

**EFEKTIVITAS TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus
palaefolius*) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
DOMESTIK DENGAN SISTEM HIDROPONIK
RAKIT APUNG**

TUGAS AKHIR

CANDRA ADINATA

NIM. 150702106

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



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**EFEKTIVITAS TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*)
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN SISTEM
HIDROPONIK RAKIT APUNG**

TUGAS AKHIR

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

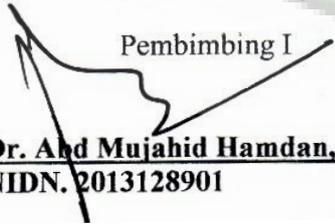
Oleh:

CANDRA ADINATA
NIM. 150702106

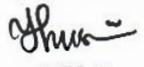
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui oleh:

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

**EFEKTIVITAS TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*)
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN SISTEM
HIDROPONIK RAKIT APUNG**

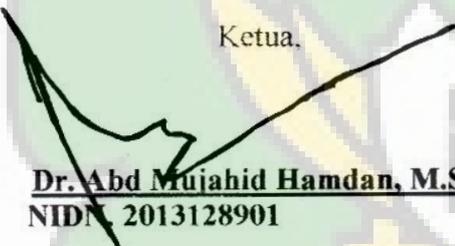
TUGAS AKHIR

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

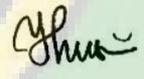
Pada Hari/Tanggal: Rabu, 26 Agustus 2020
7 Muharram 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

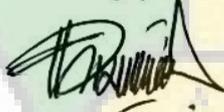
Ketua,


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

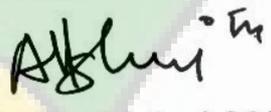
Sekretaris,


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

Penguji I,


Rizna Rahmi, M.Sc.
NIDN. 2024108402

Penguji II,


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301

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




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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Candra Adinata
NIM : 150702106
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaeifolius*) Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah 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 bertanggung jawab atas karya ini.

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

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

Banda Aceh, 26 Agustus 2020

Yang Menyatakan,



Candra Adinata

ABSTRAK

Nama : Candra Adinata
NIM : 150702106
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)
Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Sistem
Hidroponik Rakit Apung
Tanggal sidang : 26 Agustus 2020/ 7 Muharram 1442 H
Tebal Skripsi : 99 Halaman
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Husnawati Yahya, M.Sc.
Kata Kunci : Limbah cair domestik, fitoremediasi, *Echinodorus
palaefolius*.

Limbah cair domestik adalah limbah yang dihasilkan dari setiap aktivitas manusia yang dapat menimbulkan gangguan keseimbangan dan permasalahan terhadap lingkungan. Fitoremediasi dengan sistem hidroponik rakit apung merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pengolahan limbah cair domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman *Echinodorus palaefolius* dalam menurunkan kadar pencemar pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung. Perlakuan terdiri dari 3 variasi yaitu rangkaian hidroponik 4 tanaman (T4), 6 tanaman (T6) dan 8 tanaman (T8), dengan variasi waktu selama 3 hari (H3), 6 hari (H6) dan 9 hari (H9). Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah tanaman dan lama waktu tinggal berpengaruh terhadap penurunan kadar pencemar pada limbah cair domestik. Penurunan kadar pencemar yang paling efektif terjadi pada hari ke 3 dengan jumlah 4 tanaman dengan persentase penurunan BOD sebesar 96.82%, COD sebesar 87.40%, dan TSS sebesar 93.17%. Sementara itu penurunan yang paling efektif terhadap parameter pH terjadi pada hari ke 9 di semua jumlah tanaman dengan nilai 7,20. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa efektivitas penurunan kadar pencemar ditentukan oleh jumlah tanaman dan waktu tinggal semakin sedikit jumlah tanaman dan singkatnya waktu tinggal maka semakin efektif dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya mikroorganisme pemecah bahan organik tidak sebanding dengan ketersediaan oksigen di dalam limbah, sehingga menyebabkan mikroorganisme tidak mampu memecah bahan organik dengan efektif.

ABSTRACT

Name : Candra Adinata
NIM : 150702106
Department : Environmental Engineering
Title : Effectiveness Of Melati Plant (*Echinodorus palaefolius*) In Treatment Of Domestic Wastewater With Flying Hydraulic System
Examination Date : August 29, 2020
Page : 99
Supervisor I : Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc.
Supervisor II : Husnawati Yahya, M.Sc.
Keyword : Domestic wastewater, phytoremediation, *Echinodorus palaefolius*.

Domestic wastewater is waste generated from every human activity that can cause balance and environmental problems. Phytoremediation with the floating raft hydroponic system is one of the efforts that can be done for domestic wastewater treatment. This study aimed determine the effectiveness of *Echinodorus palaefolius* plants in reducing levels of pollutants in domestic liquid waste with a floating raft hydroponic system. The treatment consists of 3 variations, hydroponic series of 4 plants (T4), 6 plants (T6) and 8 plants (T8), with variations in time for 3 days (H3), 6 days (H6) and 9 days (H9). The results of the analysis showed that the number of plants and the affected the decrease in pollutant levels. The most effective decrease in pollutant levels occurred on day 3 with a total of 4 plants with a percentage decrease in BOD of 96.82%, COD of 87.40%, and TSS of 93.17%. Meanwhile, the most effective reduction of pH parameters occurred on day 9 in all plant numbers with a value of 7.20. The measurement results also show that the effectiveness of retention pollutant levels is determined by the number of plants and retention time the less the number of plants and the shorter the residence time the more effective in reducing BOD, COD, and TSS. This is probably due to the fact that the amount of organic matter-breaking microorganisms is not proportional to the availability of oxygen in the waste. This causing microorganisms to be unable to break down organic matter effectively.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah menganugerahkan nikmat hidup bagi seluruh makhluk. Segala ilmu berasal dari-Nya yang Maha mengetahui, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“EFEKTIVITAS TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN SISTEM HIDROPONIK RAKIT APUNG”** Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, manusia pilihan yang menjadi utusan terakhir, pencetus kebaikan dan ilmu pengetahuan di muka bumi.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST) pada Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Adapun dalam menulis Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Ibuku, Almarhum ayahku, adikku, dan keluargaku tercinta yang selalu memberi do'a dan dukungan baik moril maupun materil selama masa kuliah.
2. Ibu Eriawati, M.Pd., selaku mantan ketua prodi teknik lingkungan yang telah banyak membantu peneliti dalam penelitian ini.
3. Ketua Prodi Teknik Lingkungan Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., beserta sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Ibu Yeggi Darnas, M.T., sekaligus penguji I seminar proposal yang telah banyak memberi masukan dan bimbingan kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir
4. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Pembimbing I yang selalu bersedia memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir dan Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku pembimbing II dan penguji II seminar proposal yang selalu bersedia memberikan bimbingan serta pengarahan kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir.

5. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan dan membagi ilmunya kepada penulis.
6. Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry beserta Asisten Laboratorium, Kepala Balai Riset dan Standarisasi Industri Banda Aceh beserta seluruh jajarannya.
7. Sahabat saya, Alhadi, Rizal, Endar, Isman, Diki, Rita, Rina, Riyana dan Maya yang selalu mengingatkan, memberi dukungan, menyemangati dan membantu penulis menyelesaikan penulisan ini.
8. Teman saya di Teknik Lingkungan, Rahmi Wilda, Dhuha, Alissa, Rini, Maghfirah, dan seluruh teman-teman angkatan 2015, beserta teman-teman KPM saya, Budi, Fahmi, Syahril, Riva, Vella, Cut Dhia dan Fahira serta rekan-rekan Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan limpahan berkah dan rahmat-Nya. Semoga penulisan ini bermanfaat untuk pengembangan keilmuan dan pengetahuan di masa depan.

Banda Aceh, 26 Agustus 2020
Penulis,

Candra Adinata

DAFTAR ISI

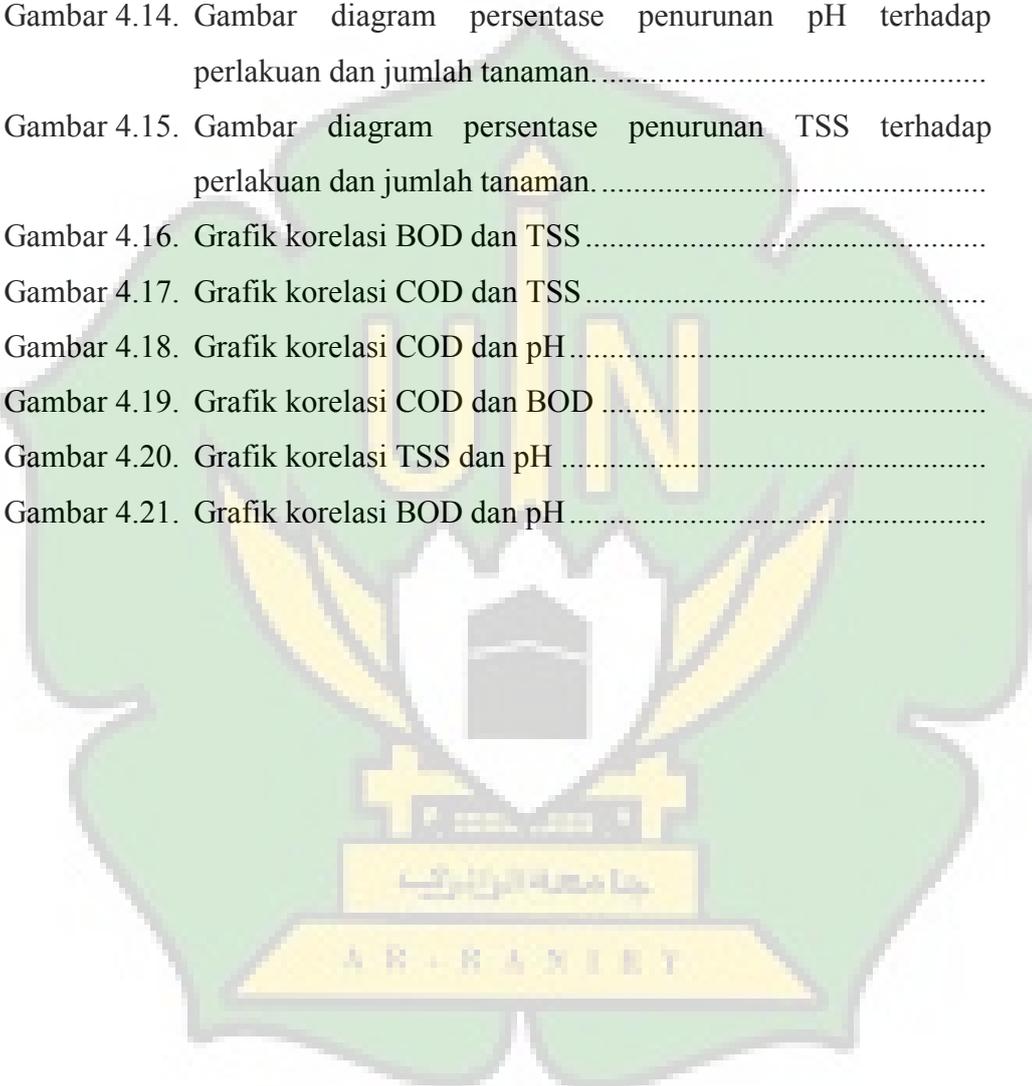
	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair Domestik	7
2.1.1 Karakteristik Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	8
2.2 Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus palaefolius</i>).....	12
2.2.1 Karakteristik Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus palaefolius</i>)	13
2.3 Hidroponik.....	14
2.3.1 Sistem Hidroponik	14
2.3.2 Sistem Hidroponik Rakit Apung.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Alur Penelitian.....	17
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel	19
3.3 Teknik Pengambilan Sampel.....	21

3.4 Sampel dan Tanaman	21
3.5 Tahap Persiapan.....	24
3.6 Eksperimen.....	25
3.7 Bahan yang digunakan dalam eksperimen	27
3.8 Pengukuran dan analisis	30
3.8.1 Pengukuran pH (SNI 06-6989.11-2004).....	31
3.8.2 Pengukuran BOD (SNI. 06.6989.72.2009).....	31
3.8.3 Pengukuran COD (SNI. 06.6989.73.2009).....	34
3.8.4 Pengukuran TSS (SNI. 06.6989.3.2004)	36
3.9. Analisis data	37
3.9.1. Analisis regresi (<i>Regresion linier sederhana</i>)	38
3.9.2. Analisis korelasi (<i>Pearson correlations</i>)	38
3.9.3. Perhitungan persentasi penurunan pencemar.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil Eksperimen.....	40
4.2 Pembahasan	42
4.2.1. Parameter BOD	42
4.2.2. Parameter COD.....	44
4.2.3. Parameter pH	47
4.2.4. Parameter TSS	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN-LAMPIRAN	64
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Melati air (<i>Echinodorus palaefolius</i>).....	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2. Peta lokasi pengambilan sampel	20
Gambar 3.3. Lokasi rumah kos-kosan.....	20
Gambar 3.4. Lokasi titik pengambilan sampel.....	21
Gambar 3.5. Sampel limbah cair domestik	22
Gambar 3.6. Tanaman melati air (<i>E. palaefolius</i>)	23
Gambar 3.7. Panjang batang tanaman melati air (<i>E. palaefolius</i>) 30 cm	23
Gambar 3.8. Panjang akar tanaman melati air (<i>E. palaefolius</i>) 25 cm	24
Gambar 3.9. Skema Hidroponik sistem rakit apung.	24
Gambar 3.10. Hdroponik sistem rakit apung	25
Gambar 4.1. Grafik persentase penurunan BOD terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.....	43
Gambar 4.2. Grafik persentase penurunan BOD terhadap nilai sebelumnya terhadap waktu.....	43
Gambar 4.3. Grafik persentase penurunan BOD terhadap baku mutu.	44
Gambar 4.4. Grafik persentase penurunan COD terhadap konsentrasiawal terhadap waktu.....	45
Gambar 4.5. Grafik persentase penurunan COD terhadap nilai sebelumnya terhadap waktu.....	46
Gambar 4.6. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan COD terhadap baku mutu.	46
Gambar 4.7. Grafik nilai pH terhadap waktu	48
Gambar 4.8. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan pHterhadap baku mutu.	48
Gambar 4.9. Grafik persentase penurunan TSS terhadap konsentrasiawal terhadap waktu.....	49
Gambar 4.10. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan TSS terhadap waktu.....	50

Gambar 4.11. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan TSS terhadap baku mutu.	50
Gambar 4.12. Gambar diagram persentase penurunan BOD terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.	52
Gambar 4.13. Gambar diagram persentase penurunan COD terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.	52
Gambar 4.14. Gambar diagram persentase penurunan pH terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.	53
Gambar 4.15. Gambar diagram persentase penurunan TSS terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.	53
Gambar 4.16. Grafik korelasi BOD dan TSS.	54
Gambar 4.17. Grafik korelasi COD dan TSS.	54
Gambar 4.18. Grafik korelasi COD dan pH.	55
Gambar 4.19. Grafik korelasi COD dan BOD.	55
Gambar 4.20. Grafik korelasi TSS dan pH.	55
Gambar 4.21. Grafik korelasi BOD dan pH.	56

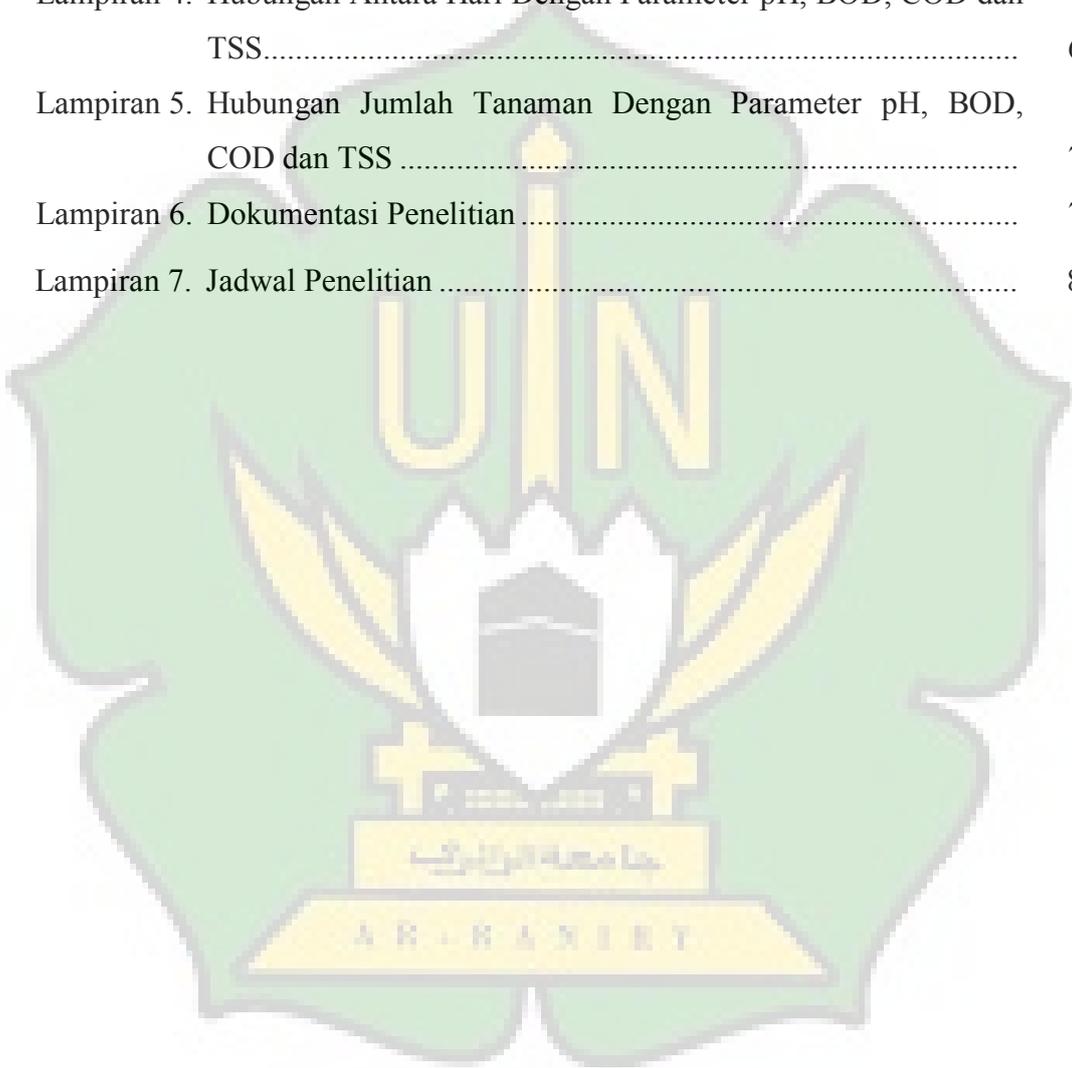


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair domestik.....	8
Tabel 2.2. Baku mutu air limbah domestik.....	12
Tabel 2.3. Klasifikasi tanaman melati air (<i>Echinodorus palaefolius</i>).....	14
Tabel 3.1. Matriks perlakuan terdiri dari 3 variasi yaitu rangkaian hidroponik 4 tanaman (T4), 6 tanaman (T6) dan 8 tanaman (T8), dengan variasi waktu selama 3 hari (H3), 6 hari (H6) dan 9 hari (H9).....	26
Tabel 3.2. Bahan yang digunakan untuk uji sampel pH (SNI 06-6989.11-2004).....	27
Tabel 3.3. Bahan yang digunakan untuk uji sampel BOD(SNI. 06.6989.72.2009).....	27
Tabel 3.4. Bahan yang digunakan untuk uji sampel COD (SNI. 06.6989.73.2009).....	29
Tabel 3.5. Bahan yang digunakan untuk uji sampel TSS (SNI. 06.6989.3.2004).....	30
Tabel 3.6. Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam digestion vessel.....	35
Tabel 4.1. Hasil pengujian parameter limbah cair domestik sebelum dilakukan perlakuan.....	40
Tabel 4.2. Hasil pengukuran parameter.....	40
Tabel 4.3. Persentase kadar parameter pencemar.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian	64
Lampiran 2. Skema rangkaian hidroponik rakit apung	67
Lampiran 3. Metode pengambilan contoh sampel menurut (SNI 6989.59:2008)	68
Lampiran 4. Hubungan Antara Hari Dengan Parameter pH, BOD, COD dan TSS.....	69
Lampiran 5. Hubungan Jumlah Tanaman Dengan Parameter pH, BOD, COD dan TSS	72
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	75
Lampiran 7. Jadwal Penelitian	80



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Dalam peraturan tersebut juga dijelaskan bahwasannya limbah cair domestik adalah air yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air seperti mencuci dan mandi. Aktivitas manusia yang menghasilkan limbah cair secara terus menerus dapat menimbulkan gangguan dan keseimbangan terhadap lingkungan. Air buangan rumah tangga atau limbah cair domestik merupakan penyebab dari pencemaran yang paling dominan dihasilkan oleh manusia selain dari buangan industri (Said, 2017). Banyaknya aktivitas manusia salah satunya adalah kegiatan domestik dapat menyebabkan pencemaran dan mempengaruhi kualitas air sehingga dapat menurunkan daya dukung lingkungan (Destari, 2019).

