

**KOMBINASI FITOREMEDIASI TUMBUHAN *Echinodorus
palaefolius* DAN FILTRASI ARANG AKTIF DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH BINATU**

TUGAS AKHIR

ANDRE DAMARA

NIM. 160702073

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



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2021 M / 1441 H**

**KOMBINASI FITOREMEDIASI TUMBUHAN *Echinodorus palaefolius*
DAN FILTRASI ARANG AKTIF DALAM PENGOLAHAN LIMBAH
BINATU**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Sebagai Salah
Satu Persyaratan Tugas Akhir
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

**ANDRE DAMARA
NIM. 160702073**

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

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901


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

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Nur Aida, M. Si,
NIP. 198912132014031002

**KOMBINASI FITOREMEDIASI TUMBUHAN *Echinodorus palaefolius* DAN
FILTRASI ARANG AKTIF DALAM PENGOLAHAN LIMBAH BINATU**

TUGAS AKHIR


Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam
Ilmu Teknik Lingkungan


Pada Hari/Tanggal: Kamis /28 Januari 2021

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2013128901


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc,
NIP. 19830202 201503 1 002

Penguji I,

Penguji II,


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


Andian Aristia Anas, S.T., M.Sc
NIDN. 2022108701

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


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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andre Damara
NIM : 160702073
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Kombinasi Fitoremediasi Tumbuhan (*Echinodorus
palaefolius*) dan Filtrasi Arang Aktif dalam Pengolahan
Limbah Binatu

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya 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,



Andre Damara
NIM.160702073

ABSTRAK

Nama : Andre Damara
NIM : 160702073
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Kombinasi Fitoremediasi Tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan Filtrasi Arang Aktif dalam Pengolahan Limbah Binatu
Tanggal Sidang : 28 Januari 2021
Total Halaman : 66
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, S.T, M.Sc.
Kata Kunci : Fitoremediasi, Arang aktif, *Echinodorus palaefolius* Limbah Binatu.

Limbah binatu berasal dari hasil aktivitas manusia yaitu pencucian pakaian mengandung kontaminan yang dapat merusak lingkungan perairan jika dibuang langsung ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kombinasi efektivitas pengolahan limbah binatu menggunakan teknik fitoremediasi dengan filtrasi arang aktif. Analisis penentuan uji kualitas untuk melihat pengurangan pada masing-masing parameter. Persentase penurunan kadar COD pada reaktor fitoremediasi 90,64%, TSS 65,44% dan kekeruhan 53,30%. Sedangkan persentase penurunan kadar COD pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif sebesar 88,44%, TSS 28,79% dan kekeruhan 50,36%. Perlakuan paling efektif dalam menurunkan kadar pencemar adalah pada reaktor fitoremediasi dibandingkan dengan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif. Hasil analisis SPSS regresi linear sederhana pada kedua reaktor parameter pH dan COD memiliki nilai signifikansi berturut-turut < 0,005 sehingga ada pengaruh hari terhadap pH dan COD. Sedangkan TSS dan kekeruhan menunjukkan nilai signifikansi > probabilitas 0,005 sehingga tidak ada pengaruh hari terhadap TSS dan kekeruhan. Reaktor fitoremediasi mampu menurunkan kadar pencemar yang optimal pada hari ke-6. Sedangkan untuk reaktor fitoremediasi dengan tambahan filtrasi arang aktif mampu menurunkan kadar pencemar yang optimal pada hari ke-3.

ABSTRACT

Name : Andre Damara
Student ID Number : 160702073
Department : Enviromental Engineering
Title : Combination Phytoremediation Plant (*Echinodorus Palaefolius*) and Filtration of Activated Charcoal to Treatment Laundry Waste
Date of Session : 28 January 2021
Total Page : 66
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Advisor II : Teuku Muhammad Ashari, S.T, M.Sc.
Keywords : Phytoremediation, Activated Charcoal, Effectiveness, Laundry Waste.

Laundry waste comes from the consequences of human exercises, to be specific washing garments containing toxins that can harm the amphibian climate whenever unloaded straightforwardly into the waterway. This investigation means to take a gander at the mix of adequacy of clothing waste treatment utilizing phytomediation strategies with actuated charcoal filtration. Examination of value test assurance to see the decrease in every boundary. Cod rate decline in phytomediation reactors 90.64%, TSS 65.44% and turbidity 53.30%. While the rate decline in COD levels in initiated charcoal filtration phytomediation reactors by 88.44%, TSS 28.79% and turbidity 50.36%. The best treatment in bringing down toxins is in phytomediation reactors contrasted with dynamic charcoal filtration phytomediation reactors. The consequence of basic direct relapse SPSS investigation on both pH and COD boundary reactors has an implication estimation of $0.005 <$ so that there is a day impact on pH and COD. While TSS and turbidity show $>$ estimation of 0.005 likelihood so that there is no impact of the day on TSS and turbidity. The phytomediation reactor can bring down the ideal degree of poisons on day 6. Concerning phytomediation reactors with extra initiated charcoal filtration can bring down the degrees of ideal foreign substances on day 3.

KATA PENGANTAR

Bismillah dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, tuhan yang Maha Esa, Pencipta alam semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-Nya, tidak lupa juga shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, rasul seluruh umat manusia.

Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun proposal tugas akhir **“Fitoremediasi Tumbuhan (*Echinodorus palaefolius*) dan Filtrasi Arang Aktif dalam Pengolahan Limbah Binatu”** Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan dengan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan proposal tugas akhir ini, untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yaitu Ayahanda Ir. Jufrizal Syah dan Ibunda Ir. Syarifah Fairus yang tanpa Lelah mendukung dan memberi doa bagi penulis agar dapat menjalani kehidupan menjadi pribadi yang lebih baik.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Ibu Yeggi Darnas M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan.
5. Ibu Eriawati, S.Pd., M.Pd, selaku Pembimbing Akademik yang telah berkenan mengarahkan dan membimbing saya.
6. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.
7. Bapak Teuku Muhammad Ashari S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap masalah dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.
8. Bapak Aulia Rohendi M.Sc. selaku Dosen Penguji I Sidang yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi dalam permasalahan yang ada pada Tugas Akhir.

9. Bapak Andian Aristia Anas S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II Sidang yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi dalam permasalahan yang ada pada Tugas Akhir.
10. Ibu Idariani yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
11. Ibu Nurul Huda S.Pd, yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian dan administrasi.
12. Seluruh dosen-dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memotivasi dan mengajarkan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dari awal sampai akhir.
13. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
14. Satrio Budiyanto, M. Arief Alfonso, Andreansyah, Teuku Syah Keumala, Ricki Ardiansyah, Kaisar Hidayat dan seluruh teman-teman Teknik Lingkungan khususnya angkatan tahun 2016.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi orang banyak. Penulis sadar bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan. Oleh sebab itu penulis menerima saran dan kritikan yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata saya sebagai penulis sampaikan terimakasih.

Banda Aceh, 28 Januari 2021

AR - RANIRY Penulis,

Andre Damara

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama-tama puji syukur saya panjatkan pada Allah SWT atas terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

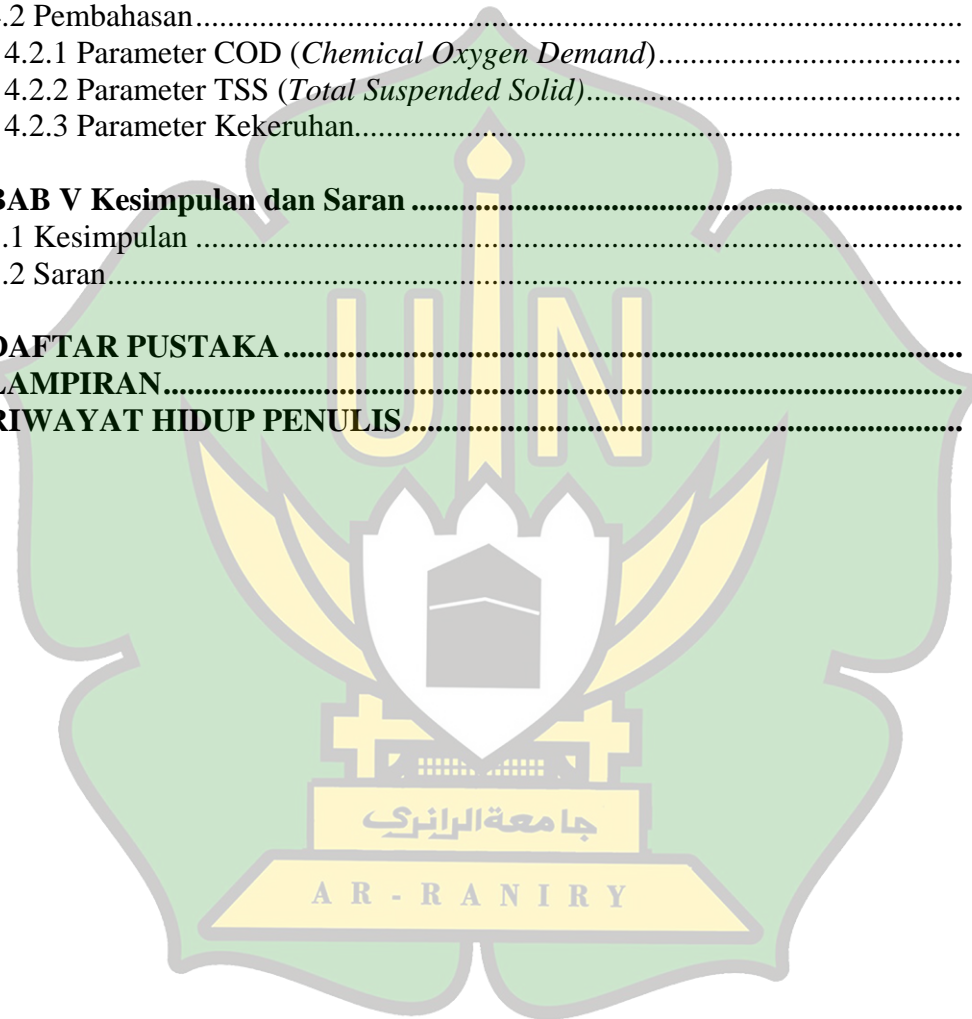
1. Mama dan Bapak yang telah memberikan dukungan dan doa terhadap penulisan proposal tugas akhir.
2. Tasya Amalia yang telah banyak membantu dan mensupport selama proses penulisan Tugas Akhir.
3. Sahabat saya Satrio Budi Yanto, M. Arief Alfonso, Teuku Syahkumala, Kaisar Hidayat, Andreansyah, Hari Khairuzaman, Khairunnisa, Ricki, dan Mirza yang telah memberikan waktunya dan membantu penulisan proposal ini.
4. Seluruh teman-teman Angkatan 2016 yang telah berjuang bersama-sama dan mengisi hari dengan cerita selama waktu perkuliahan ini.
5. Senior dari angkatan atas yang telah membantu memberikan arahan dan bantuan dalam penulisan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, yang tidak dapat disebut namanya satu persatu.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Limbah Cair	4
2.2 Karakteristik Limbah Cair.....	4
2.3 Air Limbah Binatu	5
2.4 Standar Baku Mutu Limbah Domestik Tersendiri.....	7
2.5 <i>Echinodorus Palaefolius</i>	8
2.6 Arang Aktif	9
2.7 Hidroponik Rakit Apung.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Tahapan Penelitian	11
3.2 Tanaman.....	13
3.3 Bahan Eksperimen	13
3.4 Lokasi Pengambilan Sampel.....	16
3.5 Teknik Pengambilan Sampel	17
3.6 Tahap Persiapan	17
3.6.1 Persiapan Reaktor Fitoremediasi	17
3.6.2 Persiapan Reaktor Fitoremediasi Filtrasi Arang Aktif.....	17
3.6.3 Aklimatisasi	18
3.7 Eksperimen.....	19
3.7.1 Tahapan Pra-Eksperimen.....	19
3.7.2 Tahapan Eksperimen	19
3.8 Pencuplikan Sampel	20
3.9 Pengukuran.....	21
3.9.1 Pengujian pH	21
3.9.2 Pengujian COD.....	21

3.9.3 Pengujian TSS	22
3.9.4 Pengujian Kekeruhan.....	22
3.9.5 Persamaan Perbandingan Efektivitas.....	23
3.9.6 Persamaan Laju Degradasi	23
3.9.7 Analisis Data.....	23
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....	25
4.1 Hasil Eksperimen	25
4.2 Pembahasan.....	28
4.2.1 Parameter COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	29
4.2.2 Parameter TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	31
4.2.3 Parameter Kekeruhan.....	33
BAB V Kesimpulan dan Saran	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	43
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	66



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tumbuhan <i>Echinodorus Palaefolius</i>	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3.2	<i>Echinodorus Palaefolius</i>	13
Gambar 3.3	Informasi Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	16
Gambar 3.4	Pengambilan sampel limbah binatu.....	17
Gambar 3.5	Reaktor Fitoremediasi	18
Gambar 3.6	Reaktor Fitoremediasi Filtrasi Arang Aktif	18
Gambar 3.7	Proses Aklimatisasi	19
Gambar 3.8	Pencuplikan Sampel	21
Gambar 4.1	Grafik penerunan pH terhadap waktu	27
Gambar 4.2	Grafik penerunan COD terhadap waktu	27
Gambar 4.3	Grafik penerunan TSS terhadap waktu	27
Gambar 4.4	Grafik penerunan kekeruhan terhadap waktu	28
Gambar 4.5	Grafik persentase penurunan COD terhadap konsentrasi awal terhadap waktu	30
Gambar 4.6	Grafik laju degradasi parameter COD per-hari	31
Gambar 4.7	Grafik persentase penurunan TSS terhadap konsentrasi awal terhadap waktu	32
Gambar 4.8	Grafik laju degradasi parameter TSS per-hari.....	33
Gambar 4.9	Grafik persentase penurunan Kekeruhan terhadap konsentrasi awal terhadap waktu	34
Gambar 4.10	Grafik laju degradasi parameter kekeruhan per-hari.....	34
Gambar 4.11	Perbandingan fisik sampel awal dan akhir	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri.....	7
Tabel 3.1 Bahan yang digunakan untuk uji sampel pH	14
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan untuk uji sampel COD.....	14
Tabel 3.3 Bahan yang digunakan untuk uji sampel TSS	16
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter pada reaktor fitoremediasi (RF) dan Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)	25
Tabel 4.2 Menunjukkan hasil efektivitas penurunan (%), persentase terhadap nilai sebelumnya dan laju degradasi (mg/L.hari).....	26
Tabel 4.3 Persentase perbandingan efektivitas reaktor fitoremediasi (RF) dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA) penurunan selama 12 hari.....	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Tahapan Persiapan Reaktor dan Pengujian	43
Lampiran 2. Perhitungan parameter.....	50
Lampiran 3. Metode Pengujian Parameter Limbah	53
Lampiran 4. Analisis SPSS Regresi Linear Sederhana.....	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negara berkembang pada umumnya menghasilkan sekitar 85% limbah pencemar yang akhirnya akan dibuang pada badan air (Pramita, 2020). Limbah cair yang dihasilkan oleh manusia akan menyebabkan gangguan pada lingkungan (Amri, 2015). Pembuangan limbah secara langsung ke badan air dengan tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan permasalahan kesehatan pada manusia, mengganggu biota perairan, serta mengurangi nilai estetika pada badan air, permasalahan lainnya adalah limbah cair domestik yang berasal dari hasil pencucian yaitu *laundry* atau binatu (Made, 2013). Terdapat banyak metode yang digunakan dalam menurunkan kadar surfaktan, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Power of Hydrogen* (pH) dalam limbah binatu, antara lain biosand filter, fitoremediasi, dan adsorpsi (Adiastuti, 2018).

