FITOREMEDIASI *TOTAL DISSOLVE SOLID* PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*Echinodorus paleafolius)* DENGAN SISTEM RESIRKULASI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Andre Puji Darma

NIM: H05216004

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Andre Puji Darma

NIM : H05216004

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "FITOREMEDIASI *TOTAL DISSOLVE SOLID* PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*Echinodorus paleafolius)* DENGAN SISTEM RESIRKULASI"

Apabila suatu saat nanti terbukti saya telah melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Juli 2020

METERAI TEMPEL

56405AHF533026582

6000

ENAM RIBU RUPIAH

ang menyatakan

(Andre Puji Darma)

NIM. H05216004

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh

NAMA : ANDRE PUJI DARMA

NIM : H05216017

JUDUL :FITOREMEDIASI TOTAL DISSOLVE SOLID PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN MELATI AIR (Echinodorus paleafolius) DENGAN SISTEM RESIRKULASI .

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 24 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Dedy Suprayogi S.KM, M.KL)	(Ida Munfarida, M.Si, M.T)
NIP: 198512112014031002	NIP: 198411302015032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Andre Puji Darma ini telah dipertahankan
Didepan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 28 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
(Dedy Suprayogi S.KM, M.KL)	(Ida Munfarida, M.Si, M.T)
NIP: 198512112014031002	NIP: 198411302015032001

Dosen Penguji III	Dosen Penguji IV
(Shinfi Wazna Auvaria, M.T)	(Sulistiya Nengse, M. T)
NIP 198603282015032001	NUP. 201603320

Mengetahui
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Evi Fatimatur Rusyidiyah, M.Ag)
NIP: 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Andre Puji Darma

NIM : H05216004

Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN

E-mail address : apd.darma@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain
(.....)
yang berjudul :
FITOREMEDIASI *TOTAL DISSOLVE SOLID* PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*) DENGAN SISTEM RESIRKULASI

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

(Andre Puji Darma)

Abstrak

FITOREMEDIASI TDS PADA LIMBAH INDUSTRI MENGGUNAKAN MELATI AIR (*ECHINODORUS PALEAFOLIUS)* DENGAN SISTEM RESIRKULASI

Total padatan terlarut (TDS) merupakan padatan yang terlarut dengan ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi dan dapat menimbulkan masalah pada ekosistem perairan dan juga dapat berbahaya pada manusia jika terkonsumsi. Tujuan pada penelitian dilakukan dengan eksperimental yaitu melakukan uji fitoremesiasi TDS dengan sistem resirkulasi dengan menggunakan variasi jumlah tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*), variasi 4 tanaman (x1), variasi 7 tanaman (x2), dan variasi 10 tanaman (x3) guna mengetahui kempampuan removal TDS pada masing-masing variasi tanaman, mengetahui adanya perbedaan kemampuan removal TDS dan mengetahui kondisi rata-rata ph dan suhu.Penelitian ini menggunakan limbah kawasan industri SIER-PIER dengan konsentrasi TDS awal 2540 mg/L pada masing-masing reaktor. Metode penelitian ini bersifat eksperimental dengan analisa data secara kuantitatif. Hasil dari proses uji fitoremediasi selama 6 hari dengan sistem resirkulasi yaitu, reaktor uji x1 adalah 2085 mg/L, reaktor uji x2 adalah 1898 mg/L, dan x3 adalah 1685 mg/L. Dari hasil analisa efisiensi removal TDS oleh tanaman menunjukkan bahwa perbedaan jumlah tanaman berhubungan dengan meremoval kadar TDS. Perubahan fisiologis yang terjadi pada tanaman pada uji fitoremediasi yaitu perubahan warna pada batang, daun, dan akar. Dengan hasil uji statistik menggunakan kruskal wallis dengan hasil 0,006 sehingga H0 ditolak maka ada perbedaan kemampuan removal antara-masing masing perlakuan. Dengan hasil rata-rata pengamatan pada parameter pendukung ph sebesar 8,6 dan pada suhu 30,5°C.

Kata Kunci:Fitoremediasi, TDS, Sistem resirkulasi, Melati air.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Abstract

PHYTOREMEDIATION TDS OF INDUSTRIAL WASTEWATER USING WATER JASMINE WITH RECIRCULATION SYSTEM

Total Dissolved Solids (TDS) are dissolved solids that are smaller than suspended solids and can cause problems in aquatic ecosystems and can also be dangerous for human consumption. The purpose of the research is conducted with the experimental is to conduct a test of TDS phythe system with recirculation by using variations in the amount of water jasmine plant (Echinodorus Palaefolius), variations of 4 plants (x1), Variations 7 plants (x2), and variations of 10 plants (x3) to know the removal of TDS in each crop variation, to know the difference in the ability of TDS removal and know the average condition of ph and temperature. This study uses the SIER-PIER industrial area waste with an initial TDS concentration of 2540 mg / L in each reactor. In this study uses experimental method with quantitative data analysis The results of the 6-day phytoremediation test process with the recirculation system are, the x1 test reactor is 2085 mg / L, the x2 test reactor is 1898 mg / L, and x3 is 1685 mg / L. This research showed that there are efficiency analysis of TDS by plants indicates that differences in plant quantities are associated with decreased levels of TDS. Physiological changes that occur in plants in the phytoremediation test are changes in the color of the stems, leaves, and roots.This research showed that there are efficiency analysis of TDS by plants indicates that differences in plant quantities are associated with decreased levels of TDS. With the results of the statistical test using Kruskal Wallis with the results of 0.006 so H0 rejected then there is a difference of removal capability between each treatment. With the average results of observations on the ph supporting parameters of 8.6 and at a temperature of 30.5°C.

Keywords: phytoremediation, TDS, recirculation system, water jasmine.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR iv
Abstrak v
Abstract vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Rumusan Masalah 3
1.5 Tujuan Penelitian 4
1.6 Manfaat Penelitian 4
1.7 Ruang Lingkup Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Air Limbah 5
2.2 Baku Mutu Air Limbah 5
2.3 Total Dissolved Solid 6
2.4 Ph (derajat keasaman) 8
2.5 Suhu 9
2.6 Pengolahan Limbah 9
2.7 Fitoremediasi 10
2.7.1 Proses Removal TDS oleh Tanaman 13
2.7.2 Aklimatisasi 14
2.7.3 Melati Air (Echinodorus palaefolius) 15

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Jenis Reaktor 17
2.8.1 Reaktor Batch.....17
2.8.2 Reaktor Kontinyu.....18
2.9 Sistem Resirkulasi 18
2.10 Integrasi Keislaman.....19
2.11 Nilai Efisiensi 19
2.12 Penelitian Terdahulu.....20
BAB III METODE PENELITIAN.....30
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....30
3.2 Variabel Penelitian 30
3.3 Alur Penelitian.....30
3.4 Tahapan Penelitian 32
3.5 Hipotesis Penelitian.....40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Karakteristik Awal Limbah 41
4.2 Aklimatisasi.....42
4.3 Uji Fitoremediasi Tanaman melati air (*Echinodorrus palaefolius*) 45
4.3.1 Uji Kemampuan Removal TDS (*Total Dissolved Solid*).....68
4.3.2 Uji Kondisi pH Dalam Uji Fitoremidiasi.....71
4.3.3 Uji kondisi suhu pada tanaman melati air.....72
4.3.4 Nilai Efisiensi Removal TDS.....74
4.4 Analisa Perbedaan Kemampuan Tanaman Melati Air Dalam Menurunkan Kadar TDS 75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....78
5.1 Kesimpulan.....78
5.2 Saran 78
Daftar Pustaka 79
Lampiran 84

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Melati air.....15
Gambar 2. 2 Reaktor Batch.....17
Gambar 2. 3 reaktor kontinyu.....18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....31
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Penelitian.....33
Gambar 3. 3 Kerangka Penelitian.....35
Gambar 3. 4 Skema kerja Analisa TDS.....38
Gambar 3. 5 Skema kerja analisa pH.....38
Gambar 3. 6 Skema kerja Analisa suhu.....39
Gambar 4. 1 Pengukuran Panjang Tanaman Melati Air.....42
Gambar 4. 9 Grafik Kemampuan removal TDS satuan mg/L.....69
Gambar 4. 10 Grafik Kondisi pH Pada Tanaman Melati Air.....71
Gambar 4. 10 Grafik kondisi suhu satuan (°C).....73
Gambar 4. 11 Grafik Efisiensi (%) removal TDS.....74

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Bersih 6
Tabel 2. 2 Aplikasi Fitoremediasi 12
Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan.....36
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Air Limbah Inlet IPAL PT SIER-PIER 41
Tabel 4. 2 Aklimatisasi Tanaman Melati air 43
Tabel 4. 3 Proses Pemindahan Tanaman Pada Reaktor 46
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Fitoremediasi Melati air 48
Tabel 4. 5 Hasil uji normalitas data.....76
Tabel 4. 6 Uji kruskal wallis.....76

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap tahun pertambahan kegiatan produksi pada industri mengalami peningkatan sesuai dengan kebutuhan masyarakat yang terus meningkat hal ini menyebabkan bertambahnya limbah cair yang dihasilkan, bahan yang terkandung dalam limbah cair dapat menjadi masalah bagi lingkungan jika dalam konsentrasi yang melebihi ambang batas. Dalam limbah cair industri dan mengandung TDS (*Total Dissolved Sloid*).

Pada kawasan industri PT SIER-PIER terdapat berbagai macam industri dengan efluen limbah dengan karakteristik yang berbeda-beda. Salah satu bahan pencemar yang terkandung pada air limbah ini adalah TDS. Pada pengolahan IPAL PT SIER-PIER removal TDS menggunakan pengolahan secara fisika menggunakan unit bak ekualisasi, pra-sedimentasi, dan sedimentasi. Berdasarkan kondisi lapangan sebelum dilakukan pengolahan pada IPAL PT SIER-PIER terdapat kandungan TDS dan pH yang terkandung pada limbah cair dengan besaran diatas baku mutu, setelah dilakukan pengolahan pada IPAL telah memenuhi baku mutu. Diketahui nilai TDS awal sebesar 2540 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa kadar TDS melebihi batas baku mutu menurut PERGUB JATIM No 72 Th 2013 Golongan 1 sebesar 2000 mg/L.

Total Dissolved Solid (TDS) dapat disebut juga padatan terlarut memiliki ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Bahan alami yang terlarut pada air tidak bersifat toksik, namun jika konsentrasi padatan ini tinggi dapat meningkatkan tingkat kekeruhan pada air dan dapat menghambat masuknya cahaya kedalam air hal ini dapat menyebabkan terganggunya proses fotosintesis di perairan. Kadar TDS yang tinggi pada perairan dapat mengganggu kehidupan akuatik, dan dapat berbahaya pada kesehatan manusia karena dapat terkandung zat kimia dengan konsentrasi yang tinggi, (Ahmad, J & El-Dessouky, 2008).

TDS yang terkandung dalam perairan yang mengandung kadar zat organik yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi dimana kondisi nutrient pada perairan yang berlebih menyebabkan tidak terkontrolnya pertumbuhan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tumbuhan air, (Simbolon, A.R, 2016). Hal ini dapat berbahaya pada kehidupan habitat akuatik dikarenakan bahan organik dan senyawa nutrisi yang ada pada air akan meningkatkan jumlah mikroorganisme dikarenakan adanya proses dekomposisi bahan organik dan dapat menurunkan kadar oksigen dalam air karena proses dekomposisi bahan organik oleh organisme memerlukan oksigen dalam air.

Pada umumnya pengolahan TDS menggunakan elektrokoagulan, koagulasi-flokulasi, dan filtrasi. Salah satu pengolahan sederhana yang murah dan ramah lingkungan menggunakan metode fitoremediasi. Pada penelitian Maria Ch. H, DKK, 2017 menggunakan enceng gondok mampu meremoval kandungan TDS dari 190 mg/l menjadi 113,3 mg/l. Pada penelitian (Padmaningrum & Aminatun, 2014) menggunakan tanaman melati air guna meremoval kadar TSS, BOD, COD, dan pH. Hasil penurunan tiap parameter adalah BOD 89,64%, COD 26,56% dan pH 13,4%.

Tanaman melati air (*Echinodorus paleofolius*) termasuk kedalam tanaman hias yang dapat tumbuh baik pada daerah tropis. Melati air dapat beradaptasi dengan cukup baik, tanaman ini dapat menyerap berbagai macam zat yang terkandung dalam air, baik yang tersuspensi ataupun terlarut. Tanaman melati air dapat meremoval nitrat dengan konsentrasi tinggi (drajat, 2008).

Sistem resirkulasi adalah sistem dengan cara kerja pengulangan atau penggunaan kembali air yang dikeluarkan dan dilakukan secara kontinyu. Sistem resirkulasi dapat menguntungkan dalam penggunaannya karena dapat me-minimalisir penggunaan air, pH, Buffer, dan dapat meremoval bahan-bahan seperti amonia dan nitrit (McGee M & Circha C, 2000).

Berdasarkan penelitian (Lilin Indrayani & Mutiara Triwiswara, 2018) tanaman melati air dapat meremoval kadar TDS yang ada di air, berdasarkan penelitian tersebut perlu dilakukan pengambilan sampel dengan rentang interval hari yang rapat. Oleh karena itu dalam penelitian ini dipilih tanaman melati air (Echinodorus palaeofolius) sebagai tanaman untuk meremoval TDS yang terkandung dalam limbah cair menggunakan proses fitoremdiasi dengan sistem resirkulasi dengan interval hari percobaan yang rapat, penelitian ini menggunakan limbah cair yang diambil pada inlet IPAL PT SIER-PIER. Dilakukan analisa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pencemar seperti TDS, pH, dan suhu sebagai parameter kualitas air agar dapat guna memenuhi parameter kualitas air limbah yang dibuang pada badan air.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Bertambahnya kebutuhan air bersih pada masyarakat. Perkembangan industri membuat bertambahnya jumlah limbah cair yang dihasilkan dengan kadar TDS yang tinggi.
2. Air limbah dengan kadar TDS yang tinggi pada lingkungan jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu maka akan menyebabkan masalah bagi lingkungan.
3. Tujuan utama dalam mengolah air limbah adalah adanya batas baku mutu yang telah ditetapkan maka dari itu parameter seperti TDS, suhu dan pH perlu diperhatikan.

1.3 Batasan Masalah

1. Sampel air limbah yang mengandung kadar organik berasal dari kawasan industri SIER-PIER
2. Parameter uji TDS
3. Parameter pH dan suhu
4. Pada penelitian ini digunakan tanaman melati air *(Echinodorus palaefolius)*
5. Menggunakan sistem resirkulasi

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kemampuan removal konsentrasi TDS oleh tanaman melati air dengan perbedaan variasi jumlah 4, 7, dan 10 ?
2. Bagaimana perbedaan variasi jumlah tanaman tanaman pada kemampuan proses fitoremediasi menggunakan *Echinodorus palaefolius* dalam meremoval konsentrasi TDS dalam sistem resirkulasi ?
3. Bagaimana kondisi rata-rata pH dan suhu selama proses fitoremediasi ?

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan removal kadar konsentrasi TDS dengan tanaman melati air dengan variasi jumlah 0, 4, 7, dan 10.
2. Mengetahui perbedaan variasi jumlah tanaman tanaman pada kemampuan proses fitoremediasi menggunakan *Echinodorus palaefolius* dalam meremoval kadar konsentrasi TDS dalam sistem resirkulasi.
3. Mengetahui kondisi pH dan suhu rata-rata selama proses fitoremediasi.

1.6 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam mengetahui proses pengolahan limbah industri dengan menggunakan fitoremediasi dalam meremoval zat pencemar.

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus paleotolius)*
2. Melakukan uji parameter TDS
3. Melakukan uji parameter pH dan suhu
4. Sampel yang digunakan berasal dari inlet kawasan industri SIER-PIER
5. Merancang reaktor dengan sistem resirkulasi dengan bahan kaca dan plastik dengan kemampuan menampung air limbah sebanyak 13 liter.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Air limbah yang berasal dari industri memiliki variasi yang berbeda-beda bergantung pada jenis industri yang berdiri. Limbah industri biasanya selalu mengandung banyak zat senyawa kimia yang bersifat toksik dan berbahaya (B3) serta memiliki kandungan logam berat, (Ridhowati, 2013).

Air limbah yang dihasilkan oleh industri merupakan salah satu potensi dalam pencemaran lingkungan. Dalam konsentrasi yang tinggi air limbah dapat menyebabkan kontaminasi yang menyebabkan nutrien berlebih (*euthrophication)*. Air limbah yang berasal dari industri anorganik pada umumnya lebih sulit di kontrol serta berpotensi bahaya lebih besar. Logam berat dan senyawa kimiaa yang toksis pada umumnya berasal dari industri yang menggunakan bahan kimia sebagai bahan baku produksinya, (Said, 2010).

Limbah cair merupakan sisa-sisa dari hasil kegiatan atau suatu usaha yang beruwujud cair dapat berasal dari perdagangan, rumah tangga, industri, ataupun tempat umum. Limbah cair ini pada umumnya dapat mengandung bahan ataupun zat yang bersifat toksis bagi kesehatan atau kelestarian mahkluk hidup dan juga manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan, (Deswaty, 2006). Limbah cair dapat mengandung berbagai komponen yang dapat berbahaya bagi kesehatan seperti bakteri pathogen, bahan organik, kimia sintesis, dan logam berat. Karakteristik pada air limbah dapat didefisikan dari karateristik fisika, kimia, dan biologi, (Idri ,dkk, 2013).