Terganggunya ekosistem perairan, matinya hewan air seperti ikan dan tumbuhan merupakan salah satu dampak yang ditimbulkan dari pencemaran limbah cair domestik. Selain itu, limbah cair juga menimbulkan penyakit yang disebabkan penggunaan air yang tidak layak oleh manusia seperti untuk mandi dan mencuci (Dahruji, 2016). Limbah cair juga akan berpengaruh terhadap flora dan fauna maupun manusia seperti mengakibatkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun dan penyakit yang bisa menjangkit manusia seperti diare, *hepatitis A*, *cholera* dan *typhus* (Suryani, 2016). Limbah cair domestik dapat menghasilkan senyawa organik berupa asam nukleat, lemak, karbohidrat dan protein maka masuknya bahan organik yang berlebihan ke dalam air akan mengakibatkan penurunan kualitas air (Widiyato, 2015). Limbah cair domestik merupakan salah satu penghasil limbah cair yang paling dominan pada permasalahan lingkungan saat ini (Filliazati, 2013). Sekitar 60% sampai 70% pencemaran yang terjadi di badan air disebabkan oleh limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan sehari-hari manusia, air yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari

manusia terbuang menjadi air limbah dan mencemari lingkungan yang berdampak buruk terhadap lingkungan sekitar (Supradata, 2005).

Limbah *black water* (toilet) yang terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan dan air limbah *grey water* (non toilet) yang terdiri dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur, dan *wastafel* merupakan pembagian dari limbah cair domestik (Said, 2017). Limbah cair domestik atau rumah tangga yang paling banyak dihasilkan adalah *gray water* yaitu sebesar 50%–80%, pencemar dalam limbah *grey water* termasuk dalam kategori rendah hingga sedang dibandingkan dengan *black water* yang termasuk dalam kategori sedang hingga tinggi, maka dari itu *grey water* masih mampu ditoleransi oleh tanaman. Limbah cair domestik umumnya memiliki komposisi yang didominasi oleh bahan organik, amonia, nitrogen dioksida, nitrat, fosfor, deterjen, fenol dan bakteri kolitinja. Dalam limbah cair domestik juga mengandung unsur yang baik bagi tanaman meliputi unsur makro seperti potasium serta unsur mikro seperti kalsium dan magnesium (Susanawati, 2018).

Untuk mengatasi pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair, maka pengolahan limbah cair adalah cara yang sangat perlu dilakukan. Fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pengolahan limbah cair, fitoremediasi adalah teknologi yang menggunakan vegetasi tanaman untuk menghilangkan dan memperbaiki kondisi tanah, lumpur, kolam dan sungai dari kontaminan (Purwanti, 2014). Fitoremediasi merupakan salah satu metode pengaplikasian tanaman dalam media tanam seperti air, tanah dan kerikil yang dapat mengubah zat pencemar yang terdapat dalam limbah cair menjadi tidak berbahaya, bahkan limbah cair dapat dimanfaatkan kembali. Keuntungan lain yang didapat dari metode fitoremediasi yaitu lebih mudah dalam perawatan dan pengoprasian, biaya yang digunakan cukup murah, lebih efisien dan dapat mendukung fungsi ekologis lingkungan disekitarnya (Aslam, 2017). Biayaya yang digunakan dalam fitoremediasi dibandingkan dengan metode konvensional relatif lebih murah sebesar 75%–85% (Purwanti, 2014), Fitoremediasi juga mampu menyerap *orthoposfat* pada deterjen rata-rata 0,05 mg/L selama 2 hari yaitu dengan nilai rata-rata persentase penyerapan sebesar 13,33% atau senilai 0,007 mg/L pada tiap harinya (Ikawati, 2013).

Salah satu teknik dalam fitoremediasi adalah menggunakan tanaman air (*hidrofit*). Tanaman *hidrofit* merupakan bagian dari vegetasi yang ada di bumi, yang biasanya beraneka ragam jenis, bentuk dan sifat. Tanaman *hidrofit* terdapat di perairan air tawar, payau sampai ke lautan. Pada perairan yang tercemar penggunaan *hidrofit* merupakan salah satu solusi untuk menurunkan kadar pencemar. Dalam skala industri maupun laboratorium *hidrofit* sudah banyak digunakan untuk pengolahan air limbah (Yusuf, 2018). Salah satu tanaman *hidrofit* yang sering digunakan untuk fitoremediasi adalah tanaman *Echinodorus palaefolius*. Tanaman *E. palaefolius* juga efektif sebagai filter kontaminan dan dapat menurunkan kadar nutrisi pada perairan (Herlambang, 2015). Menurut hasil penelitian Arimbi (2017), didapatkan hasil bahwa pengaruh tanaman *E. palaefolius* dalam limbah cair tempat pemotongan ayam dapat dipergunakan untuk menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebesar 87,47%, TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 88,98% dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 91,13%.

Salah satu metode yang digunakan dalam fitoremediasi adalah metode hidroponik. Metode hidroponik merupakan salah satu metode dalam fitoremediasi dimana air digunakan sebagai media atau tempat tumbuh dan berkembang suatu tanaman (Rangian, 2017). Hidroponik bisa dikatakan salah satu metode bercocok tanam yang efisien hal ini dikarenakan metode ini tidak memerlukan tempat atau lahan yang luas dan keuntungan lain yang bisa kita dapat adalah tanaman menjadi lebih bersih. Sudah banyak tanaman yang ditanam menggunakan metode ini salah satunya adalah bayam, kangkung, selada, sawi, tomat, terong dan mentimun (Utama, 2006). Metode hidroponik yang paling sederhana, mudah dan efisien digunakan adalah metode hidroponik rakit apung. Metode hidroponik rakit apung atau yang disebut dengan *water culture* merupakan sistem hidroponik yang sederhana. Sesuai dengan namanya, rakit apung menempatkan tanaman terapung diatas cairan nutrisi sehingga akar tanaman dapat terus mendapatkan nutrisi. Agar kadar oksigen dalam larutan senantiasa terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik, di dalam larutan nutrisi dapat diletakkan aerator yang biasa digunakan untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium (Putri, 2017).

Penggunaan tanaman *E. palaefolius* dalam sebuah penelitian sebenarnya sudah banyak dilakukan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Prayitno (2013), tanaman *E. palaefolius* mampu menurunkan kadar BOD sebesar 61,79 % dan COD sebesar 66,98 % pada limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan metode lahan basah buatan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Koesputri (2016), menunjukkan bahwa tanaman *E. palaefolis* mampu menurunkan kadar BOD sebesar 90%, COD 90,79% dan fosfat 56,35% pada limbah cair laundry dengan menggunakan lahan basah buatan. Kasman (2019) dalam penelitiannya, penggunaan tanaman *E.palaefolius* terbukti mampu menurunkan kadar logam aluminium (Al) sebesar 86 % pada lumpur instalasi pengolahan air dengan menggunakan metode lahan basah buatan. Namun belum pernah ada penelitian sebelumnya yang menggunakan tanaman *E. palaefolius* dalam pengolahan limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung. Melihat kenyataan tersebut, perlu adanya penelitian tentang efektivitas tanaman *E. palaefolius* dalam pengolahan limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung sehingga diperoleh gambaran mengenai efisiensi dan kemampuan *E. palaefolius* dalam mereduksi limbah cair domestik sehingga mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas tanaman *E. palaefolius* terhadap penurunan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan sistem hidroponik rakit apung? Dengan pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung?
2. Bagaimana pengaruh jumlah tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung?

3. Bagaimana pengaruh lamanya waktu tinggal tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan umum dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah untuk menganalisis efektivitas tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) dalam pengolahan limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung. Sedangkan tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis efektivitas tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS dalam limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung.
2. Untuk menganalisis jumlah tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung.
3. Untuk menganalisis lamanya waktu tinggal tanaman *E. palaefolius* dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik dengan sistem hidroponik rakit apung.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penjelasan latar belakang di atas diperoleh manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Dapat menjadi referensi dalam perkembangan aplikasi teknologi untuk penelitian selanjutnya.
2. Diharapkan penelitian ini akan menghasilkan limbah cair domestik yang aman untuk di buang kelingkungan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
3. Dapat menjadi salah satu solusi bagi pemerintah, masyarakat dan pemilik rumaah kos-kosan dalam penanggulangan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair domestik.

1.6 Batasan Penelitian

Reduksi pada pH, BOD, COD dan TSS dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, intensitas cahaya dan debit. Namun, pada penelitian ini diasumsikan bahwa faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap proses reduksi limbah cair domestik. Peneliti hanya fokus pada uji pH, BOD, COD dan TSS pada kualitas air limbah sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan rangkaian hidroponik rakit apung, lamanya waktu tinggal tanaman dan jumlah tanaman yang digunakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah dihasilkan dari setiap aktivitas manusia tidak terkecuali limbah cair domestik, apabila limbah terakumulasi dalam jumlah yang besar maka akan menimbulkan dampak yang serius terhadap lingkungan. Limbah cair domestik atau rumah tangga merupakan permasalahan pencemaran lingkungan yang paling sering terjadi saat ini. Oleh sebab itu perlunya pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan agar dapat meminimalisir pencemaran dan juga dapat menurunkan bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair tersebut (Filliazati, 2013).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016. Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, limbah cair domestik yaitu air limbah yang bersumber dari rumah susun, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL (instalasi pengolahan air limbah) kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal, lembaga pemasyarakatan, penginapan dan asrama. Terjadinya pencemaran lingkungan selama ini diakibatkan oleh pembuangan langsung limbah ke badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Kendala yang paling sering dialami dalam proses pengolahan limbah cair adalah mahalnya instalasi pengolahan limbah cair rumah tangga, sehingga sulit dijangkau oleh masyarakat.

Limbah cair domestik umumnya memiliki komposisi yang didominasi oleh bahan organik, amonia, nitrogen dioksida, nitrat, fosfor, deterjen, fenol dan bakteri kolitinja. Namun dari semua parameter tersebut, COD dan BOD merupakan parameter kunci dalam limbah cair domestik. Selain itu setiap orang berbeda-beda dalam menghasilkan beban pencemar. Diperkirakan setiap orang di indonesia akan menghasilkan beban pencemar perharinya berupa BOD sebesar 25 gr/orang/hari dan COD sebesar 57 gr/orang/hari (Salim, 2002).

Limbah cair domestik atau rumah tangga dapat dibagi menjadi dua macam yaitu limbah *black water* dan limbah *gray water*. Limbah *black water* merupakan limbah yang dihasilkan dari wc maupun closed, sedangkan limbah *gray water* merupakan limbah yang dihasilkan dari pencucian pakaian, pencucian piring dan kegiatan mandi. Limbah cair domestik atau rumah tangga yang paling banyak dihasilkan adalah *gray water* yaitu sebesar 50%–80%, pencemar dalam limbah *grey water* termasuk dalam kategori rendah hingga sedang dibandingkan dengan *black water* yang termasuk dalam kategori sedang hingga tinggi, maka dari itu *grey water* masih mampu ditoleransi oleh tanaman (Susanawati, 2018).

2.1.1 Karakteristik Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair domestik.

Jenis pencemar	Unit	Konsentrasi		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Total padatan (TS)	mg/L	350	720	1200
Padatan terlarut (TDS)	mg/L	250	500	850
Padatan tersuspensi (TSS)	mg/L	100	220	350
<i>Settleables solids</i>	mg/L	5	10	20
BOD ₅	mg/L	110	220	400
Organik karbon total (TOC)	mg/L	80	160	290
COD	mg/L	250	500	1000
Total nitrogen (N)		20	40	85
• Organik		8	15	35
• Amoniak bebas	mg/L	12	25	50
• Nitrit		0	0	0
• Nitrat		0	0	0
Total fosfat (p)		4	8	15
• Organik	mg/L	1	3	5
• Inorganik		3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	100
Sulfat	mg/L	20	30	50
Aljalinitas, sebagai CaCO ₃	mg/L	10	100	200
Lemak	mg/L	50	100	150
Total koliform	No./100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
VOCs	mg/L	< 100	100-400	> 400

Sumber: Lampiran I Peraturan MENLH No. 01 Tahun 2010

Menurut Rahmi (2012), karakteristik limbah cair domestik terdiri dari tiga yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik Fisika

Berikut adalah beberapa karakteristik fisika pada limbah cair, diantaranya:

a. *Total Solid*

Merupakan komponen yang menyebabkan pendangkalan pada dasar air hal ini terjadi dikarenakan bahan organik dan anorganik yang terlarut tersuspensi atau mengendap di dasar air.

b. *Total Suspended Solid*

Merupakan padatan total berupa lumpur dan tanah yang terdapat dalam limbah cair yang tertahan oleh saringan dengan ukuran tertentu.

c. Warna

Pada limbah cair domestik biasanya limbah berwarna abu-abu bahkan ada yang berwarna kehitaman, hal ini disebabkan oleh waktu dan kondisi anaerob yang meningkat.

d. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh zat padat yang mengendap, baik yang bersifat anorganik maupun organik, serta menunjukkan sifat respon terhadap cahaya yang akan membatasi pencahayaan kedalam air.

e. Suhu

Dalam aktivitas yang terjadi pada limbah cair suhu berperan penting dalam organisme air, laju reaksi dan reaksi kimia, oleh sebab itu kestabilan suhu berefek terhadap mikroorganisme yang berkembang dalam limbah cair.

f. Bau

Bau biasanya dihasilkan melalui zat kimia yang tercampur di udara pada proses perusakan susunan jaringan materi pada limbah.

2. Karakteristik Biologi

Dalam proses biologi biasanya mikroorganisme melakukan perubahan menjadi senyawa baru yang memanfaatkan zat organik yang terkandung dalam limbah cair untuk menghasilkan energi baru sebagai proses metabolismenya. Banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam limbah

cair merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan karakteristik biologi.

3. Karakteristik Kimia

Berikut adalah beberapa karakteristik kimia pada limbah cair, diantaranya:

a. *Biological Oxygen Demand*

Merupakan kebutuhan oksigen biologis didalam air berfungsi sebagai penghancur limbah organik yang dalam prosesnya memanfaatkan oksigen dan dilakukan oleh mikroorganisme.

b. *Chemical Oxygen Demand*

Merupakan kebutuhan oksigen dalam limbah cair domestik yang digunakan sebagai penguraian unsur pencemar secara kimia.

c. Protein

Pada proses penguraian dan pembusukan dalam limbah cair protein berperan penting dalam menimbulkan bau yang tidak sedap dan biasanya mengganggu penciuman.

d. Karbohidrat

Hidrogen, oksigen dan karbon merupakan senyawa yang menyusun karbohidrat yang menghasilkan gas karbon dioksida dan alkohol apabila mengalami fermentasi oleh enzim dan senyawa tertentu.

e. Lemak dan Minyak

Minyak dan lemak merupakan zat pencemar yang biasanya berasal dari rumah makan dan pencucian peralatan rumah tangga hasil proses masak memasak.

f. Detergen

Merupakan salah satu zat pencemar yang bersumber kegiatan pencucian pakaian dari rumah tangga, *loudry*, asrama dan kos-kosan.

g. pH

Merupakan derajat keasaman pada suatu larutan, semakin tinggi nilai pH maka suatu larutan akan bersifat basa sebaliknya apabila semakin kecil nilai pH pada suatu larutan maka akan bersifat asam, sedangkan pH normal yaitu berkisar dari angka 6-9.

h. Alkalinitas

Merupakan penetralan oleh air terhadap asam tanpa penurunan kadar pH.

i. Besi dan Mangan

Air yang berwarna kecoklatan merupakan salah satu indikasi air tercemar logam besi dan mangan hal ini terjadi dikarenakan logam besi dan mangan teroksidasi dalam air.

j. Klorida

Merupakan salah satu disinfektan yang digunakan dalam pengolahan air, namun klorida juga memiliki efek samping diantaranya yaitu dapat membuat pipa pada instalasi air menjadi rusak dan air menjadi asin.

k. Fosfat

Kandungan fosfat yang tinggi dalam perairan merupakan sumber nutrisi bagi alga namun semakin banyak kadar fosfat dalam air maka pertumbuhan alga sulit untuk di kendalikan sehingga menyebabkan bluming alga yang berakibat terhadap perkembangbiakan flora dan fauna diperairan jadi terhambat dan mengalami kekurangan oksigen.

l. Sulfur

Sulfur atau belerag apabila dalam kadar yang tinggi akan berbau busuk dan akan bersifat racun sedangkan pada air apabila konsentrasinya terlalu banyak maka akan menaikkan keasaman air.

m. Logam berat dan beracun

Logam berat seperti tembaga (Cu), perak (Ag), seng (Zn), kadmium, merkuri (Hg), timah (Sn), kromium, besi (Fe), dan nikel (Ni). Logam tersebut apabila dalam konsentrasi besar maka akan membahayakan bagi makhluk hidup.

n. Fenol

Fenol adalah zat kristal yang memiliki bau yang khas namun tidak berwarna apabila bereaksi dengan chlor maka akan berubah menjadi chlorophenol yang akan menciptakan bau dan rasa pada air.