Beberapa teknik pengolahan limbah domestik telah diusulkan, baik dengan proses fisika, kimia, dan biologi (Masqudi, 2004 dan Made, 2013). Salah satu metode yang dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir ini adalah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk meremediasi air atau tanah yang telah terkontaminasi oleh polutan. Teknik fitoremediasi pada saat ini berkembang pesat dan menjadi pusat perhatian peneliti dan inovator dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dikarenakan teknik ini telah dianggap sebagai metode yang relatif mudah dan murah dibandingkan dengan metode-metode lainnya (Rondonuwu, 2014). Dalam penerapannya, fitoremediasi membutuhkan tanaman-tanaman yang mampu bertahan pada lingkungan tertentu dan efektif dalam mereduksi atau menghilangkan polutan yang ditargetkan (Hamdan, dkk, 2019).

Melati air (*Echinodorus palaefolius*) adalah tanaman yang dianggap potensial dalam fitoremediasi karena letak akarnya pada dasar perairan, serta mempunyai reproduksi yang fleksibel. Selain itu, tanaman ini memiliki nilai estetika (Riyanti, 2019) dibandingkan dengan tanaman fitoremediasi yang lain. Made (2013) telah

melakukan investigasi terhadap kemampuan tanaman ini dalam mereduksi TSS sebesar 85,57%. Investigasi lainnya menyebutkan melati air optimal menurunkan TSS sebesar 90% (Mayangriani, 2005). Penelitian lanjutan oleh Fauzi (2006) menjelaskan pada hari ke-12 tumbuhan *Echinodorus palaefolius* paling efektif dalam mereduksi kontaminan.

Pada beberapa kasus fitoremediasi perlu diberikan perlakuan tertentu agar efektivitas dan efisiensi prosesnya lebih optimal. Menurut Hartanto (2010), proses fitoremediasi dapat dipercepat dengan penambahan filtrasi arang aktif. Sejauh ini, arang aktif diketahui sebagai adsorben yang sangat efektif. Pola struktur arang aktif berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam sehingga memiliki daya serap yang lebih tinggi. Salah satu faktor arang aktif menjadi efisien ketika luas permukaannya semakin besar sehingga rongga arang aktif semakin besar. Berdasarkan penelitian Riyanti (2019) efektivitas teknik fitoremediasi dalam mereduksi kandungan pH awal berkisaran pH 10 menjadi pH 6,5-7 dan efisiensi penurunan COD mencapai 94%.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka diperlukan suatu investigasi terkait efektivitas fitoremediasi dengan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dengan tambahan tahapan filtrasi dengan media arang aktif untuk mereduksi pH, COD, TSS, dan turbiditas (kekeruhan) dalam pengolahan limbah biantu. Pertanyaan yang akan dijawab pada penelitian ini adalah bagaimanakah efektivitas melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan filtrasi arang aktif dalam pengolahan limbah binatu berdasarkan parameter pH, COD, TSS dan kekeruhan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas fitoremediasi tumbuhan melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan filtrasi arang aktif dalam pengolahan limbah binatu berdasarkan parameter pH, COD, TSS dan kekeruhan.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian dapat menambah ilmu pengetahuan tentang pengaruh kombinasi tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dan filtrasi arang aktif dalam mengolah air limbah binatu dengan parameter pH, COD, TSS, dan kekeruhan.
2. Penelitian ini dapat memberikan informasi dan edukasi kepada masyarakat tentang manfaat tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dengan kombinasi filtrasi arang aktif dalam pengurangan pH, COD, TSS, dan kekeruhan pada air dengan murah, mudah dan ramah lingkungan.
3. Pemerintah dapat mengimplementasikan secara luas pemanfaat tumbuhan *Echinodorus palaefolius* dengan kombinasi filtrasi arang aktif dalam mendegradasi polutan pada perairan.

1.5. Batasan Penelitian

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik tersendiri harus memenuhi parameter yang telah diatur yaitu COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, amoniak, total coliform, dan debit. Namun pada penelitian ini kajian hanya difokuskan pada penurunan dan pengamatan parameter COD, TSS, selain dari parameter tersebut ditambah parameter kekeruhan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

Limbah cair merupakan buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari seperti kegiatan jasa misalnya binatu, rumah makan, rumah sakit, *doorsmeer* dan proses-proses produksi contohnya industri pertanian, tekstil, kertas maupun kegiatan rumah tangga yang menghasilkan limbah domestik yang merusak lingkungan (Amri, 2015). Limbah cair merupakan salah satu bentuk limbah yang umumnya dihasilkan oleh industri yang dalam prosesnya banyak menggunakan air. Limbah cair yang dihasilkan dapat menjadi sumber pencemar lingkungan tergantung jumlah, jenis, dan kualitas dari bahan pencemaran yang dikandungnya, baik bersifat fisik, kimia, maupun biologi serta kualitas dan kuantitas lingkungan sebagai penerima (Ginting, 1995). Sifat dan keadaan limbah cair tergantung atas macam bahan yang terkandung di dalamnya. Hal ini berhubungan erat dengan asal limbah cair tersebut, yaitu sumber kegiatannya. Macam-macam bahan yang terkandung dalam limbah cair terdapat dalam bentuk larut dan tersuspensi. (Kasmidjo, 1991).

2.2. Karakteristik Limbah Cair

Air limbah memiliki karakteristik yang berbeda-beda karena dihasilkan dari berbagai sumber. Karakteristik air limbah secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu (Halim, 2014).

a. Karakteristik Fisika Air

1. Bau, munculnya bau dipengaruhi oleh terurainya zat-zat organik didalam limbah, sehingga mengeluarkan gas-gas amoniak dan mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap. Selain itu bau tersebut dapat dipengaruhi oleh udara yang ditimbulkan pada proses dekomposisi.
2. Warna, air bersih pada dasarnya tidak berwarna. Zat warna tersebut diakibatkan karena adanya ion-ion logam, besi, plankton dan buangan industri (Halim, 2014)

3. *Total Suspended Solid (TSS)*, ialah padatan penyebab terjadinya kekeruhan di air, tidak dapat langsung mengendap dan tidak terlarut, ukuran partikel-partikelnya lebih kecil dari sedimen.
4. Kekeruhan, ditimbulkan dari zat padat tersuspensi, baik bersifat anorganik maupun organik yang terurai dan mengapung diperairan. Kekeruhan dapat dipengaruhi oleh zat-zat organik, lumpur, tanah, jasad renik maupun benda yang mengapung didalam air, sehingga efek yang terjadi dari kekeruhan yaitu dapat menghambat masuknya cahaya ke badan air.

b. Karakteristik Kimia

1. Bahan organik secara umum berasal dari kombinasi karbon, oksigen dan hidrogen. Elemen lainnya yang dapat dijumpai berupa belerang, besi dan fosfor. Semakin lama jenis dan jumlah bahan organik semakin banyak, dengan adanya hal ini maka akan sulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diurai oleh mikroorganisme (Halim, 2014).
2. Bahan Anorganik secara umum dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau air limbah. Bahan-bahan anorganik meliputi klorida, logam berat, sulfur, zat beracun, fosfor, gas dan nitrogen (Halim, 2014).

c. Karakteristik Biologis

Air limbah domestik mempunyai sifat biologis yang mempengaruhi kualitas air maka perlu dilakukan pengukurang tingkat pencemar sebelum dibuang ke badan air. Kandungan mikroorganisme dalam kandungan air limbah merupakan parameter yang sering digunakan. Mikroorganisme yang berfungsi pada proses penguraian bahan-bahan organik dalam air limbah domestik ialah protozoa, hewan renik, jamur dan algae (Halim, 2014).

2.3. Air Limbah Binatu

Kegiatan jasa pencucian pakaian (Binatu) banyak menggunakan deterjen sebagai bahan pembersih, karena memiliki kelebihan dalam menghilangkan kotoran atau noda. Zat utama yang terkandung didalam **deterjen** adalah *sodium tripolifosfat* yang berfungsi sebagai surfaktan dan **builder** (Apriyani, 2017). Salah satu limbah cair adalah detergen adalah produk konsumen yang pemakaiannya akan

dibuang sebagai limbah domestik. Sebagai pengganti sabun, detergen telah dianggap sebagai kontributor utama polusi air. Sebagai contoh, formulasi detergen mengandung surfaktan nonbiodegradable. Air limbah detergen termasuk polutan atau zat yang mencemari lingkungan karena didalamnya terdapat zat yang disebut ABS (*Alkyl Benzene Sulphonate*). Detergen tersebut umumnya nonbiodegradable. Surfaktan sebagai komponen utama detergen memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi alam (Widiyani, 2010). Limbah binatu yang dibuang tanpa proses pengolahan, selain mengandung deterjen juga mengandung pemutih, pewangi dan pelembut yang sulit untuk didegradasi sehingga berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan (Siswardani dkk, 2016). Bahan penyusun deterjen dikelompokkan menjadi empat, yaitu: *builder*, *bleaching agent*, surfaktan dan *additives* (Apriyani, 2017).

Surface active agent atau surfaktan memiliki fungsi sebagai penghilang dan pembersih noda serta kotoran pada pakaian. Hal ini dikarenakan surfaktan memiliki ujung hidrofobik dan hidrofilik. Surfaktan terdiri atas empat macam yaitu kationik, nonionik, anionik dan amfoterik. Dalam proses pencucian pakaian yang di gunakan ialah surfaktan anionik, karena proses pembuatannya mudah dan harganya relatif murah. *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS) dan *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) ialah surfaktan yang biasanya digunakan, namun ABS merupakan senyawa yang menimbulkan racun dan tidak bisa di urai oleh pengurai biologis sehingga menyebabkan pencemaran bagi biota air (Apriyani, 2017). *Builder* memiliki fungsi dalam meningkatkan efisiensi pencuci dengan cara menghilangkan mineral penyebab terjadinya kesadahan pada air dan *additive* atau zat tambahan memiliki fungsi agar produk yang dihasilkan menjadi lebih menarik, yaitu dengan adanya tambahan anti bakteri, pemutih, pewangi, serta pewarna (Sholichah dkk., 2013). Pemakaian deterjen pada kegiatan mencuci pakaian (binatu) akan menghasilkan limbah berupa air bekas cucian yang merupakan salah satu pemicu terjadinya kerusakan lingkungan, karena didalamnya mengandung *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) yang sulit diurai oleh mikroorganisme serta pembuangan limbah yang dilakukan secara terus-menerus dan dialirkan ke selokan atau badan air, akan berakibat buruk terhadap organisme (Haderiah dan Dewi, 2015)

2.4. Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri

Standar baku mutu air limbah domestik tercantum pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 mengenai baku mutu air limbah domestik tersendiri pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Kekeruhan	NTU	-

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.P. 68 tahun 2016.

Menurut Fauzi (2006) ada beberapa metode fitoremediasi, yaitu:

1. Fitodegradasi

Suatu proses terdapat kontaminan diurai lalu diserap oleh tanaman melalui suatu proses metabolisme atau kontaminan tersebut diurai oleh tanaman melalui suatu pengaruh produksi senyawa tertentu.

2. Rhizofiltrasi

Merupakan suatu proses pada akar tanaman menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi senyawa kimia pada air limbah.

3. Fitostabilisasi

Sesuatu proses dalam tumbuhan yang dapat memproses stabilisasi terhadap sesuatu senyawa kimia.

4. Fitovolatilisasi

Penyerapan kontaminan pada tanaman dilakukan melalui transpirasi dan dikeluarkan, serta partikel kontaminan mengalami pengurangan sebelum dikeluarkan oleh daun.

5. Fitoekstraksi

Bagian akar pada tumbuhan dapat menyerap kontaminan dan ditranslokasikan ke bagian atas tumbuhan bagian daun ataupun batang. Menurut laporan Rahmawati (2016) kontaminan masuk ke dalam tumbuhan melalui proses fitostabilisasi yaitu kontaminan naik menuju zona akar disebabkan oleh proses transpirasi tumbuhan.

Naiknya kontaminan ke zona akar tersebut akan terakumulasi dan tidak dapat bergerak atau imobilisasi, kemudian dilanjutkan dengan proses fitoekstraksi yaitu proses penyerapan kontaminan dari medium tumbuhnya lalu didistribusikan ke dalam berbagai organ tumbuhan (translokasi). Proses penyerapan berlangsung sejalan dengan aliran transpirasi. Proses terakhir yaitu **fitodegradasi**, kontaminan yang masuk ke dalam jaringan tubuh *Echinodorus Palaefolius* akan digunakan untuk proses metabolisme tumbuhan.