2.2 Baku Mutu Air Limbah

Air limbah industri berasal dari sisa-sisa kegiatan industri yang sudah tidak terpakai dan dibuang dan jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu maka akan menimbulkan dampak kerusakan pada lingkungan. Lingkungan yang tercemar atau rusak dapat dilihat dari parameter baku mutu yang telah ditetapkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

oleh instansi terkait. Baku mutu air limbah digunakan untuk pemantauan secara nyata akan kandungan limbah yang terkandung didalam air limbah.

Satuan kadar yang digunakan pada baku mutu air limbah adalah mg/l, jika ada unsur yang melebihi baku mutu pada air limbah maka wajib dilakukan pengolahan untuk meremoval kandungan zat pencemar yang ada pada air limbah agar kurang atau mendekati baku mutu. Penetapan baku mutu ini bertujuan agar pada pelaku usaha melakukan pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan. Berikut adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu	Standar Baku Mutu
			Golongan 1	Golongan 2
1	Ph	-	6-9	
2	Residu tersuspensi	mg/l	200	400
3	Zat padat terlarut *(Total Dissolved Solid)*	mg/l	2000	4000
4	COD	mg/l	100	300
5	BOD5	mg/l	50	150
6	Suhu	Der.C	38	40

(*Sumber:PERGUB JATIM No 72 Th 2013*)

Keterangan :

Golongan 1 : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima klas I, II, III, dan Air Laut.

Golongan 2 : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima klas IV.

2.3 Total Dissolved Solid

Konsentrasi kadar TDS yang tinggi pada air juga dapat menyebabkan berkurangnya kejernihan pada air, dan dapat memberikan kontribusi pada terganggunya proses fotosintesis di dalam air, dapat bergabung dengan konsentrasi senyawa yang bersifat toksik dan juga logam berat di dalam air, dan dapat meningkatkan suhu pada perairan, (Lail, 2008).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) merupakan suatu padatan yang terlarut di dalam air yang memiliki ukuran diameter sebesar $<10^{-6}$ mm dapat berupa senyawa kimia ataupun senyawa lain, yang tidak dapat tersaring oleh kertas saring dengan ukuran diameter 0,54 µm. Kadar TDS di dalam air pada umumnya terjadi karena adanya bahan anorganik dalam bentuk ion-ion yang ditemukan pada perairan. Ion-ion yang biasanya ditemukan pada perairan biasanya adalah klorida (Cl), magnesium (Mg), besi (Fe), nitrat (NO_3), silika (SiO_2), dan zat lainnya, (Effendi , 2003).

TDS atau *total dissolved solid* adalah berat total padatan terlarut yang ada dan terlarut di dalam perairan yang dinyatakan dalam satuan mg/L. Bahan-bahan anorganik yang terlarut di dalam air dengan bentuk ion dapat dijumpai diperairan seperti limbah industri dan limbah pencucian rumah tangga, (Kristanto , 2004).

TDS merupakan suatu padatan yang terlarut dan terurai pada air, TDS adalah semua mineral, logam berat, kation-anion, serta garam yang ada dan terlarut pada air dan merupakan semua zat yang terlarut diluar molekul air itu sendiri (H20). Pada umumnya padatan yang terlarut di dalam air merupakan konsentrasi dari jumlah kation-anion yang terlarut di dalam air. Konsentrasi TDS di ukur dalam satuan part per million (ppm) atau dengan perbandingan antara rasio berat ion dengan air. Bahan-bahan padat yang ada di dalam air dapat berasal dari berbagai macam sumber seperti komponen organik seperti daun, plankton, dan lumpur, dan dapat berasal dari limbah rumah tangga dan limbah industri. Kandungan anorganik pada umumnya dapat berasal dari udara yang mengandung kalsium karbonat dan batuan, besi, fosfor, sulfur, nitrogen, dan mineral lainnya. Benda padat yang terlarut di dalam air dalam bentuk garam, dengan perpaduan dari logam dan non logam. Kandungan garam yang terlarut di dalam air berbentuk ion yang memiliki muatan negatif dan positif. Air juga dapat mengangkut logam seperti tembaga dan timah saat distribusi air minum, (Kroon dkk., 2012).

Kandungan kadar organik yang tinggi pada perairan dapat menyebabnya terganggunya ekosistem pada perairan dikarenakan dapat menyebabkan pertumbuhan tumbuhan yang tidak terkontrol. Sumber dari pencemar zat organik yang tinggi pada air ini berasal dari kegiatan manusia. Peningkatan pada kadar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

organik dalam air ditandai dengan peningkatan pada fitoplankton dan alga tumbuh yang meningkat (*blooming algae*), (Simbolon, 2016).

2.4 Ph (derajat keasaman)

` Ph berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Jika pH menunjukkan besaran <5 maka bisa didapatkan alkalinitas mencapai 0. Semakin tinggi nilai pH maka didapatkan pula nilai alkalinitas yang semakin tinggi dan semakin rendah pada nilai karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (ph rendah) dapat bersifat korosif (Mackereth dkk., 1989).

Kondisi pH sangat berpengaruh pada toksisitas pada suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang terionisasi sering ditemukan pada perairan pada pH rendah. Amonium pada umumnya tidak bersifat toksik, namun pada kondisi alkalis tinggi banyak senyawa amonium yang tak terionisasi bersifat toksik. Amonia yang tak terionisasi lebih mudah terserap tubuh organisme akuatik dari pada amonium, (Tebbut, 1992). Biota akuatik biasanya sensitif pada perubahan kondisi pH pada perairan dan menyukai pada kondisi Ph dengan nilai besaran sekitar 7-8,5. Besaran nilai pH sangat penting pada proses biokimiawi pada perairan, proses nitrifikasi dapat berakhir pada kondisi pH yang rendah. Toksisitas pada kandungan logam terlihat pada kadar Ph rendah, (Novotny & Olem, 1994).

Hal perlu diwaspadai menurut WHO,2003 jika nilai pH dibawah 2,5 dapat menyebabkan kerusakan permanen pada kulit dan organ pernafasan. Jika kondisi pH lebih rendah dapat menyebabkan demobilisasi logam beracun dan dapat terserap kedalam tubuh manusia. Dalam kondisi pH yang relatif rendah dapat menyebabkan asidifikasi yang menyebabkan penurunan pada jenis algae seperti alga hijau (*Chlorophyceae*). Pada danau yang memiliki kondisi pH yang asam didominasi oleh kelompok algae *Dinoflagelatta.* Pada kondisi dengan kondisi pH 5 perifiton terdapat diatom yang mendominasi, sedangkan pada kondisi pH 5,7 terdapat *Chrysphyceae* dan *Cyanobakteri* yang mendominasi. Pada kondisi perairan dengan kondisi yang asam jarang sekali ditemukan Kutu air (*Daphnia*) dan *Cylops* bahkan tidak ditemukan. Pada kondisi asam pada perairan ,bentos seperti *Lepidurus arcticus* dan *Gammarus lacustris* yang merupakan makanan yang umumnya dimakan oleh ikan tidak dapat bertahan hidup, (Effendi, 2003).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Suhu

Suhu adalah suatu badan air yang dapat terpengaruh oleh pergantian musim, derajat lintang, dan posisi ketinggian dari permukaan air laut, waktu dalam satuan hari, sirkulasi udara, kondisi awan, dan pada aliran pada kedalaman. Perubahan pada suhu dapat mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi pada badan air. Suhu juga memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan ekosistem air. Organisme yang hidup di dalam air memiliki suhu yang disukai bagi kelangsungan hidupnya, (Haslam, 1995).

Peningkatan pada suhu dapat meningkatkan viskositas, evaporasi, volatilisasi, dan reaksi kimia. Penurunan pada kadar O_2, CO_2, N_2, CH_4, dan sebagainya dapat terpengaruh karena adanya peningkatan pada suhu, (Haslam, 1995). Peningkatan yang terjadi pada suhu dapat menyebabkan meningkatnya pada proses metabolisme dan respirasi pada organisme air sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik. Peningkatan suhu sebesar 10°C dapat meningkatkan konsumsi oksigen pada organisme sebesar 2-3 kali lipat. Peningkatan pada suhu berbanding terbalik dengan kadar oksigen terlarut di dalam air. Hal ini menyebabkan kadar oksigen terlarut dapat terus berkurang jika kondisi suhu terus meningkat.

2.6 Pengolahan Limbah

Pada pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi 3 cara yaitu fisika, kimia, dan biologis. Cara pengolahan ini tidak selalu berlangsung tersendiri kadang juga dilakukan secara bersamaan antara ketiga proses tersebut antara lain (Arbianti & Daryanto, 2005).

1. Fisik

   Pada pengolahan secara fisik ini umunya digunakan pada jenis air limbah yang bersifat tidak larut atau tersuspensi, atau metode ini digunakan pada buangan limbah cair yang mengandung padatan, sehingga dilakukan dengan metode ini sebagai pemisahan. Umumnya sebelum adanya pengolahan dilakukan penyisihan padatan tersuspensi yang memiliki ukuran yang besar dan mudah terendap terlebih dahulu atau yang disebut dengan proses flotasi, pada umumnya proses ini digunakan untuk menyisihkan bahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang mengandung minyak dan lemak bertujuan agar tidak mengganggu pada proses selanjutnya (Tjokrokusumo, 2014).

2. Kimia

Metode pegolahan secara kimia adalah proses pengolahan yang menggunakan bantuan zat kimia guna meremoval konsentrasi zat pencemar yang pada air limbah. Proses ini memanfatkan reaksi kimia guna mengurangi kadar bahaya pada air limbah. Beberapa contoh pengolahan secara kimia antara lain klorinasi, netralisasi, presipitasi, koagulasi dan flokulasi.

Metode pengolahan secara kimia umumnya digunakan pada jenis air limbah yang memiliki kandungan pencemar yang logam-logam tidak mudah terendap seperti logam-logam berat, phospor dan senyawa beracun lainya yang berbahaya dengan cara penambahan bahan kimia tertentu. Metode pengolahan ini dapat menurunkan kadar zat pencemar seacara effisien, namun memerlukan biaya yang mahal karena pembelian bahan kimia (Tjokrokusumo, 2014).

3. Biologis

Air limbah yang mengandung polutan yang bersifat biodegradable dapat diolah secara biologis. Pengolahan biologis digunakan umumnya sebagai pengolahan sekunder, pada umunya pengolahan ini memerlukan biaya yang murah dan efisien. Dalam perkembangan pada metode pengolahan belakangan ini telah banyak ditemukan pengolahan biologis terbaru (Tjokrokusumo, 2014). Karakteristik yang umum ditemukan pada kondisi biologis adalah kandungan bakteri, virus, jamur, ganggang, dan kehidupan mikroorganisme yang lain.

2.7 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah bahasa yunani kuno yang memiliki arti nabati/tanaman, dan bahasa latin remidium yang berarti pemulihan atau perbaikan yang berarti penggunaan tanaman dalam pemulihan yang ada pada lingkungan (Bioremediasi) tanpa pengambilan bahan pencemar dan membuang bahan pencemar ke tempat lain. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menghilangkan polutan yang ada pada tanah atau perairan yang mengandung kontaminan pencemar, (Rondonuwu, 2014).

Fitoremediasi adalah suatu teknik yang menjanjikan yang dapat meremoval pencemar pada lingkungan dengan biaya yang murah, efektif, dan bisa digunakan secara langsung pada tempat yang tercemar, serta digunakan secara langsung pada tempat yang tercemar dengan menggunakan media pohon, baik tanaman pangan ataupun tanaman berbunga, (fahrudin, 2010).

Keunggulan yang utama dalam penggunaan sistem fitoremediasi dibandingkan dengan remediasi lainya adalah mampu menghasilkan buangan sekunder yang tingkat toksisitasnya lebih rendah, lebih ramah lingkungan dan lebih hemat. Sedangkan kelemahan pada sistem fitoremediasi adalah dari waktu yang diperlukan lebih lama dan kemungkinan adanya kontaminan yang masuk kedalam rantai makanan melalui hewan yang mengkonsumsi tanaman tersebut (Pratomo, 2004) .

Menurut Youngman (1999) guna menentukan tanaman yang dipilih pada penelitian yang menggunakan metode fitoremediasi digunakan tanaman yang memiliki sifat sebagai berikut :

a. Tumbuh cepat
b. Mengkonsumsi air yang banyak dalam jumlah yang relatif singkat
c. Dapat meremediasi lebih dari satu pencemar
d. Kemampuan toleransi pada zat pencemar yang tinggi

Fitoremediasi merupakan penggunaan tanaman untuk membenahi lingkungan yang tercamar polutan yang dikenal sebagai teknologi pelestarian lingkungan. Tanaman mempunyai sifat yang alamiah yang dapat menyerap logam, logam yang dapat diserap oleh tanaman antara lain seperti Co, Cu, Ni, Fe, Mo, Mn, dan Zn yang merupakan unsur mikro yang dibutuhkan oleh tanaman dalam pertanamannya (Cunningham dkk., 1995).

Soerjani, dkk (1980) menyatakan tanaman air dapat membantu peredaran udara yang ada pada air pada saat fotosintesis dengan cara menyerap zat hara yang berlebih yang dapat menyebabkan pencemaran di air.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada proses fitoremediasi berawal pada akar tanaman yang dapat menyerap bahan polutan yang ada pada air. Selanjutnya terjadi proses mobilisasi pada tanaman, air yang terdapat kandungan polutan kemudian dialirkan ke seluruh tubuh tanaman, sehingga air yang mengandung polutan menjadi bersih. Dalam proses remediasi lingkungan tanaman dapat berperan langsung atpun tidak langsung. (Surtikanti, 2011).

(Surtikanti, 2011) menjelaskan jenis-jenis tanaman yang dapat digunakan pada aplikasi fitoremediasi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Aplikasi Fitoremediasi

No	Aplikasi	Media	Kontaminan	Jenis Tanaman
1	Fitoremediasi	Tanah, air tanah, *landfill leachate*, air limbah	a.Herbisida b.Aromatic (BTEX) c.Chlormate aphatics (TCE) d. Nutrient (NO3-, NH4+, PO43-) e. Limbah amunisi (TNT, RDX)	*Alfalfa, Poplar, Willow, Aspen,* gandum
2	Bioremediasi rhizosfer	Tanah, sedimen, air limbah	a. Kontaminan organik pestisida b. PAH	Murberry, apel, tanaman air
3	Fitostabilisasi	Tanah sedimen	a. Logam (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U) b. Hydrophobic organik (PAHs, dioxin, lurans, pentachlorofenol, DDT, dieldrin)	Tanaman yang memiliki sistem akar yang padat Rumput yang memiliki serat akar yang banyak. Tanaman yang dapat melakukan transpirasi air yang lebih banyak. Bunga matahari, dandellon.
5	Rhizofiltrasi	Air tanah, dan air limbah di danau atau air sumur buatan	a. Logam metal (Pb, Cd, Zn, Ni dan Cu) b. Radioaktif (Cs, Sr dan U) c. Senyawa organik hidrofobik	Tanaman air

Sumber : (Surtikanti, 2011)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada tahapan fitoremidiasi terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi. Rizofiltrasi adalah proses pada fitoremidasi secara adsorbs, pemekatan dan pengakumulasian pencemar pada daerah akar tanaman.

1. Fitoekstraksi adalah proses dimana terjadi ekstraksi dan akumulasi pencemar pada lapisan tipis tanaman yang dapat diambil untuk menadapatkan kembali polutan yang dapat bernilai ekonomi.
2. Fitotransformasi atau fitodegradasi adalah proses remediasi terhadap pencemar yang terjadi karena adanya perubahan molekul organik yang bersifat komplek menjadi lebih sederhana. Pada proses ini melibatkan metabolisme zat pencemar di dalam jaringan tanaman, misalnya pada enzim dehalogenenase dan oksigenase.
3. Fitostimulasi atau symbiosis tanaman dengan microbial (*plant-assisted bioremediation)* karena adanya kandungan mikroba yang ada pada bagian akar tanaman dan berkerja sama secara sinergis.
4. Fitostabilisasi adalah proses remediasi karena adanya penuruna mobilitas pada zat pencemar, terjadi karena adanya pembentukan senyawa yang lebih kompleks akan tetapi tidak mudah diadsorbsi oleh tanaman pada bagian rizosfer.
5. Fitovolatilisasi adalah kemapuan tanaman dalam menyerap pencemar dan melepaskannya kembali memalui daun, dan memiliki kemungkinan zat pencemar mengalami degradasi sebelum terlepas pada daun.

2.7.1 Proses Removal TDS oleh Tanaman

Pada umunya seluruh subtansi yang ada di dalam larutan pada tanah dan benda cair dapat terserap oleh akar-akar pada tanaman seperti spons yang dapat menyerap suatu zat cair dan semua yang ada di dalamnya tanpa adanya seleksi terlebih dahulu. Tanaman memiliki kemampuan dalam penyerapan yang memungkinkan adanya pergerakan terhadap ion yang dapat menembus membran sel, terutama pada nitrat, ammonium, dan lain-lain. Tanaman memiliki dua (2) sifat dalam pengambilan ion yaitu berdasarkan faktor perbedaan kuantitaitf dan faktor konsentrasi. Pada kemampuan tanaman berdasarkan konsentrasi ialah pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

saat tanaman mampu mengakumulasi ion sampai kondisi konsentrasi tertentu, sedangkan pada perbedaan kuantitatif melihat dari perbedaan spesies tanaman dan keperluan unsur hara oleh tanaman itu sendiri (Fitter & Hay, 1992).