Standar baku mutu limbah cair domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-

Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Baku mutu air limbah domestik.

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1	pH	-	6-9
2	BOD	Mg/L	30
3	COD	Mg/L	100
4	TSS	Mg/L	30
5	Minyak dan lemak	Mg/L	5
6	Amoniak	Mg/L	10
7	Total coliform	Jumlah/100mL	3000
8	Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016.

2.2 Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

Merupakan tanaman yang dapat mempercantik pekarangan rumah, tanaman ini juga dapat berkembang biak dalam berbagai musim. Tanaman *E. palaefolius* dapat digunakan sebagai pereduktor/filter kontaminan hal ini disebabkan oleh zona rizosfer yang kaya akan oksigen yang dikeluarkan melalui akar sehingga memperluas area tempat mikroorganisme melekat. Dari hasil penelitian sebelumnya, diketahui bahwa dalam menurunkan kadar zat pencemar tanaman *E. palaefolius* sudah sangat efektif (Susono, 2013). *E. palaefolius* merupakan tanaman hias yang sangat fleksibel dalam proses reproduksinya hal ini disebabkan karena akar dari tanaman terletak di dasar perairan. Tanaman *E. palaefolius* dapat dimanfaatkan dengan metode fitoremediasi karena dapat mengatasi *eutrofikasi* yang disebabkan oleh kadar nutrisi yang tinggi pada perairan. Selain itu, dari segi keindahan, tumbuhan ini dinilai dapat memberi kesan menyegarkan udara pada lingkungan pekarangan rumah dan dapat merileksasi pikiran (Riyanti, 2019)

Tanaman *E. palaefolius* juga dapat menurunkan konsentrasi logam aluminium, dimana media tanam secara tidak langsung ternyata juga ikut berperan dalam membantu penyisihan konsentrasi logam aluminium dalam limbah lumpur instalasi pengolahan air. Hal ini terjadi karena akar tanaman *E. palaefolius* mampu membuat area rhizosfernya sendiri untuk menstimulasi

ketersediaan unsur hayati terhadap ion-ion logam (Kasman, 2019). Penelitian yang dilakukan Koesputri (2016), menunjukkan bahwa tanaman *E. palaefolius* pada hari kelima perlakuan dengan menggunakan *constructed wetlands* mampu menurunkan sebanyak 90,79% kadar COD, 90% kadar BOD dan 56,35% kadar fosfat pada limbah cair *laundry*.

2.2.1 Karakteristik Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

Tanaman ini merupakan tanaman akuatik yang biasa digunakan sebagai tanaman hias yang biasa diletakkan di pekarangan rumah dan juga akuarium. 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. Sementara untuk bunga berwarna putih, putik dan benang sari berwarna kuning. Tanaman *E. palaefolius* juga dapat dibudidayakan dengan cara anakan atau menggunakan biji. Persebaran tanaman ini mulai dari lembah Mississippi, Venezuela dan Amerika tengah. (Baroroh, 2016).



Gambar 2.1. Melati air (*Echinodorus palaefolius*).

Tabel 2.3. Klasifikasi tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*).

Kingdom	<i>Plantae</i>
Sub kingdom	<i>Tracheobionta</i>
Super divisi	<i>Spermatophyta</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Sub kelas	<i>Alismatidae</i>
Ordo	<i>Alismatales</i>
Famili	<i>Alismataceae</i>
Genus	<i>Echinodorus</i>
Spesies	<i>Echinodorus palaefolius</i>

2.3 Hidroponik

Hidroponik merupakan salah satu metode dalam fitoremediasi dimana air digunakan sebagai media atau tempat tumbuh dan berkembang suatu tanaman. Kata *hydro* sendiri berarti air dan *ponus* yang berarti kerja atau daya yang diartikan dalam bahasa Yunani. Dalam metode hidroponik terdapat beberapa teknik yang paling sering diterapkan yaitu NFT (*Nutrient Film Technique*), rakit apung dan sistem sumbu (Rangian, 2017).

Hidroponik bisa dikatakan salah satu metode bercocok tanam yang efisien hal ini dikarenakan metode ini tidak memerlukan tempat atau lahan yang luas dan keuntungan lain yang bisa kita dapat adalah tanaman menjadi lebih bersih. Sudah banyak tanaman yang ditanam menggunakan metode ini salah satunya adalah bayam, kangkung, selada, sawi, tomat, terong dan mentimun (Utama, 2006).

2.3.1 Sistem Hidroponik

Terdapat beberapa jenis sistem hidroponik yang saat ini banyak diaplikasikan, baik untuk hobi ataupun skala usaha. Sistem hidroponik dapat dibedakan menjadi sistem statis (tanpa adanya aliran nutrisi) dan sistem dinamis (terdapat aliran nutrisi) (Putri, 2017). Berikut penjabaran beberapa jenis teknik hidroponik tersebut:

1. Sistem hidroponik statis

a. Sistem rakit apung

Hidroponik rakit apung atau yang disebut dengan *water culture* merupakan sistem hidroponik yang sederhana. Sesuai dengan namanya, rakit apung

menempatkan tanaman terapung diatas cairan nutrisi sehingga akar tanaman dapat terus mendapatkan nutrisi. Agar kadar oksigen dalam larutan senantiasa terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik, di dalam larutan nutrisi dapat diletakkan aerator yang biasa digunakan untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium.

b. Sistem sumbu (*Wicks System*)

Sistem sumbu merupakan sistem hidroponik yang pasif karena kondisi larutan nutrisinya diam di dalam wadah bak penampung nutrisi. Akar tanaman menyerap nutrisi dibantu dengan sumbu yang menjuntai hingga menyentuh larutan nutrisi.

2. Sistem hidroponik dinamis

a. Sistem drip

Sistem hidroponik ini paling sering diterapkan pada tanaman melon, cabe dan tomat, cara kerja sistem ini adalah nutrisi akan diteteskan pada media tanam sebagai nutrisi tanaman yang diserap oleh akar.

b. Aeroponik

Sistem hidroponik ini terbilang paling canggih dan memerlukan peralatan serta instalasi yang lebih kompleks dibandingkan sistem hidroponik yang lain. Aeroponik umumnya digunakan oleh pelaku hidroponik skala usaha. Aeroponik umumnya bekerja dengan cara menyemprotkan nutrisi dalam bentuk kabut langsung ke akar tanaman. Posisi akar tanaman ini tergantung di udara.

c. NFT

Merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling sering digunakan oleh pelaku hidroponik skala usaha. Sistem NFT dijalankan dengan cara mengalirkan nutrisi dalam talang-talang air dengan kedalaman aliran nutrisi yang tipis. Nutrisi dialirkan terus menerus selama 24 jam karena prinsip NFT adalah tidak adanya genangan nutrisi sehingga apabila aliran air (mesin pemompa air) dimatikan maka talang akan segera kering dan tanaman tidak mendapatkan nutrisi.

2.3.2 Sistem Hidroponik Rakit Apung

Hidroponik rakit apung atau yang disebut dengan *water culture* merupakan sistem hidroponik yang sederhana. Sesuai dengan namanya, rakit apung menempatkan tanaman terapung diatas cairan nutrisi sehingga akar tanaman dapat terus mendapatkan nutrisi. Agar kadar oksigen dalam larutan senantiasa terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik, di dalam larutan nutrisi dapat diletakkan aerator yang biasa digunakan untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium (Putri, 2017).

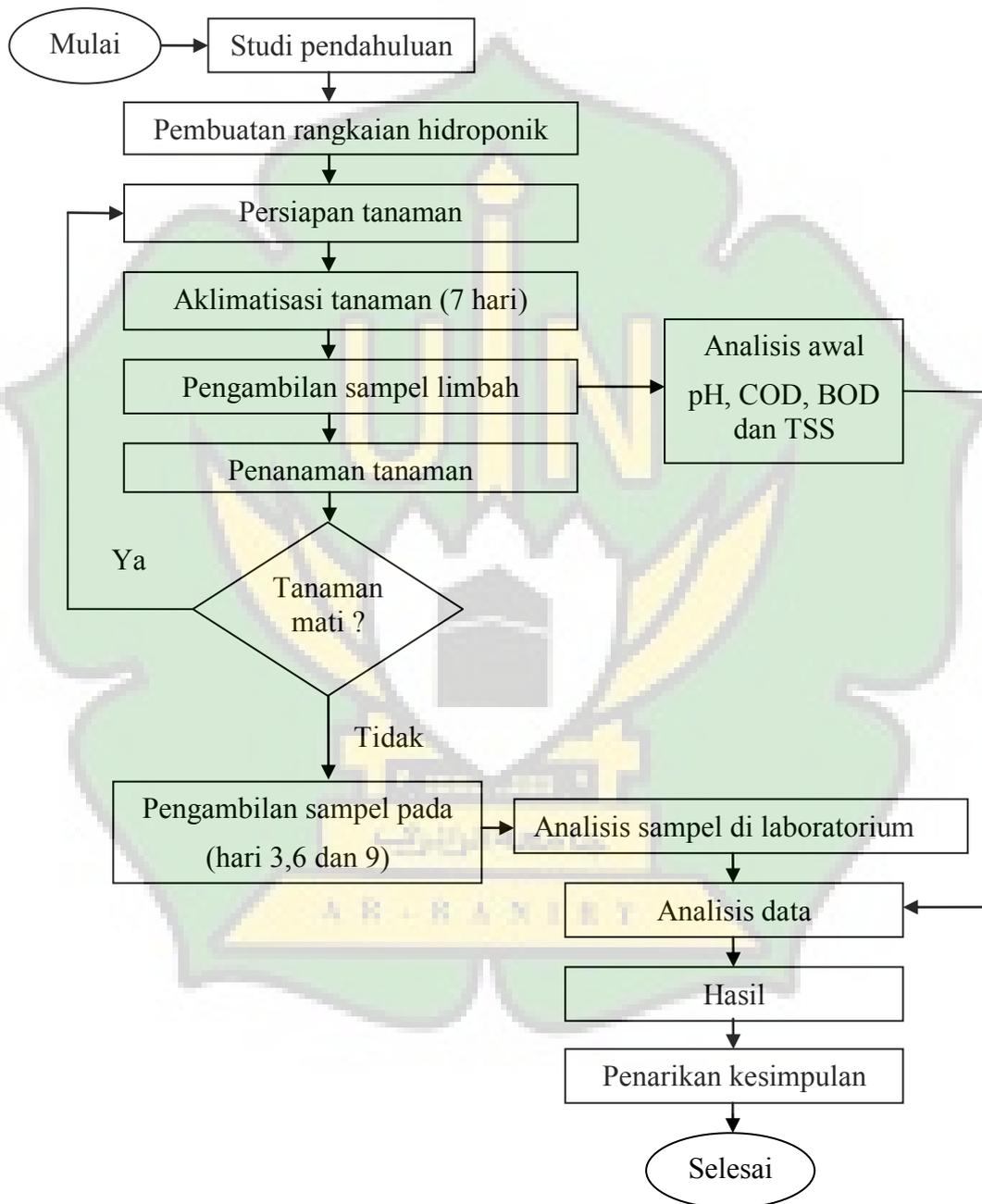
Prinsip kerja hidroponik rakit apung bisa dikatakan sangat sederhana. Hal ini dikarenakan tanaman hanya dibiarkan mengapung diatas media tanam dan *styrofoam* digunakan sebagai penopangnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem ini adalah akar tanaman, akar tanaman yang terendam pada media tanaman akan rentan terhadap pembusukan yang disebabkan oleh bakteri, oleh sebab itu perlunya penambahan oksigen terlarut yang biasanya dihasilkan dari aerator (Anisyah, 2017).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Tahapan dan alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

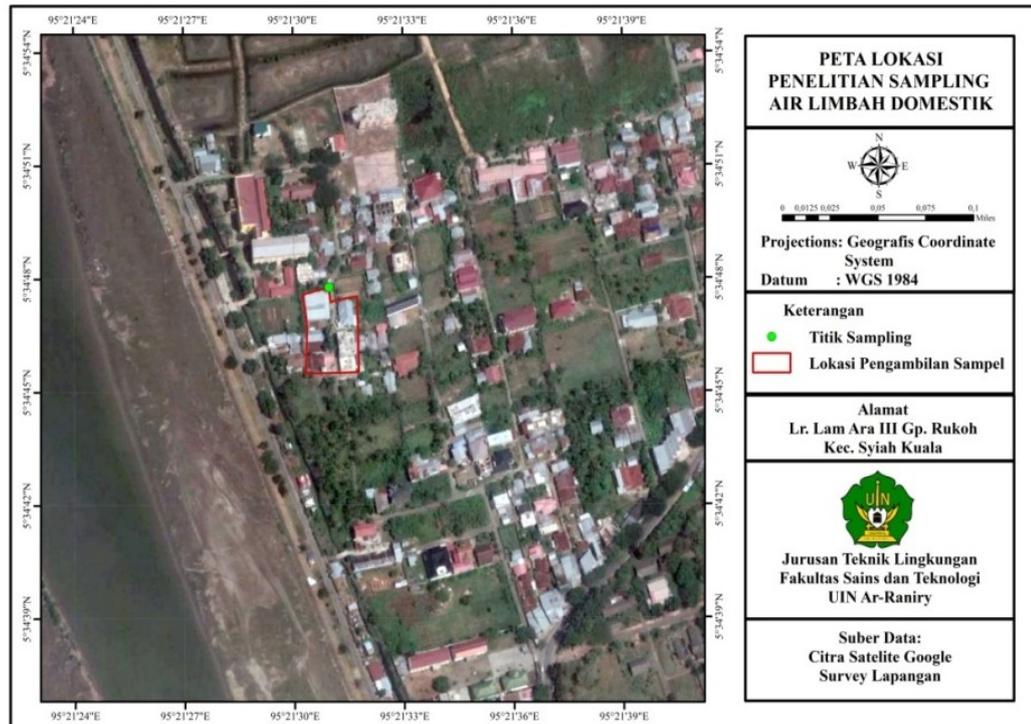
Tahapan penelitian secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Tahapan studi pendahuluan. Tahapan studi pendahuluan merupakan studi yang dilakukan untuk memperoleh informasi tentang alur dan proses penelitian yang akan dilakukan. Studi pendahuluan dalam penelitian ini menggunakan literatur jurnal, skripsi, tesis dan buku.
2. Tahapan pembuatan rangkaian hidroponik. Tahapan pembuatan rangkaian hidroponik dilakukan perangkaian alat yang akan digunakan untuk eksperimen mulai dari penyiapan kotak plastik, membuat lubang pada *styrofoam*, membuat lubang pada *net pon* dan pemasangan aerator.
3. Tahapan persiapan tanaman. Tahapan ini disiapkan tanaman sebanyak 18 tanaman yang memiliki kriteria jumlah daun 8-10 daun, batang 8-10 batang, tinggi dari akar sampai ujung daun 40-50 cm dan berumur 1 bulan.
4. Tahapan aklimatisasi tanaman. Aklimatisasi bertujuan untuk penyesuaian diri tanaman *E. palaefolius* pada lingkungan barunya. Aklimatisasi dilakukan selama tujuh hari dengan menggunakan air limbah yang digunakan dalam penelitian.
5. Tahapan pengambilan sampel limbah. Tahapan ini sampel limbah diambil dari kos-kosan yang berada di Jalan Lam Ara III, Gampong Rukoh, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Kemudian dilakukan analisis awal untuk parameter pH, BOD, COD dan TSS, analisis awal bertujuan untuk mengetahui nilai keseluruhan parameter sebelum dilakukan perlakuan dan juga sebagai nilai pembanding terhadap sampel yang telah mengalami perlakuan.
6. Tahapan penanaman tanaman. Penanaman tanaman dilakukan di masing-masing rangkaian hidroponik, rangkain hidroponik dibagi menjadi 3 rangkain dengan jumlah tanaman yang berbeda-beda, rangkaian 1 dengan 4 tanaman, rangkaian 2 dengan 6 tanaman dan rangkaian 3 dengan 8 tanaman.
7. Tahapan pengambilan sampel setelah perlakuan. Tahapan pengambilan sampel setelah perlakuan dilakukan pada variasi waktu yaitu selama 3 hari, 6 hari dan 9 hari pada masing-masing rangkaian hidroponik.

8. Tahapan analisis sampel. Tahapan analisis keseluruhan sampel pH, BOD, COD dan TSS dilakukan dilaboratorium. Untuk sampel pH dilakukan analisis di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh sedangkan untuk sampel BOD, COD dan TSS dilakukan analisis di Laboratorium Balai Riset Standarisasi Industri Banda Aceh (BARISTAND).
9. Tahapan analisis data dan hasil. Tahapan analisis data dan hasil dilakukan apabila keseluruhan tahapan analisis sampel telah selesai, data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menjadi informasi sehingga data tersebut bisa dipahami dan bermanfaat untuk solusi permasalahan, terutama menjadi informasi yang nantinya bisa dipergunakan dalam mengambil kesimpulan.
10. Tahapan penarikan kesimpulan. Tahapan penarikan kesimpulan merupakan tahapan dimana menjawab pertanyaan yang timbul dari rumusan masalah dalam penelitian ini yang dijelaskan berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh.

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel diperoleh dari kos-kosan yang berada di Jalan Lam Ara III, Gampong Rukoh, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, seperti yang ditunjukkan di dalam peta pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 serta situasi lokasi titik pengambilan sampel pada Gambar 3.4. Pemilihan lokasi menggunakan teknik *simple random sampling* (acak sederhana). Metoda ini digunakan karena populasi kos-kosan dianggap sama, semua kos-kosan di lokasi penelitian diidentifikasi, lalu dilakukan pemilihan dengan cara *cointoss*. Pemilihan dengan cara ini dilakukan apabila jumlah populasi anggota sampel yang ingin diteliti sedikit (Rozaini, 2003).



Gambar 3.2. Peta lokasi pengambilan sampel.