2.5. *Echinodorus palaefolius*

Echinodorus palaefolius merupakan tumbuhan dari suku *Alismataceae* dan bangsa *Alismateles*. *Echinodorus* merupakan tanaman air yang berasal dari Uruguay, Brazil, Meksiko, dan Peru. Melati air memiliki bunga yang kelopaknya tipis, berwarna putih, dan terdapat benang sari kuning pada tengah bunga. Melati air hampir sama dengan melati biasa. Melati air berbunga setiap musim, dan tidak perlu perlakuan yang berlebihan karena tumbuhan melati air mudah untuk tumbuh pada lingkungan. Daun melati air agak kaku, permukaan dan bagian bawah daun ditumbuhi bulu-bulu yang kasar. Kelemahan melati air adalah tidak dapat terkena cahaya matahari secara terus-menerus (Kusuma, 2011). Tumbuhan akuatik melati air mempunyai sistem reproduksi yang fleksibel dan akar yang tumbuh pada dasar air. Tumbuhan ini dapat digunakan pada fitoremediasi karena dapat menurunkan kadar nutrisi (eutrofikasi) pada perairan (Caroline, 2015). Tumbuhan *Echinodorus Palaefolius* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Tumbuhan *Echinodorus Palaefolius*.
Sumber: Baroroh (2016)

2.6. Arang Aktif

Arang Aktif termasuk salah satu karbon aktif yang berasal dari arang batok kelapa yang telah diaktivasi, dalam arang aktif terdapat karbon amorf yang tersusun oleh datar oleh atom C yang kovalen yang berbentuk heksagonal datar dengan satu atom C yang setiap sudut permukaannya berukuran 300 m²/g hingga 3500 m²/g serta ukuran ini berhubungan pada struktur pori internal yang bersifat sebagai adsorben (penyerap). Perlakuan terhadap arang bertujuan untuk memperluas pori-pori arang aktif dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul permukaan yang mengakibatkan arang aktif mengalami perubahan sifat, secara kimia maupun fisika yaitu proses aktivasi arang aktif, semakin luas permukaan arang aktif maka semakin besar pengikatan daya adsorpsi arang aktif. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan furnaces dipanaskan pada suhu 750°C selama 180 menit. Sedangkan aktivasi secara kimia menggunakan bahan kimia seperti HCl, NaOH, KOH, dan ZnCl₂ sebagai zat aktivator direndam selama 1 hari untuk menghilangkan partikel-partikel asing pada arang aktif. Aktivasi secara fisika-kimia merupakan penggabungan proses dalam pembuatan arang aktif (Meisrilestari, 2013). Arang aktif juga berguna untuk menghilangkan warna dan bau pada pengolahan air, industri minuman, industri gula, serta penghilangan gas beracun, sulfur, serta sebagai katalisator dan penghilang bau pada pemurnian gas (Hartanto, 2010).

2.7. Hidroponik Rakit Apung

Disebutkan dalam Adinata (2020), Hidroponik rakit apung atau yang disebut dengan *water culture* merupakan sistem hidroponik yang sederhana. Sesuai dengan namanya, rakit apung menempatkan tanaman terapung di atas cairan nutrisi sehingga akar tanaman dapat terus mendapatkan nutrisi. Penggunaan aerator untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium berfungsi agar kadar oksigen tetap terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik (Putri, 2017). Kadar oksigen yang berada dalam larutan harus senantiasa terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik, di dalam larutan nutrisi dapat diletakkan aerator yang biasa digunakan untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium (Adinata, 2020). Menurut

Hibatullah, (2005) hidroponik rakit apung bisa menggunakan sistem *batch*, proses *batch* merupakan sebuah proses **dimana** semua reaktan dimasukkan bersama-sama pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Proses ini, semua reagen ditambahkan **diawal** proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung.



BAB III

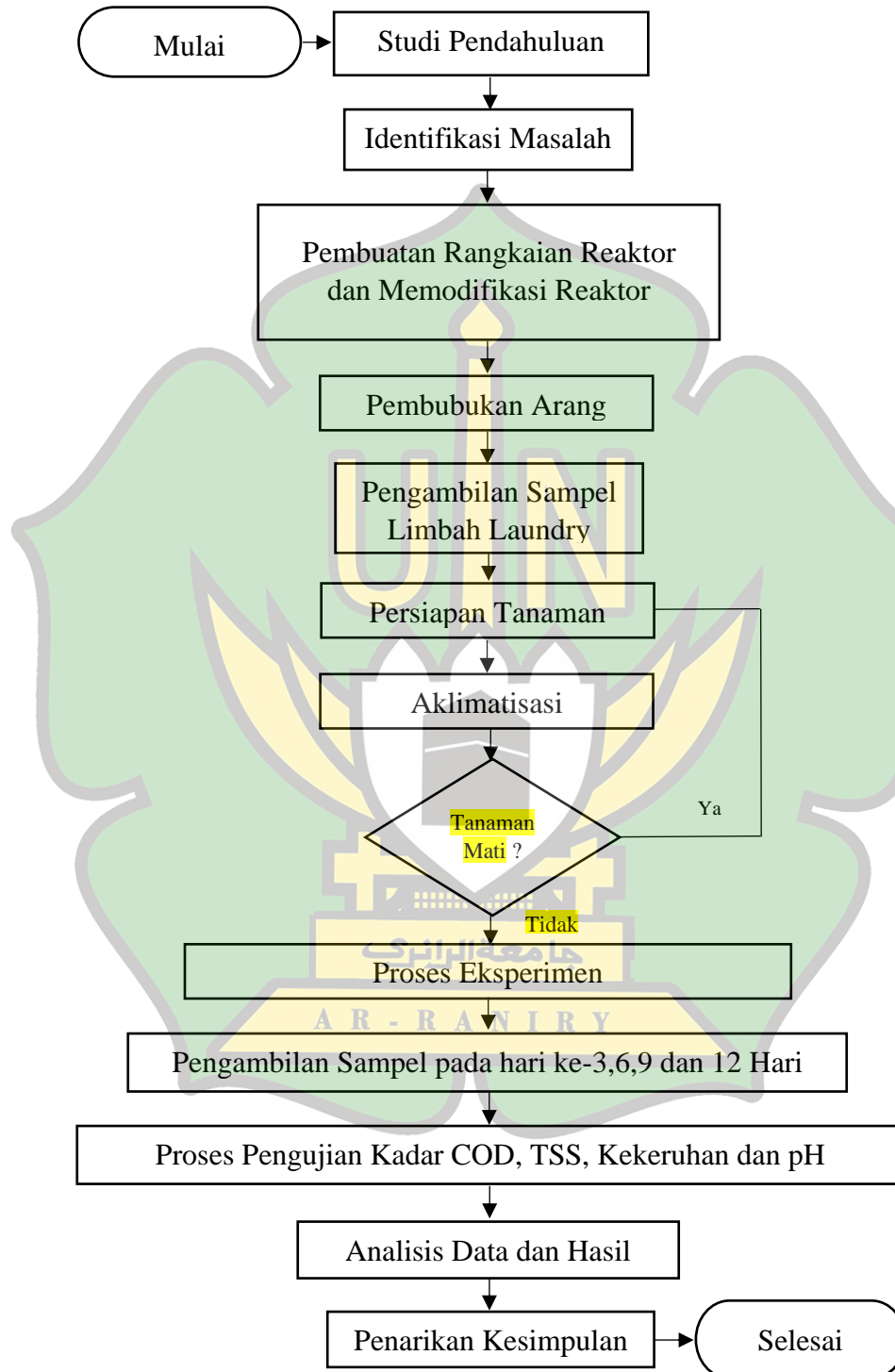
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan alur pada penelitian adalah sebagai berikut ini:

1. Tahapan studi pendahuluan pada penelitian ini menggunakan literatur jurnal, skripsi, tesis, dan buku.
2. Tahapan identifikasi masalah pada penelitian untuk menentukan permasalahan apa saja yang akan di ukur dan di uji.
3. Tahapan pembuatan rangkaian reaktor *Net pot* yaitu dilakukan penyiapan reaktor dan modifikasi rangkaian reaktor.
4. Tahapan pembubukan arang aktif yaitu pembubukan arang aktif hingga mencapai ukuran yang dipakai (Rozi, 2014).
5. Pengambilan sampel limbah binatu dan pengujian sampel awal.
6. Tahapan persiapan tanaman yaitu disiapkan tanaman sebanyak 16 tanaman *Echinodorus Palaefolius* (Made, 2013).
7. Tahapan aklimatisasi tanaman bertujuan untuk penyesuaian diri tanaman *Echinodorus Palaefolius* pada lingkungan barunya. Aklimatisasi dilakukan selama 10 hari dengan menggunakan campuran limbah air bersih (Evasari, 2012).
8. Tahapan eksperimen pada reaktor yaitu proses penambahan limbah binatu ke dalam masing-masing reaktor.
9. Tahapan pengambilan sampel hasil dari kedua reaktor selama 12 hari dengan variasi 3,6,9, dan 12 hari (Made, 2013).
10. Proses pengujian masing-masing parameter yaitu pengecekan sampel pada laboratorium.
11. Tahapan analisis data dilakukan untuk proses pengolahan data dan statistik.
12. Tahapan penarikan kesimpulan dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar pH, COD, dan TSS pada masing-masing reaktor.

Tahapan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Tanaman

Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Echinodorus palaefolius*. Menurut Hidayat (2004 dalam Baroroh, 2016), tanaman ini memiliki warna hijau muda pada seluruh bagian tanaman terkecuali akar dan bunga, ukuran batang berkisar antara 50-100 cm dengan diameter 1-3 cm. Bentuk daun pada umumnya memiliki permukaan atas yang kasar, tepi daun rata dan berbentuk bulat seperti telur, untuk bunga berwarna putih, putik dan benang sari berwarna kuning. Tanaman *Echinodorus palaefolius* termasuk kingdom *Plantae*, subkingdom (*Tracheobionta*), divisi (*Spermatophyta*), menghasilkan biji (*Magnoliophyta*) tumbuhan berbunga, kelas (*Liliopsida*) tumbuhan berkeping satu atau, sub kelas *Alismatidae*, ordo *Alismatales*, famili *Alismataceae*, genus *Echinodorus* dan spesies *Echinodorus palaefolius*. Tanaman *Echinodorus palaefolius* yang akan diuji memiliki ciri-ciri, jumlah daun 8-10 daun, batang 8-10 batang, tinggi dari akar sampai ujung daun 40-50 cm dan berumur 1 bulan (Arimbi, 2017).



Gambar 3.2. *Echinodorus palaefolius*.

3.3. Bahan Eksperimen

Eksperimen ini menggunakan bahan untuk pengukuran pH ditunjukkan pada Tabel 3.1, COD pada Tabel 3.2 dan TSS pada Tabel 3.3.

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan untuk uji sampel pH (SNI 06-6989.11-2004).

Nama Bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
Larutan penyangga 0,4	20	mL	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH asam
Larutan penyangga 0,7	20	mL	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH normal
Larutan penyangga 0,10	20	mL	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH basa

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan untuk uji sampel COD (SNI. 06.6989.73.2009).

Nama bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
Air bebas organik	10	Liter	Pencucian alat yang akan digunakan dan untuk pengenceran
Perak sulfat (Ag_2SO_4)	10,12	gram	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
Asam sulfat (H_2SO_4)	1000	mL	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
Kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	4,903	gram	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
Merkuri (II) sulfat HgSO_4	33,3	gram	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
Phenanthrolin monohidrat	1,485	gram	Pembuatan larutan indikator ferroin
Besi (II) sulfat heptahidrat ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	695	mg	Pembuata laruta indikator ferroin
Besi (II) amonium sulfat heksahidrat $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	19,6	gram	Pembuatan larutan baku FAS 0,05 M

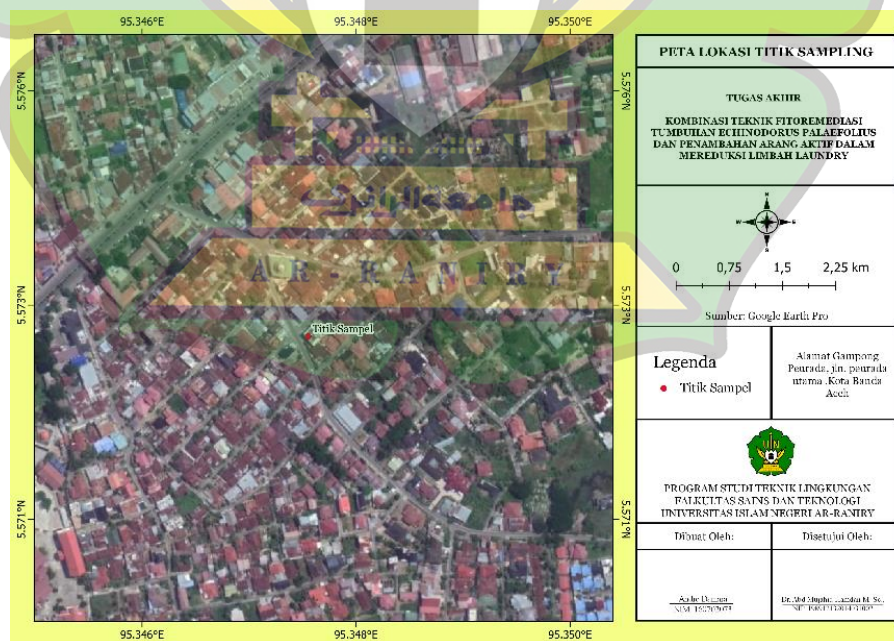
Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$)	10	mg	Digunakan jika ada gangguan nitrit
Kalium hidrogen ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COO K}$, KHP)	425	mg	Pembuatan larutan baku kalium hidrogen ftalat
Asam sulfat (H_2SO_4)	28	mL	Pembuatan larutan asam dan basa
Natrium hidroksida (NaOH)	40	gram	Pembuatan larutan asam dan basa
Natrium sulfit (Na_2SO_3)	1,575	gram	Pembuatan larutan natrium sulfit
Inhibitor nitrifikasi allylthiourea (ATU) ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$)	2,0	gram	Pembuatan larutan ATU
Asam asetat (CH_3COOH)	250	mL	Pembuatan larutan asam asetat
Kalium iodida (KI)	10	%	Pembuatan larutan KI
Kanji	2	gram	Pembuatan larutan indikator amilum
Asam selisilat	10,2	gram	Pembuatan larutan indikator amilum

Tabel 3.3. Bahan yang digunakan untuk uji sampel TSS (SNI. 06.6989.3.2004).

Nama Bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
Kertas saring whatman Grade 934 AH	1,5	μm	Penyaringan residu limbah cair domestik
Kertas saring gelman type A/E,	1,0	μm	Penyaringan residu limbah cair domestik
Saring E-D scientific specialities grade 161	1,1	μm	Penyaringan residu limbah cair domestik
Saringan	0,45	μm	Penyaringan residu limbah cair domestik
Air suling.	10	Liter	Membasahi kertas saring

3.4. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel diperoleh dari kegiatan binatu di jalan Peurada Utama, Gampong Peurada, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, seperti yang ditunjukkan di dalam peta pada Gambar 3.2. Sedangkan untuk eksperimen dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

**Gambar 3.3.** Informasi Peta Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Binatu.

3.5. Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan pengambilan sesaat atau *grab sampling* (SNI 6989.59:2008) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair diambil langsung dari limbah binatu pada pukul 08:30 sampai 11.00 WIB. Interval waktu tersebut didasari oleh intensitas aktivitas mencuci yang tinggi.
2. Sampel diambil langsung pada titik sampel dengan gayung bertangkai panjang dan diambil sebanyak 60 liter lalu dimasukkan kedalam wadah.



