PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes* L.*)* UNTUK MENURUNKAN KADAR COD, BOD, TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE DENGAN MENGGUNAKAN FITOREMEDIASI SISTEM BATCH

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik (S. T) pada Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

TIAS LHIDYA TAURISNA

H75216070

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Tias Lhidya Taurisna

NIM : H75216070

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul: "PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (*Pistia Stratiotes* L.) UNTUK MENURUNKAN KADAR COD, BOD, TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE DENGAN MENGGUNAKAN FITOREMEDIASI SISTEM BATCH". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 11 Agustus 2020

Yang Menyatakan,

METERAI TEMPEL

C4BC0AHF531709704

6000

(Tias Lhidya Taurisna)

NIM. H75216070

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh:

Nama : Tias Lhidya Taurisna

NIM : H75216070

Judul : Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, TSS Pada Limbah Cair Industri Tempe Dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 24 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL)	(Widya Nilandita, M.KL)
NIP. 198512112014031002	NIP. 198410072014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Tias Lhidya Taurisna ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 29 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
(Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL)	(Widya Nilandita, M.KL)
NIP. 198512112014031002	NIP. 198410072014032002

Dosen Penguji III	Dosen Penguji IV
(Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T)	(Ida Munfarida, M.Si, M.T)
NIP. 198205012014032001	NIP.198411302015032001

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

(Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Pd)
NIP. 197312232005012002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Tias Lhidya Taurisna
NIM	: H75216070
Fakultas/Jurusan	: Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address	: tiasltaurisna@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul:
PEMANFAATAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATIOTES L.) UNTUK ~~MENURUNKAN KADAR COD, BOD, TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE~~ DENGAN FITOREMEDIASI SISTEM BATCH

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, 11 Agustus 2020

Penulis

(Tias Lhidya Taurisna)

ABSTRAK

Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.*)* Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, TSS Pada Limbah Cair Industri Tempe Dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch

Limbah cair industri tempe merupakan salah satu limbah yang mengandung bahan organik yang kompleks yang menyebabkan limbah cair industri tempe memiliki karakteristik konsentrasi TSS, BOD, dan COD yang tinggi, serta pH asam. Industri tempe di Indonesia sendiri masih didominasi oleh industri rumahan (*home industry*) yang umumnya limbah tersebut langsung dibuang ke badan air atau sungai. Tujuan penelitian ini yaitu uji fitoremediasi untuk mengetahui kemampuan tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS, dan untuk mengetahui efisiensi tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS, serta untuk menganalisa perbedaan variasi tanaman kayu apu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS. Metode yang digunakan adalah eksperimental untuk menguji kandungan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair tempe sedangkan variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 0 tanaman, 10 tanaman, dan 20 tanaman. Konsentrasi BOD, COD, dan TSS sebelum perlakuan masing-masing adalah 178,01 mg/L, 201,72, dan 492 dan setelah perlakuan selama 12 hari penurunan paling optimum terjadi pada perlakuan 20 tanaman dengan konsentrasi akhir masing-masing BOD, COD, dan TSS adalah 64,04 mg/L, 82,84 mg/L, dan 178 mg/L. Untuk efisiensi penurunan terbesar adalah pada perlakuan 20 tanaan dengan masing-masing efisiensi penurunan untuk BOD, COD, dan TSS setelah 12 hari perlakuan adalah 64,02%, 58,93%, dan 63.82%. Sedangkan pada analisa Uji One Way Anova disimpulkan bahwa Tidak terdapat perbedaan yang nyata atau signifikan pada variasi penggunaan jumlah tanaman kayu terhadap penyisihan BOD, COD, dan TSS.

Kata Kunci : Fitoremediasi, Tanaman Kayu Apu, Limbah Cair Industri tempe

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

Utilization of Kayu Apu Plants (Pistia Stratiotes L.) to Reduce COD, BOD, TSS Levels in Tempe Industrial Wastewater by Using Phytoremediation of Batch Systems

Tempe industrial wastewater is one of the wastes that contain complex organic matter which causes tempe industrial wastewater has the characteristics of high TSS, BOD, and COD concentrations, and acidic pH. The tempe industry in Indonesia itself is still dominated by the home industry, which is generally the waste directly discharged into water bodies or rivers. The purpose of this research is phytoremediation test to determine the ability of apu wood plants to reduce levels of BOD, COD and TSS, and to determine the efficiency of apu wood plants in reducing levels of BOD, COD and TSS, as well as to analyze differences in variations of apu wood plants reduce levels of BOD, COD and TSS. The method used is experimental to test the content of BOD, COD, and TSS in tempe liquid waste while the variations used in this research are, 0 plants, 10 plants, and 20 plants. BOD, COD, and TSS concentrations before each treatment were 178.01 mg / L, 201.72, and 492 and after treatment for 12 days the most optimum reduction occurred in the treatment of 20 plants with the final concentration of each BOD, COD, and TSS are 64.04 mg / L, 82.84 mg / L, and 178 mg / L. For the biggest reduction efficiency was in the treatment of 20 crops with each reduction efficiency for BOD, COD, and TSS after 12 days of treatment was 64.02%, 58.93%, and 63.82%. Whereas in the analysis of One Way Anova Test it was concluded that there were no significant or significant differences in the variation in the use of the number of wood plants to the removal of BOD, COD, and TSS.

Keywords : *Phytoremediation, Kayu Apu, Tempe Waste Water*

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 JUDUL i
PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Limbah 5
2.1.1 Pengertian Limbah 5
2.1.2 Limbah Cair 5
2.1.3 Dampak Limbah Cair 6
2.1.4 Karakteristik Limbah Cair 6
2.2 Limbah Cair Tempe 9
2.3 Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 11
2.4 Fitoremediasi 11
2.5 Sistem Batch 13
2.6 Tanaman Kayu Apu 13

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

2.7 Integrasi Keilmuan dalam Pandangan Islam 14
2.8 Penelitian Terdahulu 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 30
3.2 Kerangka Pikir 30
3.3 Variabel Penelitian 30
3.4 Alat dan Bahan 31
3.5 Tahapan Penelitian 31
3.5.1 Tahap Persiapan 32
3.5.2 Tahap Pelaksanaan 32
3.5.3 Tahap Pengolahan Data dan Penyusunan Laporan 36
3.6 Hipotesis Penelitian 37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Aklimatisasi Tanaman 38
4.2 Uji Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu 41
4.3 Pengaruh pH dan Suhu pada Uji Fitoremediasi 55
4.4 Kemampuan Tanaman Kayu Apu Terhadap Penurunan Zat Pencemar 56
4.4.1 Uji Removal BOD oleh Tanaman Kayu Apu 56
4.4.2 Uji Removal COD oleh Tanaman Kayu Apu 58
4.4.3 Uji Removal TSS oleh Tanaman Kayu Apu 59
4.4.4 Karakteristik Akhir Limbah Cair Industri Tempe Setelah Perlakuan 61
4.5 Efisiensi Tanaman Kayu Terhadap Penyisihan Zat Pencemar 62
4.5.1 Efisiensi Tanaman Kayu Terhadap Penyisihan BOD 62
4.5.2 Efisiensi Tanaman Kayu Terhadap Penyisihan COD 63
4.5.3 Efisiensi Tanaman Kayu Terhadap Penyisihan TSS 64
4.6 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu dalam Menurunkan Zat Pencemar 66
4.6.1 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan BOD 66
4.6.2 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan COD 69

