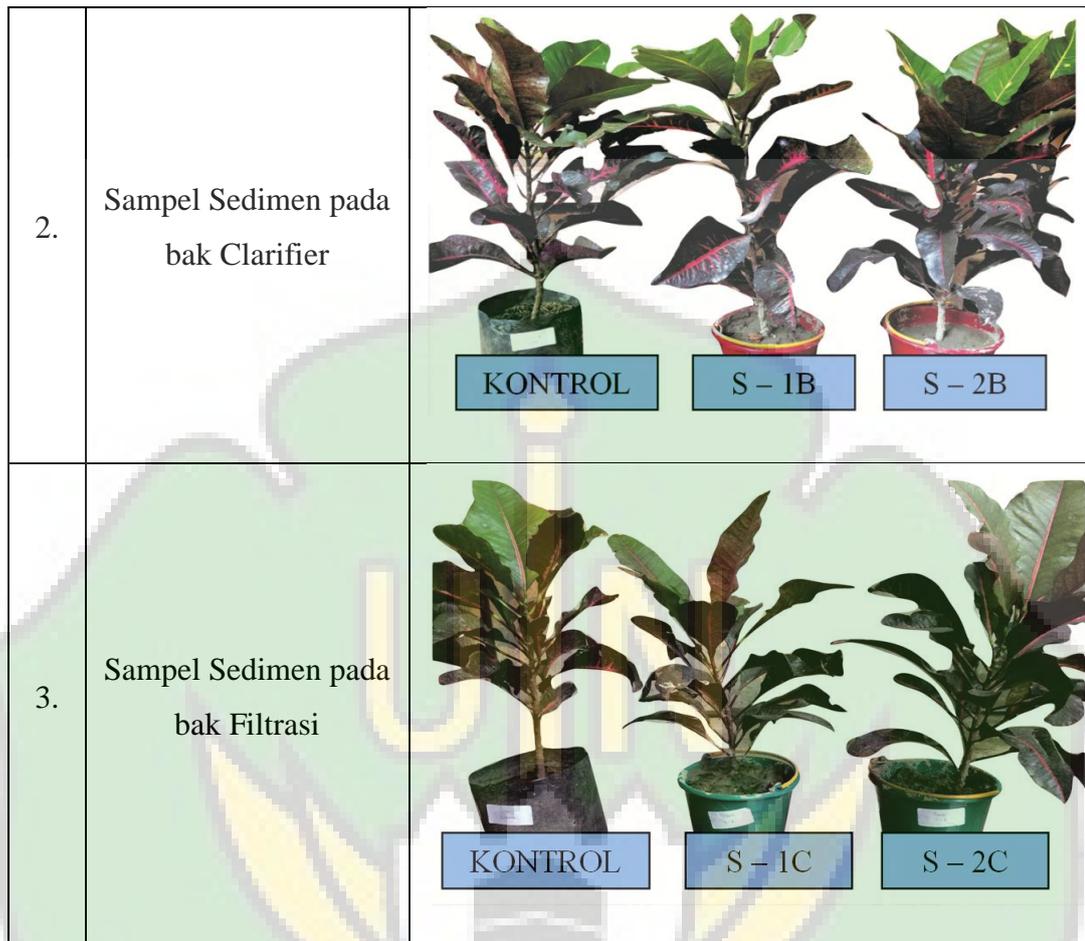
4.5.1 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 1 - 4

Kemampuan tanaman untuk menyerap dan mengakumulasi logam sangatlah berbeda-beda. Selain mampu menyerap logam di udara oleh daun, tanaman puring juga mampu menyerap logam dari sedimen. Logam yang terkandung di dalam sedimen diserap oleh akar tanaman dan dibawa ke batang dan daun tanaman yang dibantu oleh xilem dan floem. Hasil dari penyerapan dan akumulasi pada jaringan tumbuhan. Logam juga memberikan dampak yang berbeda-beda terhadap pertumbuhan tanaman (Amalia dan Ramadani, 2016).

Di bawah ini merupakan hasil pengamatan pertumbuhan tanaman puring dimulai dari minggu pertama sampai minggu kedelapan. Di mana terdapat tanaman kontrol, (S – 1A) ; (S – 2A) merupakan sampel sedimen bak sedimentasi, (S – 1B) ; (S – 2B) merupakan sampel sedimen bak clarifier, dan (S – 1C) ; (S – 2C) merupakan sampel sedimen bak filtrasi.