Gambar 3.4. Pengambilan sampel limbah binatu.

3.6. Tahap Persiapan

3.6.1. Persiapan Reaktor Fitoremediasi

Reaktor pertama adalah fitoremediasi yang menggunakan wadah *countainer plastic box* ukuran panjang 52 cm, lebar 36 cm, dan tinggi 26 cm menggunakan tumbuhan *E. palaeofolius* sebanyak 8 tanaman dengan media tanam netpot dan dipasangkan aerator.

3.6.2. Persiapan Reaktor Fitoremediasi Filtrasi Arang Aktif

Reaktor kedua adalah reaktor kombinasi menggunakan wadah *Container plastic box* ukuran panjang 52 cm, lebar 36 cm, dan tinggi 26 cm yang terdiri dari tumbuhan *E. palaeofolius* sebanyak 8 tanaman dengan media tanam netpot lalu penambahan filtrasi arang aktif dan dipasangkan aerator dimana penelitian ini untuk

membandingkan efektivitas reaktor fitoremediasi dengan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif. Gambar Reaktor fitoremediasi dapat dilihat pada Gambar 3.3. dan Reaktor Kombinasi pada Gambar 3.4.



Gambar 3.5. Reaktor Fitoremediasi.



Gambar 3.6. Reaktor Fitoremediasi Filtrasi Arang Aktif.

3.6.3. Aklimatisasi

Aklimatisasi tanaman *Echinodorus palaefolius* dilakukan dengan cara dibersihkan menggunakan air yang mengalir agar terlepas dari material-material tanah yang menempel pada tanaman. Aklimatisasi dilakukan dengan cara ditanam pada media *rockwool* dengan jarak 10 cm dan 8 tumbuhan per-reaktor selama 10 hari pada wadah penanaman, agar aklimatisasi menjadi stabil sehingga tanaman tidak terkejut maka dilakukan tahap pengisian air limbah, dengan komposisi awal

berupa 20% limbah binatu dan 80% air bersih selama 2 hari. Tahap selanjutnya penambahan komposisi 40% limbah binatu dan 60% air bersih selama 2 hari. Pada hari ke-5 ditambahkan lagi limbah binatu 60% dan air bersih 40% selama 2 hari, ini dilakukan terus menerus sampai hari ke-10 sampai komposisi menjadi 100% air limbah bertujuan untuk menyesuaikan tanaman *Echinodorus Palaefolius* dengan lingkungan barunya (Evasari, 2012).



Gambar 3.7. Proses Aklimatisasi.

3.7. Eksperimen

3.7.1. Tahapan Pra-Eksperimen

Tahap pra-eksperimen dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Rangkaian reaktor terdiri dari 2 *container plastic box* dengan dimensi panjang 52 cm, lebar 36 cm dan tinggi 26 cm untuk kedua reaktor (Riyanti, 2019).
2. Pipa PVC dengan ukuran 1 inch dipasang sambungan pipa dan dipasangkan saringan 40 mesh untuk filtrasi arang aktif.
3. Arang aktif dibubukan dengan ukuran sebanyak 2 kg menggunakan tumbukkan mortal hingga dapat melewati ayakan dengan ukuran tersebut (Rozi, 2014).
4. Tanaman *Echinodorus palaefolius* dengan ciri-ciri tinggi 40-50 cm dan diameter batang 1-3 cm diambil sebanyak 16 tumbuhan (Made, 2013).

3.7.2. Tahapan Eksperimen

Tahap eksperimen dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Arang aktif 40 mesh dimasukkan ke dalam pipa PVC dengan tinggi 5 cm, lalu dipasang saringan 40 mesh pada pipa PVC (Rozi, 2014).
2. Berdasarkan fungsi dari kedua reaktor yang diberikan penambahan aerasi dan sirkulasi pada limbah menggunakan pompa (*Submersible* QR30B Debit: 4 liter/menit, 12 Volt) pada 2 reaktor yaitu reaktor kombinasi dan reaktor fitoremediasi.
3. Dimasukkan air limbah binatu ke dalam reaktor, pada reaktor fitoremediasi secara langsung, sedangkan pada reaktor kombinasi dialiri melalui pipa arang aktif.
4. Fitoremediasi dilakukan dengan reaktor *net pot* dengan sistem *batch* serta mengamati variasi lama waktu retensi, pada masing-masing reaktor diberikan kode untuk membedakan kedua reaktor.
5. Pengontrolan tanaman dilakukan dengan cara melihat apakah tanaman *Echinodorus Palaefolius* mengalami perubahan fisik atau tidak, akan tetapi tanaman ini tidak memerlukan perawatan khusus seperti pemberian pestisida sebab tanaman memiliki daya tahan terhadap serangga dan mampu tumbuh baik pada media tanam dengan kandungan unsur hara yang relatif rendah (Kasman, 2018).

3.8. Pencuplikan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pengambilan sampel awal, lalu dilakukan pengambilan sampel pada hari ke-3, 6, 9 dan hari ke-12 sebanyak 150 ml per-sampel setiap pukul 15.00 WIB. Pengambilan sampel awal dilakukan pada saat limbah binatu akan dimasukkan ke *inlet* reaktor uji, hasilnya akan digunakan untuk konsentrasi awal tanaman.



Gambar 3.8. Pencuplikan Sampel.

3.9. Pengukuran

Berdasarkan data yang diperoleh untuk pengukuran *Power of Hidrogen* (pH), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan (turbiditas) dilakukan dengan pengukuran skala Laboratorium dan pengukuran langsung **di lapangan**. Pengukuran parameter kualitas air akan dihitung sebanyak 2 kali percobaan.

3.9.1. Pengujian pH

Pengecekan pH dari sampel air limbah akan dibaca menggunakan alat pengukur pH meter. Cara pengukuran pH dijelaskan sesuai (SNI 06-6898.11-2004) sebagai berikut:

- a. Kertas tisu untuk mengeringkan elektroda, selanjutnya bersihkan menggunakan air suling.
- b. Elektroda dibilas dengan contoh uji.
- c. pH meter dicelupkan kedalam elektroda sehingga menunjukkan pembacaan yang akurat.
- d. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari pH meter.

3.9.2. Pengujian COD

Selanjutnya untuk proses penentuan COD merujuk pada SNI 6989.2-2009 dengan cara kerja sebagai berikut:

Persiapan sampel COD dimasukkan limbah cair sebanyak 2,5 ml kedalam tabung reaksi dan disusun kedalam rak tabung reaksi dengan diberi label nama sesuai dengan dosis yang diberikan. Kemudian ditambahkan $K_2CR_2O_7$ sebanyak 1,5 ml dengan menggunakan pipet tetes. Lalu ditambahkan lagi H_2SO_2 sebanyak 3,5 ml dengan menggunakan pipet tetes dan ditutup.

Proses inkubator pertama diambil COD reaktor merek Hanna, disambungkan stop kontak, tekan tombol start dan **ditunggu** sampai $150^\circ C$ sampai inkubator mengeluarkan bunyi. Lalu dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisikan sampel yang sudah disiapkan tadi kedalam inkubator. Kemudian ditekan tombol mulai maka **timer** akan berjalan, ditunggu selama 2 jam hingga inkubator akan berbunyi lagi. Selanjutnya diangkat tabung reaksi tadi didinginkan sampai $60^\circ C$, sampel siap diuji.

Pengujian COD yaitu dinyalakan alat COD meter 571, dilakukan kalibrasi alat dengan cara dimasukkan aquades ke dalam tabung **cell** dan dimasukkan kedalam alat COD Meter sampai muncul angka 0,0 mg/L, jika sudah maka alat sudah dikalibrasi dan siap digunakan. Kemudian dihomogenkan sampel terlebih dahulu, lalu sampel dituangkan kedalam tabung **cell** dan siap dimasukkan kedalam alat COD Meter. Selanjutnya ditekan *mencure*, lalu tekan Enter, maka akan muncul nilai COD dan **dicatat** hasilnya.

3.9.3. Pengujian TSS

Untuk menghitung parameter TSS maka dilakukan Persamaan 1;

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} \quad (1)$$

dengan A adalah berat kertas saring + residu kering (mg), dan B adalah berat kertas saring setelah di *vacum*, (mg). (SNI 06-6989.3-2004).

3.9.4. Pengujian Kekeruhan

Untuk menghitung parameter kekeruhan diukur dengan nefelometer dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp, \quad (2)$$

dengan A adalah kekeruhan dalam NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*) contoh yang diencerkan dan fp adalah faktor pengenceran (SNI 06-6989.25-2005).

3.9.5. Persamaan Perbandingan Efektivitas

Pengukuran dari efektivitas pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) maka dilakukan Persamaan 3.

$$EP = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

EP adalah nilai efektivitas penurunan, C_{in} adalah konsentrasi pencemar sebelum diolah dan C_{out} adalah konsentrasi pencemar setelah diolah (Maryana, 2013).

3.9.6. Persamaan Laju Degradasi

Laju degradasi dalam 3 hari di ubah per-hari untuk parameter COD, TSS dan kekeruhan maka dilakukan Persamaan 4.

$$\frac{(N-1)-N}{t} \quad (4)$$

N-1 adalah nilai sebelum, N nilai degradasi, dan t adalah variabel waktu dalam hari sehingga didapatkan nilai laju degradasinya.

3.9.7. Analisis Data

Pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh reaktor *net pot* dengan tanaman melati air yang sedang diteliti, kemudian dilakukan analisis data yang diperoleh dari hasil pengamatan. Tahap selanjutnya dihitung rata-rata penurunan tingkat konsentrasi masing-masing parameter pada hari ke-3 sampai hari ke-12, oleh karena itu untuk menentukan hasil akhirnya akan digunakan uji analisis data statistik yaitu dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*). Analisis ini merupakan program komputer statistik yang mampu memproses data secara cepat dan akurat. Program ini menjadi sangat populer karena memiliki bentuk pemaparan yang sangat baik berupa tabel dan grafik serta bersifat dinamis sehingga mudah dihubungkan dengan aplikasi lain (Riyanto, 2018). Analisis regresi digunakan untuk memprediksi hubungan sebab akibat antara variabel terikat dengan variabel bebas. Dalam analisis regresi tersebut, selain

mengukur kekuatan hubungan juga menunjukkan arah hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas jika variabel bebas terdiri dari 1 maka regresi sederhana yang digunakan, dan jika variabel input lebih dari 1, maka regresi ganda yang digunakan (Hartanto, 2004). Persamaan regresi sederhana dinotasikan sebagai berikut

$$Y = a + bX \quad (5)$$



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Eksperimen

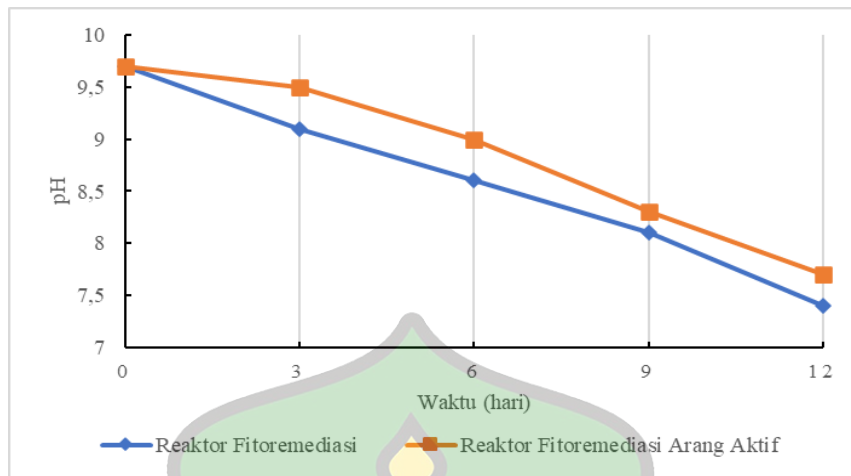
Hasil pengujian sampel dengan parameter pH, COD, TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.1. Sedangkan efektivitas dan laju degradasi persentase setelah dilakukan pengolahan dapat dilihat pada tabel 4.2. Air limbah yang akan diolah dari Gampong Peurada, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Sementara itu berdasarkan hasil parameter BOD, COD, TSS, dan pH sudah melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Hasil analisis terhadap limbah binatu yang diolah memiliki kandungan pH 9.7, COD 718 mg/L, TSS 191 mg/L dan Kekeruhan 282 NTU.

Tabel 4.1 Hasil analisis parameter pada reaktor fitoremediasi (RF) dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA).

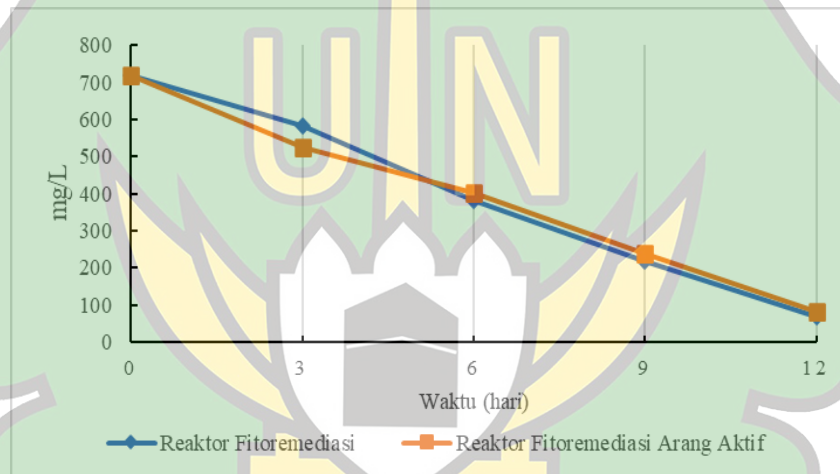
Tahapan Perlakuan	Waktu (Hari)	pH	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Turbiditas (NTU)
Baku Mutu	-	6-9	100	30	-
Pengujian Awal	-	9,70	718	191	272
RF	3	9,10	584	122	164
	6	8,60	382	57	82
	9	8,10	217	123	103
	12	7,40	67,20	66	127
RFFAA	3	9,50	525	261	89
	6	9,00	402	87	166
	9	8,30	240	97	136
	12	7,70	83	136	135

Tabel 4.2 Efektivitas penurunan (%), persentase terhadap nilai sebelumnya dan laju degradasi (mg/L.hari) * Reaktor Fitoremediasi (RF) dan Reaktor Fitoremediasi Filtrasi Arang Aktif (RFFAA).