2.7.2 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses pemindahan planlet dari lingkungan yang terkontrol (aseptik dan heterotroph) ke dalam kondisi lingkungan yang tidak terkontrol, baik dari suhu, cahaya, dan juga kelembaban, tanaman harus dapat bertahan hidup dalam kondisi autotroph, jika tanaman (planlet) yang digunakan tidak dilakukan aklimatisasi terlebih dahulu maka tanaman tersebut tidak bisa bertahan hidup pada kondisi lapang. Kegiatan aklimatisasi adalah kegiatan pada akhir Teknik kultur jaringan. Aklimatisasi dilakukan guna mengadaptasikan tanaman hasil kultur jaringan pada lingkungan yang baru sebelum ditanam dan dijadikan induk untuk produksi dan guna mengetahui kemampuan adaptasi tanaman dalam lingkungan yang tidak aseptik (Fried dkk., 2005).

(Fried dkk., 2005) menyatakan bahwa ada dua (2) metode pada aklimatisasi, yaitu menggunakan metode langsung dan tidak langsung. Kedua metode itu antara lain :

Metode Langsung :

1. Mempersiapkan planlet kedalam botol yang akan diaklimatisasi dan mengambil planlet secara teliti dan hati-hati dari dalam botol.
2. Mencuci akar tanaman dari agar-agar yang masih menempel pada akar dengan air.
3. Merendam akar tanaman dengan larutan fungisida dan bakterisida pada kurun waktu 5 menit.
4. Menanam tanaman kedalam bak media dengan menggunakan media arang sekam yang telah dibasahi terlebih dahulu.
5. Menutup bak dengan plastik transparan dalam kurun waktu 1-2 minggu.
6. Setelah menunggu selama 1-2 minggu plastik dibuka dan tanaman dibirakan tumbuh pada bak aklimatisasi sampai minggu ketiga dan keempat.
7. Selanjutnya melakukan pemindahan tanaman pada bak kedalam polybag-polibag kecil samapai tanaman siap di tanam pada lapang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Metode Tidak Langsung :

1. Mempersiapkan planlet kedalam botol yang akan diaklimatisasi dan mengambil planlet secara teliti dan hati-hati dari dalam botol.
2. Memangkas tanaman tepat di bagian nodus ketiga selanjutnya merendamnya pada larutan fungisida dan bakterisida pada kurun waktu 5 menit.
3. Menanam tanaman pada bak dengan media arang sekam yang sudah dibasahi.
4. Menutup bak dengan plastik transparan dengan kurun waktu 1-2 minggu.

2.7.3 Melati Air (Echinodorus palaefolius)

Melati air atau dengan nama latin *Echinodorus palaefolius* adalah tanaman air yang digunakan sebagai tanaman hias. Habitat melati air berada pada air yang bervariasi, pesebaran tanaman ini mulai dari Amerika Tengah, Lembah Missisipi, Venezuela. Vegetasi dengan biji dan anakan. Manfaat tanaman akuatik ini berguna untuk tanaman hias dan aquascape (Hidayat, et all, 2014).

a. Klasifikasi

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: *Trachebionta*
Super Divisi	: *Sprematophyta*
Divisi	: *Magnoliophyta*
Kelas	: *Liliopsida*
Sub kelas	: *Alismatales*
Famili	: *Alismataceae*
Genus	: *Echinodorus*
Spesies	: *Echinodorus palaefolius*

Gambar 2. 1 Melati air

Sumber: dokumentasi pribadi

b. Morfologi

Tanaman melati air ini merupakan tanaman akuatik dengan keadan fisik setengah terendam, memiliki daun tunggal dan kaku dengan bentuk tangkai bersegi hingga membulat ke arah pangkal daun, memiliki Panjang tangkai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

antara 50-100 cm, dengan diameter antara 1-3cm, keras, beralur sepanjang tangkai dan berbintik-bintik putih dengan warna dasar hijau muda. Bentuk daun bulat lonjong, pangkal berlekuk, ujung membulat, menonjol ke arah bawah permukaan (Hidayat, dkk, 2014).

Habitat melati air berada pada air yang bervariasi, pesebaran tanaman ini mulai dari Amerika Tengah, Lembah Missisipi, Venezuela. Vegetasi dengan biji dan anakan. Manfaat tanaman akuatik ini berguna untuk tanaman hias dan aquascape (Hidayat, dkk, 2014).

c) Komposisi kimia melati air

Komposisi pada melati air tergantung pada dimana tempat tumbuhnya dan kandungan unsur hara, dan bergantung pada daya serap tanaman tersebut. Tanaman ini memiliki sifat-sifat yang bermanfaat yaitu dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfide, dan mengandung protein sebesar lebih dari 11,5%. Mengandung selulosa yang lebih banyak dari pada non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat lain (Fort,2008).

Pada Analisa yang dilakukan oleh Wardini (2008) melati air yang segar mengandung bahan organik 37,59% , C-organik 21,23%, N total 0,28%, P total 0,0011%, dan K total 0,016%. Sedangkan berdasarkan Rochyati (1998) kandungan pada tangkai melati air yang segar adalah 95,6%, abu 0,44%, serat kasar, 2,09%, karbohidrat 0,17%, lemak 0,35%, protein 0,16%, fosfor 0,52%, kalium 0,42%, klorida 0,26%, alkanoid 2,22%, sedangkan pada keadaan kering adalah selulosa 64,51%, pentose 15,61%, silika 5,56%, abu 12%, dan lignin 7,69.

Melati air termasuk kedalam golongan tanaman hias yang dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang mempunyai iklim tropis, tanaman ini diketahui dapat beradaptasi dengan baik. Tanaman melati air dapat menyerap berbagai macam zat yang terkandung di dalam air, baik zat yang terlarut ataupun tersuspensi. Pemanfaaatan melati air dapat meremoval jumlah nitrat yang tinggi pada air (Drajat, 2008).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Jenis Reaktor

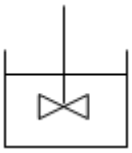
Reaktor kimia dibentuk guna untuk mereaksikan berbagai bahan kimia, atau juga dapat disebut sebagai tempat konversi bahan baku menjadi hasil atau produk, ada juga yang menyatakan bahwa reaktor kimia adalah penggerak dari proses kimia. Desain dari reaktor kimia dengan kandungan bahan kimia skala besar akan disintesis pada skala komerisal tergantung terhadap beberapa aspek kimia.

Pmiihan desain reaktor sangat penting, karena hal ini sangat vital dengan mencakup desain keseluruhan untuk proses, desainer harus memastikan akan proses reaksi berjalan dengan efisien cukup tinggi dan pada produk outlet seperti yang diinginkan, mengahasilkan keuntungan yang tinggi dan memerlukan biaya yang paling efektif (Octave, 2016).

2.8.1 Reaktor Batch

Reaktor batch adalah suatu proses dimana semua bahan dimasukan secara Bersama-sama pada tahap permulaan dan produk jadi dikeluarkan pada akhir proses. Pada proses ini, semua reagen dimasukan pada awal proses dan tidak ada penambahan dan pengambilan pada saat proses berlangsung. Proses ini cocok untuk penggunaan skala kecil (Floger,2016).

Pada saat reaktor batch mengalami proses terjadi massa yang tetap, dimana tidak ada massa yang masuk ataupun keluar selama proses berlangsung, dan bahan yang dimasukan akan direaksikan selama kurun waktu tertentu dan akan keluar sebagai produk dan selama proses berlangsung tidak ada aliran yang terjadi pada produk dari reaksi (Artiyani,2011). Pada umumnya proses ini digunakan guna meraksikan suatu dalam fase cair, dan juga proses ini berguna pada skala kecil dan waktu yang lama. (Artiyani,2011) .



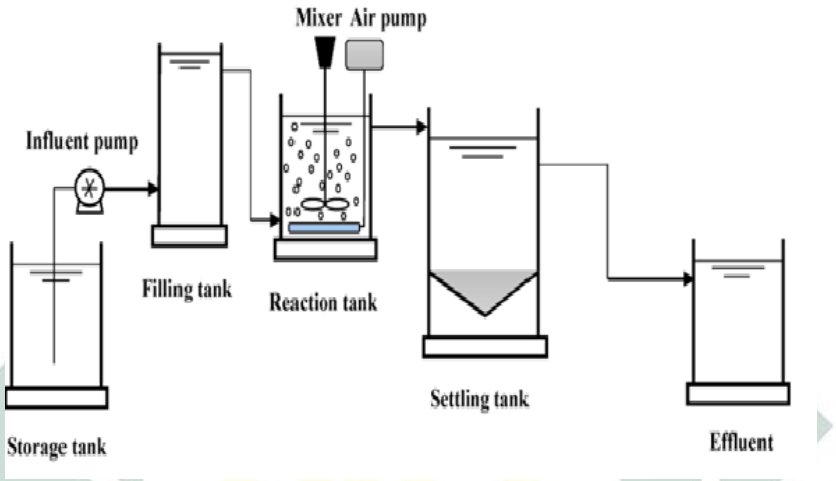
Gambar 2. 2 Reaktor Batch

Sumber : *https://www.caesarvery.com/2012/11/macam-macam-reaktor-reactor.html*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8.2 Reaktor Kontinyu

Pada metode reaktor kontinyu merupakan sebuah proses yang dimana suatu reaktan yang dimasukan ke dalam reaktor dan produk atau produk sampingan dapat diambil pada saat proses masih berlangsung secara terus menerus. Sebagai contoh pada proses haber saat pembuatan ammonia. Umumnya kebutuhan biaya pada proses kontinyu lebih hemat dan murah disbanding proses batch. Metode kontinyu cocok digunakan pada skala besar seperti skala industri (Floger,2016).



Gambar 2. 3 reaktor kontinyu

Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Sequential-batch-reactor-design_fig1_323756071

2.9 Sistem Resirkulasi

Sistem reriskulasi adalah sistem yang dilakukan dengan mengalirkan kembali air yang ada di dalam suatu wadah secara berkelanjutan, hal ini bertujuan untuk memanfaat kan kembali air ada pada wadah guna menghemat penggunaan air. Sistem resirkulasi adalah sistem dengan cara kerja pengulangan atau penggunaaan kembali air yang dikeluarkan dan dilakukan secara terus-menerus. Sistem resirkulasi dapat menguntungkan dalam penggunaannya karena dapat meminimalisir penggunaan air, Ph, Buffer, dan dapat meremoval bahan-bahan seperti amonia, nitrit, dan Buffer Ph (McGee & Circha, 2000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sistem resirkulasi adalah sistem yang memanfaatkan kembali air yang telah digunakan dengan cara sirkulasi air secara terus menerus melalui alat atau menuju suatu wadah (Fauziah dkk ,2013).

2.10 Integrasi Keislaman

Pada kehidupan manusia diwajibkan untuk menjaga lingkungan sekitar dan telah diterangkan pada ayat-ayat AL-Qur`an seperti berikut ini :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَٰذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

(Yaitu) Orang-orang yang mengingat Allâh sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Rabb kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka. [Ali Imrân/3:191].

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusi, supaya Allâh merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). [ar-Rûm/30:41].

2.11 Nilai Efisiensi

Perhitungan kemampuan efisiensi removal pada tanaman melat air dalam menyerap TDS menurut Haryanti (2013), menyatakan bahwa perhitungan bedasarkan pada konsentrasi logam dalam tanaman serta konsentrasi logam yang ada pada air limbah dan rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Efisiensi\%} = \frac{(kadar\ TDS\ awal - kadar\ TDS\ akhir}{kadar\ TDS\ awal} \text{x100\%}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.12 Penelitian Terdahulu

Berikut disajikan penelitian terdahulu :

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
1	Lilin Indrayani Dan Mutiara Triwiswara (2018) : Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Teknologi Lahan Basah Buatan	batik adalah salah satu potensi dalam dunia indsutri bangsa indonesia yang terus mengalami pertumbuhan yang pesar di setiap daerah dan memberikan manfaat pada aspek ekonomi. Namun, juga memberikan dampat negatif pada buangan industri batik. Industri baik dapat menghasilkan limbah cair dengan volume yang besar dan bersifat toksis yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Salah teknologi yang digunakan untuk mengolah limbah batik adalah lahan basah buatan (*constructed wetland*). Penelitian ini menggunakan tanaman Pegagan air (*Centella asiatica*), Lidi air (*Hippochaetes lymenalis*), Bambu air (*Equisetum hyemale*), Melati air (*Echinodorus palaefolius*), dan Kana lonceng (*Pistia stratiotese*) sebagai media guna meremoval zat pencemar. Parameter yang digunakan adalah pH, Suhu, TSS, TDS, BOD5 dan COD. Dengan efektifitas terbesar pada kana lonceng sebesar 92,8%.
2	Maria Ch. Hokoyoku, Alfred B. Alfons, Nurul Matin (2017) : Kombinasi Saringan Pasir Lambat Dan Fitoremediasi	Sungai away berada di daerah kabupaten Jayapura memiliki kekeruhan yang tinggi sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar. Salah satu upaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
	Menggunakan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Konsentrasi Tss Dan Tds Pada Sungai Away	pengolahan air sederhana menggunakan saringan pasir lambat dan fitoremediasi menggunakan enceng gondok. Penelitian ini bertujuan guna mengetahui efektivitas penurunan konsentrasi TSS dan TDS pada sampel air sungai. Penelitian bersifat eksperimental, dengan proses dua tahap. Tahap pertama menggunakan saringan lambat. Pada proses kedua menggunakan fitoremediasi dengan tiga perlakuan yaitu : kontrol tanpa tanaman, fitoremediasi dengan 50% tanaman, dan fitoremediasi dengan 100% tanaman dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pengulangan. Pengolahan data menggunakan uji statistik. Hasil uji pada konsentrasi menunjukkan penurunan TSS dan TDS, pada TSS penurunan terbesar pada rasio 100% tanaman sebesar 90,19%. Sedangkan pada TDS pada 100% tanaman dengan penurunan sebesar 40,36%.
3	Catur Retnaningdyah & Endang Arisoesilaningsih (2017) : Efektivitas Proses Fitoremediasi Air Irigasi Tercemar Bahan Organik melalui Sistem *Batch Culture* menggunakan Hidromakrofita Lokal	Perairan yang digunakan sebagai sarana irigasi di Indonesia pada umumnya telah tercemar oleh bahan organik karena kegiatan manusia. Pada penelitian ini bertujuan guna mengembangkan teknologi fitoremediasi guna memperbaiki kualitas air irigasi agar dapat digunakan oleh pertanian. Penelitian dilakukan pada rumah kaca

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		dengan sistem kultur batch dalam ember 30 L dengan pasir dan kerikil sebagai penyaring, menggunakan tanaman hydromacrophytes. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan jenis hidromakrofit seperti : Scirpus sp., Acorus calamus, Marsilea crenata; makrofit daun terapung termasuk Ipomoea aquatica, Azolla sp .; terendam seperti Valisneria sp., Hydrilla verticilata; polikultur dari tiga hidromakrofit, dan kontrol tanpa tanaman). dengan pengualangan tiga kali dan dilakukan secara bersamaan. Kemampuan fitoremediasi dapat dilihat dari kualitas air seperti pH, DO, kekeruhan suhu, nitrat, ortofosfat, bikarbonat, BOD, TSS, TDS. Percobaan selama 6 hari menunjukkan adanya penurunan, tetapi tidak efisien pada TSS dan konduktivitas. Hidromakrofit yang terendam dan polikultur lebih efektif melakukan proses fitoremediasi dibandingkan dengan yang lain.
4	Hadiyatur Rahmah (2014) : Fitoremediasi Limbah Cair Mocaf Dengan Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart.)	Tepung MOCAF (*Modified Cassava Flour*) terbuat dari singkong yang difermentasi. Salah satu produsen MOCAF adalah PT. Singkong Bangkit Mandiri di Trenggalek, Jawa Timur. Hasil buangan limbah cair MOCAF

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
	Solms)	mengandung organik tinggi yang berbahaya bagi ekosistem air dan berbahaya bila terkonsumsi. Salah satu upaya guna mengolah air limbah industri menggunakan fitoremediasi. Tanaman enceng gondok dipilih dalam penelitian ini sebagai media percobaan. Parameter uji yang digunakan adalah : pH,COD, NTU, TSS, DAN TDS. Dengan melakukan pengamatan terhadap morfologi tanaman dan air limbah setelah dilakukan pengolahan. Tanaman enceng gondok dapat meningkatkan pH air limbah. Nilai COD mengalami fluktuatif hal ini disebabkan oleh proses fotosintesis. Pada kekeruhan mengalami penurunan disebabkan oleh penyerapan oleh akar tanaman. Pada TSS terjadi penurunan hal ini terjadi karena enceng gondok dapat mempercepat proses penguapan. Nilai TDS mengalami peningkatan karena adanya degradasi senyawa kimia.
5	Amelia Ika Puspitasari (2016) : Komparasi Fitoremediasi Enceng Gondok Pada Limbah Cari Pengolahan Kopi Proses Pengupasan Dan Pencucian	Proses produksi industri kopi menghasilkan limbah cair dengan kandungan organik yang tinggi dan berbahaya jika dibuang langsung pada lingkungan. Sumber dari limbah cair industri kopi berasal dari proses pengupasan dan pencucian. Pada tujuan ini bertujuan guna mengetahui