Tabel 4.3 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 1 - 4

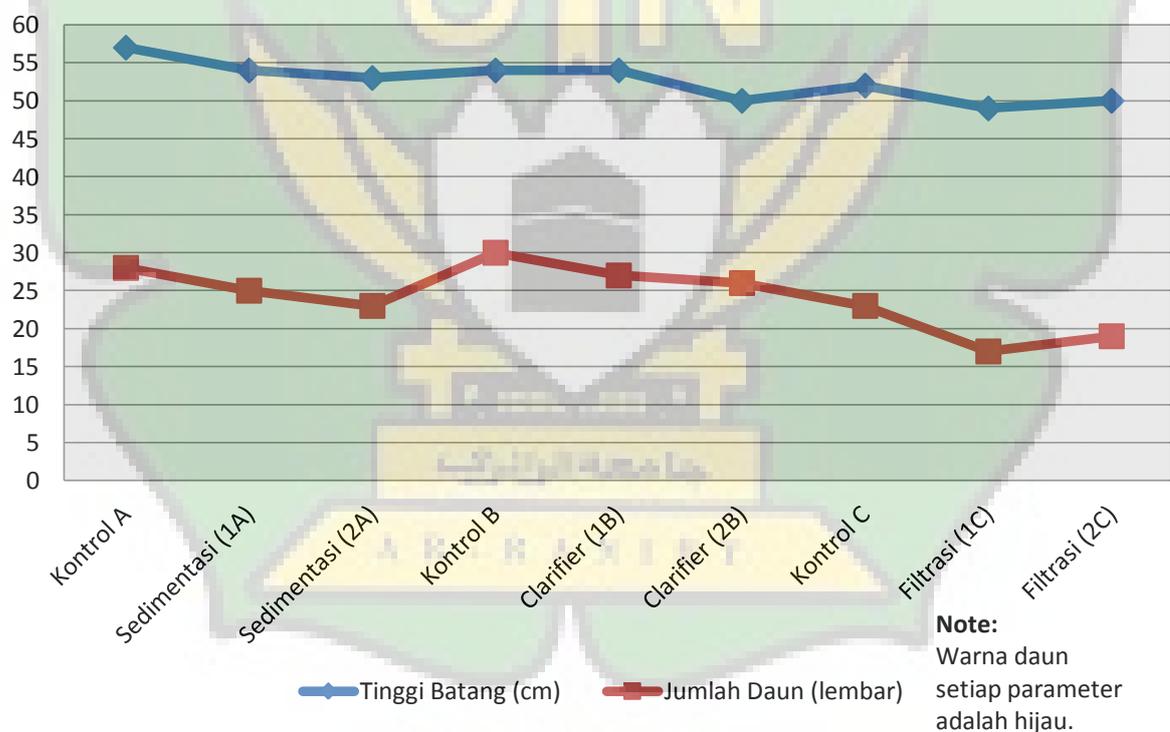
No.	Nama Sampel	Gambar Pengamatan
1.	Sampel Sedimen pada bak Sedimentasi	



Pada minggu pertama sampai minggu ke empat, tanaman puring masih belum memperlihatkan perubahan morfologi pada tanaman seperti pada warna daun, jumlah daun, dan tinggi batang yang disebabkan oleh penyerapan logam aluminium dari sampel sedimen. Kemampuan tanaman untuk menyerap dan mengakumulasi berbagai jenis logam ini menarik perhatian karena setiap tanaman memiliki kemampuan yang berbeda. Dalam penelitian ini, tanaman puring dapat menyerap dan mengakumulasi logam aluminium (Al). Kemampuan tanaman melokalisasi logam ini menjadi hal yang sangat penting karena hal ini menggambarkan kemampuan tanaman untuk dapat bertahan terhadap daya racun logam yang dapat mengganggu keseimbangan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Hall, 2002).

Tabel 4.4 Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 1 - 4

Parameter Pengamatan	Sampel Uji								
	Kontrol	Sedimentasi		Kontrol	Clarifier		Kontrol	Filtrasi	
	A	1A	2A	B	1B	2B	C	1C	2C
Warna daun	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
Jumlah daun (lembar)	28	25	23	30	27	26	23	17	19
Tinggi batang (cm)	57	54	53	54	54	50	52	49	50



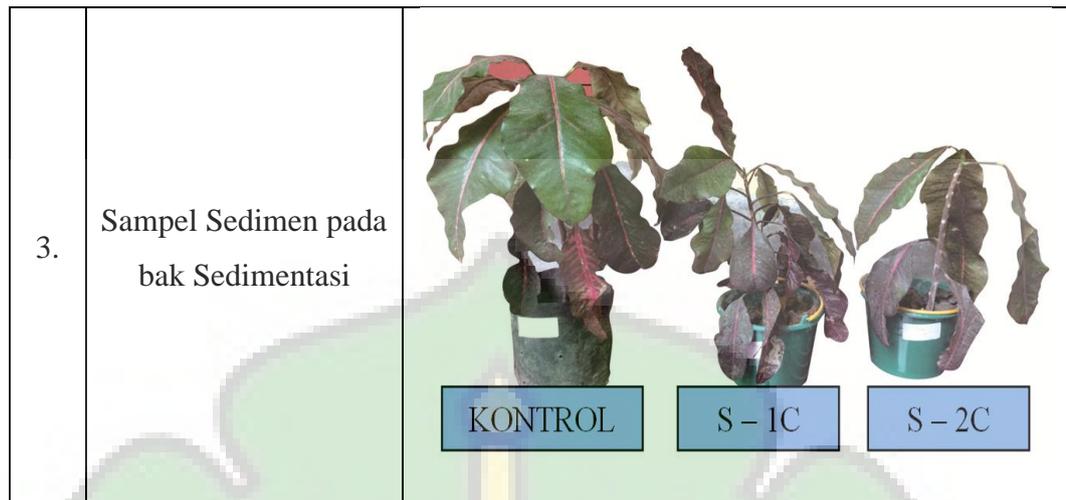
Grafik 1. Sampel Uji dan Parameter Pengamatan pada Tanaman Puring Minggu I-IV