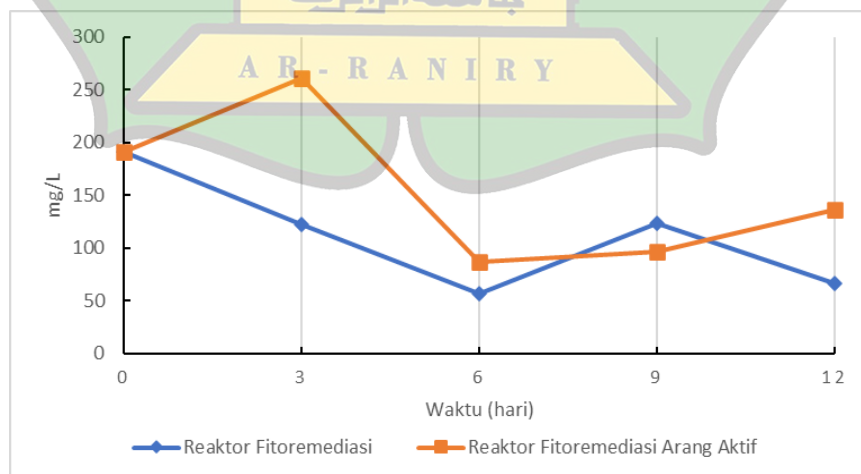
Waktu (hari)	Reaktor	Parameter					
		COD		TSS		Kekeruhan	
		Penurunan terhadap sampel awal (%)	Laju degradasi (mg/liter.hari)	Penurunan terhadap sampel awal (%)	Laju degradasi (mg/liter.hari)	Penurunan terhadap sampel awal (%)	Laju degradasi (NTU/hari)
0	RF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3		18,66	44,67	36,13	23,00	39,71	36,00
6		46,80	67,33	70,16	21,67	69,85	27,33
9		69,78	55,00	35,60	-22,00	62,13	-7,00
12		90,64	49,93	65,45	19,00	53,31	-8,00
3	RFFAA	26,88	64,33	-36,65	-23,33	67,28	61,00
6		44,01	41,00	54,45	58,00	38,97	-25,67
9		66,57	54,00	49,21	-3,33	50,00	10,00
12		88,44	52,33	28,80	-13,00	50,37	0,33



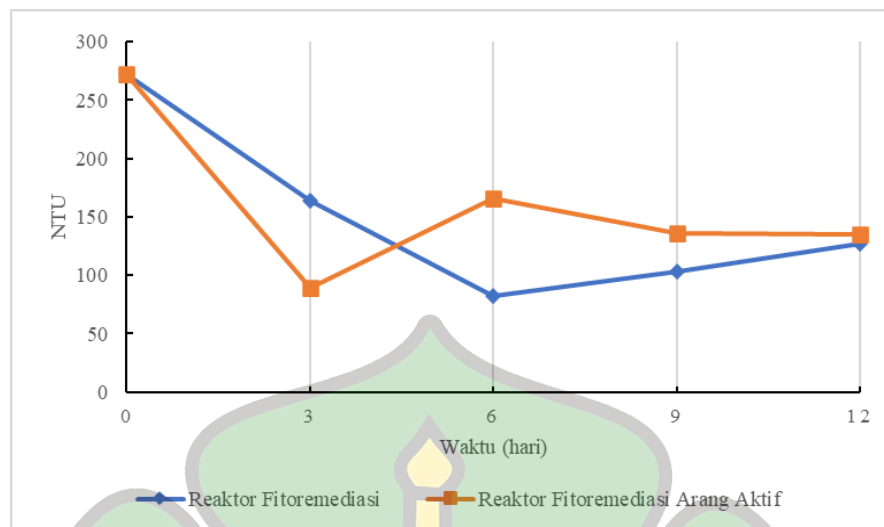
Gambar 4.1 Grafik penurunan pH terhadap waktu.



Gambar 4.2 Grafik penurunan COD terhadap waktu.



Gambar 4.3 Grafik penurunan TSS terhadap waktu.



Gambar 4.4 Grafik penurunan kekeruhan terhadap waktu.

4.2. Pembahasan

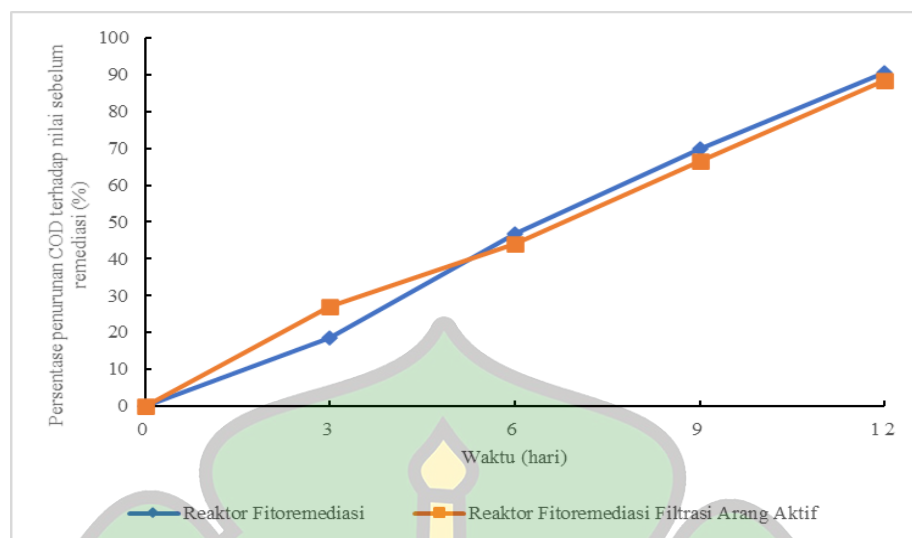
Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian limbah binatu sebelum dilakukan pengolahan, dengan nilai pH sebesar 9.7, COD 718 mg/L, TSS sebesar 191 mg/L dan kekeruhan sebesar 272 NTU. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa limbah binatu yang diolah tidak sesuai dengan syarat baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Syarat Baku Mutu Air Limbah Domestik tersendiri. Adapun syarat yang diperbolehkan untuk parameter pH adalah sebesar 6-9, untuk parameter COD sebesar 100 mg/L dan baku mutu TSS 30 mg/L. Maka dengan hasil ini limbah binatu yang dijadikan sampel memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

Tingginya nilai pengujian sebelum dilakukan perlakuan terhadap parameter pH pada air limbah binatu dikarenakan didalam deterjen terdapat zat yang bersifat alkalis (Sholichah, 2013). Sedangkan menurut Pisceselia (2016), tingginya pH pada air limbah binatu disebabkan oleh muatan ion hidroksida (OH^-) yang berasal dari komponen pembentuk deterjen. Sedangkan untuk tingginya kadar COD pada limbah binatu dipengaruhi oleh adanya bahan-bahan kimia pada kegiatan binatu yang berasal dari deterjen. Komponen penyusun deterjen salah satunya terdiri dari zat adiktif atau bahan tambahan berupa pelembut yang di dalamnya mengandung bahan berupa senyawa yang berbasis sodium yang akan menghabiskan kandungan

oksigen di perairan (Wichaisa, 2018). Selain itu padatan tersuspensi dapat terbentuk dari bagian-bagian tanaman yang jatuh ke air (Siswoyo & Kasam, 2005). Sedangkan untuk tingginya kekeruhan diakibatkan **dimana** padatan tersuspensi mempunyai korelasi dengan kekeruhan, semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka nilai kekeruhan semakin tinggi, tingginya padatan terlarut tidak selalu **di ikuti** dengan tingginya kekeruhan (Syafrani, 2007).

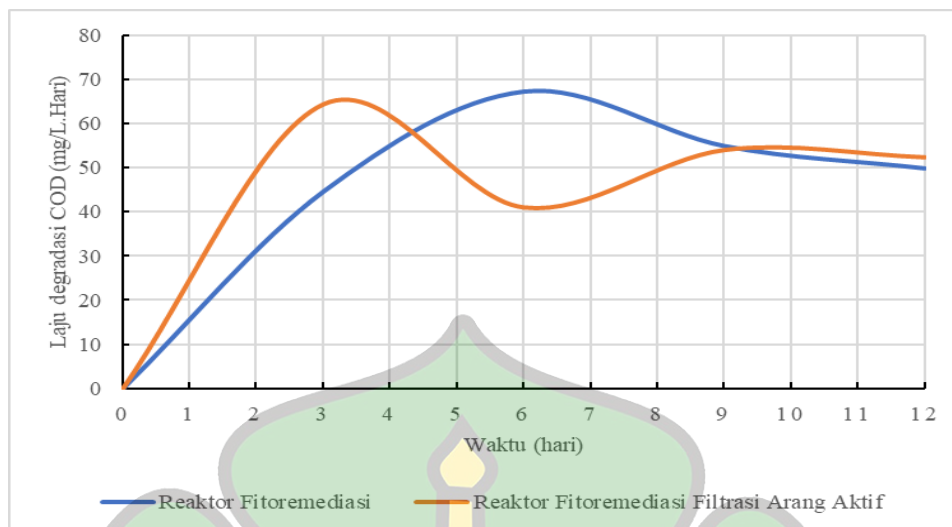
4.2.1. Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan hasil pengukuran reduksi COD untuk kedua reaktor yang paling signifikan terjadi pada hari ke-12. Persentase penurunan COD terhadap konsentrasi awal dapat dilihat pada Gambar 4.5. Berdasarkan hasil analisis regresi linear sederhana yang **ditunjukkan pada Lampiran 4.** bahwa terdapat pengaruh waktu pengolahan terhadap parameter COD pada reaktor fitoremediasi dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif yang memiliki (nilai signifikan < probabilitas 0,05 yaitu 0,000). Berdasarkan penelitian Fauzi (2006) menjelaskan pada hari ke-12 tumbuhan *Echinodorus palaefolius* paling efektif dalam mereduksi kontaminan. Sedangkan Menurut Rahmawati (2016) menurunnya kadar COD pada limbah binatu dikarenakan mengandung senyawa organik yang dapat diserap oleh tumbuhan *Echinodorus palaefolius* melalui proses fotosintesis sehingga menghasilkan oksigen yang kemudian dilepas ke air dapat mengoksidasi senyawa organik. Oksigen yang terlepas tersebut dapat mengoksidasi senyawa organik **dalam** limbah yang diolah. Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.5, parameter COD menurun secara **linier** terhadap waktu. Kedua gambar tersebut menunjukkan belum ada tanda terjadinya kejenuhan reduksi COD, dengan demikian, jika pengolahan diteruskan ke hari-hari selanjutnya kemungkinan COD akan terus mengalami degradasi sampai menemui titik jenuh. Titik jenuh kedua sistem perlu diinvestigasi pada penelitian-penelitian selanjutnya, untuk memperhitungkan efektivitas model dalam mereduksi COD dengan optimal.



Gambar 4.5. Grafik persentase penurunan COD terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.

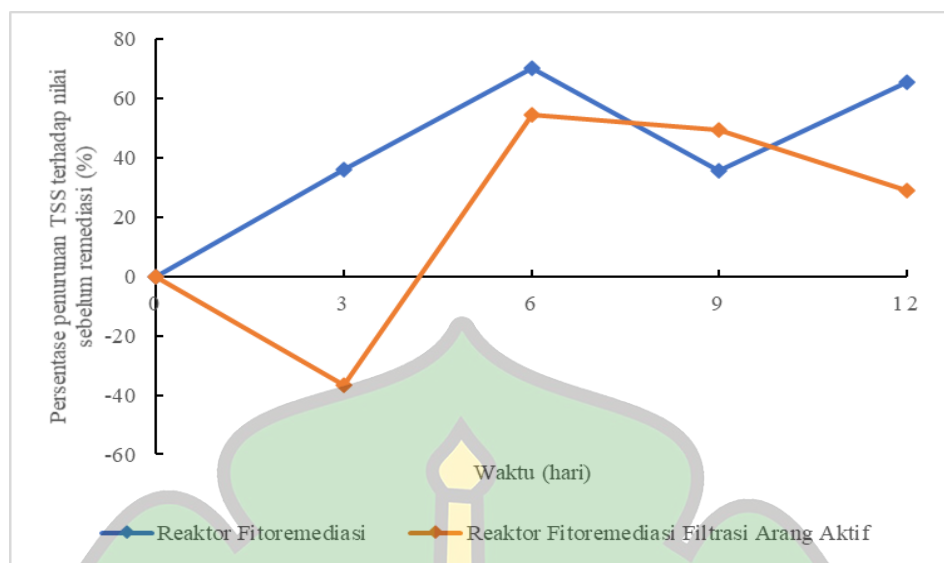
Gambar 4.6 menunjukkan grafik laju degradasi parameter COD per-hari pada reaktor fitoremediasi yang paling optimal pada hari ke-6 dengan nilai 67,33 mg/L.hari. Menurut Sasono (2013), penurunan kandungan COD pada tanaman *Echinodorus Palaefolius* salah satunya dipengaruhi oleh fungsi perakaran yang menyerap, mengurai polutan dan penurunan kandungan COD. Sistem perakaran tanaman *Echinodorus Palaefolius* adalah kuat, panjang dan menjalar sehingga sangat efektif dalam memperluas area tempat mikroorganisme melekat. Kemudian untuk reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif paling optimal terjadi pada hari ke-3 dengan nilai 64,33 mg/L.hari. Selanjutnya menurut Hadi (2013) penurunan COD disebabkan oleh arang aktif yang bersifat menyerap (*adsorben*) dimana besarnya penyerapan terhadap bahan pencemar bergantung pada lamanya waktunya kontak bahan pencemar terhadap arang aktif. Kemudian menurut Hartanto (2004), arang aktif memiliki titik jenuh dan akan mengalami desorpsi bergantung pada berapa lama arang aktif tersebut berkontak dengan air (Hartanto 2004). Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif juga dibantu fitoremediasi **dimana** dari pernyataan dari pernyataan Ulfin (2001), terdapat bakteri *rhizosfer* pada akar tanaman *Echinodorus palaefolius*, bakteri tersebut akan memecah senyawa organik yang terdapat pada limbah secara aerob menjadi senyawa yang lebih sederhana kemudian senyawa ini akan diserap oleh tumbuhan sebagai sumber nutrisi.