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		karakteristik limbah kopi dan proses removal bahan organik dalam air oleh tanaman enceng gondok. Penelitian ini dilakukan pengulangan selama 3 kali dan dilakuan masing-masing selama 14 hari. Menggunakan enceng gondok dengan densitas 300 gr. Dengan 3 air limbah yang berbeda yaitu : limbah kopi pengupasan, pencucian, dan campuran keduanya. Parameter uji yang digunakan COD, BOD, NH_3 -N, PO_4-P, NTU , pH, dan TDS. Dengan konsentrasi removal COD sebesar 57,80% - 71,55% ; BOD sebesar 61,22% - 71,52%; NH_3-N sebesar 61,50% - 77,46%; PO_4-P sebesar 75,58%-89-28% dan kekeruhan sebesar 77,77% - 90,18%. Dan terjadi peningkatan TDS sebesar 29,70%-33,79% dan pH sebesar 27,50% - 36,36,89%.
6	Priyanka Saha, Omkar Shinde & Supriya Sarkar (2017) : Phytoremediation of industrial mines wastewater using water hyacinth	Air limbah di tambang Sukinda chromite (SCM) di Orissa (India) menunjukkan tingkat tinggi kromium heksavalen beracun (Cr VI). Air limbah dari tambang yang terkontaminasi kromium menunjukkan potensi ancaman bagi komunitas biotik di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi fitoremediasi yang cocok untuk menghilangkan efektif kromium heksavalen beracun dari air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		limbah tambang. Spesies eceng gondok eceng gondok Eichhornia dipilih untuk memulihkan masalah pencemaran Cr (VI) dari air limbah. Telah diamati bahwa tanaman ini mampu menghilangkan 99,5% Cr (VI) air olahan SCM dalam 15 hari. Tumbuhan air ini tidak hanya menghilangkan Cr heksavalen, tetapi juga mampu mengurangi total padatan terlarut (TDS), kebutuhan oksigen biologis (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), dan elemen air lainnya juga. Eksperimen skala besar juga dilakukan dengan menggunakan 100 L air dari SCM dan efisiensi penghilangan yang sama tercapai.
7	W. Sriprapat & P. Thiravetyan (2017) : Phytoremediaton Of Diethylene Glycol Contaminated Wastewater By Echinodorus Cordifolius	Diethylene glycol (DEG) adalah salah satu dari beberapa diol yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi plasticizer dan resin poliester. Ini telah dikaitkan dengan sejumlah keracunan massal di beberapa negara. Metode konvensional remediasi limbah cair yang terkontaminasi DEG masih belum terlalu efektif. Makalah ini menyajikan metode alternatif untuk perbaikan air yang terkontaminasi DEG menggunakan tanaman Echinodorus cordifolius. Efek DEG pada E. cordifolius dipelajari bersama dengan efisiensi pabrik dalam mengolah air limbah yang terkontaminasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		DEG di lahan basah yang dibangun. Kami menemukan bahwa DEG beracun bagi tanaman dengan LD50 6.238 mg L-1. Tanaman menunjukkan penurunan penyerapan air dan menunjukkan layu, klorosis dan nekrosis. Gambar SEM menunjukkan cedera pada jaringan korteks. Di lahan basah yang dibangun, tanaman E. cordifolius mampu menghilangkan dan menurunkan DEG dari air limbah, menurunkan pH dari 12 menjadi 6,8 dan COD dan TDS masing-masing sekitar 98% dan 67%, masing-masing, dalam 7 hari, sementara mengakumulasi Ca di sel.
8	Sirikan Noonpui & Paitip Thiravetyan (2011) : Treatment of reactive azo dye from textile wastewater by burhead (Echinodorus cordifolius L.) in constructed wetland: Effect of molecular size	Potensi burhead (Echinodorus cordifolius L.) untuk pengolahan air limbah tekstil telah uji. Merah reaktif 2; RR2 [MW = 615], merah reaktif 120; RR120 [MW = 1469] dan merah reaktif; RR141 [MW = 1775] diketahui untuk menentukan pengaruh ukuran molekul pada efisiensi penghilangan zat warna oleh tanaman dalam sistem batch lahan basah yang dibangun di bawah kondisi tanah dan bebas tanah. Konsentrasi zat warna, total padatan terlarut (TDS), konduktivitas dan pH dalam limbah, dan tingkat pertumbuhan relatif (RGR) tanaman diukur. Efisiensi penghapusan zat warna tertinggi selama 7 hari dalam kondisi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		bebas tanah adalah RR2 (33,09 μmolRR2kg − 1 FW), diikuti oleh RR120 (13,35 μmolRR120kg − 1 FW) dan RR141 (10,57 μmolRR141kg − 1 FW), masing-masing. Ini menunjukkan bahwa struktur dan ukuran molekul pewarna sangat mempengaruhi efisiensi penghilangan pewarna oleh tanaman. Hasil dari percobaan lahan basah sintetis menemukan bahwa penghilangan zat warna adalah 96% pada 4 hari dan 6 hari di bawah kondisi tanah dan bebas tanah, masing-masing. Selain itu, tanaman mampu menurunkan TDS (42%), konduktivitas (50%) dan pH (9,5 hingga 7,4) dalam waktu 2 hari dalam air limbah pewarna red141 sintetis reaktif (SRRW141) dalam kondisi bebas tanah, sehingga menunjukkan potensi burhead untuk pengolahan air limbah tekstil.
9	Rahul V. Khandare , Akhil N. Kabra , Avinash A. Kadam , Sanjay P. Govindwar (2013) : Treatment of dye containing wastewaters by a developed lab scale phytoreactor and enhancement of its efficacy by bacterial augmentation	Portulaca grandiflora (Moss-Rose) digunakan dalam phytoreactor skala laboratorium eksperimental. Keefektifan phytoreactor meningkat dengan menambah kultur Pseudomonas putida ke dalam tanah. Empat reaktor independen dengan tanah, bakteri, tanaman dan konsorsium dikembangkan dan digunakan untuk pengolahan limbah tekstil nyata, dan campuran pewarna. Limbah tekstil yang diolah oleh reaktor

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
		yang mengandung tanah, bakteri dan tanaman menunjukkan penghilangan American dye Manufacturers Institute (ADMI) sebesar 31, 50 dan 75% masing-masing dalam 72 jam, sedangkan reaktor konsorsium menunjukkan 89% penghilangan warna dalam 48 jam. Limbah yang diolah oleh tanah, bakteri dan reaktor tanaman menunjukkan pengurangan COD sebesar 35, 47 dan 59%, BOD sebesar 14, 28 dan 38%, TOC sebesar 15, 23 dan 37%, kekeruhan berkurang sebesar 20, 29 dan 41%, TDS oleh 60, 66 dan 71%, TSS berkurang masing-masing 41, 46 dan 60% dalam waktu 72 jam. Sedangkan reaktor konsorsium meremoval efluen lebih efisien, di mana COD, BOD, TOC, kekeruhan, TDS dan TSS dari efluen setelah pengolahan berkurang masing-masing sebesar 73, 54, 52, 57, 83, dan 71% hanya dalam waktu 48 jam. Analisis HPLC dan FTIR dari efluen dan HPTLC campuran pewarna yang tidak dapat diolah mengungkapkan transformasi pewarna menjadi metabolit yang berbeda.
10	Priyanka Saha, Angela Banerjee & Supriya Sarkar (2015) : Phytoremediation Potential of Duck weed (Lemna	Teknik fitoremediasi yang ramah lingkungan dan hemat biaya digunakan untuk memulihkan kontaminan dari air limbah. Penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan fitoremediasi gulma

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Penulis Dan Judul Penelitian	Rangkuman
	minor L.) on Steel Wastewater	(Lemna minor L.) untuk menghilangkan klorida, sulfat dari air limbah Biological Oxygen Treatment (BOT) dari pabrik oven kokas. Kualitas air BOT dinilai dengan menganalisis karakter fisiko-biokimia - pH, permintaan oksigen biologis (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), total padatan terlarut (TDS) dan konsentrasi unsur. Diamati bahwa peningkatan nilai pH menunjukkan peningkatan kualitas air. Hasil percobaan menunjukkan bahwa, duckweed secara efektif menghilangkan 30% klorida, 16% sulfat dan 14% TDS dari air limbah BOT, yang menunjukkan kemampuannya dalam fitoremediasi untuk menghilangkan klorida dan sulfat dari air limbah BOT. Peningkatan maksimum 30% tingkat pertumbuhan relatif duckweed dicapai setelah 21 hari percobaan. Dengan demikian, disimpulkan bahwa duckweed, tanaman air, dapat dipertimbangkan untuk pengolahan limbah yang dikeluarkan dari pabrik oven kokas.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2020 di Greenhouse pengembangan Karang Kitri Desa Tebel Barat RT 08 RW 01 ,Gedangan-Sidoarjo. Pengambilan sampel limbah cair pada inlet IPAL PT SIER-PIER an dilakukan uji parameter pencemar pada tempat penelitian.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua (2) variabel yang digunakan yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Adapun penggunaan variabel ini guna mempelajari objek yang digunakan sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas : jumlah tanaman melati air

   Berdasarkan penelitian (Santriyana dkk., 2012) menggunakan 7 individu tanaman melati air dan pada penelitian (Lenggo & Hasbi, 2014) menggunakan 4 individu tanaman melati air, dan penambahan variasi tanaman 10 tanaman sehingga. Pada penelitian ini digunakan 3 variasi tanaman yaitu

   X1= 4 tanaman

   X2= 7 tanaman

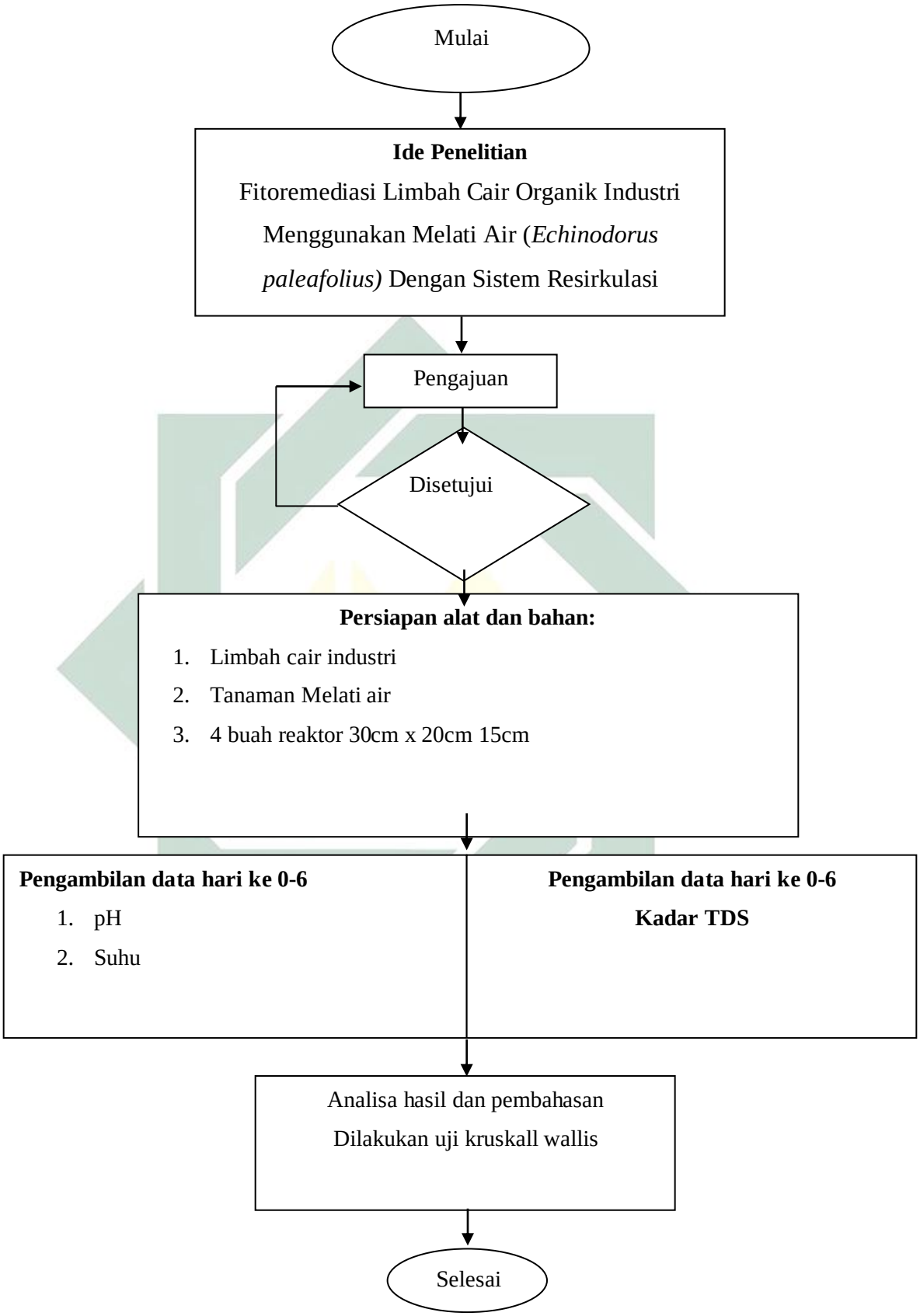
   X3= 10 tanaman

b. Variabel terikat : Y1 = limbah cair organik industri

3.3 Alur Penelitian

Pada Alur penelitian ini akan dijelaskan pada gambar 3.1 sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian dilakukan dua tahapan yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan penelitian.

3.4.1 Tahap Persiapan Penelitian

Pada proses tahapan persiapan penelitian ini dilakukan studi mengenai penelitian terdahulu tentang obyek yang akan diteliti. Selanjutnya melakukan pengurusan administrasi mengenai pengambilan limbah cair pada kantor IPAL PT SIER-PIER.

3.4.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Dalam tahapan pelaksanaan ini diperlukan data sebagai bahan dari pelaksanaan penelitian adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

A. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan yaitu uji kandungan TDS ,suhu ,dan pH.

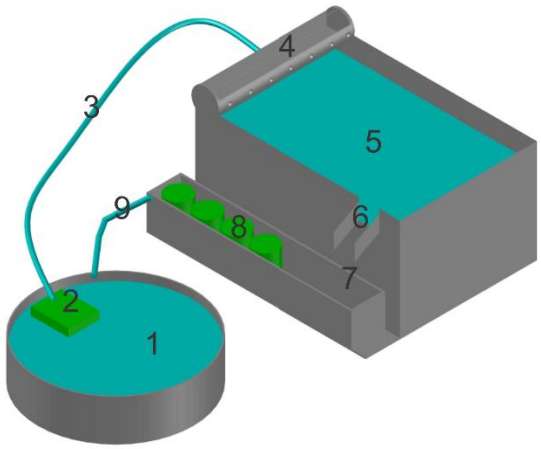
1. Sampling air limbah

   Pada penelitian ini menggunakan limbah cair yang berasal dari inlet IPAL kawasan industri PT SIER-PIER. Pada proses pengambilan menggunakan menggunakkan ember plastik dengan dilengkapi tali atau gayung plastik bertangkai Panjang sesuai dengan SNI 6989.57 : 2008.