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

4.6.3 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan TSS 72
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 75
5.2. Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN

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 Bagan Proses Pembuatan Tempe 10

Gambar 2.2 Reaktor *Batch* 13

Gambar 2.3 Tanaman Kayu Apu 14

Gambar 3.1 Reaktor Kontrol (0 tanaman) 35

Gambar 3.2 Reaktor 10 tanaman 35

Gambar 3.3 Reaktor 20 tanaman 35

Gambar 4.1 Grafik penurunan BOD 56

Gambar 4.2 Grafik penurunan COD 58

Gambar 4.3 Grafik penurunan TSS 60

Gambar 4.4 Efisiensi Removal BOD 62

Gambar 4.5 Efisiensi Removal COD 63

Gambar 4.6 Efisiensi Removal TSS 65

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 limbah cair tempe 11

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan 34

Tabel 4.1 Proses Aklimatisasi Tanaman 38

Tabel 4.2 Uji Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu 42

Tabel 4.3 Hasil akhir Limbah cair tempe 61

Tabel 4.4 Uji Normalitas BOD 66

Tabel 4.5 Uji Homogenitas BOD 67

Tabel 4.6 Uji One Way Anova BOD 67

Tabel 4.7 Uji Normalitas COD 69

Tabel 4.8 Uji Homogenitas COD 70

Tabel 4.9 Uji One Way Anova COD 70

Tabel 4.10 Uji Normalitas TSS 72

Tabel 4.11 Uji Homogenitas TSS 73

Tabel 4.12 Uji One Way Anova TSS 73

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

Perkembangan konsumsi tempe di tingkat rumah tangga di Indonesia selama tahun 2002-2016 mengalami kenaikan dengan rata-rata konsumsi tempe sebesar 7,47 kg/kapita/tahun. Jumlah ini terus mengalami kenaikan dengan konsumsi tempe sebesar 7,5 kg/kapita pada tahun 2017 dan terus meningkat menjadi sebesar 7,56 kg/kapita pada tahun 2019 (Setjen Pertanian, 2019).

Industri tempe di Indonesia sendiri didominasi oleh industri rumahan (*home industry*) yang masih menggunakan teknologi sederhana dalam pembuatannya salah satunya ialah industri tempe rumahan di wilayah Surabaya, tepatnya di Kampung Tempe Tenggilis Kauman. Tenggilis Kauman merupakan daerah yang mayoritas warganya memproduksi tempe sehingga lebih dikenal sebagai kampung tempe. Di Kampung Tempe sendiri terdapat 20 UMKM di wilayah tersebut yang memproduksi tempe dengan kapasitas produksi kurang lebih 40 kg setiap harinya. Limbah cair yang dihasilkan dari industri rumahan pembuatan tempe tersebut masih merupakan industri kecil skala rumah tangga yang tidak dilengkapi dengan unit pengolahan air limbah sehingga umumnya langsung dibuang ke badan air atau sungai.

Limbah cair yang dihsilkan oleh insutri tempe sendiri memiliki karakteristik TSS, BOD, dan COD yang tinggi, serta pH asam. Berdasarkan hasil uji penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Surabaya (2020), limbah cair tempe yang diambil di salah satu UMKM di Kampung Tempe, Tenggilis Kauman memiliki kadar konsentrasi COD sebesar 5.193, 36 mg/l, BOD sebesar 3.908,51 mg/l, dan TSS sebesar 980 mg/l. Berdasarkan Nurhayati, dkk (2011) limbah cair tempe pada Industri tempe Bapak Karipan di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur yang memiliki karakteristik konsentrasi TSS sebesar 1.945 mg/L, COD sebesar 3.102 mg/L, BOD 1.634 mg/L, dan pH sebesar 4,8. Kualitas kedua limbah cair tersebut melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Terdapat berbagai pengolahan air limbah antara lain filtrasi, adsorbsi, biofilter, aerasi, dan koagulasi flokulasi. Tetapi pengolahan air limbah tersebut memiliki beberapa kekurangan seperti mahal dari segi biaya serta penggunaannya yang kompleks.

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

Salah satu alternatif proses pengolahan air limbah yang ramah lingkungan serta memiliki keunggulan dari segi biaya dan dapat dilakukan untuk mereduksi konsentrasi COD, BOD, dan TSS dalam limbah cair adalah melalui penerapan metode fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah sebuah alternatif pengolahan menggunakan media tanaman untuk menurunkan suatu kadar zat kontaminan tertentu yang terdapat pada suatu lingkungan. Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengolahan limbah lain seperti proses ini dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik pada limbah, proses nya sendiri ada 2 cara yatu insitu dan eksitu, selain itu keunggulan lain yaitu biaya operasional relatif murah, mudah diaplikasikan, tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya, salah satu alternatif pengolahan yang paling aman bagi lingkungan karena menggunakan tanaman, tanaman mudah bekembang biak, dan memelihara keadaan alami (Imron, 2018). Selain itu, dari beberapa penelitan alternatif pengolahan ini dapat mengurangi zat pencemar pada limbah dalam jumlah yang cukup besar.

Dalam penelitian ini tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.). Kayu Apu merupakan tanaman yang termasuk mudah dalam pekermbang biakannya. Karena alasan tersebut Kayu Apu dipilih dalam penelitian ini. Selain itu, menururt beberapa penelitian terdahulu jenis limbah yang dapat diolah oleh tanaman ini cukup banyak. Kayu Apu sendiri sudah dikenal sebagai tumbuhan fitoremediator atau tumbuhan yang dapat mengolah dan mengurangi zat kontaminan baik logam berat, zat organik maupun anorganik pada limbah . (Rahadian, Sutrisno, & Sumiyati, 2017). Menurut penelitian Prasetyo dan Okik (2015), Kayu Apu memiliki kemampuan removal COD pada limbah laundry sebesar 32,94%, sedangkan pada penelitian Hernayanti dan Elly (2004) Kayu Apu memiliki kemampuan removal BOD dan TSS pada limbah laundry sebanyak 64,26% dan 93,4%. Di penelitian lain oleh Adnan (2019) yang menggunakan variasi kerapatan tanaman, kemampuan removal Kayu apu pada limbah cair tempe adalah penurunan kadar COD sebesar 356 mg/L, BOD sebesar 27,7 mg/L, TSS sebesar 40 mg/L dan pH sebesar 7.