Gambar 4.6. Grafik laju degradasi parameter COD per-hari.

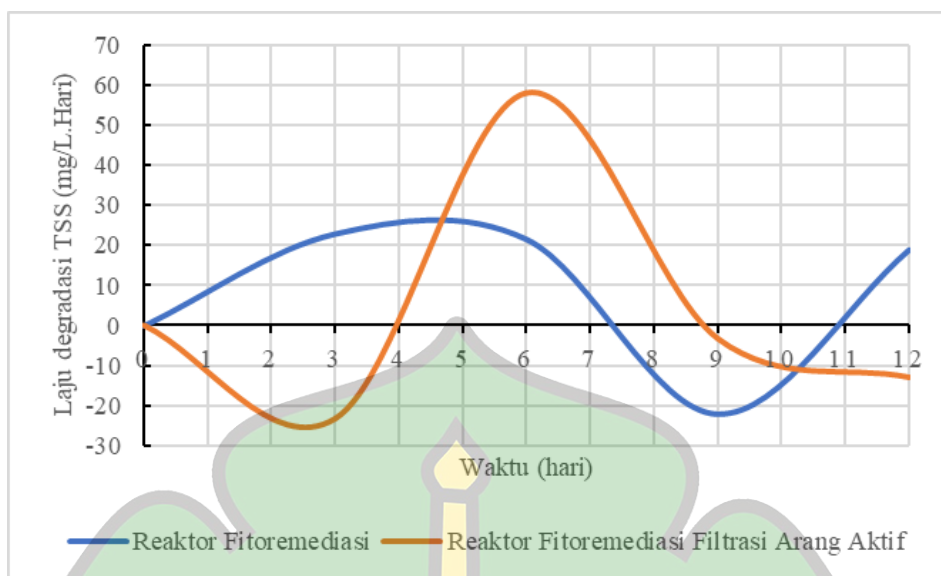
4.2.2. Parameter TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan TSS dari hari ke hari dapat dilihat pada Gambar 4.7. Hasil analisis statistik regresi linear sederhana yang ditunjukkan pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh waktu pengolahan terhadap parameter TSS pada masing-masing reaktor pengolahan (nilai signifikan berturut-turut > probabilitas 0,05 yaitu 0,628 dan 0,411). Persentase penurunan TSS terhadap konsentrasi awal dan nilai sebelumnya untuk reaktor fitoremediasi dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif yang paling signifikan pada hari ke-6. Menurut Sitompul (2013), menurunnya parameter TSS melalui proses fitoremediasi dapat terjadi dengan cara padatan tersuspensi yang berupa bahan organik digunakan oleh tumbuhan sebagai unsur hara yang menunjang pertumbuhan. Hal ini dapat disebabkan oleh proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat pada air limbah. Sedangkan menurut Ruhmawati (2017), penurunan kadar TSS terjadi karena proses penyerapan oleh tanaman, dekomposisi bahan organik, dan mengendapnya hasil dekomposisi bahan organik. Kemudian menurut Fachrurozi (2010), pengurangan nilai TSS disebabkan karena partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan yang cukup ringan dan melayang akan menempel pada bagian akar. Konsentrasi yang tinggi disebabkan karena adanya lapisan pati dan tumbuhan ganggang yang terbaca sebagai TSS (Sitompul, 2013).



Gambar 4.7. Grafik persentase penurunan TSS terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.

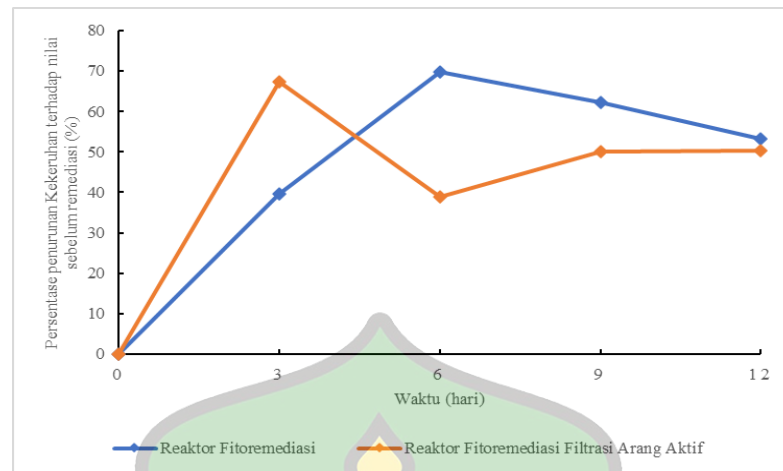
Gambar 4.8 menunjukkan grafik untuk laju degradasi parameter TSS per hari pada reaktor fitoremediasi yang paling optimal pada hari ke-3 dengan nilai 23 mg/L/hari. Menurut Vymazal (2010), akar serabut pada tanaman melati air diduga juga berpengaruh pada penurunan TSS. Bentuk serabut akar memungkinkan koloid menempel pada akar-akar tersebut. Menurut Suhendrayatna, (2012) berkurangnya TSS dalam limbah juga disebabkan oleh proses fisika berupa pengendapan dan tertahannya partikel-partikel padat pada akar tanaman. Kemudian untuk reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif paling optimal pada hari ke-6 dengan nilai 58 mg/L/hari. Menurunnya TSS juga disebabkan oleh absorpsi arang aktif yang dapat digunakan untuk mengurangi kontaminasi detergen dimana molekul organik akan ditarik oleh karbon aktif dan melekat pada permukaannya dengan kombinasi dari daya fisik, kompleks, dan reaksi kimia (Setyiobudiarso, 2014).



Gambar 4.8. Grafik laju degradasi parameter TSS per-hari.

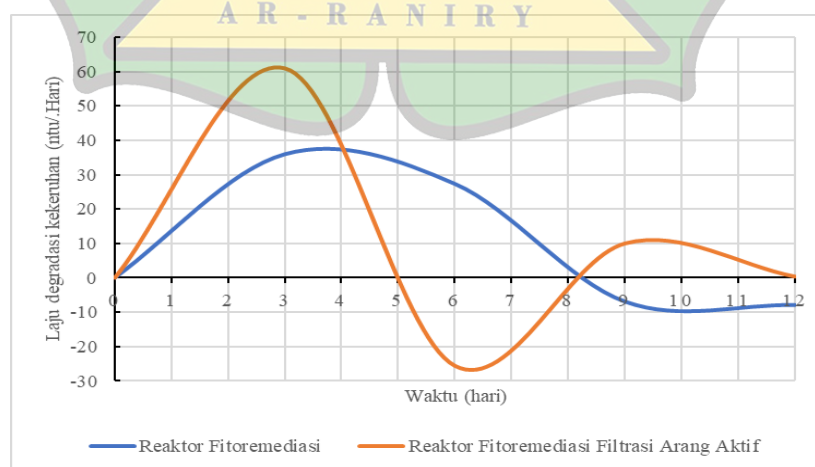
4.2.3. Parameter Kekeruhan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan kekeruhan dari hari ke hari dapat dilihat pada Gambar 4.9. Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan yang ditunjukkan pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh antara waktu pengolahan dengan dengan parameter kekeruhan pada reaktor fitoremediasi dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (nilai signifikan berturut-turut $>$ probabilitas 0,05 yaitu 0,670 dan 0,561). Persentase penurunan kekeruhan terhadap konsentrasi awal, untuk penurunan pada reaktor fitoremediasi paling yang paling signifikan terjadi pada hari ke-6. Sedangkan untuk reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif pada hari ke-3. Mengurangnya kekeruhan pada reaktor fitoremediasi dapat disebabkan oleh bahan-bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, seperti lumpur, pasir halus, plankton dan mikroorganisme (Syafarani, 2007).

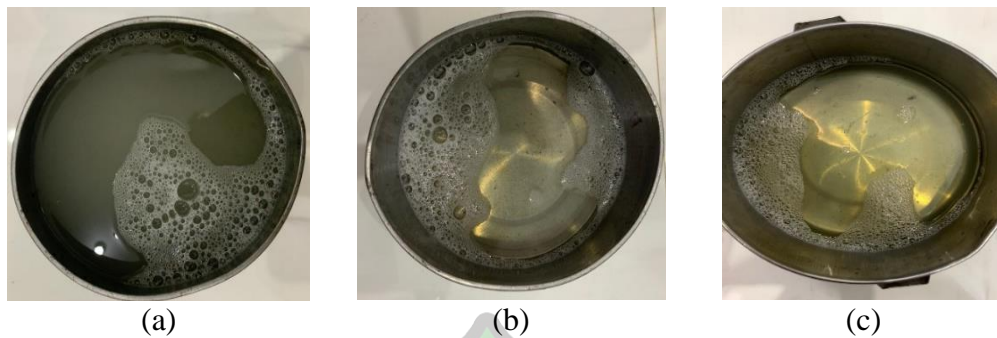


Gambar 4.9. Grafik persentase penurunan Kekeruhan terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.

Gambar 4.10 menunjukkan laju degradasi parameter kekeruhan per-hari pada reaktor fitoremediasi dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif yang paling optimal pada hari ke-3 dengan nilai berturut-turut 36 dan 61 NTU/hari. Menurut Akely (2020) fitoremediasi juga mampu mengurangi kekeruhan pada air limbah dibandingkan media tanpa penambahan tumbuhan. Sedangkan menurut Wibowo (2019) berkurangnya kekeruhan pada reaktor arang aktif dapat disebabkan oleh absorpsi yang bersifat *multilayer* yang terjadi di dalam pori permukaan luar karbon aktif maupun pada pori permukaan dalam karbon aktif, dengan adanya proses absorpsi yang mengikat zat padat terlarut, yang menjadi penyebab bau dan kekeruhan pada limbah cair.



Gambar 4.10. Grafik laju degradasi parameter Kekeruhan per-hari.



Gambar 4.11. Perbandingan fisik sampel awal dan sampel akhir *(a) sampel pengujian awal, (b) sampel hari 12 reaktor fitoremediasi dan (c) sampel hari 12 reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif.

Perbandingan sampel pengujian awal dan sampel pengujian akhir pada parameter kekeruhan pada sampel uji awal jika dilihat dari karakter fisiknya terdapat busa, partikel-partikel yang tersuspensi dapat berupa lempung alga, material organik, mikroorganisme, material koloid, dan material tidak terdeteksi lainnya. Sedangkan untuk sampel akhir pada reaktor fitoremediasi dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif jika dilihat dari karakter fisiknya terlihat lebih jernih dibandingkan sampel pengujian awal, akan tetapi juga terdapat busa dan sedikit partikel-partikel yang menunjang kekeruhan, dan pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif sedikit berwarna kuning.

Berdasarkan analisis akselerasi efektifitas dalam penurunan konsentrasi COD, TSS dan kekeruhan pada reaktor fitoremediasi terjadi pada hari ke-6. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman telah efektif menurunkan parameter fisiokimia pada hari ke-6. Kemungkinan terdapat kerusakan pada jaringan akar pada reaktor fitoremediasi sehingga mengurangi fungsi dari akar (Adinata, 2020). Selanjutnya untuk reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif sangat baik dalam menurunkan parameter COD dan kekeruhan pada hari ke-3. Kemungkinan besar arang aktif yang telah difiltrasi bereaksi menjadi *adsorben* sehingga mampu menyerap kandungan pencemar dengan baik, namun peran arang aktif sangat singkat dikarenakan masa jenuh arang aktif yang relatif singkat untuk menyerap polutan. Selanjutnya untuk parameter TSS pada hari ke-3 mengalami penurunan yang sangat drastis, dikarenakan pada saat proses filtrasi ukuran bulir yang melewati ukuran saringan

40 mesh ikut masuk kedalam air pengolahan, dimana arang aktif tersebut menyebabkan padatan yang meningkatkan nilai TSS.

Tabel 4.3. Persentase perbandingan efektivitas reaktor fitoremediasi (RF) dan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA) penurunan selama 12 hari.

Parameter	Reaktor	Perbandingan Efektivitas persentase (%) selama 12 hari
COD	RF	90,64
	RFFAA	88,44
TSS	RF	65,45
	RFFAA	28,80
Kekeruhan	RF	53,31
	RFFAA	50,37

Perbandingan efektivitas reaktor fitoremediasi mampu menurunkan kadar COD selama 12 hari sebesar 90,64%, TSS 65,45 %, dan kekeruhan 53,31% sedangkan reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif hanya mampu menurunkan COD 88,44%, TSS 28,80%, dan kekeruhan 50,37%. Hasil ini menunjukkan perbedaan dari hasil sebelumnya yang belum pernah mempertimbangkan fitoremediasi menggunakan penambahan filtrasi arang aktif dalam mereduksi limbah binatu. Meningkatnya usaha mikro binatu di kota-kota besar seperti Kota Banda Aceh maka dibutuhkan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan sehingga dapat mengurangi dampak kerusakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menjadikan inspirasi pengolahan yang ramah lingkungan dan biaya murah, sehingga teknik ini bisa diaplikasikan untuk usaha-usaha mikro binatu di kota Banda Aceh. Beberapa parameter perlu ditambahkan seperti BOD, surfaktan dan TDS. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilakukan investigasi lanjutan mengenai model, rancangan, serta teknik lainnya dalam mereduksi limbah binatu maupun limbah lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Fitoremediasi dengan menggunakan *Echinodorus palaefolius* mampu menurunkan COD 90,64%, TSS 65,44%, dan kekeruhan 53,30%. Sedangkan pengolahan limbah binatu dengan metode fitoremediasi dengan menggunakan *Echinodorus palaefolius* dan dikombinasikan dengan filtrasi arang aktif hanya mampu menurunkan COD 88,44%, TSS 28,79% dan kekeruhan 50,36%.
2. Untuk kedua reaktor pengujian Parameter pH telah memenuhi baku mutu pada hari ke-6, Kemudian Parameter COD melewati batas syarat baku mutu pada hari ke-12, Sedangkan Parameter TSS tidak memenuhi batas syarat baku mutu hingga hari ke-12.
3. Reaktor fitoremediasi mampu menurunkan kadar pencemar yang optimal pada hari ke-6. Sedangkan untuk reaktor fitoremediasi dengan tambahan filtrasi arang aktif mampu menurunkan kadar pencemar yang optimal pada hari ke-3