Gambar 3.3. Lokasi rumah kos-kosan

3.3 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 rumah kos-kosan pada waktu pagi hari bertepatan pada hari senin 30 Desember 2019, antara pukul 07:30 sampai 10:00 WIB. Pemilihan waktu tersebut didasari bahwa intensitas aktifitas mulai dari mencuci, memasak dan mandi meningkat pada interval waktu tersebut.
2. Sampel diambil dengan gayung bertangkai panjang dan dimasukkan ke dalam wadah berkapasitas 60 liter yang kategorinya disesuaikan dengan SNI 6989.59:2008 yang dijelaskan dengan rinci pada Lampiran III.



Gambar 3.4. Lokasi titik pengambilan sampel

3.4 Sampel dan Tanaman

Sampel adalah sampel limbah cair domestik dengan kategori *grey water* dari rumah kos-kosan seperti yang ditunjukkan di dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Sampel limbah cair domestik

Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Echinodorus palaefolius* var. *latifolius*. Menurut 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 seperti yang ditunjukkan di dalam Gambar 3.6, Gambar 3.7 dan Gambar 3.8. Menurut klasifikasinya tanaman ini merupakan tanaman yang termasuk dalam kingdom (*Plantae*) tumbuhan, subkingdom (*Tracheobionta*) tumbuhan berpembuluh, super divisi (*Spermatophyta*) menghasilkan biji, divisi (*Magnoliophyta*) tumbuhan berbunga, kelas (*Liliopsida*) tumbuhan berkeping satu atau, sub kelas *Alismatidae*, ordo *Alismatales*, famili *Alismataceae*, genus *Echinodorus* dan spesies *Echinodorus palaefolius*. Tanaman *E. palaefolius* yang akan di uji 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 3.6. Tanaman melati air (*E. palaefolius*).



Gambar 3.7. Panjang batang tanaman melati air (*E. palaefolius*) 30 cm.

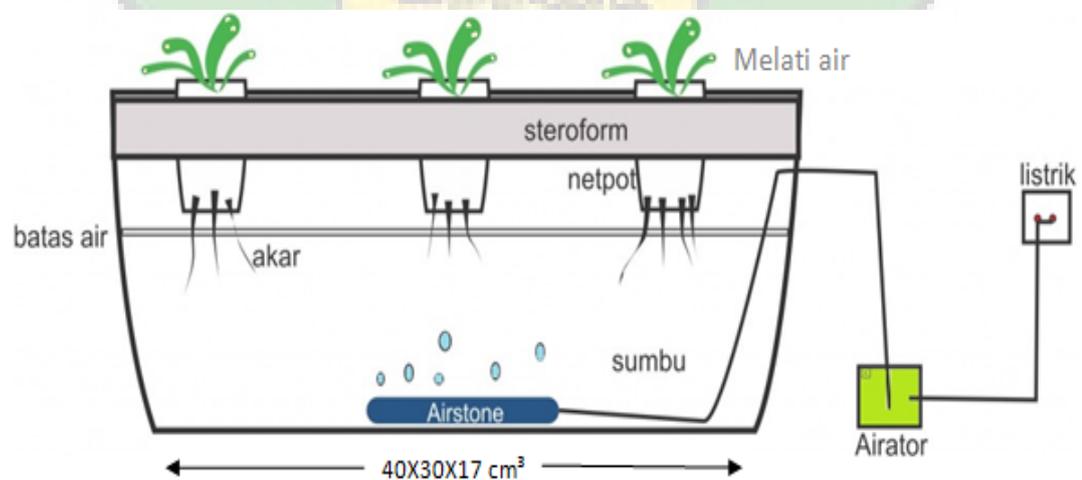


Gambar 3.8. Panjang akar tanaman melati air (*E. palaefolius*) 25 cm.

3.5 Tahap Persiapan

1. Penyiapan rangkaian hidroponik

Rangkaian hidroponik menggunakan kotak plastik hidroponik dengan dimensi panjang kali lebar kali tinggi yang berukuran $40 \times 30 \times 17 \text{ cm}^3$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9. Bagian atas kotak diberi penyangga *net pot* dari bahan *styrofoam*. *Net pot* yang digunakan berdiameter 9 cm di masing-masing rangkaian hidroponik (Anisyah, 2017).



Gambar 3.9. Skema hidroponik sistem rakit apung (sumber: Anisyah, 2017)



Gambar 3.10. Hidroponik sistem rakit apung.

2. Aklimatisasi

Tanaman *E. palaefolius* dibersihkan dengan menggunakan air yang mengalir agar terlepas dari kotoran yang melekat pada tanaman. Aklimatisasi bertujuan untuk penyesuaian diri tanaman *E. palaefolius* pada lingkungan barunya. Aklimatisasi dilakukan selama tujuh hari dengan menggunakan air limbah sebagai media tanaman yang diperoleh dari lokasi.

3.6 Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air limbah dimasukkan ke dalam kotak plastik hidroponik.
2. Tanaman yang telah diaklimatisasi kemudian dimasukkan ke dalam *net pot*.
3. Akar tanaman yang dimasukkan kedalam *net pot* harus menjulur keluar dari lubang *net pot* hal ini dilakukan agar akar tanaman dapat menyentuh media tanam.
4. Keseluruhan rangkaian hidroponik akan diberikan penambahan aerasi menggunakan aerator (Amara AA-22 Output: 3L/menit dan bertekanan: 0,06 Mpa) . Menurut Krisna (2017), oksigen sangat penting bagi pertumbuhan dan fungsi sel tanaman. Jika oksigen tidak tersedia dalam media perakaran, tanaman berpotensi mengalami *hipoksia* (oksigen tersedia untuk metabolisme terlalu rendah) dan *anoksia* (kehilangan simpanan oksigen), sehingga berpotensi menyebabkan kematian dalam jangka panjang. Aerasi adalah salah

satu cara penambahan oksigen pada larutan media tanam hidroponik. Penggunaan aerator dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut pada media tanam sehingga mencegah tanaman mengalami kematian.

5. Fitoremediasi dilakukan dengan mengamati variasi lama waktu retensi dan jumlah tanaman. Matriks perlakuan ditunjukkan di dalam Tabel 3.1. Rancangan penelitian pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Rancangan acak lengkap (RAL) merupakan rancangan baku yang paling sederhana. Keuntungan dari penggunaan rancangan ini yaitu, kehilangan informasi lebih sedikit, analisis statistik sangat sederhana, fleksibel dan denah perancangan lebih mudah (Christina, 2016). Rangkaian terdiri dari 3 variasi yaitu rangkaian hidroponik dengan 4 tanaman (T4), dengan 6 tanaman (T6) dan dengan 8 tanaman (T8), yang masing-masing variasi rangkaian tersebut diberikan variasi waktu yaitu selama 3 hari (H3), 6 hari (H6) dan 9 hari (H9) (Arimbi, 2017).

Tabel 3.1. Matriks perlakuan terdiri dari 3 variasi yaitu rangkaian hidroponik 4 tanaman (T4), 6 tanaman (T6) dan 8 tanaman (T8), dengan variasi waktu selama 3 hari (H3), 6 hari (H6) dan 9 hari (H9).

	H3	H6	H9
T4	T4H3	T4H6	T4H9
T6	T6H3	T6H6	T6H9
T8	T8H3	T8H6	T8H9

6. Pengontrolan tanaman. Tanaman pada masing-masing rangkaian hanya perlu pengontrolan saja, hal ini dikarenakan tanaman tidak memerlukan perawatan yang khusus seperti pemupukan, pemberian insektisida dan pestisida sebab tanaman memiliki daya tahan terhadap serangga dan mampu untuk tumbuh dengan baik pada media tanaman dengan kandungan unsur hara yang relatif rendah (Arimbi, 2017).
7. Apabila tanaman mengalami kematian selama proses fitoremediasi maka eksperimen di ulang melalui tahapan persiapan tanaman dan seterusnya,

apabila pada eksperimen kedua tanaman tetap mati maka interval pencuplikan dirapatkan dalam rentan waktu hidup tanaman tersebut.

3.7 Bahan yang digunakan dalam eksperimen

Untuk bahan yang digunakan dalam pengukuran pH ditunjukkan pada Tabel 3.2, BOD pada Tabel 3.3, COD pada Tabel 3.4 dan TSS pada Tabel 3.5.

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan untuk uji sampel pH (SNI 06-6989.11-2004).

No	Nama bahan	Volume	Satuan	Merek dagang	Peruntukan
1	Larutan penyangga 0,4	20	mL	Hanna instruments	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH asam
2	Larutan penyangga 0,7	20	mL	Hanna instruments	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH normal
3	Larutan penyangga 0,10	20	mL	Hanna instruments	Sebagai larutan penyangga dalam pengukuran pH basa

Tabel 3.3. Bahan yang digunakan untuk uji sampel BOD (SNI. 06.6989.72.2009).

No	Nama bahan	Volume	Satuan	Merek dagang	Peruntukan
1	Air bebas mineral	10	Liter	—	Pencucian alat yang akan digunakan dan untuk pengenceran
2	Kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4)	8,5	gram	Pudak	Pembuatan larutan nutrisi
3	Dikalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4)	21,75	gram	Ronghong kimia	Pembuatan larutan nutrisi
4	Dinatrium hidrogen fosfat heptahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	33,4	gram	Import china	Pembuatan larutan nutrisi

5	Amonium klorida (NH ₄ Cl)	1,7	gram	Pudak	Pembuatan larutan nutrisi
6	Magnesium sulfat (MgSO ₄ .7H ₂ O)	22,5	gram	Pudak	Pembuatan larutan nutrisi
7	Kalsium klorida (CaCl ₂)	27,5	gram	—	Pembuatan larutan nutrisi
8	Feri klorida (FeCl ₃ .6H ₂ O)	0,25	gram	Merck millipore	Pembuatan larutan nutrisi
9	Glukosa	150	gram	Mount fuji	Pembuatan larutan glukosa
10	Asam glutamat	150	gram	—	Pembuatan larutan asam glutamat
11	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)	28	mL	Merck	Pembuatan larutan asam dan basa
12	Natrium hidroksida (NaOH)	40	gram	Pudak	Pembuatan larutan asam dan basa
13	Natrium sulfit (Na ₂ SO ₃)	1,575	gram	Pudak	Pembuatan larutan natrium sulfit
14	Inhibitor nitrifikasi allylthiourea (ATU) (C ₄ H ₈ N ₂ S)	2,0	gram	Fluka	Pembuatan larutan ATU
15	Asam asetat (CH ₃ COOH)	250	mL	Fulltime	Pembuatan larutan asam asetat

16	Kaliom iodida (KI)	10	%	Merck	Pembuatan larutan KI
17	Kanji	2	gram	—	Pembuatan larutan indikator amilum
18	Asam selisilat	0,2	gram	Merck	Pembuatan larutan indikator amilum

Tabel 3.4. Bahan yang digunakan untuk uji sampel COD (SNI. 06.6989.73.2009).

No	Nama bahan	Volume	Satuan	Merek dagang	Peruntukan
1	Air bebas organik	10	Liter	—	Pencucian alat yang akan digunakan dan untuk pengenceran
2	Perak sulfat (Ag_2SO_4)	10,12	gram	Shuoyun	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
3	Asam sulfat (H_2SO_4)	1000	mL	Merck	Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat
4	Kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	4,903	gram	Pudak	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
5	Merkuri (II) sulfat HgSO_4	33,3	gram	Ex china	Pembuatan larutan kalium dikromat 0,01667 M
6	Phenanthrolin monohidrat	1,485	gram	Research products international (RPI)	Pembuatan larutan indikator ferroin
7	Besi (II) sulfat heptahidrat ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	695	mg	Pudak	Pembuatan larutan indikator ferroin

8	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	Pudak	Pembuatan larutan baku FAS 0,05 M
9	Asam sulfamat $(\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H})$	10	mg	Smart lab	Digunakan jika ada gangguan nitrit
10	Kalium hidrogen ftalat $(\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COO K, KHP})$	425	mg	Pudak	Pembuatan larutan baku kalium hidrogen ftalat

Tabel 3.5. Bahan yang digunakan untuk uji sampel TSS (SNL. 06.6989.3.2004).

No	Nama bahan	Volume	Satuan	Merek dagang	Peruntukan
1	Kertas saring whatman Grade 934 AH	1,5	μm	Staplex	Penyaringan residu limbah cair domestik
2	Kertas saring gelman type A/E,	1,0	μm	Staplex	Penyaringan residu limbah cair domestik
3	Saring E-D <i>scientific specialities grade</i> 161	1,1	μm	Staplex	Penyaringan residu limbah cair domestik
4	Saringan	0,45	μm	—	Penyaringan residu limbah cair domestik
5	Air suling.	10	Liter	—	Membasahi kertas saring

3.8 Pengukuran dan analisis

Pengukuran dan analisis dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing rangkaian hidroponik. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini yaitu pH yang analisisnya di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Selain itu juga dilakukan analisis BOD, COD, dan

TSS yang dilakukan di Laboratorium Balai Riset Standarisasi Industri Banda Aceh (BARISTAND).

3.8.1 Pengukuran pH (SNI 06-6989.11-2004)

pH dari sampel air akan dibaca dengan alat pengukur pH meter. Cara mengukur pH dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Prosedur kerja
 - a. Dibilas dengan air suling elektroda yang telah dikeringkan menggunakan tisu.
 - b. Sampel diuji setelah dibilas dengan elektroda.
 - c. Dicelupkan elektroda sampai pembacaan yang tepat pada sampel menggunakan pH meter.
 - d. Dicatat hasil dari pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

3.8.2 Pengukuran BOD (SNI. 06.6989.72.2009)

BOD dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode winkler. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan nutrisi (larutan buffer fosfat)
 - a. Dilarutkan 1,7 g amonium klorida (NH_4Cl), 21,75 g dikalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4), 8,5 g kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) dan 33,4 g dinatrium hidrogen fosfat heptahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).
 - b. Diencerkan sampai 1 liter setelah dimasukkan air bebas mineral.
2. Pembuatan larutan nutrisi (larutan magnesium sulfat)

Diencerkan sampai 1 liter setelah dilarutkan 22,5 g magnesium sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dengan air bebas mineral.
3. Pembuatan larutan nutrisi (kalsium klorida)

Diencerkan sampai 1 liter setelah dilarutkan 27,5 kalsium klorida (CaCl_2) anhidrat dengan air bebas mineral.
4. Pembuatan larutan nutrisi (larutan feri klorida)

Diencerkan sampai 1 liter setelah dilarutkan 0,25 g feri klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan air bebas mineral.
5. Pembuatan larutan suspensi bibit mikroba

- a. Dari bibit mikroba (limbah domestik) lalu diambil supermatan.
- b. Supermatan dilakukan aerasi segera, sampai akan digunakan.
6. Pembuatan larutan air pengencer
 - a. Disiapkan minimal 7,5 mg/L air bebas mineral yang jenuh oksigen.
 - b. Disiapkan botol gelas yang bersih untuk memasukkannya.
 - c. Diatur suhunya pada kisaran $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
 - d. Air bebas mineral jenuh oksigen ditambahkan ke dalam setiap 1 liter.
 - e. Larutan nutrisi yang terdiri dari larutan bufer fosfat MgSO_4 , CaCl_2 dan FeCl_3 dimasukkan kedalam masing-masing 1 mL.
 - f. Dalam setiap 1 liter air bebas mineral ditambahkan bibit mikroba.
7. Pembuatan larutan glutamat dan asam glukosa
 - a. pada suhu 103°C dikeringkan glukosa dan asam glutamat selama 1 jam.
 - b. Ditimbang 150 mg asam glutamat dan 150 mg glukosa.
 - c. Dilarutkan dengan air bebas mineral sampai 1 liter.
8. Pembuatan larutan asam dan basa (larutan asam sulfat)
 - a. Sambil diaduk, sedikit demi sedikit ditambahkan 28 mL H_2SO_4 pekat ke dalam ± 800 mL air bebas mineral.
 - b. Diencerkan dengan air bebas mineral sampai 1 liter.
9. Pembuatan larutan asam dan basa (larutan natrium hidroksida)

Dalam air bebas mineral dilarutkan 40 g NaOH sampai 1 liter.
10. Pembuatan larutan natrium sulfit

Larutan ini disiapkan segera saat akan digunakan dengan cara dalam 1 liter air bebas mineral dilarutkan 1,575 g Na_2SO_3 .
11. Pembuatan larutan inhibitor nitrifikasi allylthiourea (ATU) ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$)
 - a. Dalam 500 mL air bebas mineral dilarutkan 2,0 g ATU ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$).
 - b. Air bebas mineral sebanyak 1 liter akan ditambahkan.
 - c. Pada suhu 4°C larutan akan disimpan.
12. Pembuatan larutan asam asetat

Dengan 250 mL air bebas mineral diencerkan 250 mL asam asetat (CH_3COOH) glasial (massa jenis 1,049).
13. Pembuatan larutan kalium iodida 10%

Dengan air bebas mineral 100 mL dilarutkan 10 g kalium iodida (KI).

14. Pembuatan larutan indikator amilum (kanji)

- a. Dalam 100 mL air bebas mineral dimasukkan 2 g kanji dan $\pm 0,2$ g asam salisilat.
- b. Dipanaskan hingga larut sambil diaduk.

15. Prosedur kerja pengujian BOD

- a. Ditandai masing-masing kedua botol DO dengan label A_1 dan A_2
- b. Dalam masing-masing botol DO (A_1 dan A_2) dimasukkan larutan contoh uji yang telah di encerkan hingga 1 L sampai meluap, masing-masing botol kemudian secara hati-hati ditutup untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.
- c. Disekitar mulut botol DO yang telah ditutup tambahkan air bebas mineral dan lakukan pengocokkan beberapa kali.
- d. Diletakkan dalam lemari inkubator $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ botol A_2 selama 5 hari.
- e. DO meter yang sudah terkalibrasi digunakan untuk pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan botol A_1 . Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (A_1).
- f. Untuk botol A_2 yang telah diinkubasi 5 hari ± 6 jam diulangi pengerjaan seperti butir (e). Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A_2).
- g. Untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji dilakukan pengerjaan butir (a) sampai (f). Nilai oksigen terlarut nol hara (B_1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B_2) merupakan hasil pengukuran yang diperoleh.
- h. Untuk penetapan kontrol standar dengan menggunakan larutan glukosa-asam glutamat dilakukan pengerjaan butir (a) sampai (f). Nilai oksigen terlarut nol hara (C_1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C_2) merupakan hasil pengukuran yang diperoleh.
- i. Terhadap beberapa macam pengenceran contoh uji dilakukan kembali pengerjaan butir (a) sampai (f).

16. Perhitungan

Nilai BOD contoh uji dapat dihitung sebagai berikut:

$$BOD_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right)V_C}{P} \quad (3.1)$$

dengan P adalah perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2), V_C adalah volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL), V_B adalah volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko, B_2 adalah kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/L), B_1 adalah kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L), A_2 adalah kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/L), A_1 adalah kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L) dan BOD_5 adalah nilai contoh uji (mg/L).