Adapun manfaat dari berbagai tanaman juga telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Al-Qur’an surah Al-Lukman ayat 10 yang berbunyi :

“*Khalaqas-samāwāti bigairi 'amadin taraunahā wa alqā fil-arḍi rawāsiya an tamīda bikum wa baṡṡa fīhā ming kulli dābbah, wa anzalnā minas-samā`i mā`an fa ambatnā fīhā ming kulli zaujing karīm*”.

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 artinya : “Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembangbiakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik”.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian untuk menguji keefektifan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Tanaman Kayu Apu dalam mereduksi kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair tempe.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana kemampuan tanaman Kayu Apu dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair industri tempe dengan fitoremediasi?
2. Berapa efisiensi tanaman Kayu Apu terhadap penyisihan COD, BOD, dan TSS pada limbah cair industri tempe dengan fitoremediasi?
3. Bagaimana perbedaan variasi jumlah tanaman kayu apu terhadap penyisihan COD, BOD, dan TSS pada proses fitoremediasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kemampuan tanaman Kayu Apu dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair tempe dengan fitoremediasi
2. Untuk mengetahui berapa efisiensi tanaman Kayu Apu dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair tempe dengan fitoremediasi
3. Untuk menganalisa perbedaan variasi jumlah tanaman Kayu Apu terhadap penyisihan COD, BOD, dan TSS pada proses fitoremediasi

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Instansi

   Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan sebagai bahan referensi dalam menambah pengetahuan mahasiswa di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya.

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. Akademisi
   a. Menjadi sarana untuk meningkatkan pengetahuan dan wawasan tentang fitoremediasi limbah limbah cair tempe oleh tanaman Kayu Apu dengan sistem *batch*.
   b. Dapat menjadi sumber data maupun bahan perbandingan penelitian di bidang pencemaran air dengan menggunakan teknologi fitoremediasi
3. Masyarakat

   Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan langsung oleh masyarakat untuk mengurangi pencemaran air khususnya masyarakat yang bergerak dibidang pembuatan tempe agar lebih memperhatikan limbah yang dihasilkan serta penerapan dari fitoremdiasi itu sendiri.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam peneilitian ini ialah sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan ialah limbah cair industri tempe
2. Tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah tanaman Kayu Apu
3. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 3 buah dengan panjang x lebar x tinggi yaitu 60cm x 35cm x 15cm
4. Jumlah variasi tanaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0 tanaman pada reaktor 1, 10 tanaman pada reaktor 2, dan 20 tanaman pada reaktor 3
5. Proses yang digunakan dalam penelitian fitoremediasi ini adalah fitoremediasi dengan menggunakan sistem *batch*
6. Parameter yang diukur meliputi COD, BOD, dan TSS.

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 Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

Limbah merupakan zat buangan yang biasanya berasal dari industri maupun rumah tangga (domestik) dalam melaksanan proses produksinya. Air limbah atau air buangan merupakan sisa air yang dibuang berasal dari rumah tangga, industri, ataupun tempat-tempat umum lainnya, serta pada umumnya mengandung zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia, mempengaruhi aktivitas makhluk hidup lain dan dapat merusak lingkungan hidup. Volume air sisa atau air buangan cukup besar yaitu kurang lebih 80% dari air yang digunakan bagi kegiatan-kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Air buangan tersebut dibuang dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar) yang akhirnya akan mengalir ke sungai dan laut dan akan digunakan oleh manusia lagi (Zulkifli, 2014).

2.1.2 Limbah Cair

Limbah cair merupakan air buangan hasil dari sisa kegiatan manusia yang jika langsung dibuang ke lingkungan atau badan air akan menyebabkan pencemaran pada lingkungan perairan. Limbah cair terbagi menjadi dua yaitu limbah cair domestik dan limbah cair industry. Limbah cair domestik adalah air hasil buangan dari kegiatan rumah tangga manusia sehari-hari yang mencemari badan air. Menurut hasil studi Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 dalam (Karnaningroem, 2018) menyatakan, bahwa 60-70 % sungai di Indonesia telah tercemar oleh limbah domestik rumah tangga. Hal tersebut terjadi dikarenakan meningkatnya populasi manusia yang cukup pesat namun berbanding terbalik dengan kesadaran manusia akan perlunya melakukan pengolahan limbah domestik dengan baik dan benar. Sedangkan Limvah cair industri adalah air buangan dari hasil kegiatan produksi barang atau jasa dari suatu perusahaan atau instansi yang apabila dibuang secara langsung dapat mencemari lingkungan dan perairan. Perkembangan industri dan teknologi di berbagai bidang kehidupan memberikan peningkatan terhadap kualitas hidup manusia pada zaman sekarang, namun secara tidak langsung juga memberikan dampak negatif bagi keseimbangan lingkungan hidup berupa pencemar apabila tidak dilakukan pengolahan yang baik dan benar sesuai dengan standar baku mutu air limbah.

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

2.1.3 Dampak Limbah Cair

Menurut Sugiharto (2008), limbah cair dapat berpengaruh buruk terhadap berbagai hal, karena dapat berperan sebagai media pembawa penyakit seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektios serta skhistosomiasis, dan juga terdapat banyak bakteri patogen penyebab penyakit. Selain itu, dapat menimbulkan kerusakan pada bahan bangunan dan tanaman, dapat merusak kestabilan kehidupan dalam air seperti ikan dan binatang peliharaan lainnya.

Dengan banyaknya zat pencemar atau beracun yang ada di dalam air limbah, dapat menyebabkan kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah menurun. Akibatnya kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu sehingga akan mengurangi perkembangannya.

Selain itu menurut Sugiharto (2008) menyatakan bahwa tingginya kadar BOD dan COD serta waktu tinggal yang mencapai 18 jam dapat menyebabkan bau busuk serta terganggunya kehidupan air. Hal itu dikarenakan degredasi secara anaerob yang terjadi. Jika air limbah yang dibuang mengandung pH asam ataupun pH basa dapat menyebakan kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya.

Disisi lain, Limbah cair yang memiliki TSS atau materi terseuspensi yang tinggi juga akan mengakibatkan buruknya kualitas air karena dapat menyebabkan kekeruhan dan menghalangi cahaya matahari untuk masuk ke air. Karena hal tersebut kehidupan biota air juga akan terganggu (Soemirat, 1994).