4.5.2 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 5 – 6

Dibawah ini merupakan tabel pengamatan tanaman puring yang terjadi pada 2 minggu setelah satu bulan penyerapan dan terjadi perubahan fisiologi tanaman sebagai berikut :

Tabel 4.5 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 5 – 6

No.	Nama Sampel	Gambar Pengamatan
1.	Sampel Sedimen pada bak Sedimentasi	
2.	Sampel Sedimen pada bak Clarifier	

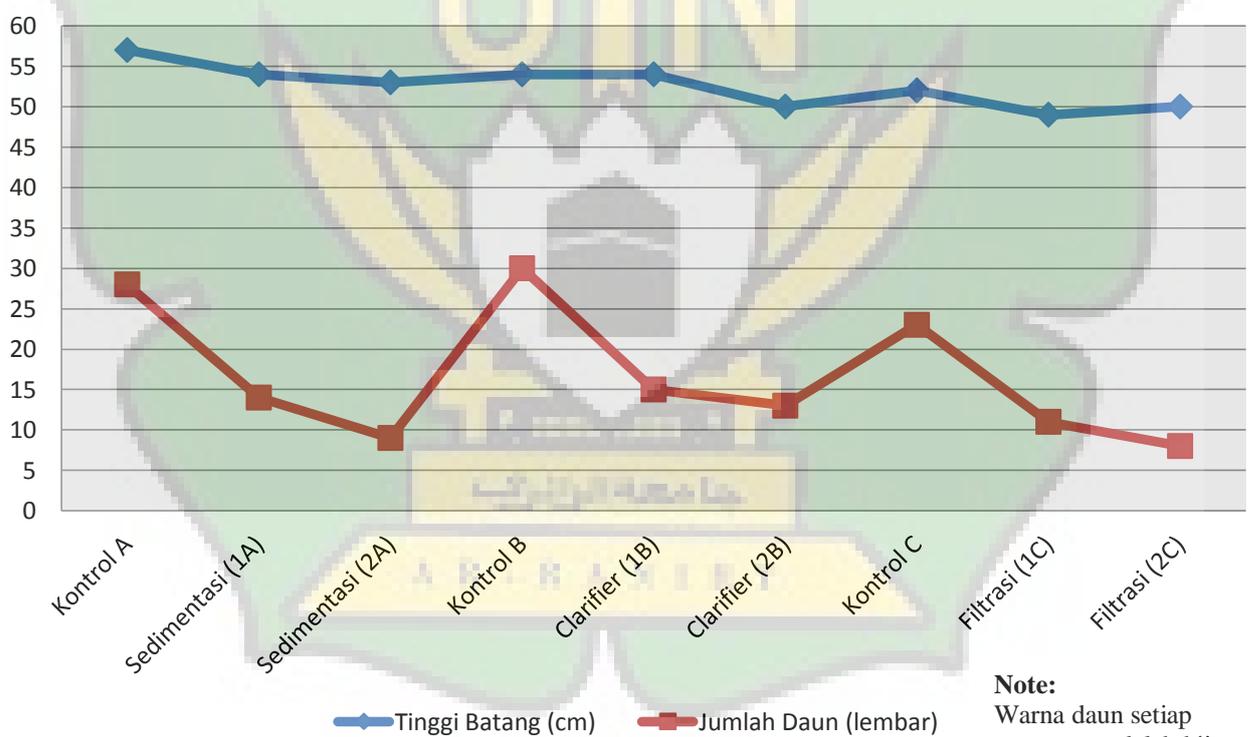


Pada minggu ke lima terjadi perubahan warna daun pada bagian bawah tanaman puring yang berwarna hijau menjadi kuning dan kecoklatan. Selanjutnya pada minggu ke enam terjadi kerontokan pada daun puring yang lepas dari batang tanaman, hal ini bertujuan agar tanaman dapat terus bertahan dan menjaga keseimbangan nutrisi pada tanaman dengan cara melepaskan bagian tanaman yang telah terakumulasi logam pencemar, dimana logam aluminium masuk kedalam bagian-bagian tanaman dengan bantuan xylem dan floem. (Suci dan Heddy, 2018).

Pada minggu ke enam tanaman mengalami penguguran daun, hal ini dikarenakan terjadinya perubahan anatomi dengan ciri daun mengering, berwarna kuning kecoklatan. Menurut Gogahu dan Siahaan (2016) mengatakan bahwa, kerusakan tersebut disebabkan oleh penyerapan logam oleh tumbuhan yang mampu membunuh jaringan dalam tumbuhan dalam waktu yang relatif lebih cepat. Kerusakan kronik ditunjukkan oleh menguningnya daun yang berlanjut dengan kecoklatan. Hal ini diduga karena diameter ukuran partikel logam relatif lebih kecil dari ukuran celah stomata yang menyebabkan partikel tersebut mudah masuk melewati stomata. Selanjutnya partikel logam aluminium terakumulasi didalam stomata sehingga mengganggu klorofil daun untuk menyerap cahaya dan berfotosintesis.