3.8.3 Pengukuran COD (SNI. 06.6989.73.2009)

COD dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode refluks tertutup secara titrimetri. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat

Didalam 1000 mL H_2SO_4 pekat dilarutkan 10,12 g serbuk atau kristal Ag_2SO_4 kemudian aduk hingga merata.

2. Pembuatan larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,01667 M (\approx 0,1 N) (digestion solution)

a. Didalam air bebas organik 500 mL dilarutkan 4,903 g $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam.

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

c. Diencerkan sampai 1000 mL dan dinginkan pada suhu ruang.

3. Pembuatan larutan indikator ferroin

Diencerkan air bebas organik 100 mL kemudian dilarutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat dan 695 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

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

- a. Dalam 300 mL air bebas organik dilarutkan $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 19,6 g.
 - b. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat.
 - c. Ditempatkan sampai 1000 mL lalu dinginkan.
5. Pembuatan larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$)
- Untuk setiap mg $\text{NO}_2\text{-N}$ yang ada dalam contoh uji ditambahkan 10 mg asam sulfamat.
6. Pembuatan larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$, KHP) \approx COD 500 mg O_2/L
- a. Dikeringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C KHP yang telah digerus perlahan.
 - b. Didalam air bebas organik 1000 mL dilarutkan 425 mg KHP.
 - c. Dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba apabila disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.
7. Prosedur kerja pengujian COD
- a. Dipipet volume contoh uji ditambahkan digestion solution ditambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel 3.6.

Tabel 3.6. Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam digestion vessel

Digestion vessel	Contoh uji (mL)	Digestion solution (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar ampul: 10 mL	2,50	1,50	3,5	7,5

- b. Ditutup dan homogenkan dengan cara tabung dikocok perlahan.
- c. Dilakukan digestion tabung selama 2 jam pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C .

- d. Direfluks sampai suhu ruang dan didinginkan perlahan-lahan contoh uji. Contoh uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas Saat pendinginan sesekali dtutup.
 - e. Untuk titrasi dipindahkan secara kuantitatif contoh uji dari tube atau ampul ke dalam Erlenmeyer.
 - f. Dicatat volume larutan FAS yang digunakan setelah 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.
 - g. Dicatat volume larutan FAS yang digunakan setelah dilakukan langkah (a) sampai dengan (f) terhadap air bebas organik sebagai blanko.
8. Perhitungan

Nilai COD contoh uji dapat dihitung sebagai berikut:

$$COD \text{ mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{mL \text{ contoh uji}} \quad (3.2)$$

dengan M adalah molaritas larutan FAS dan 8000 adalah berat miliequivalent oksigen x 1000 mL/L , COD adalah nilai contoh uji (mg/L), A adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (mL) dan B adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji (mL).

3.8.4 Pengukuran TSS (SNI. 06.6989.3.2004)

TSS dari sampel air akan dibaca dengan menggunakan metode gravimetri. Metode tersebut akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Prosedur kerja pengujian TSS
 - a. Dibasahi saringan dengan sedikit air suling dan dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum.
 - b. Untuk memperoleh sampel yang lebih homogen diaduk sampel dengan pengaduk magnetik.
 - c. Pada waktu sampel diaduk dengan pengaduk magnetik pipet sampel dengan volume tertentu.

- d. Dilakukan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Sampel dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan setelah dicuci kertas saring dengan 3 x 10 mL air suling, dibiarkan kering sempurna.
- e. Dipindahkan kertas saring dengan penuh hati-hati dari peralatan penyaring. Apabila digunakan cawan *Gooch* maka dipindahkan cawan dari rangkaian alatnya dan dipindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga.
- f. Didinginkan dalam desikator guna untuk menyeimbangkan suhu kemudian ditimbang dan dikeringkan dalam oven minimal selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan suhu 105°C.
- g. 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. Diulangi tahapan pada pengeringan, pendinginan dalam desikator.

2. Perhitungan

Nilai TSS contoh uji dapat dihitung sebagai berikut:

$$TSS \text{ mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}} \quad (3.3)$$

dengan *TSS* adalah nilai contoh uji (mg/L), *A* adalah berat kertas saring + residu kering (mg) dan *B* adalah berat kertas saring (mg).

3.9. Analisis data

Analisis data berfungsi untuk memberi nilai, arti dan makna yang terkandung dalam data yang diperoleh dari hasil eksperimen. Hal ini berdasarkan pendapat bahwa dalam analisis inilah data yang diperoleh peneliti bisa diterjemahkan menjadi hasil yang sesuai dengan kaidah ilmiah. Salah satu analisis data yang paling sering digunakan adalah analisis data statistik yang biasanya menggunakan *software* SPSS (*Statistical products and solution services*).

3.9.1. Analisis regresi (*Regresion linier sederhana*)

Dalam analisis regresi selain mengukur kekuatan hubungan juga menunjukkan arah hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas. Hubungan sebab akibat antara variabel terikat dengan variabel bebas adalah jika variabel bebas terdiri dari 1 maka regresi sederhana yang digunakan, dan jika variabel input lebih dari 1, maka regresi ganda yang digunakan (Dairi, 2008). Persamaan regresi sederhana dinotasikan sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (3.4)$$

dimana Y adalah variabel respon, a adalah konstanta dan b adalah parameter regresi.

3.9.2. Analisis korelasi (*Pearson correlations*)

Pearson correlation adalah metode uji statistik yang digunakan untuk menguji dugaan tentang adanya hubungan antara variabel satu dengan variabel yang lainnya. Uji ini juga dimaksudkan untuk melihat hubungan dari dua hasil pengukuran atau dua variabel yang diteliti, sehingga diperoleh hubungan antara variabel X dengan variabel Y (Jainudin, 2016). Berikut adalah cara pengambilan keputusan dalam analisis korelasi yaitu:

- 0,00 – 0,199 : Hubungan korelasinya sangat lemah
- 0,20 – 0,399 : Hubungan korelasinya lemah
- 0,40 – 0,599 : Hubungan korelasinya sedang
- 0,60 – 0,799 : Hubungan korelasi kuat
- 0,80 – 1,0 : Hubungan korelasinya sangat kuat

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (3.5)$$

dimana r_{xy} adalah koefesion korelasi, $\sum x$ adalah jumlah data x dan $\sum y$ adalah jumlah data y .

3.9.3. Perhitungan persentasi penurunan pencemar

Menurut Budijino (2014), untuk mengetahui efisiensi dan persentasi penurunan pencemar oleh tanaman ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$EP = \frac{C (in) - C (out)}{C (in)} \times 100\% \quad (3.6)$$

dimana EP adalah nilai efektifitas penurunan dan peningkatan bahan pencemar, $C (in)$ adalah konsentrasi pencemar sebelum diolah dan $C (out)$ adalah konsentrasi pencemar setelah di olah.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Eksperimen

Hasil pengujian sampel dengan parameter pH, BOD, COD dan TSS sebelum dilakukan perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.1 sedangkan pengujian setelah perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Hasil pengujian parameter limbah cair domestik sebelum dilakukan perlakuan.

No	Parameter	Hasil Pengujian	Baku Mutu	Keterangan*
1	pH	8,8	6-9	Memenuhi syarat
2	BOD (mg/L)	144,81	30	Tidak memenuhi syarat
3	COD (mg/L)	222,05	100	Tidak memenuhi syarat
4	TSS (mg/L)	205,00	30	Tidak memenuhi syarat

*(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik).

Tabel 4.2. Hasil pengukuran parameter.

Jumlah Tanaman	Hari	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
—	0	8,80	144,81	222,05	205,00
4	3	8,40	4,60	27,96	14,00
	6	7,80	3,58	26,32	6,00
	9	7,20	8,60	20,08	4,00
6	3	8,40	6,47	32,90	16,00
	6	7,60	2,59	36,18	8,00
	9	7,20	4,30	15,06	8,00
8	3	8,30	13,63	37,83	20,00
	6	7,30	3,78	37,83	8,00
	9	7,20	15,91	33,47	30,00

Tabel 4.3. Persentase kadar parameter pencemar

Jumlah Tanaman	Hari	pH	BOD (%)	COD (%)	TSS (%)
4	3	8,40	96,82	87,40	93,17
	6	7,80	97,52	88,14	97,07
	9	7,20	94,06	90,95	98,04
6	3	8,40	95,53	85,18	92,19
	6	7,60	98,21	83,70	96,09
	9	7,20	97,03	93,21	96,09
8	3	8,30	90,58	82,96	90,24
	6	7,30	97,38	82,96	96,09
	9	7,20	89,01	84,92	85,36

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa parameter pH pada limbah cair domestik yang berada di Jalan Lam Ara III, Gampong Rukoh, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, masih memenuhi syarat baku mutu. Sementara itu, untuk parameter BOD, COD dan TSS sudah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa limbah cair domestik yang digunakan memiliki kandungan BOD sebesar 144 mg/L, kandungan COD sebesar 222,05 mg/L, TSS sebesar 205 mg/L dan nilai pH sebesar 8.80 seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 4.2. Tabel 4.2 juga menunjukkan hasil-hasil eksperimen. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel tersebut mengalami perubahan dibandingkan sebelum diberi perlakuan.

Hasil pengukuran menunjukkan BOD, COD dan TSS telah terjadi penurunan yang signifikan pada hari ke tiga seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 4.3. Persentase penurunan BOD pada hari ketiga untuk masing-masing 4 tanaman, 6 tanaman dan 8 tanaman adalah 96.82%, 95.53% dan 90.59%. Penurunan COD pada hari ketiga untuk masing-masing 4 tanaman, 6 tanaman dan 8 tanaman adalah 87.40%, 85.18% dan 82.96%. Sementara itu, penurunan TSS pada hari ketiga untuk masing-masing 4 tanaman, 6 tanaman dan 8 tanaman adalah 93.17%, 92.20% dan 90.24%. Hasil pengukuran pH menunjukkan pH terus mengalami

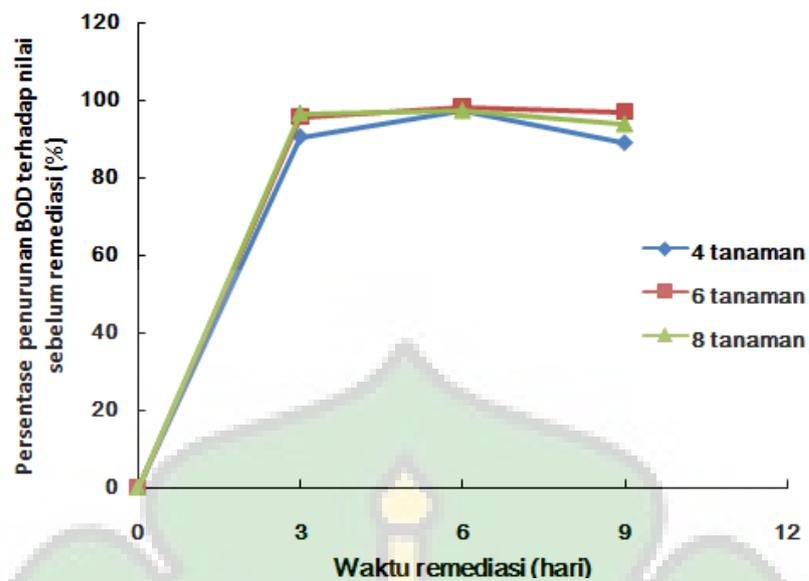
penurunan sampai pada hari kesembilan sebesar 7,20 untuk semua jumlah tanaman dan perlakuan.

4.2 Pembahasan

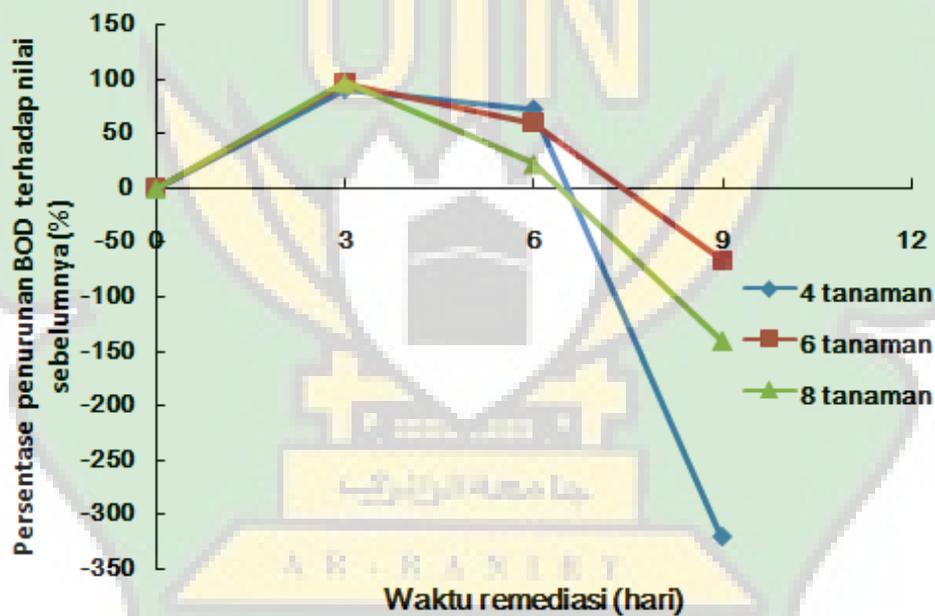
4.2.1. Parameter BOD

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan BOD dari hari ke hari dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2. dan Gambar 4.3 Penurunan BOD yang paling signifikan terjadi pada hari ketiga. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis). Selain itu, tingginya penurunan kadar polutan pada air limbah dipengaruhi daya serap akar tanaman akuatik yang menjadikan polutan tersebut sebagai unsur hara (Arimbi, 2018). Sementara itu, menurut Doraja (2012), menurunnya nilai BOD disebabkan karena terdegradasinya sebagian bahan organik yang sebelumnya tidak terurai pada proses anaerob menjadi sel-sel baru hasil metabolisme mikroba terhadap limbah cair domestik yang tersuspensi dan dipisahkan dengan cara pengendapan.

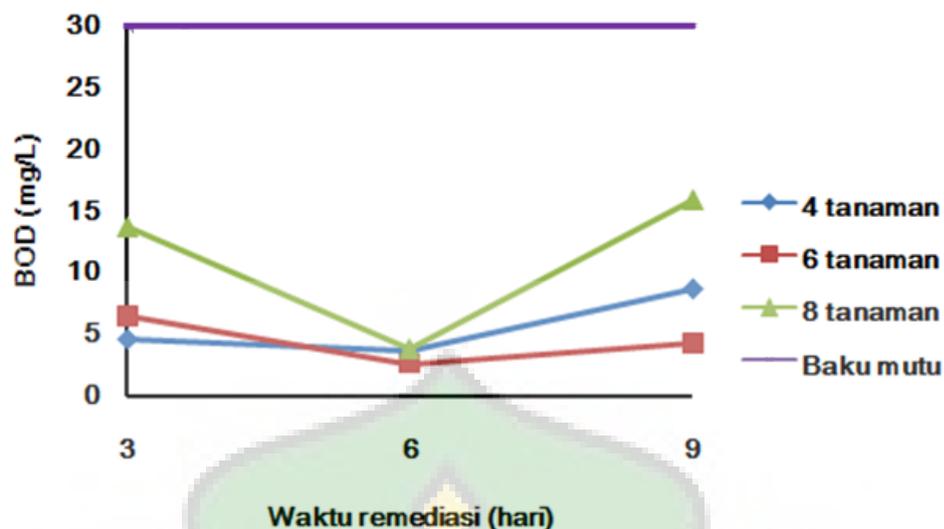
Sedangkan untuk perlakuan 8 tanaman, BOD justru mengalami peningkatan pada hari ke sembilan. Hal ini disebabkan karena bahan organik yang telah dicerna oleh mikroorganisme dengan cara merombak limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO_2), air (H_2O) dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya dari air limbah di dalam reaktor fitoremediasi maka kebutuhan akan oksigen semakin sedikit, berkurangnya oksigen ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme sehingga dapat menaikkan konsentrasi BOD (Sugiharto, 2008). Sementara itu, menurut Filliazati (2013), apabila pertumbuhan mikroorganisme telah mencapai titik optimal terhadap ketersediaan nutrient atau telah memasuki fase stasioner pada hari tertentu, maka mengakibatkan naiknya persentase parameter BOD, hal ini disebabkan karena mikroorganisme menuju fase kematian.



Gambar 4.1. Grafik persentase penurunan BOD terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.



Gambar 4.2. Grafik persentase penurunan BOD terhadap nilai sebelumnya terhadap waktu.



Gambar 4.3. Grafik persentase penurunan BOD terhadap baku mutu.

Hasil uji statistik digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara hari, jumlah tanaman dengan parameter BOD. Dari hasil uji statistik didapatkan hasil bahwa terdapat keterkaitan antara hari dengan parameter BOD yang memiliki nilai sig < probabilitas 0,05 yaitu 0,004 yang berarti bahwa ada pengaruh antara hari terhadap parameter BOD. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran IV. Sedangkan untuk keterkaitan antara jumlah tanaman dengan parameter BOD didapatkan hasil bahwa nilai T hitung 5,338 > T tabel 2,228 sehingga dapat disimpulkan terdapat pengaruh antara jumlah tanaman dengan parameter BOD. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran V.

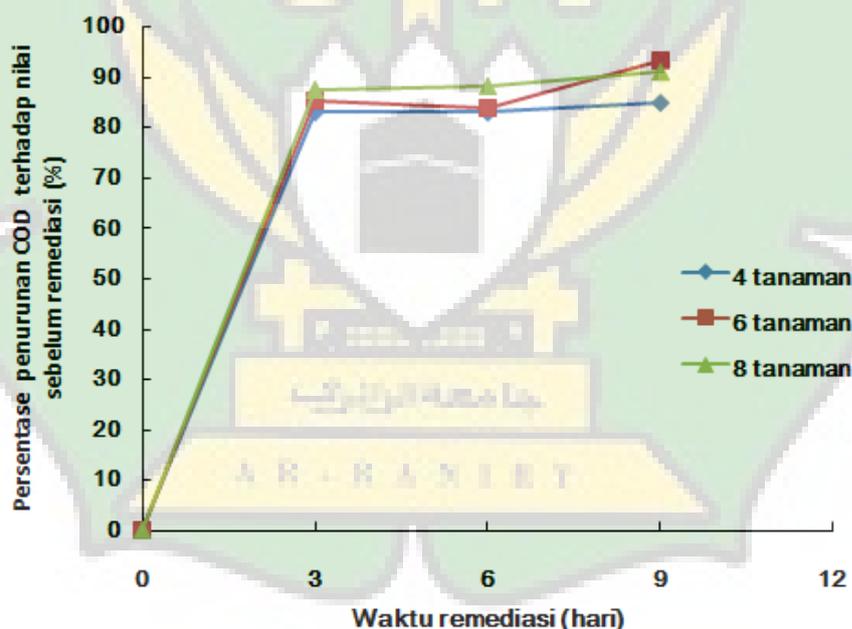
4.2.2. Parameter COD

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan COD dari hari ke hari dapat dilihat pada Gambar 4.4 , Gambar 4.5. dan Gambar 4.6. Setelah hari ke tiga COD tidak mengalami perubahan signifikan. Untuk perlakuan dengan 6 tanaman, kandungan COD mengalami peningkatan pada hari keenam. Perubahan persentase ditunjukkan melalui Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Pada hari keenam laju pengurangan mengalami penurunan dan kembali meningkat pada hari ke sembilan.