2.1.4 Karaketeristik Limbah Cair

1. Karakteristik Fisik

   Karakteristik fisik yang dimiliki limbah cair yaitu :

   a. TDS (*Total Dissolved Solids*) atau Total Padatan Terlarut

      TDS adalah jumlah padatan terlarut yang mengandung baik zat organik maupun anorganik di dalamnya. TDS sendiri mengandung zat anorganik yang dalam hal ini adalah magnesium, kalsium, bikarbonat, sulfat, klorid, sodium, potassium dan magensium serta sebagian kecil zat organik yang ada dalam air.

   b. TSS (*Total Suspended Solids*)

      TSS atau *Total suspended solid* adalah padatan yang terdapat pada air tetapi berbeda sengan TDS yang dapat larut, TSS sendiri tidak dapat larut dalam air karena TSS adalah hasil penyaringan dari padatan terlarut. Biasanya merupakan partikel koloid yang dapat menyebabkan kekeruhan.

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

c. Bau

Bau pada limbah cair biasanya tergantung pada sumbernya. Semakin buruk limbah yang dihasilkan maka semakin busuk bau yang ditimbulkan. Bau pada limbah cair sendiri dapat disebabkan karena adanya bahan-bahan kimia pada limbah cair tersebut.

d. Temperatur

Temperatur yang dimiliki limbah cair biasanya lebih tinggi dibandingankan dengan asalnya, hal tersebut dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia yang ada pada limbah cair, pengaruh cuaca dan kondisi bahan pada limbah saat dibuang.

e. Warna

Warna limbah cair yang telah tercemar biasanya berubah menjadi hitam. Semakin buruk warna pada limbah tersebut dapat berarti semakin buruk pula kualitas limbah cair.

2. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada lmbah dapat disebabkan karna adanya kandungan organik pada limbah cair tersebut yang menyebabkan menurunnya oksigen dalam perairan serta menimbulkan bau busuk.

a. Kandungan Organik

Kandungan organik pada limbah sendiri biasanya mengandung 40% hingga 60% protein, 25% hingga 50% karbohidrat serta 10% lainnya adalah lemak atau minyak (Metcalf; Eddy, 1991) Untuk melihat tingginya kandungan organik pada limbah tersebut biasanya dipakai paramter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan proses biologis yang digunakan oleh bakteri aerobik untuk menguraikan zat organik menggunakan jumlah oksigen (BOD) yang ada pada air (Riyadi, 1984). Bakteri sendiri akan menguraikan zat organik baik yang terlarut maupun yang tersuspensi dalam air menggunakan jumlah oksigen (BOD) yang ada pada air. BOD juga digunakan sebagai penentu untuk beban pencemar pada air tersebut, semakin tinggi BOD yang ada pada air tersebut makan semakin besar kadar pencemar didalamnya.

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

Pemeriksaan BOD pada limbah dapat dilakukan dengan melihat proses reaksi penguraian dari zat organik dan oksigen yang ada dalam air. Proses tersebut terjadi karena adanya bakteri sebagai hasil oksidasi yang biasanya hasil tersebut akan membentuk amoniak dan karbon dioksida. Karena itu, zat organik yang ada pada air tersebut dapat diukur dari jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik tersebut (Mahida, 1984).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah total kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai kandungan organik pada air. Sama seperti BOD, angka COD juga merupkan penentu dari beban pencemar pada air tersebut. Semakin tinggi COD yang dihasilkan makan semakin tercemar air tersebut. Selain itu, COD juga merupkan tolak ukur pencemaran air yang disebabkan oleh kandungan organik yang dimana kadungan organik tersebut dapat diuraikan melalui proses mikrobiologi yang dapat menyebabkan menurunnya oksigen dalam air.

b. Kandungan Anorganik

1. pH

pH atau konsentrasi ion hidrogen adalah salah satu parameter penting untuk kualitas air karena kehipan biologi dan mikrobiologi tergantung pada pH (Alaerts; Santika, 1987). pH yang baik sendiri yaitu sebesar 6 – 9. pH yang terlalu asam maupun basa akan merusak kualitas air karena pH yang tidak optimum tersebut dapat menurunkan oksigen terlarut dalam air.

2. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (Dissolved Oxygen) merupakan oksigen terlarut yang ada dalam air. DO sendiri biaanya berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan air yang menghasilkan oksigen serta udara. Oksigen sendiri dibutuhkan oleh semua makhluk hidup tidak terkecuali yang hidup di air. Untuk itu semakin tinggi oksigen yang ada ada air semakin baik pula untuk kehidupan biota di air.

Apabila limbah yang mengandung bahan organik yang tinggi dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu akan menyebankan sebagian besar dari oksigen terlarut yang ada pada air akan digunakan oleh bakteri aerob untuk mengoksidasi nitrogen dan karbon dalam bahan organik untuk menjadi karbon dioksida.