Tabel 4.6 Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 5 – 6

Parameter Pengamatan	Sampel Uji								
	Kontrol	Sedimentasi		Kontrol	Clarifier		Kontrol	Filtrasi	
	A	1A	2A	B	1B	2B	C	1C	2C
Warna daun	Hijau, kuning, coklat								
Jumlah daun (lembar)	28	14	9	30	15	13	23	11	8
Tinggi batang (cm)	57	54	53	54	54	50	52	49	50



Note:
Warna daun setiap parameter adalah hijau, kuning dan coklat

Grafik 2. Sampel Uji dan Parameter Pengamatan pada Tanaman Puring Minggu V-VI

4.5.3 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 7 – 8

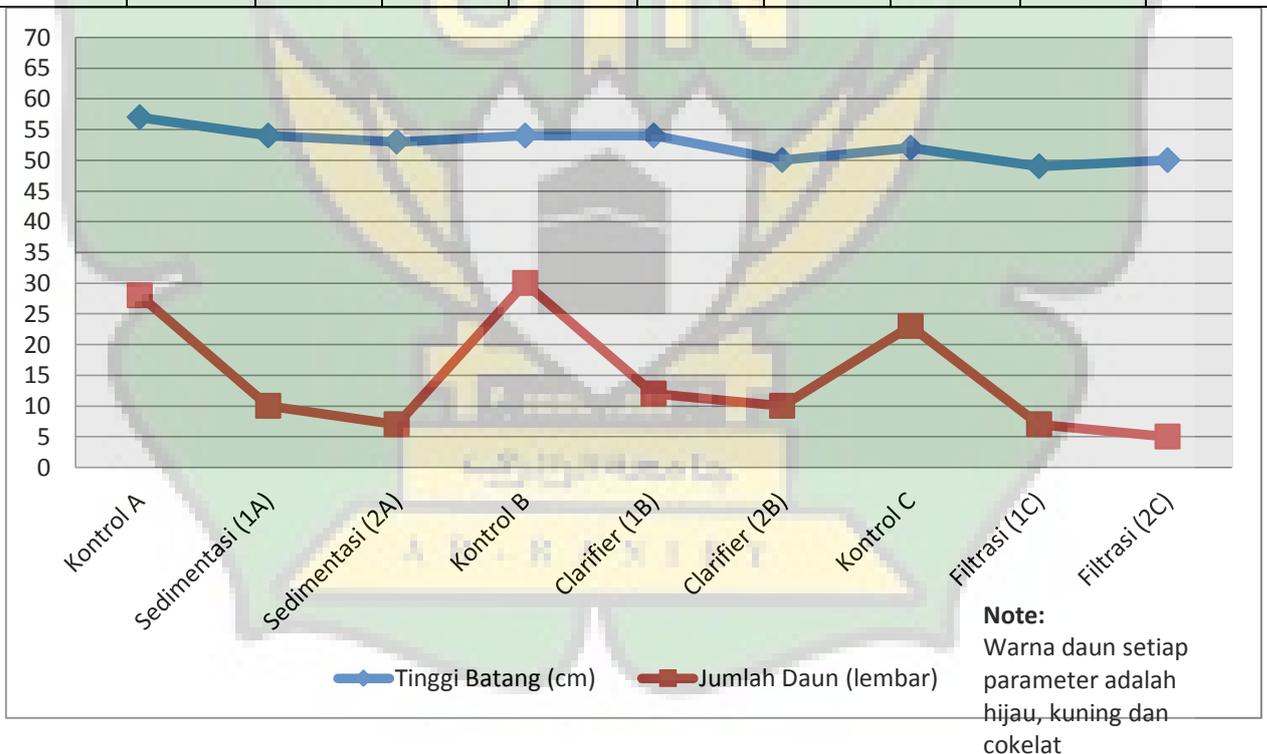
Dibawah ini merupakan tabel pengamatan tanaman puring yang terjadi pada 7 - 8 setelah 6 minggu penyerapan dan terjadi perubahan fisiologi tanaman sebagai berikut

Tabel 4.7 Pengamatan Tanaman Puring Minggu ke 7 - 8

No.	Nama Sampel	Gambar Pengamatan
1.	Sampel Sedimen pada bak Sedimentasi	
2.	Sampel Sedimen pada bak Clarifier	
3.	Sampel Sedimen pada bak Sedimentasi	

Tabel 4.8 Pengamatan dan Sampel Uji Tanaman Puring Minggu ke 7 dan 8

Parameter Pengamatan	Sampel Uji								
	Kontrol	Sedimentasi		Kontrol	Clarifier		Kontrol	Filtrasi	
	A	1A	2A	B	1B	2B	C	1C	2C
Warna daun	Hijau, kuning, coklat								
Jumlah daun (lembar)	28	10	7	30	12	10	23	7	5
Tinggi batang (cm)	57	54	53	54	54	50	52	49	50