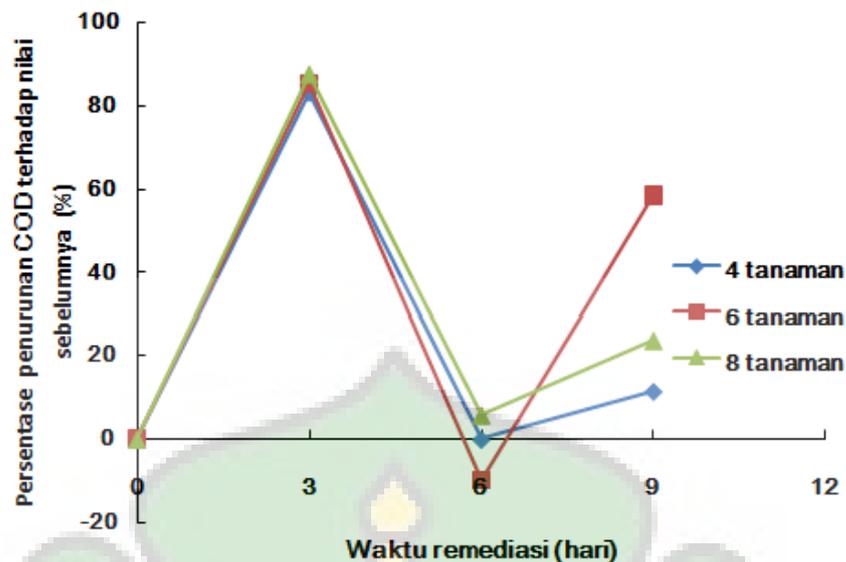
Menurut Sasono (2013), penurunan kandungan COD pada tanaman *E. palaefolius* salah satunya dipengaruhi fungsi perakaran dalam menyerap dan mengurai polutan dan penurunan kandungan COD. Sistem perakaran tanaman *E.*

palaefolius adalah kuat, panjang dan menjalar sehingga sangat efektif dalam memperluas area tempat mikroorganisme melekat. Proses fitoremediasi, tumbuhan memanfaatkan bahan kimia dalam limbah sebagai nutrisi untuk kehidupannya, hal ini juga salah satu yang menyebabkan penurunan kandungan COD pada limbah cair domestik (Padmningrum dkk., 2014)

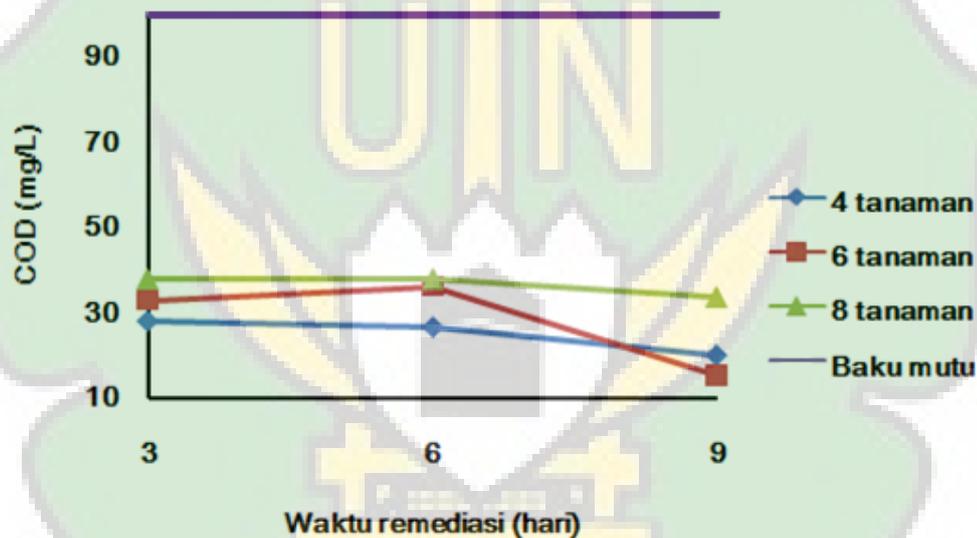
Sedangkan peningkatan parameter COD hal ini disebabkan karena kandungan bahan organik yang tinggi hal ini menyebabkan mikroorganisme mengalami kejenuhan dan kematian sehingga materi organik tidak terurai yang ditunjukkan dengan meningkatkan nilai COD (Mustami 2015). Kemungkinan yang dapat meningkatkan nilai COD adalah waktu tinggal. Waktu tinggal merupakan lamanya waktu kontak antara tanaman dengan limbah cair domestik pada rangkaian hidroponik, karena semakin panjang waktu tinggal maka akan semakin besar penyisihan COD dan sebaliknya jika waktu tinggal pendek maka penyisihan tidak optimal (Indrayati 2016).



Gambar 4.4. Grafik persentase penurunan COD terhadap konsentrasi awal terhadap waktu.



Gambar 4.5. Grafik persentase penurunan COD terhadap nilai sebelumnya terhadap waktu.



Gambar 4.6. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan COD terhadap baku mutu.

Hasil uji statistik digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara hari, jumlah tanaman dengan parameter COD. Uji statistik menggunakan analisis regresi linier sederhana. Dari hasil uji statistik didapatkan hasil bahwa terdapat keterkaitan antara hari dengan parameter COD yang memiliki nilai sig < probabilitas 0,05 yaitu 0,002 yang berarti bahwa ada pengaruh antara hari terhadap parameter BOD. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran IV. Sedangkan untuk keterkaitan antara jumlah tanaman dengan parameter COD didapatkan hasil bahwa nilai T hitung 5,149 > T tabel 2,228

sehingga dapat disimpulkan terdapat pengaruh antara jumlah tanaman dengan parameter COD. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran V.

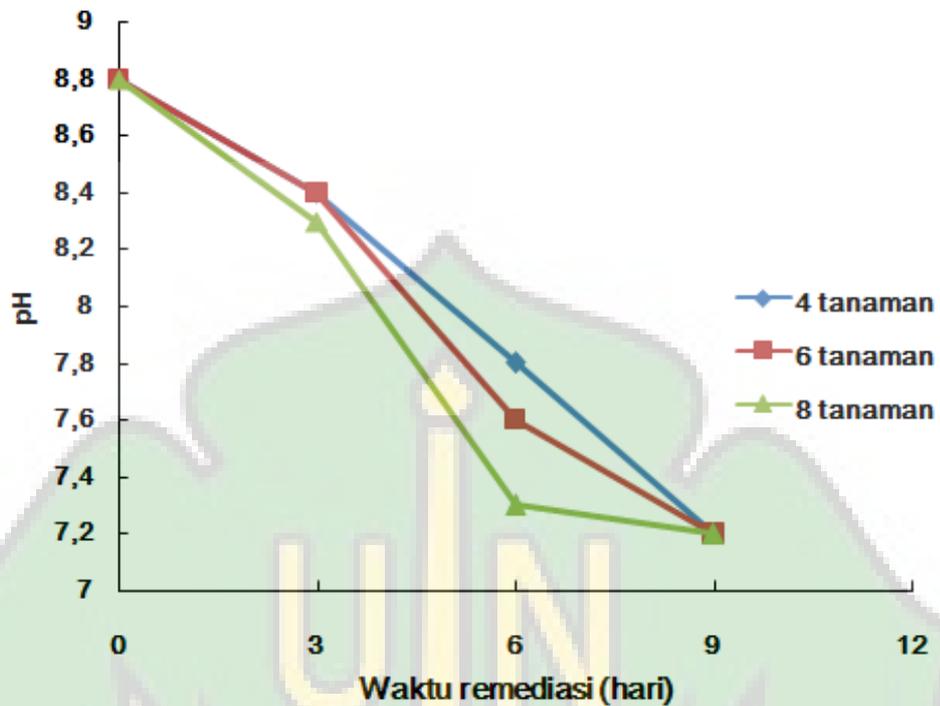
Meningkatnya BOD dan COD bisa disebabkan karena sebagian akar tumbuhan air telah menutupi perairan sehingga organisme kecil lainnya tidak mampu berfotosintesis. Tanaman air yang digunakan sebagai tumbuhan uji merupakan tumbuhan air mengapung sehingga produksi oksigen dari fotosintesisnya akan ke udara atmosfer. Dan juga ada sebagian biomassa dari tumbuhan air telah mati yang menyebabkan peningkatan bahan organik perairan (Indriatmoko, 2018).

4.2.3. Parameter pH

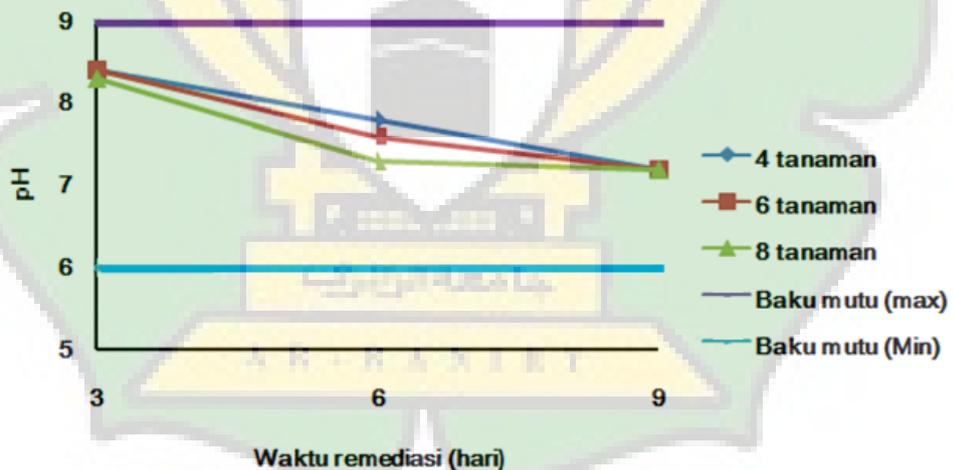
Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, nilai pH masing-masing perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4.7. dan Gambar 4.8. Nilai pH mengalami penurunan terhadap hari perlakuan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, pH limbah domestik yang diizinkan dibuang ke lingkungan adalah 6-9, sehingga nilai pH masih dalam ambang batas aman. Penurunan pH disebabkan berbagai faktor seperti media tanam, proses fotosintesis dan respirasi, maupun bakteri (Pancawati, 2016). Penurunan kadar parameter pH umumnya karena pada pengolahan limbah terdapat proses yang menghasilkan asam sehingga menurunkan nilai pH, seperti pada proses biofilter anaerob yaitu terjadi pemecahan senyawa kompleks yang salah satunya akan menghasilkan hidrogen sulfida (Sulistia, 2019).

Hasil uji statistik digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara hari, jumlah tanaman dengan parameter pH. Uji statistik menggunakan analisis regresi linier sederhana. Dari hasil uji statistik didapatkan hasil bahwa terdapat keterkaitan antara hari dengan parameter pH yang memiliki nilai sig < probabilitas 0,05 yaitu 0,000 yang berarti bahwa ada pengaruh antara hari terhadap parameter pH. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran IV. Sedangkan untuk keterkaitan antara jumlah tanaman dengan parameter pH didapatkan hasil bahwa nilai T hitung 3,086 > T tabel 2,228 sehingga dapat disimpulkan terdapat

pengaruh antara jumlah tanaman dengan parameter pH. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran V.



Gambar 4.7. Grafik nilai pH terhadap waktu



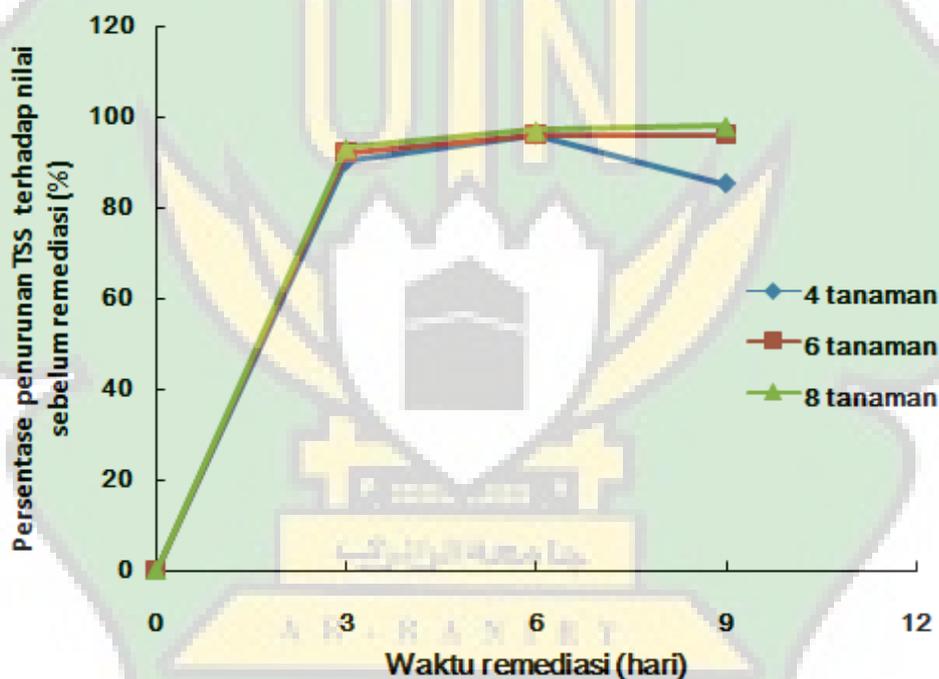
Gambar 4.8. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan pH terhadap baku mutu.

4.2.4. Parameter TSS

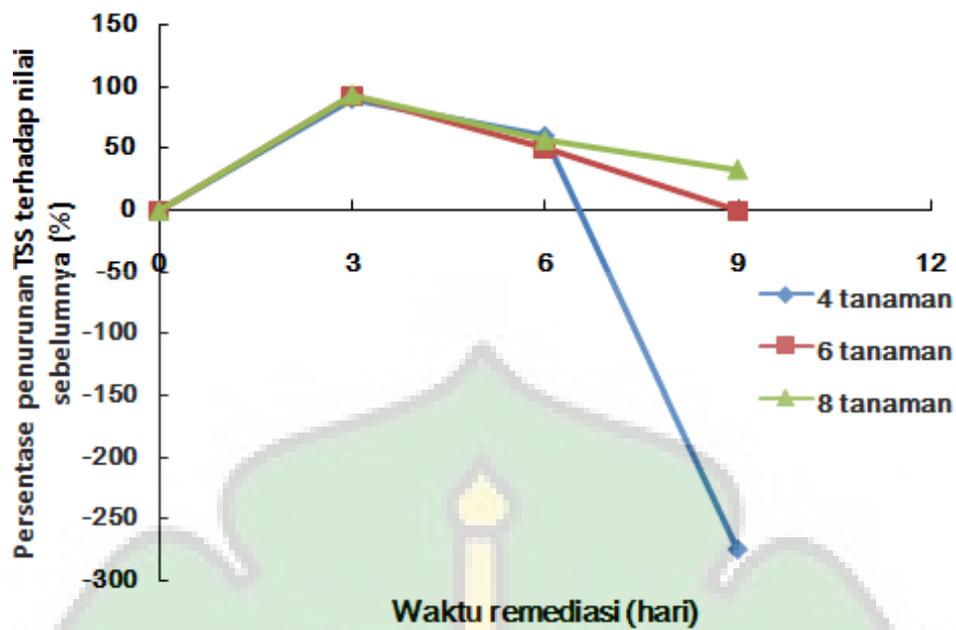
Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan TSS dari hari ke hari dapat dilihat pada Gambar 4.9. Gambar 4.10 dan Gambar 4.11. Setelah

hari ketiga TSS tidak mengalami penurunan yang signifikan. Untuk perlakuan dengan 8 tanaman, kandungan TSS mengalami peningkatan pada hari kesembilan. Perubahan persentase ditunjukkan melalui Gambar 4.10 Pada hari keenam laju pengurangan terus mengalami penurunan setelah hari ketiga.

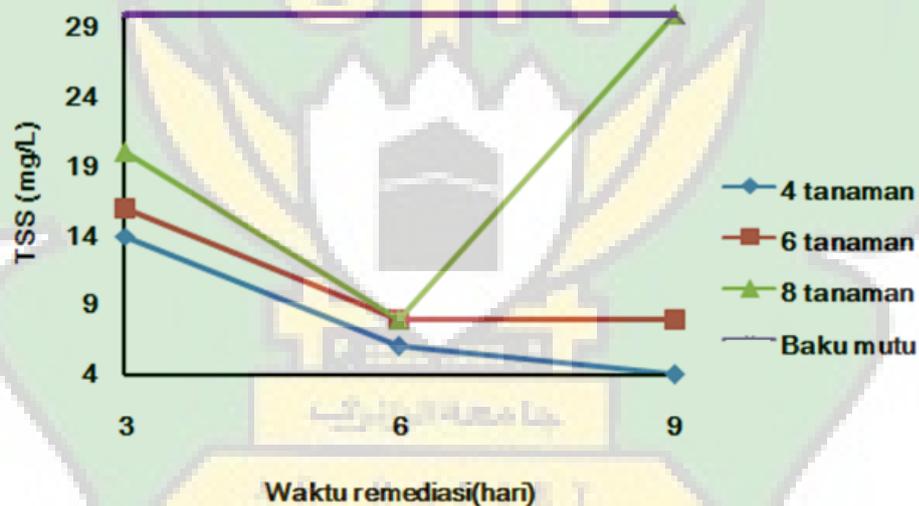
Hilangnya TSS dalam limbah kemungkinan disebabkan oleh proses fisika berupa pengendapan dan tertahannya partikel-partikel padat pada akar tanaman (Suhendrayatna dkk., 2012). Untuk jumlah tanaman 8 pada hari kesembilan kandungan TSS justru mengalami peningkatan. Kenaikan TSS kemungkinan disebabkan oleh partikel dari akar tanaman yang sebelumnya melekat pada jaringan tanaman. Beberapa studi menunjukkan tanaman di dalam air pada keadaan tertentu dapat menjadi sumber partikel padat (Morgan dkk., 2011).