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

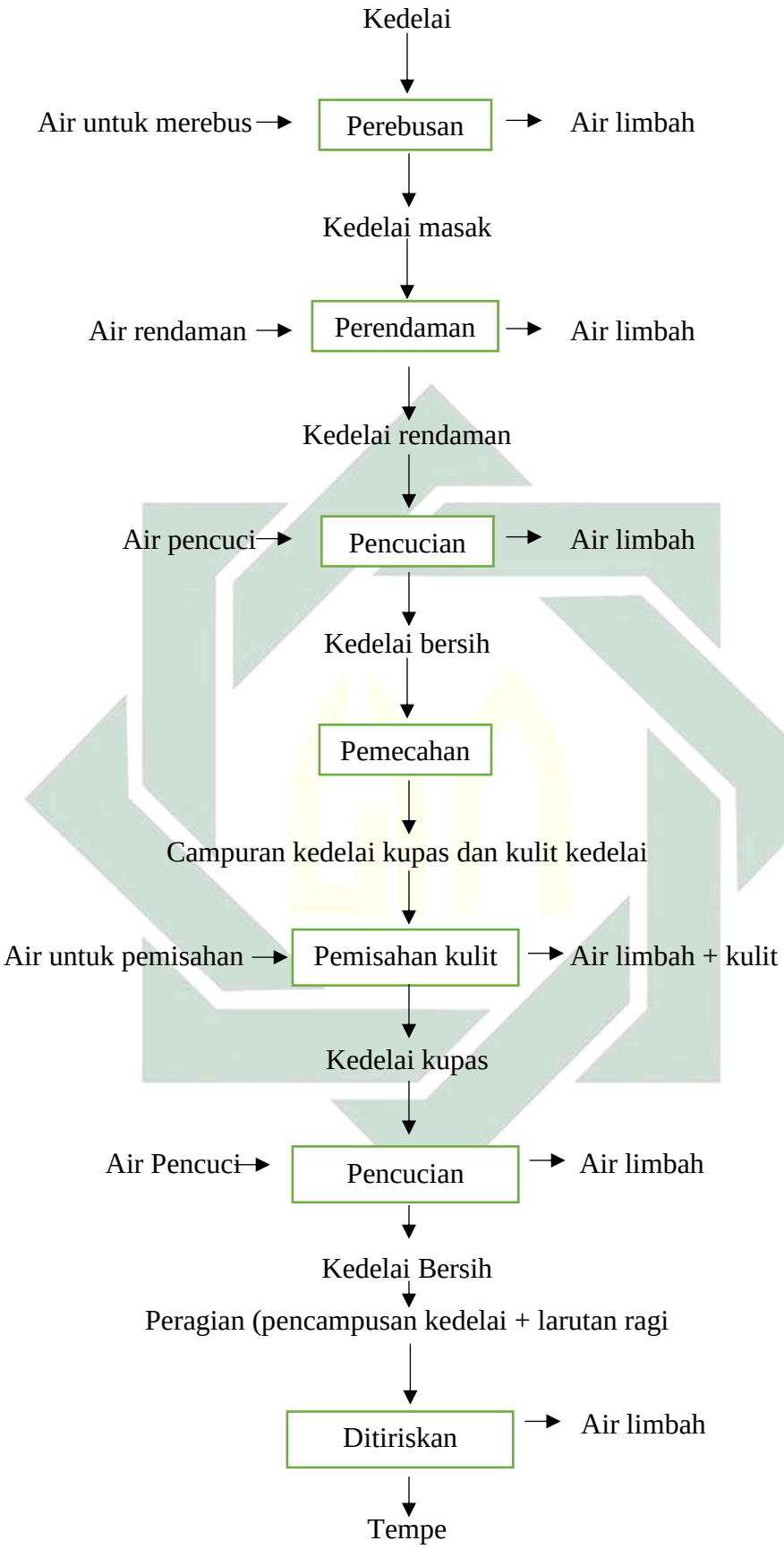
2.2 Limbah Cair Tempe

Proses pembuatan tempe menghasilkan 2 jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan merupakan limbah yang berasal dari proses pembuatan tempe yang berasal dari bahan baku kedelai. Selain itu, limbah cair nya sendiri dihasilkan dari proses pembuatan yang meliputi proses perebusan, proses perendaman, dan proses pencucian (Said & Heru, 1999).

Limbah cair industri tempe sangat khas dengan karakteristik BOD, COD, dan TSS yang tinggi serta memiliki pH asam. Selain itu, Limbah cair yang berasal dari proses rebusan apabila langsung dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan merusak lingkungan karena tinggi nya BOD, COD, dan TSS yang dihasilkan.

Suhu buangan industri tempe berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tempe pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40°C sampai 46°C. Bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tempe sangat tinggi. Tempe sendiri merupakan hasil fermentasi kedelai, Secara garis besar urutan proses pembuatan tempe adalah 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 2.1 Bagan Proses Pembuatan Tempe

Sumber : Said dan Heru, 1999

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

Dari bagan diatas, dapat disimpulkan banyaknya limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tempe sendiri.

2.3 Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013

Berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah untuk industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dalam hal ini adalah pengolahan kedelai adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Nilai baku mutu limbah industri tempe di wilayah Jawa Timur diatur berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair tempe

No	Parameter	Baku Mutu (mg/L)
1	BOD	150
2	COD	300
3	TSS	100
4	pH	6 – 9

*Sumber : *) Pemerintah Provinsi Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya (Industri Pengolahan Kedelai) (2013)*

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah suatu metode yang menggunakan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Teknik dengan fitoremediasi berkembang pesat karena terbukti lebih murah. Secara lengkap, istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air untuk menghilangkan bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan (Titi, 2005). Definisi lain Fitoremediasi adalah suatu teknologi yang menggunakan tumbuhan tertentu, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi berkurang atau tidak berbahaya (Irhamni, 2018).

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

Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam dan kandungan organik dalam limbah tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi kandungan organik dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperkumulator. Tumbuhan air akan menyerap kandungan organik maupun logam berat yang larut dalam air melaui akarnya, Tumbuhan air nantinya akan menjadi tempat sebagai medium untuk mikroba melekat pada akar yang berfsungsi untuk mengurai senyawa organik yang ada pada limbah cair. (Green; Dhobie, 1996).

Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengolahan limbah lain seperti proses ini dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik pada limbah, proses nya sendiri ada 2 cara yatu insitu dan eksitu, selain itu keunggulan lain yaitu biaya operasional relatif murah, mudah diaplikasikan, tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya, salah satu alternatif pengolahan yang paling aman bagi lingkungan karena menggunakan tanaman, tanaman mudah bekembang biak, dan memelihara keadaan alami (Imron, 2018). Serta dari beberapa penelitan alternatif pengolahan ini dapat mengurangi zat pencemar pada limbah dalam jumlah yang cukup besar. Sedangkan kekurangan fitoremediasi ini adalah proses nya yang memakan waktu cukup lama, tingkat toksisitas yang tinggi untuk tanaman, kecocokan tumbuhan pada lingkungan limbah, dah berbahaya jika tumbuhan dimakan oleh hewan atau serangga (Imron, 2018).

A. Mekanisme Fitoremediasi

Menurut Caroline & Moa (2015), mekanisme kerja fitoremediasi mencakup proses sebagai berikut:

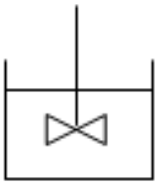
1. Fitoekstraksi adalah penyerapan zat organik dan logam berat oleh akar dan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi zat pencemar tersebut ke beberapa bagian tubuh seperti akar, batang, dan daun.
2. Rhizofiltrasi adalah kemampuan tanaman untuk memanfaatkan akar dalam neyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi zat pencemar dari aliran limbah.
3. Fitodegredasi adalah kontaminan organik yang sudah terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolisme dalam tumbuhan.
4. Fitostabilisasi merupakan pengeluaran suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi zat pencemar dai daerah perakaran tanaman.
5. Fitovolatilisasi merupakan kemampuan tanaman yang menyerap zat kontaminan dan melepaskannya melalui udara lewat daun atau uap.

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 Sistem *Batch*

Sistem *batch* merupakan sebuah proses memasukkan semua reaktan kedalam reaktor pada awal proses dan dibiarkan hingga akhir proses, dengan aturan reaktan yang dimasukkan dari awal proses hingga akhir proses tidak mengalami perubahan. Pada dasarnya sistem *batch* memiliki pola kerja yang sederhana yaitu pada sistem ini reaktan dibuat tergenang pada perlakuan, dengan asumsi selama waktu genang tersebut reaktan akan berproses dengan tanaman dan media secara fitoremediasi (Anam dkk, 2013). Sistem reaktor *batch* membagi proses pengolaham menggunakan reaktor tunggal, di mana proses operasi terdiri dari pengisian, reaksi, pengendapan, pembuangan air limbah yang diolah (Barsan, 2017).