Grafik 3. Sampel Uji dan Parameter Pengamatan Tanaman Puring Minggu VII-VIII

Pada minggu ke tujuh dan delapan, juga terjadi perubahan warna daun dan terjadi pelepasan daun yang jaun lebih banyak dari minggu sebelumnya. Pada perkembangan tanaman peningkatan intensitas cahaya dapat meningkatkan jumlah daun dan diameter batang, sebaliknya dapat menurunkan jumlah daun, lebar daun, panjang daun. Hal ini disebabkan terganggunya penyerapan nutrisi bagi tanaman yang diakibatkan stomata daun dan zat hijau daun ditutup oleh penumpukan logam aluminium pada daun sehingga penyerapan intensitas cahaya terganggu. Hal lain diduga terjadinya pengguguran pada daun disebabkan oleh kurangnya zat unsur hara pada sedimen sehingga keseimbangan nutrisi pada tanaman terganggu. Perubahan yang terjadi menyebabkan xylem dan floem tidak bisa berkerja dengan maksimal, Pengguguran daun dilakukan tanaman sebagai adaptasi untuk mencegah kehilangan air, membantu daur ulang zat-zat makanan dan mengurangi toksik yang terjadi pada tanaman (Amalia dan Ramadani, 2016).

Prinsip penyerapan logam Al oleh tanaman adalah semakin besar kandungan Al dalam media sedimen akan menyebabkan semakin besar pula logam Al yang diserap oleh tanaman, hal ini disebabkan adanya perbedaan kandungan Al antara media sedimen dan tanaman. Perbedaan kandungan ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan logam Al secara difusi dan osmosis, dimana massa zat pada media dengan kandungan yang tinggi akan berpindah ke media dengan kandungan yang rendah. Dengan adanya perpindahan kandungan maka akan terjadi penyerapan Al oleh tanaman (Muthmainnah & Suheryanto, 2015).

Setiap tanaman memiliki batas toleran terhadap logam yang dapat diserap oleh tanaman. Dari hasil pengujian toksisitas aluminium pada tanaman (Department of Environment, Water and Natural Resource, 2016), terdapat tanaman yang paling sensitif terhadap aluminium adalah tanaman Lucerne dan Canola dengan batas toleran sebesar < 2 mg/kg. Hal ini dapat

menjadi peranan penting batas ambang torelansi logam aluminium pada tanaman.

4.6 Hasil Analisis Aluminium (Al) Setelah Fitoremediasi

Sampel sedimen dari hasil penyerapan diambil sebanyak 300 gram, kemudian sampel sedimen dibawa ke laboratorium untuk pengujian logam aluminium setelah fitoremediasi selama 2 bulan (± 60 hari).



Gambar 4.5 Sampel Sedimen Setelah Fitoremediasi

Setelah penyerapan selama 60 hari (± 2 bulan), kadar Al didalam sampel sedimen PDAM mengalami penurunan, hasil dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.9 Kandungan Logam Aluminium Setelah Fitoremediasi

No.	Sampling	Konsentarsi Awal	Konsentrasi Akhir		Konsentrasi Akhir Rata - rata
			A	B	
1.	Sedimentasi	18,344 mg/kg	3,75 mg/kg	4,17 mg/kg	3,96 mg/kg
2.	Clarifier	14,027 mg/kg	4 mg/kg	6,62 mg/kg	5,31 mg/kg
3.	Filtrasi	11,636 mg/kg	5,99 mg/kg	8,39 mg/kg	7,19 mg/kg

Selanjutnya proses fitoremediasi, terjadi penurunan rata – rata kadar logam aluminium pada sedimen yaitu bak sedimentasi 3,96 mg/kg, bak clarifier 5,31 mg/kg, bak filtrasi 7,19 mg/kg. Hal ini memperlihatkan bahwa tanaman puring dapat mengurangi kandungan logam aluminium pada limbah tercemar sehingga tanaman puring yang merupakan tanaman hias tersebut dapat dikategorikan tanaman yang mampu mereduksi zat pencemar pada lingkungan tercemar.

4.7 Efisiensi penyerapan logam Aluminium (Al)

Efisiensi penyerapan oleh tanaman merupakan informasi selanjutnya yang menggambarkan kemampuan tanaman dalam menyerap logam Al. Efisiensi penyerapan logam Al oleh tanaman puring dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Efisiensi Penyerapan Logam Al

No. P	Sampling	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir Rata - rata	Efektivitas (%)
1.	Sedimentasi	18,344 mg/kg	3,96 mg/kg	78,4 %
2.	Clarifier	14,027 mg/kg	5,31 mg/kg	62,1 %
3.	Filtrasi	11,636 mg/kg	7,19 mg/kg	38,2 %

Tabel 4.7.1 terlihat bahwa efisiensi penyerapan logam Al pada tanaman puring bak sedimentasi dengan nilai 78,4%, bak clarifier dengan nilai 62,1 %, dan bak filtrasi dengan nilai 38,2 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman puring mempunyai kemampuan menyerap logam Al hal ini diduga tanaman puring gladiator merupakan jenis akar serabut dan memiliki volume akar yang banyak dan cabang-cabang akar yang panjang. Sehingga akar tanaman puring gladiator dapat menyebar secara menyeluruh di dalam sedimen untuk penyerapan logam aluminium.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar aluminium pada sampel sedimen buangan di bak sedimentasi sebesar 18.344 mg/kg, bak clarifier sebesar 14.027 mg/kg, dan bak filtrasi sebesar 1.636 mg/kg.
2. Efektivitas tanaman puring dalam menyerap logam aluminium di bak sedimentasi sebesar 74,4 %, bak clarifier sebesar 62,1 %, dan bak filtrasi sebesar 38.2 %.
3. Tanaman puring sebagai fitoremediator dalam menyerap logam aluminium mengalami perubahan anatomi pada minggu ke 5 sampai minggu 8 dengan ciri daun yang mengering dan perubahan warna menjadi kecoklatan serta gugurnya daun pada tanaman puring.