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



Gambar 4.10. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan TSS terhadap waktu.



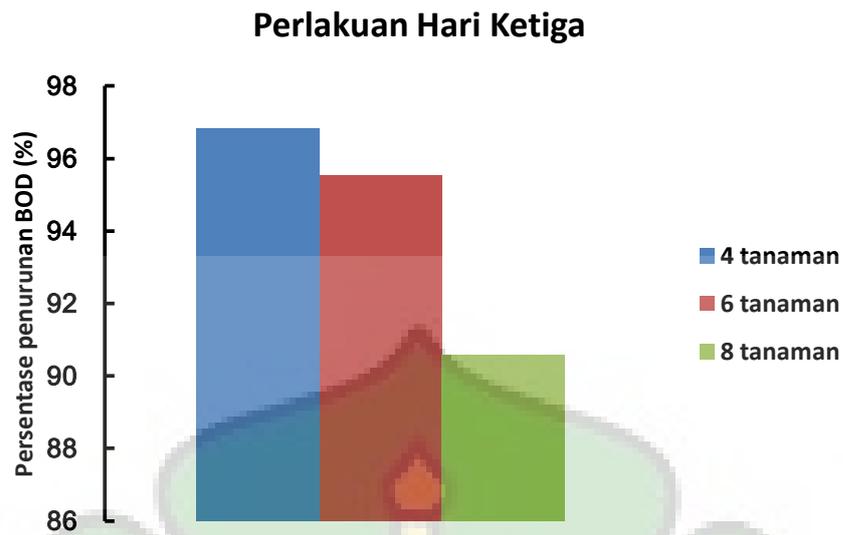
Gambar 4.11. Grafik diatas menjelaskan persentase penurunan TSS terhadap baku mutu.

Hasil uji statistik digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara hari, jumlah tanaman dengan parameter TSS. Uji statistik menggunakan analisis regresi linier sederhana. Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas yaitu hari dan variabel terikat yaitu parameter TSS. Dari hasil uji statistik didapatkan hasil bahwa terdapat keterkaitan antara hari dengan parameter TSS

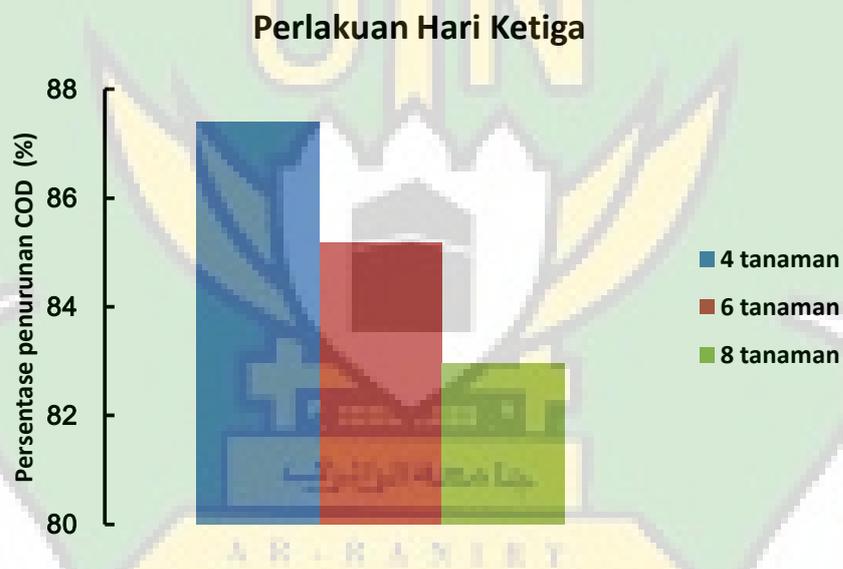
yang memiliki nilai sig < probabilitas 0,05 yaitu 0,003 yang berarti bahwa ada pengaruh antara hari terhadap parameter TSS. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran IV. Sedangkan untuk keterkaitan antara jumlah tanaman dengan parameter TSS didapatkan hasil bahwa nilai T hitung $5,157 > T$ tabel 2,228 sehingga dapat disimpulkan terdapat pengaruh antara jumlah tanaman dengan parameter TSS. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran V.

Berdasarkan Gambar yang telah dijelaskan diatas akselerasi penurunan konsentrasi COD, BOD dan TSS sudah terjadi pada hari ketiga. Tanaman telah mampu menurunkan parameter fisiokimia dengan signifikan. Hal ini menyebabkan akselerasi penurunan juga berkurang, dan menurun drastis pada hari kesembilan. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman telah efektif menurunkan parameter fisiokimia pada hari ketiga. Pada hari kesembilan, kandungan TSS dan BOD justru mengalami peningkatan. Hal ini kemungkinan terdapat kerusakan jaringan akar yang meningkatkan kandungan setelah hari keenam. Pada hari kesembilan, kandungan TSS dan BOD justru mengalami peningkatan. Hal ini kemungkinan terdapat kerusakan jaringan akar yang meningkatkan kandungan setelah hari ke enam.

Untuk persentase penurunan kadar pencemar yang paling efektif dan relatif stabil berdasarkan jumlah tanaman atau kerapatan tanaman dapat dilihat pada diagram batang pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa persentase penurunan BOD paling efektif dan relatif stabil terjadi pada perlakuan hari ketiga yaitu sebanyak 96,82 %, 95,83% dan 90,58% disetiap masing-masing tanaman. Gambar 4.13 menunjukkan bahwa persentase penurunan COD paling efektif dan relatif stabil terjadi pada perlakuan hari ketiga yaitu sebanyak 87,40 %, 85,18% dan 82,96% disetiap masing-masing tanaman. Gambar 4.14 menunjukkan bahwa persentase penurunan pH paling efektif dan relatif stabil terjadi pada perlakuan hari kesembilan yaitu sebanyak 7,20 disetiap masing-masing tanaman. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa persentase penurunan TSS paling efektif dan relatif stabil terjadi pada perlakuan hari ketiga yaitu sebanyak 93,17 %, 92,19% dan 90,24% disetiap masing-masing tanaman.



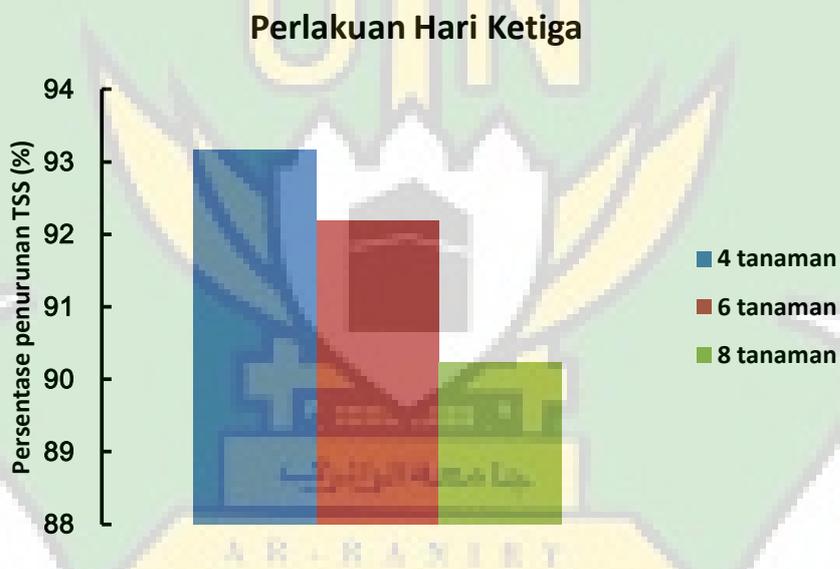
Gambar 4.12. Gambar diagram persentase penurunan BOD terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.



Gambar 4.13. Gambar diagram persentase penurunan COD terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.



Gambar 4.14. Gambar diagram persentase penurunan pH terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.

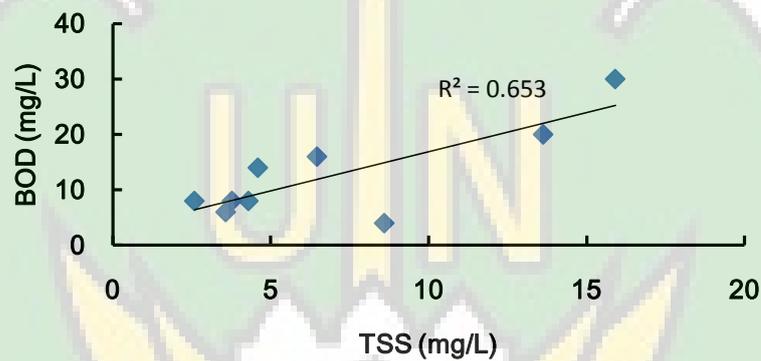


Gambar 4.15. Gambar diagram persentase penurunan TSS terhadap perlakuan dan jumlah tanaman.

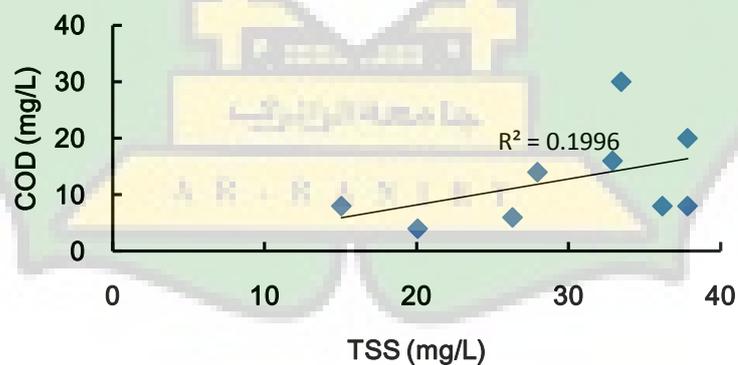
Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa efektifitas ditentukan oleh jumlah tanaman, semakin sedikit jumlah tanaman semakin efektif dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya mikroorganisme pemecah bahan organik tidak sebanding dengan ketersediaan oksigen di dalam limbah, sehingga menyebabkan mikroorganisme tidak mampu memecah bahan organik dengan efektif.

Meskipun tidak signifikan terdapat perbedaan masing-masing perlakuan jumlah tanaman terhadap penurunan COD dan BOD. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman efektif dalam menurunkan COD dan BOD. Penurunan COD dan BOD kemungkinan disebabkan oleh produksi oksigen akibat proses fotosintesis tanaman. Penambahan oksigen juga membantu mikroorganisme di sekitar akar untuk mengurai bahan organik di sekitar akar (Woeku dkk., 2018; Mahajan dkk., 2019).

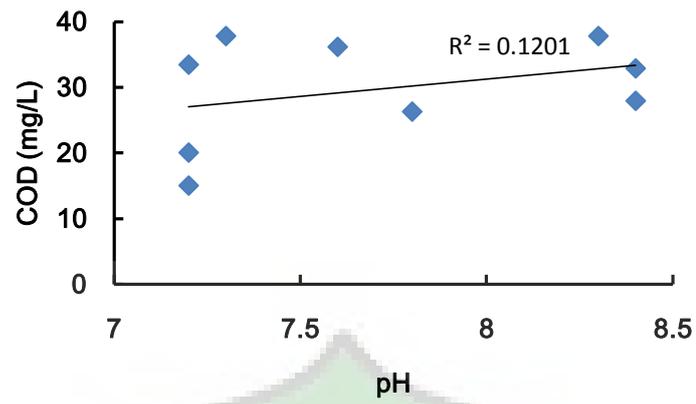
Sementara itu persentase hubungan antara parameter pH, BOD, COD dan TSS ditunjukkan pada Gambar 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 dan 4.21 sebagai berikut:



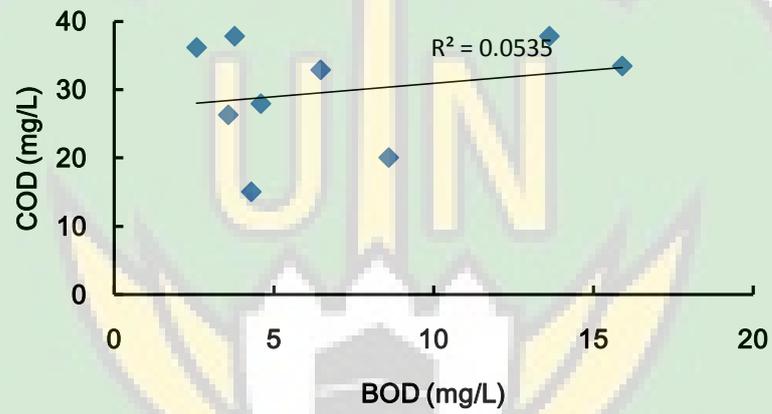
Gambar 4.16. Grafik korelasi BOD dan TSS



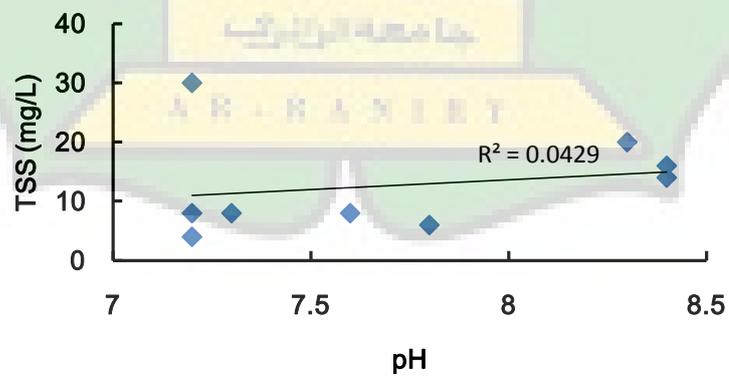
Gambar 4.17. Grafik korelasi COD dan TSS



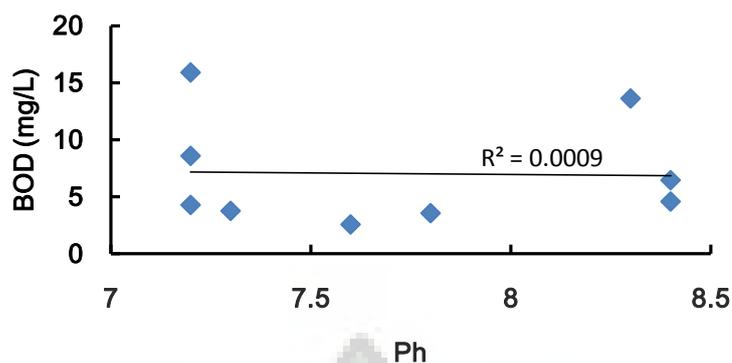
Gambar 4.18. Grafik korelasi COD dan pH



Gambar 4.19. Grafik korelasi COD dan BOD



Gambar 4.20. Grafik korelasi TSS dan pH



Gambar 4.21. Grafik korelasi BOD dan pH

Berdasarkan grafik korelasi di atas dapat disimpulkan bahwa, hubungan korelasi yang terkuat antar parameter adalah antara BOD dan TSS disusul COD dan TSS, COD dan pH, COD dan BOD, TSS dan pH serta BOD dan pH. Hasil perhitungan korelasi mendukung argumentasi sebelumnya bahwa meningkatnya nilai parameter fisiokimia kemungkinan disebabkan tanaman yang menghasilkan partikel padatan biologis.

Dilihat dari kondisi fisik tanaman Lampiran VI pada masing-masing rangkaian hidroponik setelah dilakukan proses fitoremediasi dalam kurun waktu 3, 6 dan 9 hari terjadi perubahan pada kondisi fisik tanaman terutama pada hari kesembilan pengamatan morfologi terhadap masing-masing rangkaian hidroponik tersebut memperlihatkan warna daun yang menjadi menguning, yang sangat nampak sekali terlihat pada tanaman *E. palaefolius*. Menurut Santriyana (2013), Biasanya gejala toksisitas diperlihatkan oleh ukuran daun yang menjadi lebih kecil dan warna daun menjadi kuning. Hal ini menunjukkan adanya penghambatan terhadap pembentukan klorofil. Kehadiran konsentrasi pencemar yang tinggi mengambil bagian terhadap terganggunya proses fotosintesis karena terganggunya enzim yang berperan terhadap biosintesis klorofil.

Penelitian ini adalah investigasi pertama mengenai pengaruh jumlah tanaman atau kerapatan tanaman pada remediasi limbah domestik menggunakan akar tanaman. Hasil ini menunjukkan bahwa kerapatan tanaman dalam remediasi perlu dipertimbangkan dan berpengaruh pada efektifitas pengurangan parameter-parameter fisika. Hasil ini menunjukkan perbedaan pada hasil-hasil sebelumnya

yang belum pernah mempertimbangkan kerapatan tanaman sebagai desain remediasi limbah domestik dengan menggunakan fitoremediasi teknik hidroponik rakit apung. Tanaman *E. palaefolius* ini sangat potensial digunakan, karena merupakan tumbuhan yang mudah beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh, direkomendasikan untuk menggunakan tanaman sampai pada remediasi hari ketiga dengan kerapatan tanaman 4 tanaman. Investigasi selanjutnya juga diperlukan pada model dan rancangan implementasi dalam meremediasi limbah domestik dengan menggunakan tanaman *E. palaefolius*. Selain itu, investigasi selanjutnya dapat diarahkan pada perawatan tanaman agar dapat digunakan lebih lama dan kemampuannya tidak menurun.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanaman *E. palaefolius* efektif menurunkan kadar pH sebesar 7,20, BOD sebesar 96.82%, COD sebesar 87.40%, dan TSS sebesar 93.17%.
2. Perlakuan dengan jumlah 4 tanaman mampu menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan 6 tanaman dan 8 tanaman.
3. Perlakuan lamanya waktu tinggal selama 3 hari mampu menurunkan kadar pH, BOD, COD dan TSS lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan waktu 6 hari dan 9 hari.