Proses yang terjadi didalam reaktor *batch* mengalami proses dimana tidak ada massa masuk dan keluar selama reaksi berlangsung, dan bahan yang telah dimasukkan akan direaksikan selama beberapa waktu dan dikeluarkan sebagai produk dan selama proses tidak terjadi aliran yang ada pada produk dari reaksi (Artiyani, 2011).



Gambar 2.2 Reaktor *Batch*

Sumber : Permadi, 2019

2.6 Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)

Pada mulanya tumbuhan kayu apu hanya dikenal sebagai tumbuhan pengganggguan di danau. Akar tanaman berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu (Yusuf, 2001). Selain itu, karena kayu apu mempunyai daya mengikat butiran-butiran lumpur yang halus maka dapat digunakan untuk menjernihkan air bagi industri maupun keperluan sehari-hari. Berikut ini klasifikasi kayu apu sebagai berikut :

- Kingdom : Plantae
- Subkingdom : Tracheobionta
- Superdivisi : Tracheobionta
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Liliopsida

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

- Subkelas : Arecidae
- Ordo : Arales
- Famili : Araceae
- Genus : Pistia
- Spesies : *Pistia stratiotes* L

Jenis tumbuhan air yang mengapung sering dianggap gulma dan tidak memiliki nilai ekonomis, namun jenis tumbuhan ini sering digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi dan kemampuannya untuk menyerap hara langsung dari kolom air (Saeni 1989 dalam Suryati & Priyanto, 2003). *Pistia stratiotes* L. termasuk dalam famili Araceae yang tumbuh mengapung pada permukaan air dengan akar-akarnya yang menggantung terendam di bawah bagian daunnya yang mengambang (Don, 2006).

Gambar 2.3 Tanaman Kayu Apu

Sumber : himasuperindoblog, 2017

2.7 Integrasi Keilmuan dalam Pandangan Islam

Pencemaran lingkungan merupakan akibat dari berbagai kegiatan industri yang dilakukan oleh manusia sehingga menyebabkan daur materi didalam lingkungan hidup mengalami perubahan struktur maupun keseimbangannya sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan lingkungan. Hal tersebut seperti yang tercantum dalam dirman Allah SWT pada QS. Ar – Rum Ayat 41 yang berbunyi :

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

"*Zaharal fasadu fil barri wal bahri bima kasabat aidinnasi liyuziqahuma ba'dallazi amilu la'allahum yarji'um"*.

Yang artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah Subhanahu wata"ala merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa rusaknya alam atau terjadinya sebuah bencana alam terdapat hubungannya dengan apa yang dilakukan oleh manusia. Contohnya yaitu terjadinya pencemaran lingkungan yakni air yang disebabkan oleh perbuatan manusia yang membuang air limbah hasil aktivitas sehari-hari langsung dialirkan ke saluran pembuangan tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini akan berdampak buruk bagi kesehatan penduduk sekitar maupun terganggunya kehidupan dalam air seperti ikan, mikroorganimse dan lain-lain Untuk meminimalisir dampak tersebut harus dilakukan proses pengolahan air limbah dalam bentuk teknologi yang tepat guna.

Dalam hal ini upaya yang dilakukan untuk meminimalisir pencemaran air adalah melakukan pengolahan limbah secara biologis yaitu fitoremediasi dengan memanafaatkan tanaman yang telah Allah SWT. Adapun manfaat dari berbagai tanaman juga telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Al-Qur'an surah Al-Lukman ayat 10 yang berbunyi :

"*Khalaqas samāwāti bigairi 'amadin taraunahā wa alqā fil-arḍi rawāsiya an tamīda bikum wa baṡṡa fīhā ming kulli dābbah, wa anzalnā minas-samā`i mā`an fa ambatnā fīhā ming kulli zaujing karīm*".

Yang artinya : "Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi sup'aya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik".

Dalam surah lain yaitu Q.S Asy-Syu'ara' ayat 7, Allah SWT berfirman mengenai manfaat tanaman yang bebunyi :

"A wa lam yarau ilal-arḍi kam ambatnā fīhā ming kulli zaujing karīm".

Yang artinya "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?".

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

Berdasarkan ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan baik yang memiliki berbagai manfaat salah satunya ialah tanaman Kayu apu yang memiliki kelebihan yaitu bersifat hiperakumulator terhadap penyerapan kandungan organik dan pencemar lain pada limbah cair.

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai dasar referensi untuk penelitian ini :

No	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
1	Prasetyo Herlambang dan Okik Hendriyanto (2015) "Fitoremediasi Limbah Deterjen menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis Flava* L.)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana kemampuan tanaman kayu apu dan tanaman genjer dengan variasi kerapatan tanaman dan waktu tinggal terhadap penurunan phospat dan COD	Penelitian ini menggunakan perbandingan tanaman untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mereduksi COD dan Phospat pada limbah deterjen. Penelitian dilakukan selama 15 hari dengan waktu pengambilan sampel pada hari ke 3, 6, 9, 12, dan 15 dengan reaktor berjumlah 10 yang masing-masing diisi dengan tanaman kayu dan genjer. Variasi jumlah tanaman kayu apu dan genjer yang digunakan berjumlah 4, 5, 6, 7, 8 yang diisi di masing-masing reaktor. Dari hasil penelitian selama 15 hari yang dilakukan didapatkan hasil bahwa penurunan kadar COD dan phospat pada limbah deterjen lebih besar di tanaman kayu apu dibandingkan dengan

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

			tanaman genjer yang efisiensi removal tanaman kayu sebesar 32,94% dan 65,45% dan tanaman genjer sebesar 26,8% dan 58,45%. Selain itu, prosentase penurunan terbesar terdapat pada jumlah tanaman 8 baik pada tanaman kayu maupun genjer karna tingkat kerapatan tanaman yang pas dinilai menjadi alasan mengapa jumlah tanaman 8 dinilai pas dalam menurunkan kadar COD dan phospat pada limbah deterjen dalam penelitian ini.
2	Bonny Easter, L. Indah M Yulianti, dan A. Wibowo Nugroho Jati (2017) "Kemampuan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) dalam meremediasi air tercemar logam berat (Fe)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar Fe dan akumulasi logam berat	Penelitian ini menggunakan tanaman kayu apu untuk mengetahui kemampuannya dalam menurunkan kadar logam berat Fe pada air tercemar. Reaktor yang digunakan berjumlah 4 reaktor dengan masing-masing limbah Fe berjumlah 0 ppm (kontrol), 20 ppm, 30 ppm, dan 40 ppm dan diisi tanaman kayu apu yang masing-masing berjumlah 6 tanaman. Penelitian ini dilakukan selama 14 hari dengan waktu pengambilan sampel pada hari ke 0, 7, dan