2. Persiapan alat dan bahan

   alat yang digunakan adalah 4 buah reaktor dengan ukuran kolam retensi 30 cm x 20 cm x 15 cm (p x l x h), bak penampung limbah dengan diameter 45 cm dan tinggi 21 cm , talang air dengan ukuran lxt adalah 12cm x 14cm dan panjang mengikuti jumlah tanaman, selang air, 4 buah pompa air, dan 13 botol sampel. Bahan-bahan yang digunakan yaitu tanaman melati air sebanyak 21 buah dengan pembagian pada 4 reaktor, pada reaktor pertama berjumlah 4 buah tanaman, reaktor kedua 7 buah tanaman, reaktor ketiga 10 buah tanaman, dan sebagai kontrol tanpa tanaman dengan jarak antar tanaman ± 10 cm. Serta menyiapkan limbah cair industri tiap masing-masing reaktor. Rancangan reaktor dapat dilihat pada gambar 3.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 2 Desain Reaktor Penelitian

Keterangan :

1. Kolam limbah (bak plastik diameter ± 45 cm tinggi 21cm)
2. Pompa air
3. Selang air
4. Pipa penampung (Aerasi terjunan dengan pipa pvc ukuran 2 dim)
5. Kolam retensi (30cm x 20cm x 15cm)
6. Saluran penghubung
7. Talang air (talang air lxt = 12 cmx14 cm)
8. Tumbuhan
9. Saluran air menuju kolam limbah

3. Proses aklimatisasi

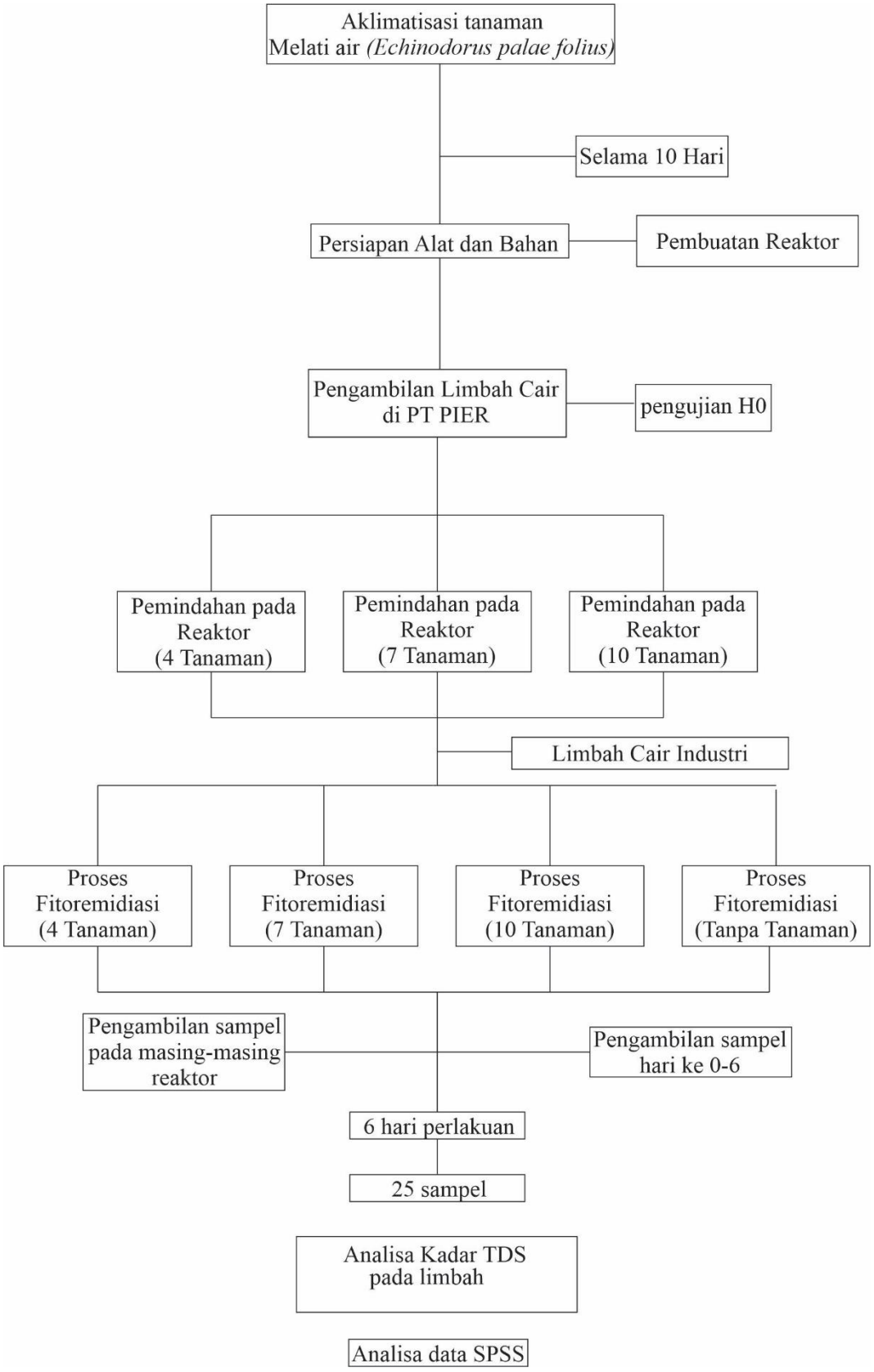
Pada proses percobaan fitoremediasi dilakukan aklimatisasi tanaman dengan varietas yang sama dan bukan berasal dari benih. Aklimatisasi berguna sebagai persiapan pada tanaman kultur sebelum dilakukan penelitian. Pada proses aklimatisasi ini bertujuan guna mempersiapkan tumbuhan pada kondisi steril menjadi kondisi heterotroph dan tanaman kultur dapat digunakan pada saat penelitian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses aklimatisasi diawali dengan pembersihan akar tanaman dari kotoran atau sisa-sisa media tanam dengan cara mengangkat tanaman kemudian melakukan penyiraman akar dengan air dan menghilangkan kerikil serta kotoran lain yang ada pada akar. Proses aklimatisasi dilakukan dengan merendam tanaman yang tela dibersihkan kedalam bak dengan air sumur selama 10 hari dalam ruang kaca (Padmaningrum & Aminatun, 2014) dan pada penelitian (Dipu dkk, 2010) melakukan aklimatisasi pada tanki berisi air sumur yang dilakukan dalam waktu satu bulan. Pada penelitian ini tidak menggunakan ruang kaca melainkan greenhouse.

4. Kerangka Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 3 Kerangka Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Perlakuan

Pada proses pelakuan ini dilakukan dengan mengalirkan air limbah kedalam reaktor yang telah dirancang sesuai dengan keperluan dan pompa menuju kolam retensi dan mengalir menuju tanaman yang digunakan sebagai fitoremediasi. Dibangun 4 buah reaktor dengan ukuran yang sama, 3 buah reaktor sebagai perlakuan dengan 3 variasi tanaman dan 1 buah reaktor sebagai kontrol tanpa tanaman.

6. Rancangan percobaan

Pada rancangan percobaan menggunakan uji beda nyata pada percobaan dengan menguji perbedaan pengaruh variasi tanaman. Pada rancangan ini memiliki 3 variabel jumlah tanaman dan 1 kontrol. Rancangan ini mempunyai kombinasi variabel yaitu :

Variabel bebas : a. Jumlah tanaman 4 (x1) d. kontrol (0 tanaman)
b. Jumlah tanaman 7 (x2)
c. Jumlah tanaman 10 (x3)

Variabel terikat : a. limbah cair industri TDS

Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan

Rencana Percobaan				
Pengambilan (r)	Kontrol (c)	x1	x2	x3
x/y				
1	cy1r1	y1x1r1	y1x2r1	y1x3r1
2	cy1r2	y1x1r2	y1x2r2	y1x3r2
3	cy1r3	y1x1r3	y1x2r3	y1x3r3
4	cy1r4	y1x1r4	y1x2r4	y1x3r4
5	cy1r5	y1x1r5	y1x2r5	y1x3r5
6	cy1r6	y1x1r6	y1x2r6	y1x3r6

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan: X_1 = jumlah tanaman 4

X_2 = jumlah tanaman 7

X_3 = jumlah tanaman 10

C = Kontrol

Y1= Limbah cair industri

R = pengulangan hari

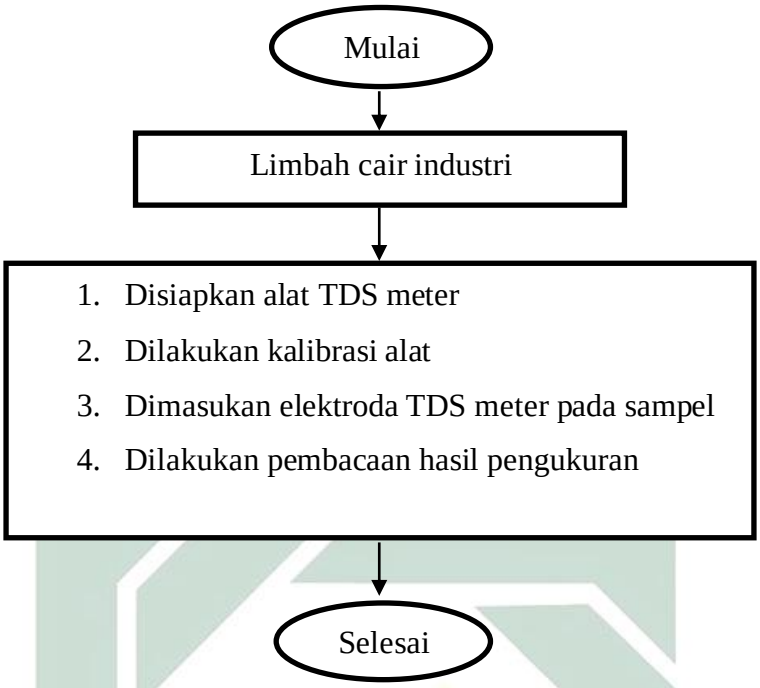
Setiap reaktor dan kontrol dilakukan pengambilan sampel pada setiap hari selama 6 hari Pengambilan jumlah hari didasari pada penelitian yang pernah dilakukan oleh (Sari dkk., 2019) menggunakan tanaman melati air (*Echinodorrus palaefolius)* guna meremoval Fe dengan percobaan hari 7, 14, dan 21 dengan didapatkan hasil pada hari ke 7 penyerapan oleh akar dan daun pada tahap paling tinggi. Hal ini menjadi dasar pada pengambilan selama 6 hari guna mengetahui zat padatan terlarut oleh tanaman melati air *(Echinodorrus palaefolius).* Pengambilan 6 hari sampel di tambah dengan 1 hari ke-0.

6. Pengambilan Data

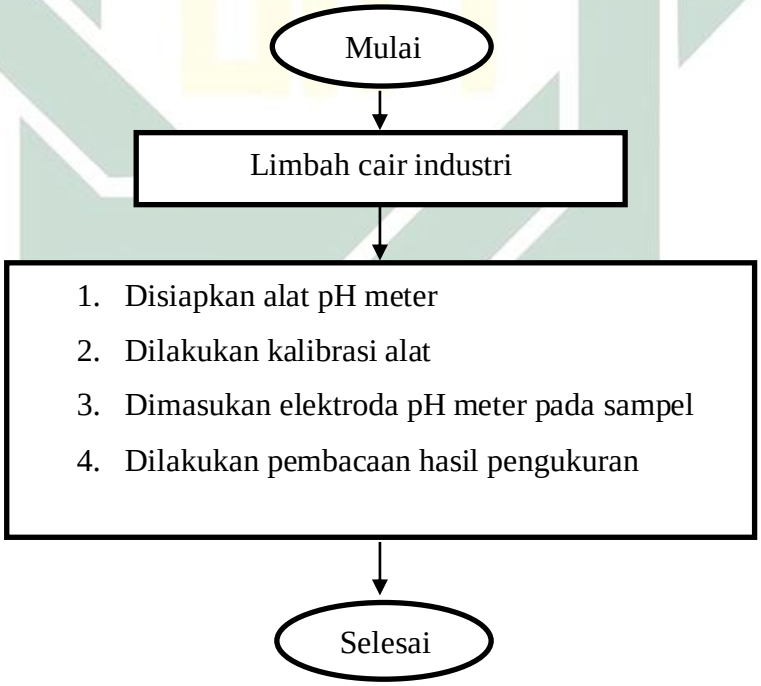
Pada penelitian ini melakukan pengambilan sampel sebanyak 25 kali pada hari ke 1-6 dan 1 sampel pada hari ke-0, uji parameter TDS (*Total dissolved solid*) dan parameter pendungkung seperti suhu dan pH dilakukan langsung pada lokasi penelitian greenhouse pengembangan Karangkitri.

Dilakukan pengukuran TDS, pH , dan suhu dengan skema kerja sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

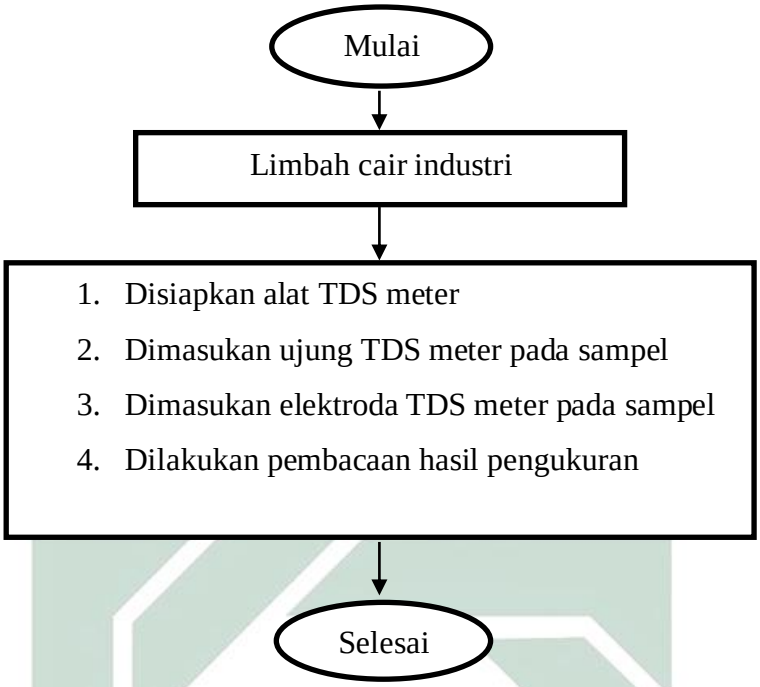


Gambar 3. 4 Skema kerja Analisa TDS



Gambar 3. 5 Skema kerja analisa pH

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3. 6 Skema kerja Analisa suhu

B. Data Sekunder

Data sekunder didapat dengan studi literatur pada penelitian terdahulu dan sumber-sumber lainnya.

Analisa Data

Pada tahap Analisa data dilakukan 2 analisa yaitu dengan deskriptif dan Analisa kuantitatif :

A. Analisa Deskriptif

Pada penelitian ini dilakukan uji efisiensi removal pada TDS Pada pengujian ini digunakan rumus :

$$Efisiensi = n = \frac{Pawal - Pakhir}{Pawal} \text{x}100\%$$

Keterangan :

a) n = nilai removal
b) p awal = nilai awal TDS
c) p akhir = nilai akhir TDS

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Setelah itu dilakukan Analisa terhadap efisiensi mengenai removal TDS dianalisa menggunakan statistik data terhadap penurunan TDS menggunakan Uji normalitas yang selanjutnya dilanjutkan dengan uji kruskal wallis jika didapatkan hasil tidak normal maka digunakan menentukan berapa besar perbedaan variasi jumlah tanaman dan juga validasi data setelah penelitian.

B. Analisa Kuantitatif

Pada Analisa kuantitatif dilakukan dengan Analisa statistik menggunakan berbagai macam uji yang dilakukan dengan bantuan alat hitung SPSS. Pertama dilakukan uji normalitas data guna mengetahui normalitas data menggunakan uji shapiro sebelum dilakukan uji lebih lanjut. Dilanjutkan dengan uji homogenitas dengan uji homogen didapatkan hasil uji data tidak homogen makan dilanjutkan dengan uji Kruskal wallis guna mengetahui perbedaan setiap perlakuan.

3.5 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan hipotesis sebagai dugaan sementara dari uji yang dilakukan pada obyek. Adapun hipotesis yang pada penelitian ini adalah :

H0 : tidak ada perbedaan removal TDS berdasarkan variasi jumlah tanaman

H1 : ada perbedaan removal TDS berdasarkan variasi jumlah tanaman

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Limbah

Pengujian karakteristik limbah awal dilakukan guna mengetahui karakteristik air limbah baik fisik dan kimia. Air limbah yang diambil dari inlet IPAL PT SIER PIER dilakukan uji terhadap besaran pencemar dan dilakukan perbandingan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Pengambilan air limbah dilakukan pada pukul 13.00 WIB pemilihan waktu ini berdasarkan jam operasional pabrik, dikarenakan pada pukul 13.00 WIB pabrik sudah beroperasi dan menghasilkan zat buangan. Pada kondisi fisik awal limbah berwarna hitam pekat dan berbau menyengat. Sedangkan karakteristik kimia adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Air Limbah Inlet IPAL PT SIER-PIER

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu Golongan 1	Standar Baku Mutu Golongan 2	Hasil
TDS	mg/L	2000	4000	2523
pH	-	6-9		8.7
Suhu	°C	38°C	40°C	31.8°C

(Sumber : PERGUB JATIM No 72 Th 2013)

Keterangan :

Golongan 1 : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima klas I, II, III, dan Air Laut.

Golongan 2 : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima klas IV.

Pada baku mutu yang digunakan menggunakan standar baku mutu Golongan 1 dikarenakan pada badan air penerima merupakan kelas III.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2 Aklimatisasi

Proses aklimatisasi diperlukan guna mempersiapkan tanaman agar tanaman dapat menyesuaikan diri pada lingkungan penelitian. Tanaman Melati air (*Echinodorrus palaefolius*) diambil pada rawa di kawasan Perum Wisma Gilang Kec. Taman, Kab. Sidoarjo dan dilakukan identifikasi tanaman di laboratorium LIPI Kebun Raya Purwodadi.

Pertama dilakukan pengambilan dan pembersihan akar tanaman dari lumpur. Melakukan pengisian air sumur kedalam bak sebagai wadah aklimatisasi tanaman. Pada umumnya tanaman akan berubah warna karena kandungan nutrien pada air sumur berbeda dengan air habitat asli tanaman. penggunaan air sumur bedarsarkan pada penelitian (Dipu dkk, 2010) yang menggunakkan air sumur sebagai media dalam aklimatisasi tanaman.