5.2. Saran

Adapun saran dan masukan yang dapat di ambil pada penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair domestik tersendiri khususnya bagi unit usaha mikro binatu yang belum memiliki sistem pengolahan limbah cair.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan efektivitas serta efisiensi tanaman *Echinodorus palaefolius* dalam mengolah limbah dengan menggunakan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*), *Constructed Wetlands* dan sistem lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiastuti, dkk. (2018). Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Azolla.. Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal), 15(1),38-46.
- Adinata. (2020). Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. Universitas Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Akely, M., Nerni, P., dkk. (2020). Fitoremediasi Tumbuhan Eceng Gondok dan Apu-Apu Terhadap Air Limbah Pabrik Pengolahan Tepung Kelapa PT. Royal Coconut Gorontalo, 1(1), 1-10.
- Amri. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (Bioball). *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–66.
- Ananda. (2013). Fitoremediasi Phospat dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok pada Limbah Cair Industri kecil Pencucian Pakaian, Jurusan Teknik Lingkungan, Itenas, Bandung.
- Baroroh. (2016). Seleksi Tumbuhan Akuatik Berpotensi dalam Fitoremediasi Air Limbah Domestik Di Kebun Raya Purwodadi. *Agroteknologi*, 3(1), 12–14.
- Caroline. (2015). Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) (*Echinodorus Palaefolius*) Pada Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan Iii*, 10(3), 733–744.
- Evasari. (2012). Pemanfaatan Lahan Basah Buatan dengan Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* Untuk Mengelola Limbah Cair Domestik. Universitas Indonesia.
- Fachrurozi, M., Utami, L.B., dan Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Kesmas*, 4(1), 12-13.
- Fauzi. (2006). Tingkat Penyerapan Nitrat dan Fosfat Dari Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Menggunakan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Pada Sistem Constructed Wetlands. Universitas Islam Indonesia.
- E. Ginting. (1995). Paralle Data Laboratory, School of Computer Science, Carnegie

Mellon University, Pittsburgh, PA, USA

- Hadi. (2013). Pemanfaatan Arang Eceng Gondok dalam Menurunkan Kekeruhan ,COD, BOD Pada Air Sumur. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Halim, P.A. (2014). *Biosand Filter Dengan Reaktor Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry*. Skripsi. Depok: Universitas Hasanuddin.
- Hartanto. (2004). Penerapan Uji – T (Dua Pihak) dalam Penelitian Peternakan. *Jurnal Indonesia Tropika Animal A*, 29(4), 220–224.
- Hartanto. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 12–16.
- Hibatullah. (2005). Fitoremediasi Limbah Domestik (*Grey Water*) Menggunakan Tanaman Kiambang dengan Sistem Batch (UIN Sunan Ampel .In *Naspa Journal* (Vol. 42, Issue 4).Raya Purwodadi. *Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi*, 4(1), 1–12.
- Izzati. (2016). Perubahan pH dan Salinitas Tanah Pasir serta Tanah Liat setelah Penambahan Pembenh Tanah dari Bahan Dasar Tumbuhan Akuatik. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 24(1), 1–6.
- Kasman. (2018). Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dalam Sistem Kombinasi Constructed Wetland Dan Filtrasi. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 39.
- Kasmidjo. 1991. Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan dan industri pangan. Universitas Gadjah Mada.
- Khusnuryani. (2008). Mikrobial Sebagai Agen Penurun Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Ist Akprind Yogyakarta*, 5(2), 144–151.
- Kusuma. (2011). Morfologi dan Taksonomi Tanaman Melati Air (Vol. 22, Issue 3). Universita Utama Jaya.W

- Made. (2013). Penurunan TSS dan Phospat Air Limbah Puskesmas Janti Kota Malang dengan Wetland. *Jurnal Teknik Waktu*, 11(1), 93–101.
- Majid. (2017). Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha *Binatu* di Kota Parepare Sulawesi Selatan. *Ikakesmada*, 41(0), 978–979.
- Maryana. (2013). Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta M*) dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L*) dalam Menurunkan Besi (Fe) dengan Sistem Batch. In *Journal Of Chemical Information And Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Masqudi. (2004). Penurunan Senyawa Fosfat dalam Air Limbah Buatan dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Tanah Haloisit. *Majalah Iptek*, 15(1), 47–53.
- Meisrilestari. (2013). Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika dan Kimia. *Konversi*.
- Nugroho. (2014). Distribusi Serta Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Danau Rawa Pening. *Bioma*, 3(1), 27–41.
- Pancawati. (2016). Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur pH Nutrisi pada Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 278.
- Patricia. (2018). Kandungan Nitrat dan Fosfat di Sungai Ciliwung. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4(1), 179–185.
- Pramita. (2020). Penggunaan Media Bioball dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Sebagai Biofilter Aerobik pada Pengolahan Limbah Cair Rumah. *Journal Of Research And Technology*, 6(1), 131–136.
- Rahmawati. (2016). Kemampuan Tanaman Kiambang dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat Pada Limbah Domestik dengan Sistem Fitoremediasi Secara Kontinyu. *Teknik Lingkungan*, 5(4), 5–7.
- Riyanti. (2019). Efektivitas Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air Melalui Sistem *Sub-Surface Flow Wetland*. *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 16.
- Riyanto. (2018). Pengembangan Pembelajaran Statistika Berbasis Praktikum Aplikasi Software SPSS dengan Bantuan Multimedia untuk Mempermudah

- Pemahaman Mahasiswa Terhadap Ilmu Statistika. *Doubleclick: Journal Of Computer And Information Technology*, 1(2), 62.
- Rondonuwu. (2014). Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1), 52.
- Rozi, F. (2014). Pemanfaatan Arang Aktif untuk Mendegradasi Raksa dalam Limbah Cair Hasil Proses Amalgamasi Emas [Jember]. In *Proceedings Of The 8th Biennial Conference Of The International Academy Of Commercial And Consumer Law* (Vol. 1).
- Rohman, M, K. (2016). Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Filter Membran Dari Sintesis Zeolit dan Kitosan Untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) dan Surfaktan. Skripsi ITSN. Surabaya: Insitut Teknologi Sepuluh November.
- Ruhmawati, T. (2017). Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi
- Sholichah, Arnelli, dkk. (2013). Pengaruh Waktu Hidrotermal pada Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi Serta Aplikasinya Sebagai *Builder* Deterjen. *Chem Info*, 1(1), 121-129.
- Sitompul (2013). Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok. Institut Teknologi Nasional Bandung, No. 2. Vol 1.
- Siswoyo, E., & Kasam. (2005). Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan Sianida (Cn) Limbah Cair Tapioka dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air. *Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus*, 129-137.
- Sutamihardja. (2018). Studi Dinamika Senyawa Fosfat dalam Kualitas Air Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural*, 8(1), 43.
- Vymazal, J. (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *Water* 2, 530-549.
- Wicheisa, F, V, dkk. (2018). Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6).

Wibowo. (2019). Penerapan Unit Pengolah Limbah Cair Batik Tipe Multi Soil Layer dan Fitoremediasi di UKM Batik Desa Binangun, Kabupaten Banyumas. Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX.,19-20.

Widiyani. (2010). Dampak dan Penanganan Limbah Detergen. Fakultas kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Tahapan Persiapan Reaktor dan Pengujian.



Persiapan reaktor



Pengayakan arang aktif 40 mesh



Tumbuhan Melati Air



Persiapan tabung filtrasi arang aktif



Pengambilan sampel pada lokasi limbah binatu



Penanaman dan Mulai Aklimatisasi



Tahapan aklimatisasi 10 hari RF



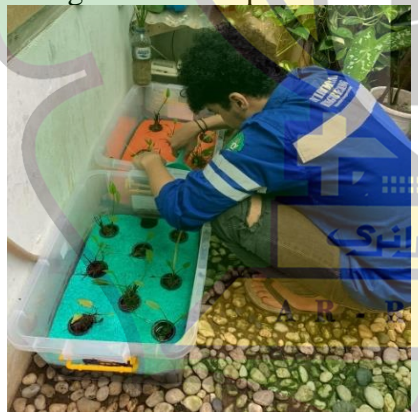
Tahapan aklimatisasi 10 hari RFFAA



Pengambilan sampel hari ke-3



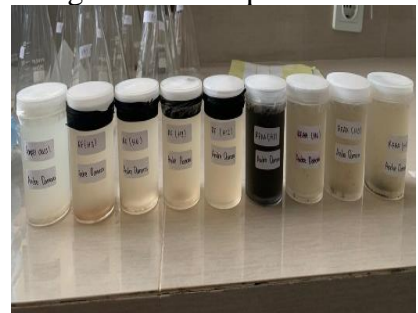
Pengambilan sampel hari ke-6



Pengambilan sampel hari ke-9



Pengambilan sampel hari ke-12



Hasil sampel selama 12 hari



Pengecekan pH sampel awal



Pengecekan pH RF (Hari 3)



Pengecekan pH RFFAA(Hari 3)



Pengecekan pH RF (Hari 6)



Pengecekan pH RFFAA(Hari 6)



Pengecekan pH RF(Hari 9)



Pengecekan pH RFFAA(Hari 9)



Pengecekan pH RF(Hari 12)



Pengecekan pH RFFAA(Hari 12)



Proses pemanasan sampel COD



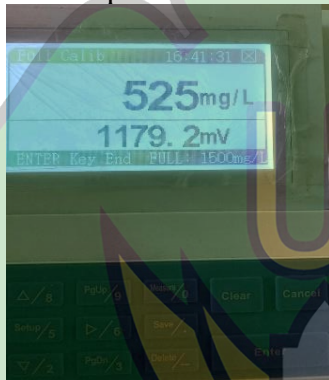
COD meter



Pengecekan sampel sebelum perlakuan



Pengecekan COD RF (Hari 3)



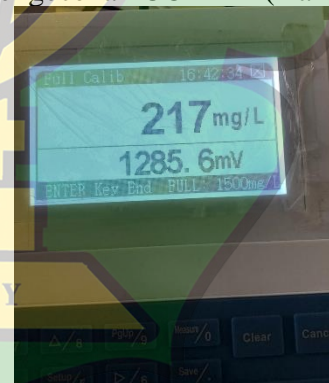
Pengecekan COD RFFAA (Hari 3)



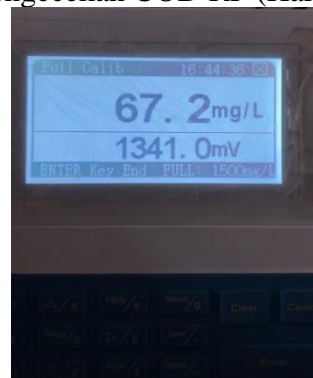
Pengecekan COD RF (Hari 6)



Pengecekan COD RFFAA (Hari 6)



Pengecekan COD RF (Hari 9)



Pengecekan COD RFFAA (Hari 9)



Pengecekan COD RF (Hari 12)



Pengecekan COD RFFAA (Hari 12)



Proses oven sampel TSS



Alat Vakum pengecekan TSS



Pengecekan sampel awal TSS



Pengecekan TSS RF (Hari-3)



Pengecekan TSS RFFAA (Hari-3)



Pengecekan TSS RF (Hari-6)

Pengecekan TSS RFFAA (Hari-6)



Pengecekan TSS RF (Hari-9)



Pengecekan TSS RFFAA (Hari-9)



Pengecekan TSS RF (Hari-12)



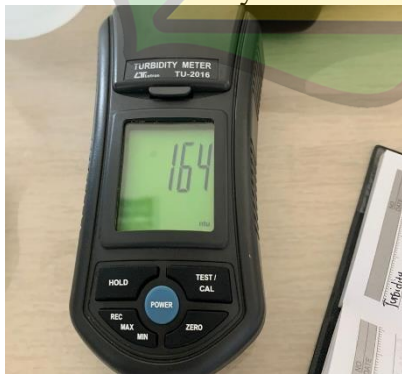
Pengecekan TSS RFFAA (Hari-12)



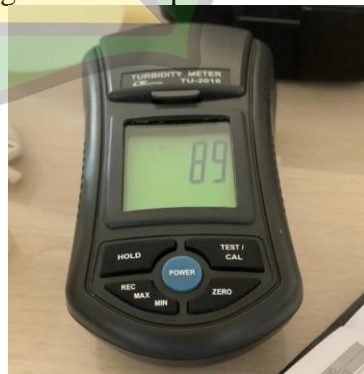
Alat Turbidity Meter



Pengecekan Sampel Awal Turbiditas



Pengecekan Turbiditas RF (Hari-3)



Pengecekan Turbiditas RFFAA (Hari-3)



Pengecekan Turbiditas RF (Hari-6)



Pengecekan Turbiditas RFFAA (Hari-6)



Pengecekan Turbiditas RF (Hari-9)



Pengecekan Turbiditas RFFAA(Hari-9)



Pengecekan Turbiditas RF (Hari-12)



Pengecekan Turbiditas RFFAA (Hari12)

Lampiran 2. Perhitungan parameter

Total Suspended Solid (TSS) dan efektivitas perbandingan.

Untuk menghitung parameter TSS maka dilakukan Persamaan 2;

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}} = ?$$

dengan A adalah berat kertas saring + residu kering (mg), dan B adalah berat kertas saring, (mg).

1. Perhitungan sampel awal parameter TSS reaktor fitoremediasi (RF)

$$= \frac{(0,1591 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 191 \text{ mg/L}$$

2. Perhitungan sampel TSS hari ke-3 reaktor fitoremediasi (RF)

$$= \frac{(0,1522 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 122 \text{ mg/L}$$

3. Perhitungan sampel TSS hari ke-6 reaktor fitoremediasi (RF)

$$= \frac{(0,1457 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 57 \text{ mg/L}$$

4. Perhitungan sampel TSS hari ke-9 reaktor fitoremediasi (RF)

$$= \frac{(0,1523 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 123 \text{ mg/L}$$

5. Perhitungan sampel TSS hari ke-12 reaktor fitoremediasi (RF)

$$= \frac{(0,1466 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 66 \text{ mg/L}$$

6. Perhitungan sampel TSS hari ke-3 reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

$$= \frac{(0,1661 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 261 \text{ mg/L}$$

7. Perhitungan sampel TSS hari ke-6 reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

$$= \frac{(0,1487 - 0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 87 \text{ mg/L}$$

8. Perhitungan sampel TSS hari ke-9 reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

$$= \frac{(0,1497-0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 97 \text{ mg/L}$$

9. Perhitungan sampel TSS hari ke-12 reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

$$= \frac{(0,1536-0,1400) \times 1000 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 136 \text{ mg/L}$$

Pengukuran dari efektivitas pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan Persamaan 4.

$$EP = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

EP adalah nilai efektivitas penurunan, C_{in} adalah konsentrasi pencemar sebelum diolah dan C_{out} adalah konsentrasi pencemar setelah diolah

1. Perhitungan efektivitas sampel pH pada reaktor fitoremediasi

$$EP = \frac{9,7-7,4}{9,7} \times 100\% = 23,71\%$$

2. Perhitungan efektivitas sampel pH pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif

$$EP = \frac{9,7-7,7}{9,7} \times 100\% = 20,62\%$$

3. Perhitungan efektivitas sampel COD pada reaktor fitoremediasi

$$EP = \frac{718-67,2}{718} \times 100\% = 90,64\%$$

4. Perhitungan efektivitas sampel COD pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif

$$EP = \frac{718-83}{718} \times 100\% = 88,44\%$$

5. Perhitungan efektivitas sampel TSS pada reaktor fitoremediasi

$$EP = \frac{191-66}{718} \times 100\% = 65,45\%$$

6. Perhitungan efektivitas sampel TSS pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif

$$EP = \frac{191-136}{718} \times 100\% = 28,80\%$$

7. Perhitungan efektivitas sampel kekeruhan pada reaktor fitoremediasi

$$EP = \frac{272-127}{272} \times 100\% = 53,31\%$$

8. Perhitungan efektivitas sampel kekeruhan pada reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif

$$EP = \frac{272-135}{272} \times 100\% = 50,37\%$$



Lampiran 3. Metode Pengujian Parameter Limbah

1. Metode pengambilan contoh sampel menurut (SNI 6989.59:2008):

1. Persyaratan alat pengambil contoh sampel

Alat pengambil contoh sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh.
- b. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.
- c. Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.
- d. Mudah dan aman di bawa.
- e. Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

2. Jenis alat pengambil contoh sampel

Alat pengambil contoh sampel sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.