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

			14 yang artinya seminggu sekali sampel limbah akan diuji untuk Fe dan morfologi tanaman akan diamati berdasarkan dari warna, lebar dan tumbuhnya tunas pada tanaman. Hasil dari penelitian ini dari segi morfologi adalah adanya pertumbuhan yang baik yang dilihat dari warna daun dan lebar daun serta adanya pertumbuhan tunas, walaupun pada hari ke-14 sebagian daun menguning dan rontok di karenakan tanaman kayu apu mampu menyerap logam Fe dengan baik. Selain itu penurunan kadar Fe yang signifikan disetiap reaktor yaitu pada kontrol sebesar 0,003%, kemudian pada tingkat konsentrasi 20 ppm, 30 ppm dan 40 ppm masing-masing sebesar 0,133%, 0,044% dan 0,039%. menunjukkan kemampuan kayu apu dalam menurunkan kadar logam berat pada air tecemar.
3	Hernayanti dan Elly Proklamaningsih (2004)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari perlakuan biomassa kayu apu dan waktu pemaparan yang	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 reaktor dan variasi berat tanaman kayu apu dengan

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

	"Fitoremediasi Limbah Cair Batik menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas air"	paling efektif untuk menyerap zat toksin dalam limbah cair batik.	masing-masing berat 25 gram, 50 gram, dan 75 gram dengan lama penelitian 9 hari dan waktu pengambilan sampe pada hari ke 3, 6, dan 9 dan masing-masing diulang sebanyak 3 kai sehingga jumlah seluruh perlakuan adalah 27. Penelitian ini berfokus pada logam berat Cu serta kandungan organik seperti BOD, TSS, dan kekeruhan. Hasil dari penelitian ini adalah kayu apu dinilai efektif dalam menurunkan logam berat dan kandungan organik pada limbah cair batik dengan hasil penurunan Cu terbesar yaitu 91,5% pada hari ke 9 serta penurunan BOD sebesar 64,26%, TSS sevesar 93,4%, kekeruhan sebesar 50,87%. Vaiasi berat yang paling efektif adalah tanaman kayu apu terberat yatu 75 gram karena penurunan logam berat dan kandungan organik dinilai paling besar pada berat tersebut serta waktu pemaparan 9 hari atau semakin lama pemaparan adalah yang paling efektif

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

			dalam removal logam berat dan kandungan organik pada penelitian ini.
4	Rahan Rahadian, Endro Sutrisno, dan Sri Sumiyati (2017) "Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan fitoremediasi menggunakan tanaman Kayu apu (*Pistria stratiotes L.*) Studi kasus : Limbah Laundry"	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah tanaman dan panjang akar serta efisiensi removal tanaman kayu dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah laundry	Dalam penelitian ini terdapat 6 reaktor dengan masing-masing tanaman yang memiliki panjang akar <10 cm dan jumlah tanaman 8, 12, dan 16 serta tanaman dengan panjang akar >10 cm dan jumlah tanaman 8, 12, dan 16 buah. dan tambahan 1 reaktor sebagai reaktor kontrol. Percobaan ini dilakukan selama 14 hari. Karakteristik limbah laundry yang diambil dari sumber adalah COD sebesar 421 mg/l dan TSS sebesar 216 mg/l, Kemudian limbah asli diencerkan sebanyak 4 kali untuk Karakteristik limbah yang telah diencerkan sebanyak 4 kali adalah COD sebesar 121 mg/l dan TSS sebesar 150 mg/l. Penyisihan COD yang dilakukan sebesar 73,67 mg/l dan penyisihan TSS sebesar 69 mg/l. Selain itu, tanaman dengan panjang akar > 10 cm memiliki penyisihan lebih besar dibandingkan dengan tanaman dengan panjang akar

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

			< 10 cm dikarenakan proses penyerapan limbah lebih maksimal. Sedangkan untuk nilai efisiensi penyisihan yang dilakukan oleh kayu apu berkisar antara 53%-60%, dan untuk efisiensi penyisihan TSS berkisar antara 34%-46%.
5	Dea Ghiovani Raissa dan Bieby Voijant Tangahu an (2017) "Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.)"	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan tanaman kayu apu serta menentukan kerapatan yang optimum terhadap penurunan kandungan organik limbah laundry	Hasil analisis awal pada penelitian ini didapatkan nilai BOD sebesar 397 mg/L, COD sebesar 464 mg/L dan fosfat sebesar 10,3 mg/L. Untuk nilai BOD, COD dan fosfat masih melebihi dari baku mutu bagi usaha/ kegiatan laundry menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013, tetapi untuk nilai pH masih memenuhi baku mutu. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi pada kerapatan tumbuhan. Untuk kerapatan yang digunakan yaitu 14 mg/cm^2, 25 mg/cm^2, dan 35 mg/cm^2 yang dilakukan selama 20 hari dengan waktu pengambilan sampel pagi dan sore. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke- 3, 6, 9, 12,15, 18 dan 20. Hasil

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

			penelitian yang didapat adalah disimpulkan tumbuhan Kayu apu mampu menyisihkan BOD sebesar 98% atau setara dengan 6 mg/L, COD sebesar 96% atau setara dengan 17 mg/L, fosfat sebesar 99% atau setara dengan 0,07 mg/L pada kerapatan 35 mg/cm^2. Dari hasil penelitian didapat, tumbuhan Kayu apu dengan kerapatan 35 mg/cm^2 memiliki efisiensi removal yang lebih tinggi.
6	Safira Istighfari, Denny Dermawan, dan Novi Eka Mayangsari (2018) "Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah Laundry"	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi tumbuhan kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan fosfat pada air limbah laundry.	Pada penelitian ini digunakan 2 reaktor yang masing-masing diisi dengan 4 tanaman kayu apu yang sebelumnya telah diaklimatisasi selama 3 hari. Limbah laundry yang digunakan adalah murni (tanpa pengenceran). Hasil penelitian yang didapat adalah tumbuhan kayu apu mampu bertahan sampai hari ke- 5 dengan persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada air limbah sebesar 8,753%, 20,033%, dan 46,875%. Nilai pH air limbah mengalami kenaikan dari 5 menjadi 6,5.
7	Elida Novita, Agnesa Arunggi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan	Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan dengan 3 kali