5.2 Saran

Saran yang dapat saya berikan setelah melakukan penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai anatomi tanaman puring dalam menyerap logam aluminium.
2. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya hendaknya menggunakan varian tanaman untuk mengetahui batas maksimum penyerapan dan analisa logam Al pada sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityosulindro, S. (2013). *Evaluasi Timbulan Lumpur dan Perancangan Sistem Pengolahan Lumpur (Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Air Minum Cibinong, Jawa Barat)*. Lingkungan Tropis, Vol. 7 No. 2.
- Amalia, P & Ramadhani, M. (2016). *Pengaruh Kualitas Cahaya Terhadap Kecepatan Fotosintesis*. Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Jember. Vol 5. No. 3.
- Arief, Muhtosim. 2005. *Pemasaran Jasa dan Kualitas Pelayanan*. Jakarta: Bayumedia Publishing.
- Artiyani, Anis. 2010. *Penurunan Kadar N-Total dan P-Total Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman Hydrilla Verticillata*. Vol. IX. No. 18.
- Az-zahra, S, dkk. (2014). *Karakteristik Kualitas Air Baku & Lumpur sebagai Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur IPA Badak Singa PDAM Tirtawening Kota Bandung*, Vol. 2 No. 2.
- Badan Standar Nasional. 1998. *SNI 06-6989.34-2005 Petunjuk Pengambilan Contoh Padatan*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standar Nasional. 2005. *SNI 19-0428-1998 Cara Uji Kadar Aluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Depok : Badan Standarisasi Nasional.
- Busran, Tania Pramadewidan Indah Rachmatiah. 2010. *Pengaruh Penambahan Logam Zn pada Serapan Logam Cu Oleh Tanaman Kiapu (Pistia Stratiotes L) Pada Air*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 16. No. 2
- Brown, B.F. 1995. *A Codiaeum encyclopedia: Crotons of the world*. Valkaria Tropical Garden, Valkaria, FL.
- Chandra, L dan Sitanggang, M. 2007. *Pesona Puring*. Jakarta:Agro Media Pustaka.
- Cheung, R. 2001. *Heavy Metal Poisoning Clinical Significance and Laboratory Investigation*. Asia Pasific Analyte Notes. B. D Indispensable to Human Health. Vol 7. No. 1 Hong Kong.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemarannya: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Pres. Jakarta.

Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat dan Hidrokarbon Akibat Kegiatan Industri. Diakses dari <http://plantphytoremediation.blogspot.co.id/>. Pada Tanggal 5 Februari 2018 Pukul 20.28.

Gogahu, Y., Ai, N., Siahaan, P. (2016). *Konsentrasi Klorofil pada Beberapa Varietas Tanaman Puring (Codiaeum variegatum L.)* Jurnal FMIPA Biologi UNSRAT. Vol. 5 No. 2 Hal 72-80.

Government of Australia. (2016). *Aluminium Soil Test Interpretation*. South Australia: Department of Environment, Water and Natural Resources.

Hafni, 2012. *Proses Pengolahan Air Bersih Pada PDAM Padang*. Jurnal Momentum. Vol.13 No.2.

Hardiani Henggar. 2009. *Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Vol. 44, No. 1.

Haryanti, D., & Budianta, D. (2013). *Potensi Beberapa Jenis Tanaman Hias sebagai Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah*.

Henny, R.j, L.S. Orbone & A.R. Chase. (2007). *Classification for Kingdom Plantae Down to Species Codiaeum variegatum (L.) Blume*. Plants Database Natural Resources Conservation Service, United States Departement of agriculture.

Hill Laboratories. 2010. *Aluminium Soil Test Interpretation*. New Zealand

Kurniawati L, Syamsiar HS dan Kurnia Ramadani. 2016. *Fitoremediasi Logam Kadmium (Cd) dari Asap Rokok Menggunakan Tanaman Puring (Codiaeum variegatum)*. Jurnal Al-Kimia. Vol. 4 No. 1

Mary, S dan Azikin. 2003. *Penanganan Lumpur Instalasi Pengolahan Air Somba Opu*. Sulawesi Selatan.

Muhammad, Y. F. 2010. *Unsur Hara Makro dan Mikro*. Jakarta.

Mulyani, Sri. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Murdhiani, T. Sabrina, dan Sumono. 2011. *Penurunan logam berat (Pb) pada kolam Biofiltrasi Air Irigasi dengan menggunakan Tanaman Air (Aquatic Plant)*. Jurnal Ilmu Pertanian KULTIVAR. Vol 5. No. 2.