Proses pengukuran tinggi tanaman air yang akan digunakan sebagai media guna meremoval konsentrasi nilai TDS adalah sebagai berikut :

Gambar 4. 1 Pengukuran Panjang Tanaman Melati Air
(*Sumber : Analisa,2020*)

Sebelum melakukan uji menggunakan tanaman melati air dilakukan terlebih dahulu proses aklimatisasi guna mempersiapkan tanaman sebagai media percobaan. Adapun proses aklimatisasi dapat dilihat pada tabel 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

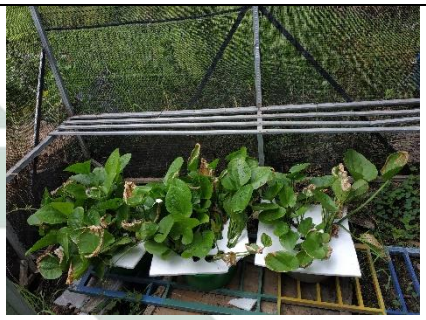
Tabel 4. 2 Aklimatisasi Tanaman Melati air

Hari	Keterangan	Gambar
ke-0	Dilakukan pembersihan pada akar tanaman dan batang menggunakan air mengalir guna membersihkan lumpur yang ada pada tanaman agar tidak mengganggu pada proses aklimatisasi.	
Ke-1	Kondisi fisiologis tanaman melati air pada hari ke-1 daun berwarna hijau dan terdapat beberapa daun yang layu tetapi kondisi fisiologis batang tegak dan berwarna hijau.	
Ke-2	Pada kondisi fisiologis batang melati air berwarna hijau segar dan terdapat perubahan fisiologis pada ujung daun yang sebelumnya layu menjadi berwarna kecokelatan.	
ke-3	pada hari ke-3 kondisi fisiologis pada melati air mengalami perubahan. Terdapat bunga yang mulai mekar, bunga pada melati air akan mekar pada saat pagi menjelang siang dan akan hilang atau layu pada siang menjelang sore hari. Terdapat beberapa tunas yang mulai tumbuh pada pangkal batang	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari	Keterangan	Gambar
	tanaman.	
ke-4	pada hari ke-empat perubahan fisiologis terjadi pada daun yang mulai kecokelatan akhirnya menjadi kering dan mulai rusak namun pada kondisi fisiologis batang tidak berubah, batang tetap berwarna hijau.	
ke-5	pada hari ke-lima kondisi fisiologis pada daun kering yang semula hanya pada ujung daun saja menjalar sampai ke pangkal daun. Kondisi batang tidak mengalami perubahan secara fisiologis.	
ke-6	pada hari ke-enam perubahan fisiologis pada tunas yang tumbuh sudah mencapai ketinggian yang hampir sama dengan batang dan daun lainnya.	
ke-7	kondisi fisiologis tanaman berubah pada ukuran tunas yang tumbuh dengan ketinggian dan lebar daun yang sama dengan lainnya. Daun yang kering mulai terlihat berkurang karena gugur.	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hari	Keterangan	Gambar
ke-8	pada hari ke 8 tidak terdapat perubahan fisiologis dan kondisi fisiologis sama dengan hari ke-tujuh.	
ke-9	pada hari ke-9 kondisi fisiologis tanaman terlihat pada ujung daun mengering dan berwarna kecokelatan tetapi tidak ada pertambahan daun yang mengalami kerusakan.	
ke-10	pada hari terakhir kondisi fisiologis tanaman terlihat berwarna hijau. Pada kondisi daun terdapat beberapa ujung daun yang kering.	

(*Sumber : Analisa, 2020*)

Pada proses aklimatisasi tanaman melati air membuktikan bahwa tanaman melati air dapat bertahan pada kondisi lingkungan baru berdasarkan proses aklimatisasi tidak terdapat tanaman yang mati hanya mengalami kerusakan dan tetap mengalami pertumbuhan pada tunas baru. Sesuai dengan hasil percobaan aklimatisasi pernyataan pribadi (2020).

4.3 Uji Fitoremediasi Tanaman melati air (*Echinodorrus palaefolius*)

Pada proses selanjutnya adalah uji kemampuan fitoremediasi tanaman melati air pada air limbah. Sampel air limbah industri yang digunakan berasal dari saluran inlet IPAL PT SIER-PIER. Langkah berikutnya menyiapkan reaktor dengan sistem resirkulasi dan memindahkan tanaman hasil aklimatisasi pada reaktor dapat dilihat pada **tabel 4.3**.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sistem resirkulasi yang digunakan bertujuan sebagai aerasi terjunan guna mensuplai oksigen kedalam air dengan melakukan kontak langsung air dengan udara, dapat disimpulkan bahwa aerasi bertujuan menambah kandungan oksigen pada air. Ion pada padatan terlarut tidak seutuhnya terserap dan terakumulasi di dalam tanaman, hal ini disebabkan oleh perpindahan ion pada media tanam yang terjadi karena adanya proses penguapan, dikarenakan ion-ion berikatan dengan oksigen sehingga membentuk ion baru. Suhu yang tinggi pada media tanaman dapat berpengaruh pada kadar oksigen yang ada pada tanaman. Semakin tinggi suhu maka kadar oksigen yang ada akan semakin berkurang, (Santriyana dkk., 2012).

Tabel 4. 3 Proses Pemindahan Tanaman Pada Reaktor

No	Gambar	Keterangan
1		Pemotongan akar pada tanaman melati air
2		Pemisahan tanaman melati air yang menyatu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Gambar	Keterangan
4		Proses pemindahan tanaman pada reaktor (dapat dilihat bentuk reaktor percobaan)

(*Sumber : Analisa, 2020*)

Tanaman melati air yang digunakan pada percobaan ini dengan variasi tinggi rata-rata 55,8 cm pada variasi jumlah tanaman 0, 4, 7, dan 10 tanaman. Pada penelitian ini menggunakan sistem resirkulasi dengan aerasi terjunan. Air limbah yang digunakan sebanyak 13 liter dengan dimensi reaktor : kolam retensi 30 cm x 20 cm x 15 cm (p x l x h), bak penampung limbah dengan diameter 45 cm dan tinggi 21 cm , talang air dengan ukuran lxt adalah 12cm x 14cm dan panjang mengikuti jumlah tanaman, selang air, dengan dilengkapi 4 buah pompa dengan 1 pompa pada masing-masing reaktor. Proses percobaan berlangsung selama 6 hari dengan pengambilan sampel setiap hari pada masing-masing reaktor percobaan. Parameter yang di uji adalah konsentrasi nilai TDS, pH, dan Suhu.

Proses fitoremediasi menggunakan tanaman melati air selama 6 hari disajikan dalam **tabel 4.4** berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Fitoremediasi Melati air

Hari	**Pengamatan**				**Gambar**			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
Ke-0	Pada hari ke-0 kondisi pada air limbah berwarna hitam.	Pada hari ke-0 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman berwarna hijau segar dan belum mengalami perubahan fisiologis.	Pada hari ke-0 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman berwarna hijau segar dan belum mengalami perubahan fisiologis.	Pada hari ke-0 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman berwarna hijau segar dan belum mengalami perubahan fisiologis.				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
Ke-1	Pada hari ke-1 pada perlakukan 0 tanaman atau kontrol didapatkan hasil pengamatan terdapat perubahan pada warna limbah menjadi berwarna kekuningan. Hasil pengukuran pada	Pada hari ke-1 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan tidak terdapat perubahan fisiologis pada tanaman, warna pada tanaman	Pada hari ke-1 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis tanaman	Pada hari ke-1 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman berwarna hijau namun pada ujung daun terdapat perubahan fisiologis menjadi layu dan menggulung				

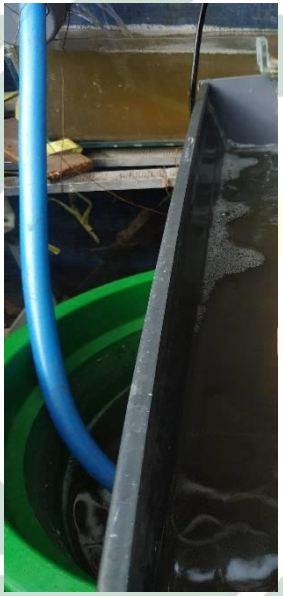
Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	parameter uji didapatkan hasil TDS 2540 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,4°C.	berwarna hijau. Terdapat padatan yang terdapat pada akar tanaman. Pada kondisi fisik lebih jernih dan berwarna kekuningan. Kuning. Hasil pengukuran pada parameter	melati air masih berwarna hijau dan terdapat perubahan pada ujung daun yang layu dan menggulung. Dan terdapat padatan yang menempel pada akar tanaman. Sedangkan	dan terdapat padatan yang terdapat pada akar tanaman. Sedangkan pada kondisi air limbah mengalami perubahan pada fisik yaitu pada warna air limbah menjadi lebih jernih kekuningan.				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
		uji TDS 2085 mg/L, ph 8,8 , dan 31,6 °C.	pada kondisi fisik air limbah menjadi lebih jernih dan berwarna kuning. Hasil pengukuran pada parameter uji TDS 2001 mg/L, ph 8,8, dan 31,2°C.	Hasil pengukuran pada parameter uji TDS 1911 mg/L, Ph, 8,5 dan suhu 31,1 °C				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
Ke-2	Pada hari ke-2 hasil pengamatan pada reaktor 0 tanaman atau kontrol pada reaktor terlihat endapan pada dasar kolam limbah. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan	Pada hari ke-2 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan terdapat perubahan fisiologis pada ujung daun mengalami perubahan menjadi	Pada hari ke-2 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis tanaman	Pada hari ke-2 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman berwarna hijau, terjadi perubahan fisiologis pada ujung tanaman yang layu menjadi kering dan berwarna				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	hasil TDS 2445 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,4°C.	kecokelatan, layu dan menggulung. Pada warna fisik tanaman masih berwarna hijau. Warna pada air limbah jika dibandingkan dengan hari ke-1 lebih terlihat jernih. Hasil pengukuran pada	melati air pada ujung daun mengalami perubahan kondisi daun yang semakin kering, berwarna kecokelatan, dan menggulung. Pada kondisi batang tanaman tetap	kecokelatan. Terdapat pertumbuhan pada tunas baru. Pada kondisi akar tidak terdapat perubahan fisiologis. Sedangkan kondisi air limbah warna air berwarna kekuningan dan jika dibandingka				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
		parameter uji didapatkan hasil TDS 2008 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,1°C.	berwarna hijau. Sedangkan pada kondisi akar tidak mengalami perubahan fisiologis. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2078 mg/L, Ph 8,7 dan suhu	n dengan hari ke-1 kondisi air lebih jernih. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2010mg/L, Ph 8,6, dan suhu 29,6°C.				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
			29,8°C.					
Ke-3	Pada hari ke-3 hasil pengamatan pada reaktor 0 tanaman atau kontrol pada reaktor tidak terdapat perubahan pada kondisi air limbah. Hasil pengukuran pada parameter uji	Pada hari ke-3 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan terdapat perubahan fisiologis pada batang tanaman terdapat batang	Pada hari ke-3 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis	Pada hari ke-3 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman melati air dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	didapatkan hasil TDS 2445 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,2°C.	tanaman melati air yang berwarna kekuningan. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2117 mg/L, Ph 8,5 dan suhu 30,2°C.	tanaman melati air mengalami perubahan pada warna batang tanaman menjadi kekuningan. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2074 mg/L, Ph 8,6 dan	fisiologis tanaman melati air mengalami perubahan pada terdapat daun yang rusak/mati dapat dilihat daun menjadi kering, berwarna kecokelatan dan menggulung. Hasil				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
			suhu 20,4°C.	pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2074 mg/L, Ph 8,5, dan suhu 30,4°C.				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
Ke-4	Pada hari ke-4 hasil pengamatan pada reaktor 0 tanaman atau kontrol pada reaktor hasil pengamatan menunjukkan adanya endapan pada kolam retensi. Hasil pengukuran pada parameter uji	Pada hari ke-4 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan terdapat perubahan fisiologis pada tanaman melati air terdapat perubahan	Pada hari ke-4 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis tanaman	Pada hari ke-4 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman melati air dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis				

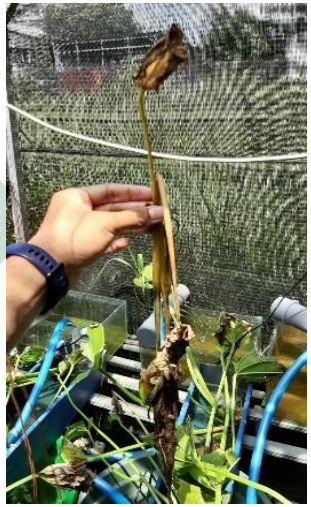
Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	didapatkan hasil TDS 2445 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,2°C	fisiologis pada batang dan daun tanaman. Pada batang tanaman terdapat perubahan warna menjadi kekuningan. Sedangkan pada daun tanaman menjadi kering dan rusak berwarna	melati air mengalami perubahan terdapat daun yang mengalami kerusakan, kondisi daun kering dan berwarna kecokelatan. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan	tanaman melati air terdapat perubahan pada daun beberapa tanaman melati air yang mengalami kerusakan dengan kondisi daun yang mengering dan berubah warna menjadi				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
		kecokelatan. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2074 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,0°C.	hasil TDS 1880 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,2°C.	kecokelatan dengan ujung daun menggulung. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 1673 mg/L, Ph 8,6 dan suhu 30,0°C .				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
Ke-5	Pada hari ke-5 hasil pengamatan pada reaktor 0 tanaman atau kontrol pada reaktor hasil pengamatan menunjukkan adanya perubahan warna pada air limbah jika dibandingkan dengan hari ke-4	Pada hari ke-5 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan terdapat perubahan fisiologis pada tanaman melati air menunjukkan tidak	Pada hari ke-5 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis tanaman	Pada hari ke-5 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman melati air dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan pada kondisi fisiologis				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	terlihat warna air menjadi lebih terang. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2445 mg/L, Ph 8,8 dan suhu 30,4°C.	terdapat perubahan pada fisiologis tanaman. Kondisi pada daun dan batang tidak bertambah rusak. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2373 mg/L,	melati air jika dilihat terdapat 1 tanaman yang mengalami kerusakan paling tinggi hal ini dapat ditunjukkan pada kondisi tanaman yang mengalami perubahan fisiologis pada kondisi batang,	tanaman melati air terdapat salah satu batang tanaman yang mengalami kematian, hal ini di indikasi pada kondisi daun yang kering dan menggulung dan pada kondisi batang yang				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
		Ph 7,9 dan suhu 30,8°C.	daun, dan akar tanaman yang berwarna kecokelatan dan batang tanaman menjadi tidak berisi. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 1961 mg/L,	tidak berisi dan tegak. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 1770mg/L, Ph 8,2 dan suhu 31,6°C.				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
			Ph 8,9 dan suhu 31,5°C.					
ke-6	Pada hari ke-6 hasil pengamatan pada reaktor 0 tanaman atau kontrol pada reaktor hasil pengamatan menunjukkan adanya endapan pada kolam limbah dan kondisi pada	Pada hari ke-6 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 4 tanaman dari hasil pengamatan terdapat perubahan fisiologis pada tanaman	Pada hari ke-5 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 7 tanaman dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil pengamatan	Pada hari ke-5 pengamatan yang dilakukan pada reaktor percobaan 10 tanaman melati air dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	air limbah menjadi lebih jernih hal ini dapat dilihat pada kolam limbah dimana endapan dan pompa air dapat terlihat dengan jelas. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan	melati air menunjukkan adanya pertumbuhan tunas baru yang terdapat pada tanaman melati air. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 2085 mg/L,	pada kondisi fisiologis tanaman melati air terdapat 1 tanaman yang mati hal ini di indikasi dengan kondisi daun yang mengering dan berwarna cokelat. Sedangkan pada kondisi	pengamatan pada kondisi fisiologis tanaman melati air tidak mengalami perubahan. Jika dilihat kondisi daun yang kering dan menggulung tetap pada kondisi hari sebelumnya. Hasil pengukuran				

Hari	Pengamatan				Gambar			
	0 tanaman	**4 tanaman**	**7 tanaman**	**10 tanaman**	**0 tanaman**	4 tanaman	7 tanaman	10 tanaman
	hasil TDS 2445 mg/L, Ph 8,7 dan suhu 30,4°C.	Ph 8,7 dan suhu 31,6°C	pada batang menjadi lembek dan berwarna cokelat. Hasil pengukuran pada parameter uji didapatkan hasil TDS 1898 mg/L, Ph 8,8 dan suhu 31,6°C.	pada parameter uji didapatkan hasil TDS 1670 mg/L, Ph 8,5 dan suhu 31,1°C.				

(*Sumber : Analisa, 2020*)

Proses fitoremediasi menggunakan sistem resirkulasi adalah dengan cara dimana air dialirkan berawal pada bak penampung bawah menuju kolam retensi dengan aerasi terjunan pada pipa berlubang selanjutnya menuju talang air dimana pada talang air terdapat tanaman melati air yang telah disiapkan sebagai media penyisihan zat pencemar, kemudian aliran air kembali pada tempat awal yaitu bak penampung bawah. Perlakukan dilakukan selama kurun waktu 6 hari kerja dan dilakukan pengamatan pada hari ke 0-6 untuk pengambilan sampel air limbah dilakukan setiap hari dan dilakukan pengukuran kadar pH, TDS, dan Suhu secara langsung.

Sistem resirkulasi memberikan keuntungan pada penambahan DO selama proses penelitian. Saat tidak terjadi proses fotosintesis tanaman akan melakukan proses respirasi pada saat itu tanaman memerlukan oksigen guna bertahan hidup. pH juga merupakan kualitas air yang diamati dalam penelitian ini dalam hal ini pH dipengaruhi oleh tinggi rendahnya konsentrasi CO^2 di dalam air, dengan adanya sistem resirkulasi dapat menjaga kondisi pH agar tidak mengalami penurunan yang dapat merugikan tanaman. Pada suhu sistem resirkulasi berperan sebagai penyumbang DO dimana jika semakin tinggi suhu maka konsentrasi DO akan semakin menurun dan dapat mengakibatkan kehidupan akuatik tergganggu.