3. Pengambilan contoh sampel

Cara pengambilan contoh sampel untuk pengujian kualitas air sebagai berikut:

- a. Siapkan alat pengambil contoh sesuai dengan saluran pembuangan.
- b. Bilas alat dengan contoh yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali.
- c. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan.
- d. Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis.
- e. Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan.
- f. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus.
- g. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan.

2. Pengujian Parameter COD (SNI. 06.6989.72.2009)

Cara pengujian parameter COD ditunjukkan sesuai (SNI. 06.6989.73.2009) ditunjukkan sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat.

Dilarutkan 10,12 g serbuk atau kristal Ag_2SO_4 ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat, kemudian aduk hingga merata.

2. Pembuatan larutan baku kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,01667 M ($\approx 0,1$ N) (digestion solution).

a. Dilarutkan 4,903 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air bebas organik.

b. Ditambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 .

c. Dilarutkan dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.

3. Pembuatan larutan indikator ferroin

Dilarutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat dan 695 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air bebas organik dan di encerkan sampai 100 mL.

3. Pembuatan larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 M

a. Dilarutkan 19,6 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 300 mL air bebas organik.

b. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat.

c. Didinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL.

4. Pembuatan larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$)

Ditambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2\text{-N}$ yang ada dalam contoh uji.

5. Pembuatan larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat \approx COD 500 mg O_2/L

a. KHP digerus perlahan, lalu dikeringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C .

b. Dilarutkan 425 mg KHP ke dalam air bebas organik sampai 1000 mL.

c. Disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ dan dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba.

6. Prosedur kerja pengujian COD

a. Pipet volume contoh uji dan tambahkan digestion solution dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul.

- b. Ditutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- c. Diletakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan digestion selama 2 jam.
- d. Didinginkan perlahan-lahan contoh uji yang sudah direfluks sampai suhu ruang. Saat pendinginan sesekali tutup contoh uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas
- e. Dipindahkan secara kuantitatif contoh uji dari tube atau ampul ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi
- f. Ditambahkan indikator ferroin 0,05 mL - 0,1 mL atau 1 - 2 tetes dan aduk dengan pengaduk magnetik sambil dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan Dilakukan langkah (a) sampai dengan (f) terhadap air bebas organik sebagai blanko. Catat volume larutan FAS yang digunakan.

3. Pengujian Paramter TSS (SNI. 06.6989.3.2004)

TSS dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode gravimetri. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut dengan (SNI. 06.6989.3.2004)

1. Prosedur kerja pengujian TSS
 - a. Dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Dibasahi saringan dengan sedikit air suling.
 - b. Diaduk sampel dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh sampel yang lebih homogen.
 - c. Pipet sampel dengan volume tertentu, pada waktu sampel diaduk dengan pengaduk magnetik.
 - d. Dicuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, dibiarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. sampel dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.

- e. Dipindahkan kertas saring dengan penuh hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Apabila digunakan cawan Gooch maka dipindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Dikeringkan dalam oven minimal selama 1 jam pada suhu 103°C sampel dengan suhu 105°C, didinginkan dalam desikator guna untuk menyeimbangkan suhu kemudian ditimbang.
- g. Diulangi tahapan pada pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan dilakukan penimbangan sampai dengan diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

4. Pengukuran Kekeruhan (SNI 06-6989.25-2005).

Cara pengujian kekeruhan ditunjukkan sesuai SNI 06-6989.25-2005, sebagai berikut:

1. Kalibrasi Turbidity Meter
 - a. Turbidity dioptimalkan untuk pengujian kekeruhan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat.
 - b. Suspensi baku kekeruhan (misalnya 40 NTU) di masukkan ke dalam tabung pada nefelometer dan dipasang tutupnya.
 - c. Alat dibiarkan hingga menunjukkan nilai pembacaan yang stabil.
 - d. Alat diatur sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku (misalnya 40 NTU).
2. Penentuan contoh uji
 - a. Tabung Turbidity dicuci dengan air suling.
 - b. Contoh uji dikocok dan di masukkan ke dalam tabung pada nefelometer dan pasang tutupnya.
 - c. Alat dibiarkan hingga menunjukkan nilai baca yang stabil.
 - d. Nilai kekeruhan contoh yang diamati kemudian dicatat.

Lampiran 4. Analisis SPSS Regresi Linear Sederhana

1. Regression Waktu (Hari) Terhadap pH Reaktor Fitoremediasi (RF)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: pH			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.996	.995	.0632
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.136	1	3.136	784.000	.000 ^b
	Residual	.012	3	.004		
	Total	3.148	4			
a. Dependent Variable: pH						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.700	.049		198.000	.000
	Hari	-.187	.007	-.998	-28.000	.000
a. Dependent Variable: pH						

2. Regression pH Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: pH			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.984 ^a	.968	.958	.1713
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.704	1	2.704	92.182	.002 ^b
	Residual	.088	3	.029		
	Total	2.792	4			
a. Dependent Variable: pH						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.880	.133		74.473	.000
	Hari	-.173	.018	-.984	-9.601	.002
a. Dependent Variable: pH						

3. Regression COD Reaktor Fitoremediasi (RF)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: COD			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.997	.996	17.522
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA ^a						
	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	278556.100	1	278556.100	907.250	.000 ^b
	Residual	921.100	3	307.033		
	Total	279477.200	4			
a. Dependent Variable: COD						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	727.400	13.573		53.593	.000
	Hari	-55.633	1.847	-.998	-30.121	.000
a. Dependent Variable: COD						

4. Regression COD Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: COD			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.997	.995	16.680
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	241802.500	1	241802.500	869.064	.000 ^b
	Residual	834.700	3	278.233		
	Total	242637.200	4			
a. Dependent Variable: COD						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	704.600	12.921		54.533	.000
	Hari	-51.833	1.758	-.998	-29.480	.000
a. Dependent Variable: COD						

5. Regression TSS Reaktor Fitoremediasi (RF)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: TSS			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.372 ^a	.138	-.293	40.26040
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	520.200	1	520.200	.321	.628 ^b
	Residual	3241.800	2	1620.900		
	Total	3762.000	3			
a. Dependent Variable: TSS						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	117.500	49.309		2.383	.140
	Hari	-3.400	6.002	-.372	-.567	.628
a. Dependent Variable: TSS						

6. Regression TSS Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: TSS			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.589 ^a	.347	.020	79.19438
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6661.250	1	6661.250	1.062	.411 ^b
	Residual	12543.500	2	6271.750		
	Total	19204.750	3			
a. Dependent Variable: TSS						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	236.500	96.993		2.438	.135
	Hari	-12.167	11.806	-.589	-1.031	.411
a. Dependent Variable: TSS						

7. Regression Turbiditas (kekeruhan) Reaktor Fitoremediasi (RF)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: Turbiditas			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.330 ^a	.109	-.336	40.67555
a. Predictors: (Constant), Hari				

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	405.000	1	405.000	.245	.670 ^b
	Residual	3309.000	2	1654.500		
	Total	3714.000	3			
a. Dependent Variable: Turbiditas						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	141.500	49.817		2.840	.105
	Hari	-3.000	6.064	-.330	-.495	.670
a. Dependent Variable: Turbiditas						

8. Regression Turbiditas Reaktor fitoremediasi filtrasi arang aktif (RFFAA)

Variables Entered/Removed ^a			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter
a. Dependent Variable: Turbiditas			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.439 ^a	.193	-.211	34.96999
a. Predictors: (Constant), Hari				

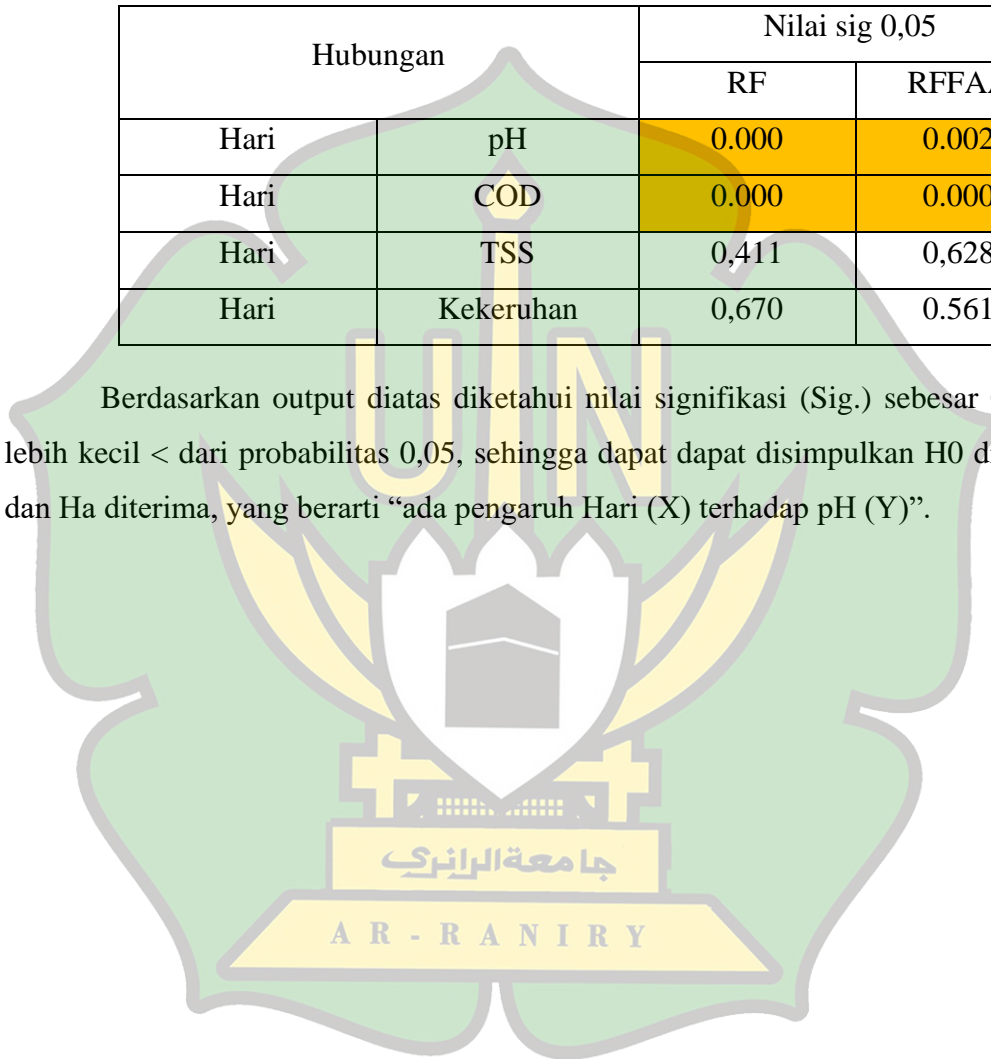
ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	583.200	1	583.200	.477	.561 ^b
	Residual	2445.800	2	1222.900		
	Total	3029.000	3			
a. Dependent Variable: Turbiditas						
b. Predictors: (Constant), Hari						

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	104.500	42.829		2.440	.135
	Hari	3.600	5.213	.439	.691	.561
a. Dependent Variable: Turbiditas						

Tabel 1. Hasil uji regresi linear sederhana antara hari dengan parameter pH, COD, TSS, dan kekeruhan, tabel dengan arsir oren menunjukkan hasil berpengaruh.

Hubungan		Nilai sig 0,05	
		RF	RFFAA
Hari	pH	0.000	0.002
Hari	COD	0.000	0.000
Hari	TSS	0,411	0,628
Hari	Kekeruhan	0,670	0.561

Berdasarkan output diatas diketahui nilai signifikasi (Sig.) sebesar 0.000 lebih kecil < dari probabilitas 0,05, sehingga dapat dapat disimpulkan H0 ditolak dan Ha diterima, yang berarti “ada pengaruh Hari (X) terhadap pH (Y)”.



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Andre Damara, Dilahirkan di Banda Aceh pada hari jum'at tanggal 24 januari 1998. Anak terakhir dari tiga bersaudara pasangan Bapak Ir. Jufrizal Syah dan Ibu Ir. Syarifah Fairus. Peneliti menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Banda Aceh Kec. Kuta Raja Banda Aceh pada tahun 2010. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di SMP Negeri 17 Banda Aceh Kec. Kuta Raja Banda Aceh dan tamat pada tahun 2013, kemudian melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Laboratorium School Unsyiah tepatnya di Kec. Syiah Kuala Banda Aceh dan tamat pada tahun 2016. Pada tahun 2016 peneliti juga melanjutkan Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi. Pada Pendidikan perguruan tinggi, peneliti menyelesaikan kuliah Strata-1 (S1) pada tahun 2021.

Riwayat Organisasi:

1. Wakil Ketua Osis Pendidikan SMA Laboratorium School Unsyiah.
2. Himpunan Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan.

Pengalaman Organisasi/Prestasi.

1. Ketua Bidang Dekorasi Festival Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry 2020.
2. Juara 5 PUBG Mobile Championship Campus Tahun 2018 Tingkat Nasional mewakili UIN-Ar-Raniry Banda Aceh.