- M. A. I. Shahrulakram , J. Johari. 2016. Water Storage Monitoring System with pH Sensor for Pharmaceutical Plants, IEEE 6th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET),
- Novitasari, Rani, Isna Apriani, dan Titin Anita Zahara. (2001) *Evaluasi Dan Optimalisasi Kinerja IPA I Pdam Kota Pontianak*, hal. 1–10.
- Nurul, Hidayati. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. Vol. 12. No. 1.
- PDAM Tirta Mountala. 2015. Laporan PDAM Tirta Mountala. Aceh Besar.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.16. (2005). *Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 tahun 2010 tentang *Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Purwati, Ni Putu Neni, Ketut Kirya, dan Wayan Bagia. 2014. *Analisis Kualitas Pelayanan pada Perusahaan Daerah Minum (PDAM) Kota Denpasar*. Jurusan Pendidikan Ekonomi Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja. Vol. 4. No. 1
- Puspitasari, Dinarjati Eka. 2009. *Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan Dalam Persepektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondoman Yogyakarta*. Mimbar Hukum. Vol. 21. No. 1.
- Quddus, Rt. 2014. *Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) yang Bersumber dari Sungai Musi*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Vol. 2. No. 4
- Ramadhan, R. 2016. *Analisis Peenyebaran Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air Tanah dan Aliran Sungai di Sekitar Industri Kerajinan Perak Kotagede Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi. Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia
- Rifky A., Faiqoturrifda, A.N. Shochib.(2014), Pengukuran Sensor pH Larutan Disimpan pada Kartu SD, Semarang :Politeknik Negeri Semarang
- Riyanto, A. 2007. *Peluang Bisnis Tanaman*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Rizkiana, Latifah, Sofyatuddin Karina, dan Nurfadillah. 2017. *Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh*. Jurnal Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. Vol. 2. No.1

Silitonga, R.R. (2007). *Puring eksotis*. Jakarta: PT Buana Ilmu Populer.

Suci, C.W., Heddy, S. (2018). *Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Keragaan Tanaman Puring (Codiaeum variegatum L)*. Jurnal Produksi Tanaman. Vol. 6 No. 1, hal 161-169.

Suryani, T.V. (2008). *Galeri Puring*. Jakarta: Penebar Swadaya.

U.S. Environmental Protection Agency. (2003). *Ecological Soil Screening Level for Aluminium*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency of Solid Waste and Emergency Response.

Viobeth, B, dkk. (2012). *Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) Menggunakan Tumbuhan Kiambang (Salvinia molesta)*. Jurnal Sains UNDIP.

Wibowo, Kusno dan Wage Komarawidjaja. (2012). *Uji Tanaman Talas (Colocasia Esculenta) sebagai Agen Fitoremediasi Air Sungai Cikapundung*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 13. No. 3

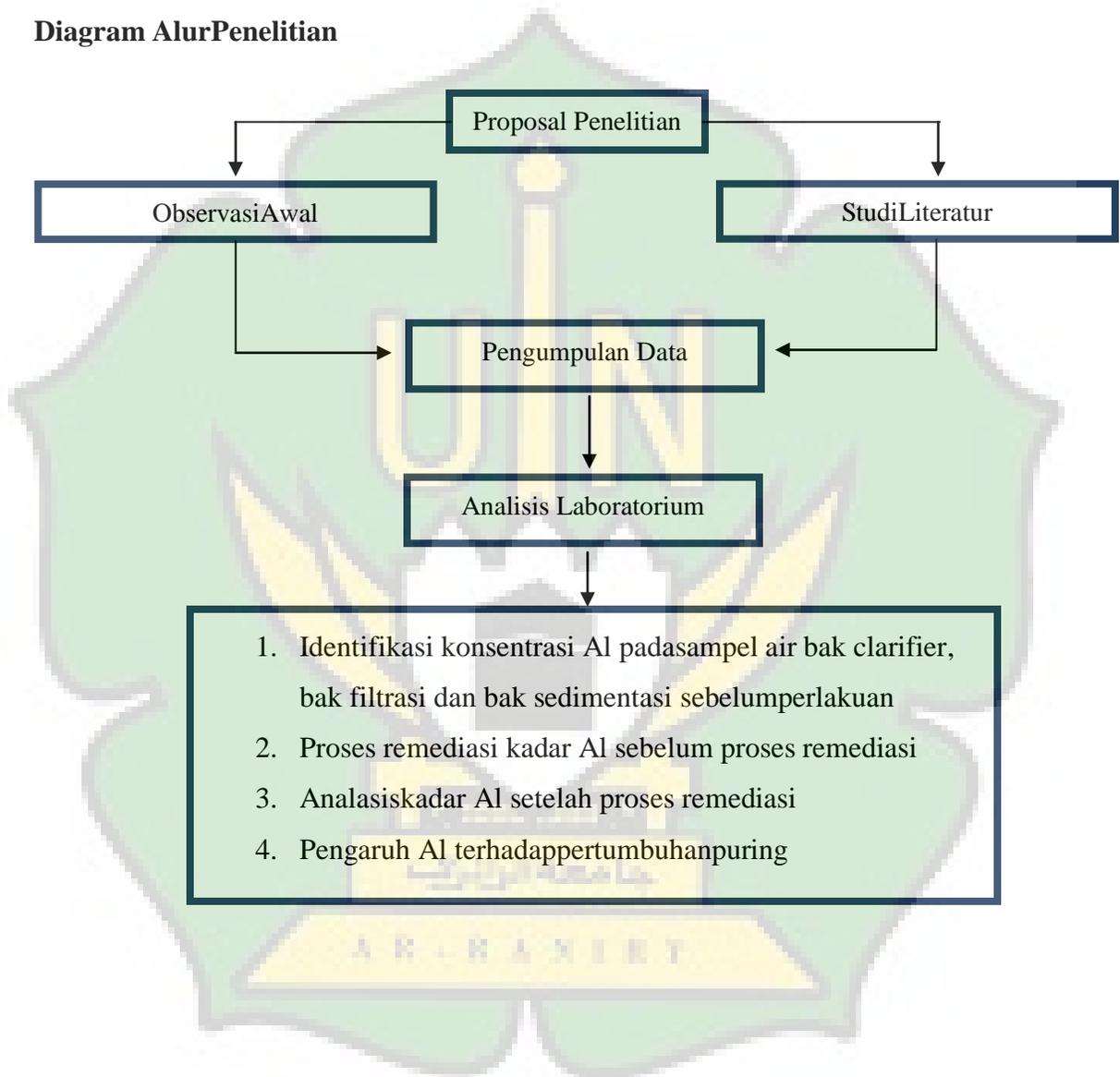
Wido, Indra Primadipta dan Harmin Sulistiyaning Titah. 2007. *Bioremediasi Lumpur Alum menggunakan Aspergillus niger dengan Penambahan Serbuk Gergaji sebagai Bulking Agent*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 6, No. 1.