Pada percobaan selama proses fitoremdeiasi ini menyebabkan perubahan warna air limbah dimana kondisi awal air limbah berwarna hitam dan pada hari ke-1 mengalami perubahan warna menjadi kekuningan dan air menjadi lebih jernih dan terus bertambah hingga hari ke-6 perlakuan. Pada reaktor perlakuan dengan tanaman ditemukan endapan lumpur pada talang air dan akar-akar tanaman. Sedangkan pada reaktor kontrol ditemukan sedikit endapan pada talang air. Pada reaktor kontrol ini endapan banyak ditemukan pada bak penampung bawah, hal ini menunjukkan bahwa akar pada tanaman melati air dapat menyaring endapan tersuspensi pada air limbah yang mengalir.

Perubahan yang paling mencolok pada proses uji fitoremediasi terjadi perubahan fisiologis pada daun tanaman berubah warna menjadi kekuningan hal ini menunjukkan tanaman mengalami gejala klorosis yang diduga tanaman mengalami toksisitas akibat adanya kandungan TDS dalam air yang tinggi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Klorosis terjadi karena adanya degenerasi pada klorofil (pertumbuhan tidak normal klorofil) yang menjadikan daun menjadi menguning atau terbagi dengan warna hijau, kuning, dan hitam. Kondisi fisiologis pada daun juga mengalami gejala nekrosis dimana terjadi kematian pada sel atau organ pada organ yang hidup sehingga dapat menyebabkan warna bercak kecokelatan pada tepi dan ujung daun, Darmono 1995 dalam (Hasyim, 2016).

Menurut (Grundon, 1987) pada kondisi umum pada kebutuhan nutrisi tumbuhan dapat dilihat pada kandungan hara yang ada pada daun dibandingkan dengan organ-organ lainnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan dikarenakan pada perubahan fisiologis tanaman yang terjadi daun merupakan salah satu organ pada tanaman yang mengalami perubahan pertama.

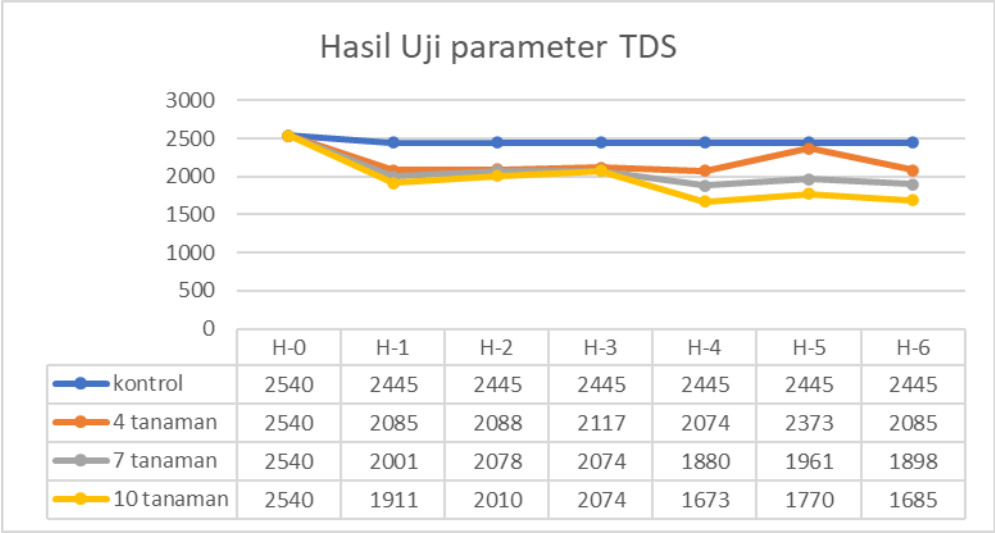
Selama penelitian 6 hari ditemukan beberapa tanaman memunculkan tunas baru yang tumbuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Anam dkk., 2013) beberapa tanaman dapat bertahan hidup pada lingkungan yang terdapat pencemar sekalipun. Hal ini membuktikan bahwa tanaman melati air dapat bertahan pada lingkungan tercemar.

Sesudah dilakukan uji fitoremediasi pada masing-masing reaktor volume air menjadi berkurang, dikarenakan terdapat proses penguapan oleh tanaman pada masing-masing reaktor sehingga terjadi pengurangan volume pada masing-masing reaktor, (Santriyana dkk., 2012).

4.3.1 Uji Kemampuan Removal TDS (*Total Dissolved Solid*)

Kandungan TDS yang tinggi pada air dapat berdampak pada kehidupan organisme di dalam air dan menjadi pencemar bagi lingkungan. Kadar TDS yang tinggi pada air dapat mengurangi kemampuan badan air dalam menjaga kelangsungan ekosistem yang ada. Analisa mengenai kadar TDS perlu dilakukan guna mengetahui beban cemaran dan pengolahan air limbah secara biologis. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan TDS guna memenuhi baku mutu, (Ilyas dkk., 2013). Berikut adalah hasil pengukuran nilai TDS selama proses fitoremediasi :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



	H-0	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6
kontrol	2540	2445	2445	2445	2445	2445	2445
4 tanaman	2540	2085	2088	2117	2074	2373	2085
7 tanaman	2540	2001	2078	2074	1880	1961	1898
10 tanaman	2540	1911	2010	2074	1673	1770	1685

Gambar 4. 2 Grafik Kemampuan removal TDS satuan mg/L
(**Sumber** : hasil analisa,2020)

Berdasarkan dari hasil **Gambar 4.9** diatas menunjukkan terjadi penurunan pada konsentrasi kadar TDS pada keempat perlakuan selama proses fitoremediasi selama 6 hari. Konsentrasi kadar TDS pada hari pertama adalah sebesar 2450 mg/L, kemudian terjadi penurunan pada perlakukan dengan variasi jumlah tanaman 0, 4, 7, dan 10 masing-masing sebesar 95 mg/L, 455 mg/L, 642 mg/L, dan 855 mg/L. dari keempat perlakuan tersebut diketahui penurunan kadar TDS terbanyak terjadi pada perlakuan kelompok variasi 10 tanaman.

Penurunan kadar TDS juga terjadi pada penelitian (Hokoyoku dkk., 2017) menunjukkan semakin banyak jumlah tanaman pada reaktor menunjukkan semakin banyak pengurangan pada konsentrasi TDS. Pada reaktor dengan komposisi 50% tanaman mengalami penurunan konsentrasi TDS sebesar 13,76%. Sedangkan pada komposisi tanaman 100%, konsentrasi TDS mengalami penurunan sebesar 40,36%. Pada variasi 4 tanaman mengalami kenaikan konsentrasi kadar TDS secara signifikan pada hari ke-5 sebesar 299 mg/L.

Hasil uji removal TDS menggunakan tanaman melati air mendapatkan hasil uji secara fluktuatif hal ini dikarenakan adanya bahan organik di dalam media tanam, diakibatkan oleh bagian tumbuhan yang mengalami kerusakan dan kematian yang larut kedalam air. Hal ini sejalan dengan penelitian (Amelia, 2016) menunjukkan selama 14 hari percobaan removal kandungan TDS pada hari ke-0

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan kadar TDS sebesar 335 mg/L mengalami kenaikan pada hari ke-5 menjadi 406 mg/L. Sedangkan mengalami penurunan pada hari ke-14 menjadi 343 mg/L.

Pada penelitian yang dilakukan (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020) menggunakan tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia)* menunjukkan akar tumbuhan yang lebat dapat berpengaruh pada aktivitas mikroorganisme dalam menurunkan kadar TDS, hal ini menunjukkan akar tanaman pada melati air juga dapat terdapat aktivitas mikroorganisme yang terjadi yang menyebabkan terjadinya penurunan pada kadar TDS.

Pada proses penurunan kadar TDS akar tanaman bekerja sebagai media penyerap zat-zat yang ada pada air limbah, ujung akar memiliki tugas sebagai tempat penyerapan awal. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Rusyani, 2014) zat-zat yang terserap pada media tanam terjadi karena adanya penyerapan oleh ujung-ujung akar dengan menggunakan jaringan meristem, hal ini terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul yang ada pada tanaman. Ion-ion yang ada di dalam air limbah terserap oleh akar tanaman, selain ion tersebut tanaman juga menyerap unsur hara yang masuk bersama dengan air kedalam tanaman. zat-zat yang terserap oleh akar pada tanaman selanjutnya akan disalurkan memalui pembuluh angkut pada batang tanaman (*xilem*).

Pada tanaman dengan jenis mengambang (seperti eceng gondok) fotosintesis terdapat pada permukaan air dengan mengambil oksigen dan karbon dioksida yang ada pada permukaan sedangkan pengambilan nutrisi diambil menggunakan akar tanaman. Akar tanaman merupakan media paling baik untuk filtrasi/adsorpsi padatan tersuspensi dan bakteri. Akar merupakan bagan penting dalam memenuhi nutrisi dan air. Limbah cair dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dikarenakan bahan pencemar terserap oleh akar dan tersalurkan menuju bagian lain, (US EPA, 1998).

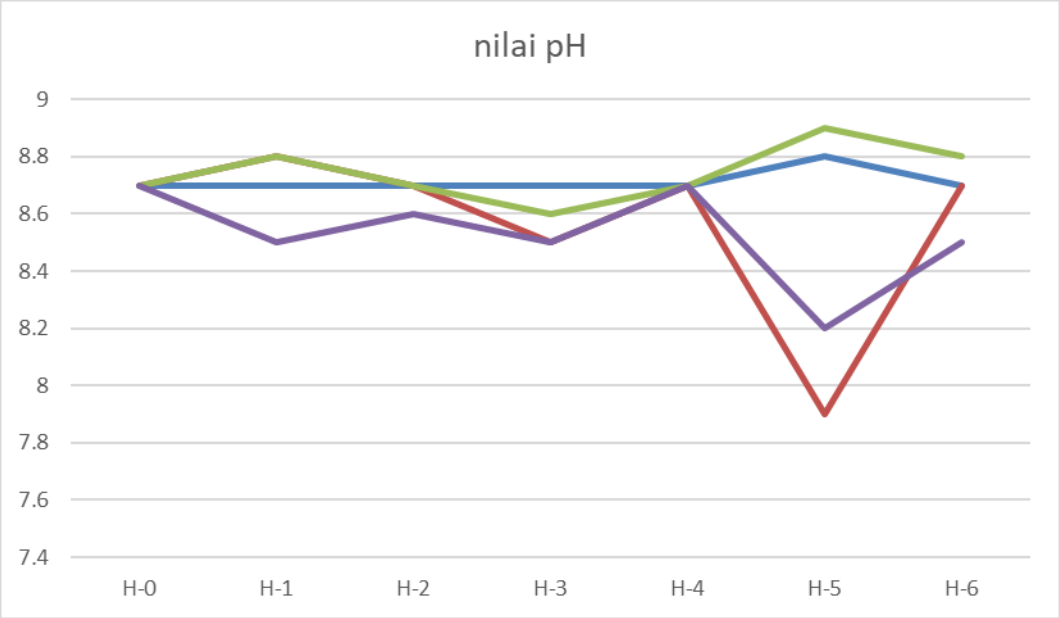
Proses penghilangan padatan pada sistem lahan basah melalui proses sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, pembentukan kompleks, presipitasi, pertukaran kation, serapan tanaman, dan pembentukan biofilm yang terjadi pada akar tanaman dan reaksi secara mikrobiologis, (Watson dkk., 1989).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3.2 Uji Kondisi pH Dalam Uji Fitoremidiasi

Faktor pH perlu dikaji dalam percobaan fitoremediasi dikarenakan adanya pengaruh pH pada kelarutan unsur hara yang dapat menyebabkan pertumbuhan bagi tanaman. Adanya perubahan pada pH pada media berhubungan dengan adanya penyerapan nutrisi bagi tumbuhan. Penyerapan dan pengambilan nutrisi dapat berlangsung secara optimum dengan kisaran pH tertentu. pH dengan kisaran 5.0-7,0 adalah pH yang baik guna pertumbuhan tanaman. jika pH terlalu rendah (<4,5) dan terlalu tinggi (>7,0) maka dapat menghambat pertumbuhan suatu tanaman, (Lestari, 2013).

Menurut (Novotny & Olem, 1994) pada pH yang rendah dapat menurunkan keanekaragaman pada plankton dan bentos. Dengan itu maka pada perairan akan berhasil dalam kondisi air pada kisaran pH 6,5-9,0. Dengan kisaran pH optimum 7,5-8,7. Berikut adalah hasil pengukuran nilai pH selama proses fitoremediasi :



Gambar 4. 3 Grafik Kondisi pH Pada Tanaman Melati Air
(**Sumber** : hasil analisa,2020)

Pada **Gambar 4.10** kemampuan terhadap penyisihan kadar nilai ph pada tanaman melati air pada kelompok variasi tanaman 0, 4, 7, dan 10 didapatkan hasil tertinggi pada hari ke-5 pada variasi jumlah tanaman 4 melati air. Dengan rata-rata pH selama percobaan 6 hari dengan variasi kelompok 0, 4, 7, dan 10 yaitu : 8.7, 8,6, 8,7, dan 8,5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada percobaan ini tidak sejalan dengan percobaan (Azwari & Triyono, 2019) dimana percobaan menggunakan tanaman enceng gondok terjadi kenaikan pH pada pH awal sebesar 3 dan setelah dilakukan perlakuan selama 6 hari menggunakan fitoremediasi menjadi 7,2. Sedangkan pada penelitian ini kenaikan pH hanya terjadi pada kelompok variasi 7 tanaman.

Menurut (Kordi & Tancung, 2007) semakin banyak CO_2 yang bertambah dikarenakan adanya proses respirasi pada tumbuhan menyebabkan reaksi melepaskan ion H^+ yang dapat menyebabkan pH pada air turun. Dan terjadi pada proses sebaliknya yaitu pada proses fotosintesis yang membutuhkan CO_2 yang dapat menyebabkan pH air naik. Hal ini menunjukkan pada penelitian yang dilakukan dengan pengukuran pada siang hari dimana proses fotosintesis sedang berlangsung dan ditambah dengan adanya aerasi dalam sistem resirkulasi didapatkan hasil pengukuran pH pada kondisi basa.

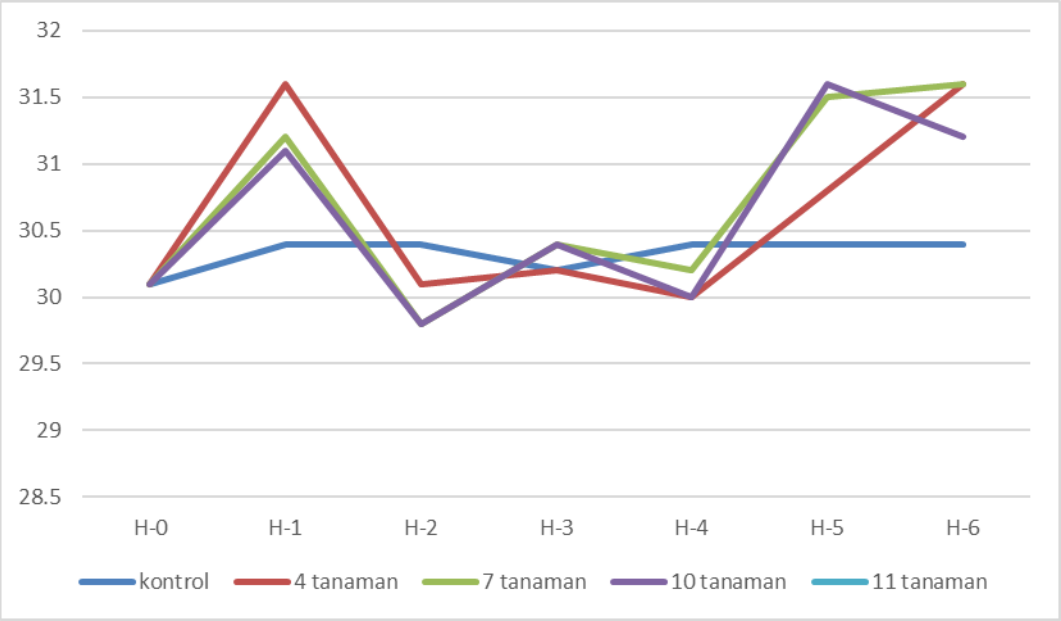
Pada penelitian ini didapatkan hasil uji pH dengan hasil fluktuatif. Menurut WSDE, 1991 menyatakan bahwa perubahan pH yang kecil pada perairan dapat berpengaruh pada kelarutan fosfor dan nutrisi lainnya, hal ini memberikan keuntungan bagi tanaman guna memperlancar pertumbuhan.

Kadar pH yang ada pada perairan dipengaruhi oleh kandungan CO_2, konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, dan adanya proses dekomposisi zat organik. Pada reaktor dengan jumlah 4 tanaman terjadi penurunan pH secara signifikan hal ini diimbangi dengan kenaikan pada kadar TDS hal ini diduga dikarenakan adanya kumpulan zat organik yang mengandung ion CO^2 yang menyebabkan kenaikan pada kadar TDS dan menyebabkan penurunan kadar pH dikarenakan adanya penambahan CO_2 pada air limbah.