5.2 Saran

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang pemanfaatan tanaman *E. palaefolius* dengan umur tanaman yang sama dan juga berat tanaman yang sama.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas tanaman *E. palaefolius* dengan lebih memperhatikan perawatan tanaman agar dapat digunakan lebih lama dan kemampuannya tidak menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar, A. (2010). *Studi tentang Sanitasi Lingkungan Kost Mahasiswa di Kelurahan Mangasa Kota Makassar Tahun 2010* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Anisyah, S. (2017). *Pengaruh Limbah Cair Tapioka Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Dengan Teknik Hidroponik Rakit Apung Skripsi* (Doctoral Dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Arimbi, A. (2017). *Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam Menurunkan Kadar Bod (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) serta TSS (Total Suspended Solid) pada Limbah Cair Tempat Pemotongan Ayam di Kecamatan Delitua Kabupaten Deli Serdang*. [Skripsi]. Medan (ID). Universitas Sumatera Utara.
- Aslam, A. (2017). *Fitoremediasi Air Limbah Tahu Dengan Media Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Pada Reaktor Paralel* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin Makassar).
- Baroroh, F., & Irawanto, R. (2016). *Seleksi Tumbuhan Akuatik Berpotensi Dalam Fitoremediasi Air Limbah Domestik di Kebun Raya Purwodadi*. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Universitas Negeri Malang, Malang.
- Budijono, B., & Hasbi, M. (2014). Remediation of TSS and Ammonia in the Rubber Liquid Waste by the Filter Media and the Water Plants (*Limnnocharis flava*, *Echinodorus palaefolius*) For Live Fish Media. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 1(2), 1-11.
- Christina, Y., Tsalsabila, A., Ekawati, D. A., Amalia, F., Septiani, R. D., Novitri, N., & Irzaman, I. (2016). Analisis Statistik Efisiensi Energi Penggunaan Tungku Sekam Sebagai Bahan Bakar Alternatif Rumah Tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-MPS).

- Dairi, P. C. D. K., & Tumanggor, D. S. (2008). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Cokelat di Kabupaten Dairi*. [Tesis]. Medan (ID). Universitas Sumatera Utara.
- Doraja, P. H., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). Biodegradasi limbah domestik dengan menggunakan inokulum alami dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), E44-E47.
- Filliazati, M. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1 (1).
- Hasyim, M., & Listiawan, T. (2018). Penerapan Aplikasi Ibm Spss Untuk Analisis Data Bagi Pengajar Pondok Hidayatul Muftadi'in Ngunut Tulungagung Demi Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Dan Kreativitas Karya Ilmiah Guru. *J-ADIMAS (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(1).
- Herlambang, P., & Hendriyanto, O. (2015). Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) dan Genjer (*Limnocharis flava L.*). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7 (2), 101-114.
- Hendra, H. A., & Andoko, A. (2014). *Bertanam sayuran hidroponik ala pak tani hydrofarm*. Jakarta: AgroMedia.
- Hidayat, Syamsul; Yuzammi; Sri Hartini; dan Inggit Puji Astuti. (2004). *Seri Koleksi Tanaman Air Kebun Raya Bogor Volume 1 No. 5*. Bogor: PKT-Kebun Raya Bogor.
- Indriatmoko, L. P. A. D. (2018). Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air Ability Aquatic Plants to Reduce Organic Matters and Phosphate Pollution for Improve Water Quality. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol*, 19(2), 183.
- Indriyati, W., Kusmawati, R., Sriwidodo, S., Hasanah, A. N., & Musfiroh, I. (2016). Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.*) yang Tumbuh di Daerah Jatinangor dan Lembang. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 99-110.

- Jainudin, M. (2016). Hubungan Antara Ketersediaan Buku Referensi Perpustakaan Dengan Peningkatan Minat Baca Siswa Pada Perpustakaan SMPN 17 Kendari. *Jurnal Ilmu Komunikasi UHO: Jurnal Penelitian Kajian Ilmu Komunikasi dan Informasi*, 1(2).
- Kasman, M., Riyanti, A., & Kartikawati, C. E. (2019). Fitoremediasi Logam Aluminium (Al) Pada Lumpur Instalasi Pengolahan Air Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*). *Jurnal Daur Lingkungan*, 2 (1), 7-10.
- Koesputri, A. S., Nurjazuli, N., & Dangiran, H. L. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Dengan Sistem Subsurface Flow Wetlands Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod Dan Fosfat Dalam Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4 (4), 771-778.
- Krisna, B., Putra, E. E. T. S., Rogomulyo, R., & Kastono, D. (2017). pengaruh pengayaan oksigen dan kalsium terhadap pertumbuhan akar dan hasil selada keriting (*Lactuca sativa L.*) pada hidroponik rakit apung. *Vegetalika*, 6(4), 14-27.
- Mahajan, P., Kaushal, J., Upmanyu, A., and Bhatti, J. (2019). Assessment of Phytoremediation Potential of Chara vulgaris to Treat Toxic Pollutants of Textile Effluent. *Journal of Toxicology*, 2019, 1–11. doi:10.1155/2019/8351272
- Morgan, S., Alyaseri, I., dan Retzlaff, W. (2011). Suspended Solids in and Turbidity of Runoff from Green Roofs. *International Journal of Phytoremediation*, 13(sup1), 179–193. doi: 10.1186/s40643-018-0225-5.
- Mustami, R. (2015). Karakteristik substrat dalam proses anaerob menggunakan biodigester. *Jurnal Reka Lingkungan*, 3(2), 63-75.
- Padmaningrum, R., & Tien, A. Y. (2014). Pengaruh Biomasa Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Teratai (*Nyphaeae firecrest*) terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS, dan Derajat Keasaman Limbah Cair Laundry. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19 (2), 64-74.

- Pancawati, D., & Yulianto, A. (2016). Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur Ph Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (Nft). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 278-289.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Rahmi, P. (2012). Pengolahan Limbah Domestik Menjadi Biogas Melalui Proses Anaerob. *Skripsi Teknik Kimia*.
- Putri, E. A. (2017). *Pengaruh Metode Elektrolisis Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung* [skripsi]. Lampung (ID): Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Rangian, S. D., Pelealu, J. J., & Baideng, E. L. (2017). Respon Pertumbuhan Vegetatif Tiga Varietas Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*) pada Kultur Teknik Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal MIPA*, 6 (1), 26-30.
- Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. (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), 16-20.
- Rozaini Nasution, S. K. M. (2003). *Teknik Sampling*. USU Digilat Library. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Salim, H. (2002). Beban Pencemaran Limbah Domestik dan Pertanian di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3 (2), 107-111.
- Santriyana, D. D. (2013). *Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada Limbah IPA PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak* (Doctoral dissertation, Tanjungpura University).
- Sasono, E., & Asmara, P. (2013). Penurunan Kadar Bod Dan Cod Air Limbah Upt Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Metode Constructed Wetland. *Waktu*, 11 (1), 60-70.
- Sugiarto, A. T. & Rohmah, N., (2008). Penurunan Ts (Total Solid) Pada Limbah Cair Industri Perminyakan Dengan Teknologi Aop. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.

- Suryani, A. S. (2016). Persepsi Masyarakat dalam Pemanfaatan Air Bersih (Studi Kasus Masyarakat Pinggir Sungai di Palembang). *Jurnal Aspirasi*, 7(1), 33-48.
- Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2019). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1).
- Suhendrayatna, S., & Elvitriana, E. (2012). Mercury in Sediment and Freshwater Organisms From Kr. Sikulat River Around the Artisanal Gold Mining Plants in Sawang, Aceh Province, Indonesia. In *2nd Syiah Kuala University Annual International Conference 2012*. Syiah Kuala University.
- Susanawati, L. D., Wirosodarmo, R., & Santoso, G. A. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair Greywater untuk Hidroponik Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 3 (2), 14-21.
- Tendean, C., Tilaar, S., & Karongkong, H. H. (2014). Pengelolaan Air Limbah Domestik Di Permukiman Kumuh Di Kelurahan Calaca Dan Istiqlal Kecamatan Wenang. *Sabua*, 6 (3), 293-306.
- Utama, H. S., Isa, S. M., & Indragunawan, A. (2009). Perancangan dan Implementasi Sistem Otomatisasi Pemeliharaan Tanaman Hidroponik. *TESLA Jurnal Teknik Elektro UNTAR*, 8 (1), 1-4.
- Worku, A., Tefera, N., Kloos, H., dan Benor, S. (2018). Bioremediation of brewery wastewater using hydroponics planted with vetiver grass in Addis Ababa, Ethiopia, *Bioresources and Bioprocessing*, 5(39), doi: 10.1186/s40643-018-0225-5.
- Zein, S. Z., Yasyifa, L. Y., Ghozi, R. G., Harahap, E., Badruzzaman, F. H., & Darmawan, D. (2019). Pengolahan dan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan Aplikasi SPSS. *Teknologi Pembelajaran*, 4(2).



LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah:

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam eksperimen.

No	Nama alat	Jumlah
1	Kotak plastik hidroponik	3 buah
2	<i>Net pot</i>	18 buah
3	Aerator	3 buah
4	Gayung	1 buah
5	<i>Styrefoam</i> ukuran 1 meter	1 buah
6	Kertas label 32X64 mm	1 bungkus
7	Plastik paranet ukuran 2 meter	1 buah
8	Tali plastik	1 buah
9	Pisau <i>cuter</i>	1 buah
10	Gunting	1 buah
11	Spidol permanen	1 buah

Tabel 2. Alat yang digunakan untuk uji sampel pH (SNI 06-6989.11-2004).

No	Nama alat
1	pH meter dengan perlengkapannya
2	Pengaduk gelas atau magnetik
3	Gelas piala 250 mL
4	Kertas tissue
5	Timbangan analitik
6	Termometer

Tabel 3. Alat yang digunakan untuk uji sampel BOD (SNI. 06.6989.72.2009).

No	Nama alat
1	Botol DO
2	Lemari inkubasi, suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap
3	Botol dari gelas 5 L – 10 L
4	Pipet volumetrik 1,0 mL dan 10,0 mL
5	Labu ukur 100,0 mL, 200,0 mL dan 1000,0 mL
6	pH meter
7	DO meter yang terkalibrasi
8	Shaker
9	Blender
10	Oven
11	Timbangan analitik

Tabel 4. Alat yang digunakan untuk uji sampel COD (SNI. 06.6989.73.2009).

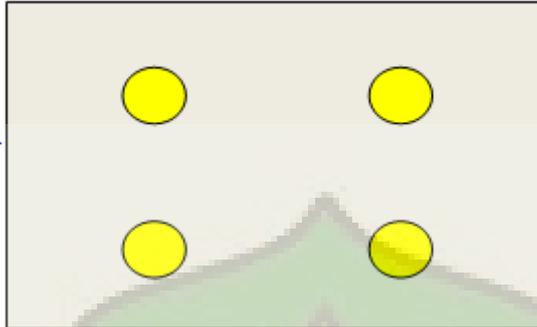
No	Nama alat
1	Digestion vessel
2	Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (<i>heating block</i>)
3	Mikroburet
4	Labu ukur 100,0 mL dan 1000,0 mL
5	Pipet volumetrik 5,0 mL, 10 mL dan 25,0 mL.
6	Pipet ukur 5 mL, 10 mL dan 25 mL
7	Erlenmeyer
8	Gelas piala
9	Magnetic stirrer
10	Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.

Tabel 5. Alat yang digunakan untuk uji sampel TSS (SNI. 06.6989.3.2004).

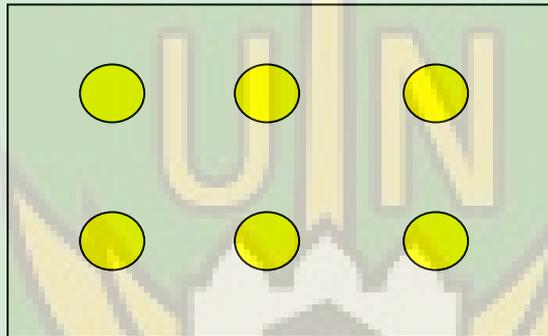
No	Nama alat
1	Digestion vessel
2	Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (<i>heating block</i>)
3	Mikroburet
4	Labu ukur 100,0 mL dan 1000,0 mL
5	Pipet volumetrik 5,0 mL, 10 mL dan 25,0 mL.
6	Pipet ukur 5 mL, 10 mL dan 25 mL
7	Erlenmeyer
8	Gelas piala
9	Magnetic stirrer
10	Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.

LAMPIRAN II

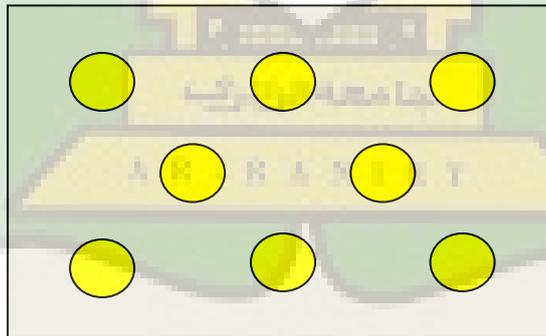
Skema rangkaian hidroponik rakit apung dalam penelitian ini adalah:



Rangkaian Hidroponik 1 dengan jumlah tanaman 4.



Rangkaian Hidroponik 2 dengan jumlah tanaman 6.



Rangkaian Hidroponik 3 dengan jumlah tanaman 8.

LAMPIRAN III

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

A. 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.

B. Jenis alat pengambil contoh sampel

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

C. 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.

LAMPIRAN IV

Hubungan Antara Hari Dengan Parameter pH, BOD, COD dan TSS

1. Regression hari dengan parameter Ph

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter pH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,976 ^a	,953	,948	1,73446

a. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,264	,838		-,315	,759
	Hari	2,121	,149	,976	14,208	,000

a. Dependent Variable: Parameter pH

2. Regression hari dengan parameter BOD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter BOD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,767 ^a	,589	,547	29,01924

a. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	28,871	14,018		2,060	,066
	Hari	9,446	2,498	,767	3,782	,004

a. Dependent Variable: Parameter BOD

3. Regression hari dengan parameter COD**Variables Entered/Removed^a**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,799 ^a	,638	,602	24,77828

a. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24,627	11,969		2,058	,067
	Hari	8,962	2,133	,799	4,203	,002

a. Dependent Variable: Parameter COD

4. Regression hari dengan parameter TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Hari ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,779 ^a	,607	,568	27,98667

a. Predictors: (Constant), Hari

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27,756	13,519		2,053	,067
	Hari	9,469	2,409	,779	3,931	,003

a. Dependent Variable: Parameter TSS

Tabel 1. Hasil uji hubungan antara hari dengan parameter pH, BOD, COD dan TSS

Hubungan		Nilai sig 0,05
Hari	pH	0,000
Hari	BOD	0,004
Hari	COD	0,002
Hari	TSS	0,003

LAMPIRAN V

Hubungan Jumlah Tanaman Dengan Parameter pH, BOD, COD dan TSS

1. Regression jumlah tanaman dengan parameter pH

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Tanaman ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter pH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,698 ^a	,488	,437	5,71350

a. Predictors: (Constant), Jumlah Tanaman

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,537	3,003		,512	,620
	Jumlah Tanaman	1,721	,558	,698	3,086	,012

a. Dependent Variable: Parameter pH

2. Regression jumlah tanaman dengan parameter BOD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Tanaman ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Parameter BOD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,860 ^a	,740	,714	23,05831

a. Predictors: (Constant), Jumlah Tanaman

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17,325	12,118		1,430	,183
	Jumlah Tanaman	12,012	2,250	,860	5,338	,000

a. Dependent Variable: Parameter BOD

3. Regression jumlah tanaman dengan parameter COD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Jumlah Tanaman ^b		Enter

a. Dependent Variable: Parameter COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,852 ^a	,726	,699	21,56820

a. Predictors: (Constant), Jumlah Tanaman

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16,190	11,335		1,428	,184
	Jumlah Tanaman	10,837	2,105	,852	5,149	,000

a. Dependent Variable: Parameter COD

4. Regression Jumlah tanaman dengan parameter TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables		Method
	Entered	Removed	
1	Jumlah Tanaman ^b		Enter

a. Dependent Variable: Parameter TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,852 ^a	,727	,699	23,34076

a. Predictors: (Constant), Jumlah Tanaman

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17,505	12,266		1,427	,184
	Jumlah Tanaman	11,747	2,278	,852	5,157	,000

a. Dependent Variable: Parameter TSS

Tabel 1. Hasil uji hubungan antara jumlah tanaman dengan parameter pH, BOD, COD dan TSS.

Hubungan		Nilai	
		T hitung	T tabel
Jumlah tanaman	pH	3,086	2,228
Jumlah tanaman	BOD	5,338	2,228
Jumlah tanaman	COD	5,149	2,228
Jumlah tanaman	TSS	5,157	2,228

LAMPIRAN VI
Dokumentasi Penelitian

	<p>Proses pembuatan lubang pada <i>Net pot</i></p>
	<p>Proses pembuatan lubang pada <i>Styrofoam</i></p>
	<p>Perakitan alat hidroponik rakit apung</p>



Pengambilan sampel limbah cair domestik



Pembersihan tanaman menggunakan air yang mengalir



Proses aklimatisasi tanaman selama 7 hari



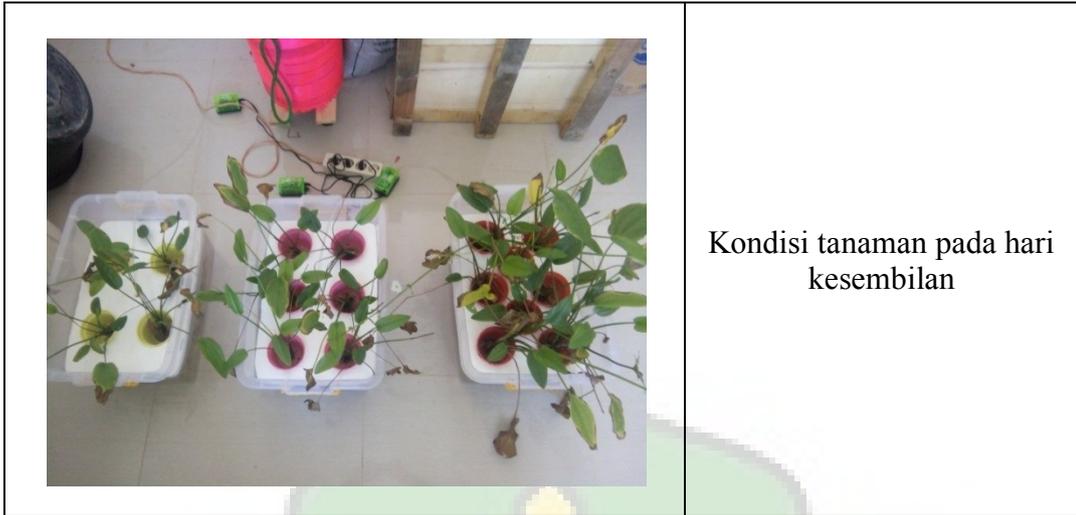
Pengujian pH pada air limbah cair domestik menggunakan multiparameter



Kondisi tanaman pada hari ketiga



Kondisi tanaman pada hari keenam



LAMPIRAN VIII
Jadwal Penelitian

Jadwal Penelitian																
Tahapan penelitian	November				Desember				Januari				Februari			
	Minggu Ke-				Minggu Ke-				Minggu Ke-				Minggu Ke-			
	1	2	3	4												
Persiapan alat hidroponk																
Pembuatan rangkaian hidroponik																
Persiapan tanaman																
Aklimatisasi tanaman																
Pengambilan sampel																
Eksperimen fitoremediasi																
Pengukuran sampel awal																
Pengukuran sampel uji																
Analisis data																