LAMPIRAN A TABEL
Tabeltime schedule Penelitian

Kegiatan	Tahun 2018/2019																	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Jan-Feb	Mar-Apr	Mei-Jun	Juli-Agus	Sep-Okt	
PersiapanKegiatan																		
1. Pengumpulanmateridanba hanpendukung	■	■																
2. Penyusunan Proposal		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. Konsultasipembimbing		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PelaksanaanPenelitian																		
1. Pengumpulan data																		
• Identifikasikonsentrasi Alum padasampelbak sedimentasi, clarifier dan filtrasi sebelumperlakuan																		
• Proses remediasilarutan Aluminium terhadaptumbuhanpurin g																		
• AnalasiskadarAluminiu msetelah proses remediasi																		
• Pengaruh Al terhadappertumbuhanpu ring																		
2. Pengolahandananalisa data																		
3. Penyelesaian Penarikankesimpulan																		

LAMPIRAN B

Diagram Alur Penelitian



LAMPIRAN C DOKUMENTASI TUGAS AKHIR

1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen



Gambar 1. Bak sedimentasi dan bak filtrasi



Gambar 2. Bak clarifier

2. Proses Pengambilan Sampel Sedimen



Gambar 3. Proses pengambilan sampel sedimen



Gambar 4. Sampel sedimen sebelum fitoremediasi dan siap dilakukan pengujian di laboratorium BARISTAND

3. Proses Pindahan Tanaman Puring



Gambar 5. Proses penanaman tanaman puring ke media baru dengan sedimen



Gambar 5. Fitoremediasi sampel sedimen

4. Proses Pengambilan Sampel



Gambar 6. Proses pengambilan sampel sedimen setelah fitoremediasi



Gambar 7. Sampel sedimen setelah fitoremediasi dan dilakukan pengujian di laboratorium

5. Kondisi Tanaman Puring



Gambar 8. Kondisi tanaman puring setelah fitoremediasi

6. Pengecekan pH Sedimen Aluminium



Gambar 9. Pengecekan pH aluminium pada sedimen sebelum fitoremediasi



Gambar 10. Pengecekan pH sedimen setelah fitoremediasi



RIWAYAT HIDUP PENULIS

1. Nama : Ilhamullah
2. NIM : 140702025
3. Tempat / Tanggal Lahir : Banda Aceh / 1 Juni 1996
4. Jenis Kelamin : Laki - Laki
5. Agama : Islam
6. Kebangsaan / Suku : Indonesia / Aceh
7. Status Perkawinan : Belum Kawin
8. Alamat : Jl. Soekarno – Hatta, Desa Payaroh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar
9. Orang Tua/ wali :
 - a. Ayah : Ansari, S.H
 - b. Pekerjaan : Pensiunan
 - c. Ibu : Nurkhairah, S.Pd
 - d. Pekerjaan : Pensiunan
 - e. Alamat Orangtua : Jl. Soekarno – Hatta, Desa Payaroh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar
10. Riwayat Pendidikan :
 - a. SD : SDN 1 Lampenerut, Berijazah Tahun 2008
 - b. SMP : SMPN 1 Lampenerut, Berijazah Tahun 2011
 - c. SMA : SMAN 1 Lampenerut, Berijazah Tahun 2014
 - d. Perguruan Tinggi : Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 21 Juni 2019
Penulis,

Ilhamullah
NIM. 140702025