4.3.3 Uji kondisi suhu pada tanaman melati air

Pertumbuhan mikroorganisme dapat berjalan dengan baik pada suhu yang sesuai. Perubahan pada suhu berpengaruh pada proses fisika, kimia, dan biologis. Suhu juga mempunyai peranan dalam mengendalikan ekosistem air. Peningkatan suhu dapat menyebabnya berkurangnya kadar oksigen terlarut dan menjadi masalah bagi ekositem akuatik karena dapat menyebabkan kematian mahkluk akuatik. Berikut adalah hasil pengukuran nilai suhu selama proses fitoremediasi :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 4 Grafik kondisi suhu satuan (°C)
(**Sumber** : hasil analisa,2020)

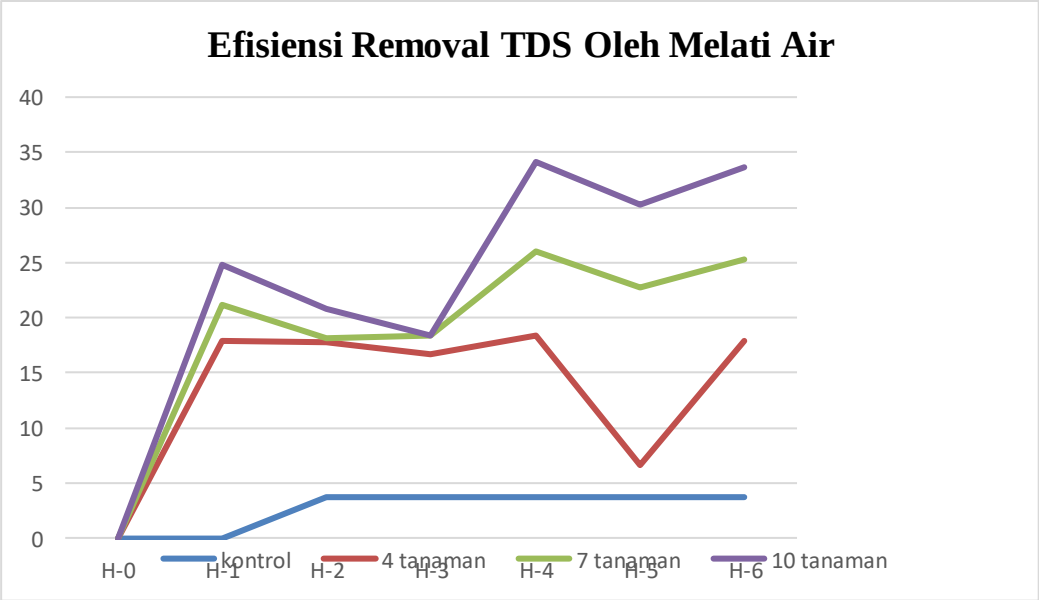
Pada **Gambar 4.10** dapat dilihat pada 10 tanaman hari ke-5 mengalami kenaikan suhu paling tinggi dibandinkan pada hari-hari sebelumnya dengan kenaikan sebesar 1,6°C. Suhu rata-rata dari masing-masing perlakuan variasi tanaman 0, 4, 7,dan 10 adalah 30,3°C, 30,6 °C, 30,7°C, dan 30,6°C. Hal ini membuktikan bahwa suhu selama perlakuan masih termasuk ke dalam suhu optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme menurut (Hindarko, 2003) suhu yang optimum guna pertumbuhan mikroorganisme adalah 14°C-35°C.

Pada penelitian ini menunjukkan hasil uji pada suhu menunjukkan data fluktuatif hal ini sejalan dengan pernyataan (Chin, 2006) pada perairan tidak memiliki suhu yang tetap, tetapi pada karakteristiknya dapat menunjukkan perubahan yang dinamis. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan perubahan suhu. Hal yang dapat mempengaruhi perubahan suhu pada perairan misalnya keberadaan naungan (pohon atau tanaman air). suhu pada udara, radiasi matahari, iklim, dan cuaca, (Boyd, 2015)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3.4 Nilai Efisiensi Removal TDS

Kemampuan penyisihan konsentrasi kadar TDS pada tanaman melati air pada kelompok variasi tanaman 0, 4, 7, dan 10 didapatkan hasil tertinggi pada hari ke-6. Berikut ini adalah grafik hasil efisiensi tanaman melati air dalam me removal TDS dalam air limbah disajikan pada **Gambar 4.10** . Efisiensi penyisihan yang tertinggi pada kelompok variasi perlakuan 0, 4, 7, dan 10 tanaman pada hari ke-4 sebesar 82 %. Pada kelompok variasi 4 tanaman melati air mampu me removal sebanyak 18% kadar TDS, pada kelompok variasi 7 tanaman tanaman melati air mampu me removal TDS sebesar 25%. Sedangkan pada kelompok variasi 10 tanaman melati air dapat me removal TDS sebesar 34% dengan percobaan masing-masing 6 hari dengan pengambilan sampel setiap hari dan dilakukan secara bersamaan.



Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi (%) removal TDS

(**Sumber** : Analisa,2020)

Berdasarkan **Gambar 4.10** diketahui efisiensi tanaman melati air dalam menyisihkan kadar TDS mengalami peningkatan pada kelompok variasi 10 tanaman pada hari ke-2 sampai dengan hari ke-4 yaitu sebesar 25%- 34%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dengan sistem resirkulasi. Pada penelitian (Rahmah, 2014) menyebutkan bahwa akar pada tanaman enceng gondok mampu mempercepat terjadinya proses penguapan melalui proses evapotranspirasi. Saat proses ini berlangsung dapat membantu pengambilan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman selama proses fitoremediasi melalui bulu-bulu akar. Proses penyerapan unsur hara dilakukan oleh akar tanaman dimana terdapat mikroorganisme yang bersimbiosis dan tumbuh pada akar seperti mikroba rizhosfer. Hal ini menunjukkan bahwa pada akar tanaman melati air diduga dapat mempercepat proses penguapan karena pada proses perlakukan juga terdapat penurunan volume air limbah dan juga terdapat mikroba rizhosfer karena tanaman melati air dapat me removal kadar TDS pada air limbah.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020) menunjukkan bahwa hasil fitoremediasi menggunakan tanaman *Sagittaria lancifolia* menunjukkan hasil yang fluktuatif. Sedangkan perlakuan terbaik pada uji fitoremediasi menggunakan 10 tanaman dengan waktu detensi 7 hari. Uji fitoremediasi tidak selalu menunjukkan hasil penurunan TDS beberapa diantaranya menunjukkan peningkatan konsentrasi TDS.

4.4 Analisa Perbedaan Kemampuan Tanaman Melati Air Dalam Menurunkan Kadar TDS

Data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik menggunakan program SPSS guna mempermudah perhitungan. Pertama dilakukan uji normalitas menurut (Wahyu, 2017) uji normalitas berguna sebagai uji yang dilakukan pada data yang diperoleh guna melanjutkan uji statistik parametrik (statistik inferensial). Data Jumlah sampel yang diperoleh tidak lebih dari 50 sampel. Shapiro dan Wilk dalam Razali dan Wah (2011) menyatakan uji shapiro-wilk biasanya digunakan pada uji terbatas pada jumlah sampel kurang dari 50 guna mendapatkan hasil yang akurat. Berikut adalah hasil dari uji shapiro-wilk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 5 Hasil uji normalitas data

Tests of Normality							
Parameter	jumlah tanaman	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TDS	x1	.217	10	.200*	.830	10	.033
	x2	.176	10	.200*	.907	10	.262
	x3	.174	10	.200*	.929	10	.434
	control	.297	10	.013	.868	10	.095
*. This is a lower bound of the true significance.							
a. Lilliefors Significance Correction							

(*Sumber : hasil Analisa, 2020*)

Pada hasil uji menggunakan program SPSS pada **Tabel 4.11** terdapat nilai p-value < 0,05 pada variabel X1 (10 tanaman) hal ini menunjukkan data pada variabel X1 tidak normal maka dilanjutkan dengan uji non-parametric test menggunakan Kruskal Wallis.

Tabel 4. 6 Uji kruskal wallis

Uji Statistik Kruskal- Wallis	
	Removal
Kruskal-Wallis	12.308
Df	3
Asymp.Sig	**0.006**
A. Kruskal Wallis Test	
B. Grouping Variabel : Perlakuan	

(*Sumber : Analisa, 2020*)

Berdasarkan **Tabel 2.12** menunjukkan hasil uji menggunakan kruskal wallis didapatkan hasil nilai p-value sebesar 0,006 < 0,05, hal ini menunjukkan bahwa H0 ditolak atau **ada perbedaan signifikan** yang nyata pada variasi tanaman 0, 4, 7, dan 10 tanaman melati air yang telah dilakukan uji terhadap penyerapan TDS yang ada pada air limbah. Adapun tingkat kepercayaan hasil distribusi data uji sebesar 95% (α 0,05).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Laili, 2018), menggunakan tanaman mangrove dengan variasi jumlah tanaman 0, 2, 3, dan 4 dalam meremoval pb didapatkan hasil uji menggunakan kruskal wallis dan di dapatkan hasil uji p-value <0,03 menunjukkan adanya perbedaan kemampuan rata-rata dari kelompok perlakuan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengamatan removal terbesar pada perlakuan 10 tanaman melati air dapat meremoval sebesar 855 mg/L TDS dengan presentase removal sebesar 34%.
2. Berdasarkan uji Kruskal Wallis menunjukkan hasil uji nilai signifikasi (Asimp.sig) < 0,05, hal ini menunjukkan bahwa H0 ditolak atau ada perbedaan removal TDS berdasarkan variasi jumlah tanaman yang nyata dengan variasi jumlah tanaman 0, 4, 7, dan 10 melati air.
3. Berdasarkan hasil pengamatan selama 6 hari didapatkan hasil pengamatan pH dengan rata-rata Ph 8,6 dengan rata-rata suhu 30,5 °C.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan diameter tanaman yang sama dan waktu tinggal penelitian yang lebih lama dan tanpa rentan hari
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan lebih dari 1 pengulangan percobaan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Daftar Pustaka

Ahmad, J, & El-Dessouky. (2008). Design of a modified low cost treatment system for the recycling and a reuse of a laundry waste water. *Resources, Conservation & Recycling*, *52*, 973–978.

Amelia Ika P. (2016). Komparasi Fitoremidiasi Enceng Gondok Pada Limbah Cair Pengolahan Kopi Proses Pengupasan Dan Pencucian. *Digital repository universitas Jember*.

Arbianti, S., & Daryanto, R. (2005). Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr6+ atau Pt4+) secara Simultan dengan Fotokatalis Ti)2, ZnO-TiO2 dan CdS-TiO2. *Makara Teknologi*, *Vol.9 No.2*, 66–71.

Azwari, F., & Triyono, J. (2019). *Fitoremediasi Logam Fe dalam Air Asam Tambang Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)*. *15*(02), 4.

Boyd CE. (2015). *Water Quality*. Springer.

Chin DA. (2006). *Water-Quality Engineering in Natural Systems*. John Wiley & Sons, Inc.

Cunningham, S.D, W.R. Berti, & J.W. Huang. (1995). *Remidiation Of Contaminated Soils And Sludges By Green Plants*. Battelle Press.

Deswaty Furqonita. (2006). *Seri Ipa Biologi*. Quadra.

Dipu, Anju, Kumar, Salom. (2010). Phytoremediation of Dairy Effluent by Constructed Wetland Technolog.

Drajat, S. (2008). *Penurunan COD,TSS, dan Total Phospat pada Septic Tank Limbah Mataram Citra Sembada Catering dengan menggunakan Wastewater Garden.*

Effendi H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanisius.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Elisa Kustiyaningsih, & Rony Irawanto. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (Tds) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan Sagittaria Lancifolia. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, *7 No.1*, 143–148. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18

fahrudin. (2010). *Bioteknologi Lingkungan*. Penerbit Alfabeta.

Fitter, A. H, & R. K.M Hay. (1992). *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. UGM Press.

Fried, George H, Hademenos, & George J. (2005). *Schaum's Out lines*. Erlangga.

Grundon, N. J. (1987). Hungry Crops: A Guide to Nutrient Deficiencies in Field Crops. *Department of Primary Industries, Queensland Government*.

Hadiyatur Rahmah. (2014). Fitoremediasi Limbah Cair Mocaf Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes (Mart.) Solms). *Universitas jember fakultas teknologi pertanian*.

Haslam, S.M. (1995). *River Pollution and Ecological Perspective* (John Wiley and Sons).

Hasyim, n. A. (2016). *Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo*. Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makassar.

Hindarko S. (2003). Mengolah Air Limbah. *Penerbit Esha Seri Lingkungan Hidup*.

Hokoyoku, m. C., alfons, a. B., & matin, n. (2017). *Kombinasi Saringan Pasir Lambat Dan Fitoremediasi Menggunakan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Konsentrasi Tss Dan Tds Pada Sungai Away*. 10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Idris-Nda, & dkk. (2013). The Challenges Of Domestic Wastewater Management In Nigeria: A Case Study Of Minna, Central Nigeria. *International Journal Of Development And Sustainability Online*, *2 No. 3*, 1169–1182.

Kordi, M, & Tancung. (2007). *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan*. Penerbit Rineka Cipta.

Kristanto P. (2004). *Ekologi Industri*. Andi.

Kroon, F. J., Kuhnert, P. M., Henderson, B. L., Wilkinson, S. N., Kinsey-Henderson, A., Abbott, B., Brodie, J. E., & Turner, R. D. R. (2012). River Loads Of Suspended Solids, Nitrogen, Phosphorus And Herbicides Delivered To The Great Barrier Reef Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, *65*(4–9), 167–181. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.018

Lail, N. (2008). Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Sebagai Pre Treatment Pengolahan Air Minum Pada Air Selokan Mataram. *Jogjakarta*.

Laili, n. N. (2018). Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis Rhizophora Apiculata Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah. *Fakultas kesehatan masyarakat universitas jember*.

Lestari, W. (2013). *Penggunaan Ipomoea aquatica Forsk. Untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga*. 6.

Lilin indrayani, & mutiara triwiswara. (2018). *Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Teknologi Lahan Basah Buatan*. *Vol. 35, no. 1*, 53–66.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

M Lenggo, F. L., & Hasbi, B. and M. (2014). *Remediation of TSS and Ammonia in the Rubber Liquid Waste by the Filter Media and the Water Plants (Limmnocharis flava, Echinodorus palaefolius) For Live Fish Media*.

Mackereth, F.J.H, Heron, J, & Talling, J.F. (1989). *Water Analisiys* (Fresh Water Biological Association).

McGee M, & Circha C. (2000). *Principles of water recirculation and filtration in aquaculture. Institute of food and agricultural sciences*.

Novotny, V, & H. Olem. (1994). *Water Quality, Prevention, Identification, and management of diffuse Pollution*. Van Nostrans Reinhold.

Octave, L. (t.t.). *Chemical reaction Engineering*.

Padmaningrum, r. T., & aminatun, t. (2014). Pengaruh Biomasa Melati Air (*Echinodorus paleafolius*)Dan Teratai(*Nyphaea firecrest*) Terhadap Kadar Fosfat,. *Jurnal penelitian saintek, 19*, 11.

Pratomo, S. (2004). Fitoremediasi Zn (Seng) Menggunakan Tanaman Normal Dan Transgenic *Solanum nigrum L. program megister ilmu lingkungan program pscasarjana universitas Diponegoro*.

Ridhowati, S. (2013). *Mengenal Pencemaran Logam*. Graha ilmu.

Rondonuwu, s. (2014). *Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman Dan Sistem Reaktor*. 52.

Rusyani, R. (2014). Potensi Tumbuhan Genjer Sebagai Agen Fitoremediasi Pada Limbah Yang Mengandung Logam Timbal (Pb) (Skripsi tidak diterbitkan). *Gorontalo: Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultass Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Said, n. I. (2010). *Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni Dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri*. *6*(2), 13.

Santriyana, d. D., ir. Rita hayati, m.si, & ibu isna apriani, st. M.si. (2012). Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) Yang Ditumbuhkan Pada Limbah Ipa Pdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Program studi teknik lingkungan, universitas tanjungpura, pontianak*.

Sari, M. O. S. K., Hastuti, E. D., & Darmanti, S. (2019). *Potential of Water Jasmine In Phytoremediation of Fe in Leachate Jatibarang Landfill. pdf*. Bioremediation Journal. http://dx.doi.org/10.15294/biosaintifika.v11i1.17447

Simbolon, A.R. (2016). *Pencemaran Bahan Organik Dan Eutrofikasi Di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang*. *Vol. 3. No.2*.

Surtikanti HK. (2011). *Battelle Press*. Rizki Press.

Tebbut, T.H.Y. (1992). *Principles of Water Quality Control*. Pergamon Press.

Tjokrokusumo, KRT. (2014). *Pengantar Teknologi Air Bersih, Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. STTL.

US EPA. (1998). *Design Manual Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Water Treament*. Hydrik wetlans consultans.

Watson, J.T, Reed, S.C, Kadlec, R.H, Knight, R.L, & Whitehouse, A.E. (1989). *Performance Expectations And Loading Rates For Constructed Wetlands* (Municipal, Industrial and Agricultural). Lewis Publishers.

Widhiarso, Wahyu. (2017). *Uji normalitas*. https://repository.ugm.ac.id/id/eprint/275998

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id