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

	Gaumanda Hermawan, dan Sri Wahyuningsih (2019) "Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe menggunakan tiga jenis tanaman air"	terbaik dalam menurunkan kandungan parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, pH, kekeruhan dan N pada limbah cair pembuatan tempe dengan menggunakan tanaman eceng gondok, kangkung air, dan kiambang (Ki).	pengulangan sehingga ada total akuarium yang digunakan adalah 12 buah dengan keterangan sebagai berikut : a. Fitormediasi aerasi menggunakan tanaman eceng gondok (Eichhornia sp.) b. Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman kiambang (Pistia sp.) c. Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman kangkung air (Ipomea sp.) d. Fitoremediasi aerasi tanpa menggunakan tanaman (kontrol) Limbah cair tempe yang digunakan adalah hasil perebusan dan perendaman kedelai yang digunakan pada masingmasing akuarium yaitu 10 liter dengan perbandingan 1:1. Tanaman yang dimasukkan pada perlakuan Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), dan Ka (kangkung air) untuk masing masing akuarium sebanyak 300 gram. Hasil dari penelitian ini adalah

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

			Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (Eg) dan Kangkung Air (Ka) memiliki kemampuan lebih lama bertahan (10 hari) dibandingkan dengan fitoremediasi menggunakan Kiambang (Ki). Tanaman eceng gondok (Eg) memiliki kemampuan paling besar untuk menurunkan kandungan parameter kualitas air berupa BOD, COD, N, TSS, dan kekeruhan limbah cair pembuatan tempe, dengan nilai efisiensi penurunan pada masing masing parameter yaitu kekeruhan sebesar 85,03%; TSS sebesar 66,44%; COD sebesar 59,11%; BOD sebesar 77,91% dan N sebesar 61,77%.
8	Hikma Rizky Nabila (2019) "Biji Flamboyan (Delonix Regia) Sebagai Biokoagulan Dalam Menurunkan Konsentrasi *Chemical Oxygen*	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui beda presentase penurunan konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair tempe, mengetahui dosis optimum untuk penurunan COD dan TSS pada limbah cair tempe serta kesesuian konsentrasi	Dalam penelitian ini limbah tempe diambil dari dari salah satu home industry di Kampung Tempe, Tenggilis Kauman. Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan metode grab sample sesuai SNI 6989.59:2008 tentang pengambilan air sampel sesaat pada outlet

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

	Demand Dan *Total Suspended Solid* Limbah Cair Industri Tempe "	COD dan TSS dengan baku mutu	penampungan limbah cair tempe. Metode grab sample dipilih karena proses produksi tempe dilakukan pada waktu tertentu sehingga air limbah hanya dapat diambil pada saat proses produksi berlangsung. Limbah cair yang dihasilkan dari proses perendaman, perebusan, dan pencucian pada lokasi sampling ditampung ke dalam bak penampung yang berfungsi untuk menghomogenkan beban. Sampel yang telah diambil dimasukkan kedalam jeriken plastik HDPE ukuran 15 L sebanyak dua buah, kemudian ditutup rapat. Hasil dari penelitian ini adalah Ada beda signifikan koagulan biji flamboyan dengan variasi dosis terhadap persentase penurunan konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair industri tempe.
9	Silvi Wahyu Puspawati (2017) "Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode yang tepat untuk limbah cair tempe dengan menggunakan gabungan metode fitoremediasi dan filtrasi untuk menemukan	Hasil dari penelitian ini adalah adanya perbedaan pada konsentrasi BOD diawal dan diakhir yang menunjukkan perlakuan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi memiliki pengaruh yang

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

	Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi”	metode yang efektif dalam penurunan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair industri tempe	sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD air limbah. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi metode fitoremediasi dan filter yang memakai tanaman enceng gondok dapat menurunkan konsentrasi BOD air limbah. BOD dengan hasil terbaik sebesar 59,84% dengan waktu kontak optimum adalah 10 hari. Sedangkan untuk penurunan konsentrasi COD dengan hasil terbaik terjadi pada hari ke 15 dengan penurunan efektifitas 4866,99 mg / L dan efisiensi sebesar 91,32%. Untuk TSS hasil Penurunan konsentrasi TSS dengan hasil terbaik terjadi pada hari ke 15 dengan penurunan efektifitas 140,62 mg / L dan efisiensi 60,61%.
10	Widya Charisma, Badrus Zaman, dan Syafrudin (2001) “Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) terhadap penurunan	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan pada proses fitoremediasi dengan menggunkan acuan pengaruh waktu tinggal dan jumlah Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap penurunan	Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 3 dengan masing-masing diisi tanaman sebanyak 2, 4, dan 6 tanaman yang selanjutnya diisi dengan 4 liter air. Kayu apu yang digunakan dengan jumlah dan morfologo tertentu. Konsentrasi limbah

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

	konsentrasi BOD, COD dan Warna.”	konsentrasi BOD, COD dan Warna pada air limbah	yang digunakan dengan skala 1:10000, 1:5000, dan 1:1000 dan 1:100. Penelitian ini dilakukan selama 15 dengan Hasil penelitian adalah reaktor dengan 2 tanaman *Pistia stratiotes* L. memiliki efisiensi penghilangan 93,96% untuk COD, 90,09% untuk BOD, dan 93,16% untuk warna. Reaktor dengan 4 tanaman memiliki efisiensi penghilangan 95,96% untuk COD, 93,01% untuk BOD, dan 93,65% untuk warna. Reaktor dengan 6 tumbuhan memiliki efisiensi penghilangan 97,96% untuk COD, 95,91% untuk BOD, dan 95,60% untuk warna.
11	Dr. Rajesh Singla (2018) “Phytoremediation potential of a wild species of a weed plant”	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi pencemaran tanah yang saat ini seing terjadi dengan fitoremediasi. Penelitian ini memfokuskan apaha tanaman Gulma yang dianggap sebagai salah satu tanaman fitoremediator yang baik dapat memulihkan tanah yang telah tekontaminasi oleh logam berat.	Dalam penelitian ini, tanaman liar Gulma dipilih dari dua lokasi berbeda. Yang pertama diairi dengan air tercemar dan kedua diairi dengan air bawah tanah. Diamati bahwa tanaman gulma yang dipilih dari lokasi yang tercemar memiliki potensi akumulasi lebih besar daripada yaang dipilih di air bawah tanah. Juga, ditemukan bahwa akar memiliki akumulasi lebih

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

			banyak logam berat dibandingkan dengan daun dan akumulasi berada di kisaran 44,1% sampai 52,08% dan 27,22% hingga 30,04% masing-masing pada konsentrasi di kisaran 25 ppm hingga 100 ppm.
12	Edite Manjate, Sandra Ramos, C. Marisa R. Almeida (2019) "Potential interferences of microplastics in the phytoremediation of Cd and Cu"	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah terdapat perbedaan pada tanaman *Phragmites australis* dan tanaman *salt marsh* untuk fitoremediasi logam berat Cu dan Cd di perairan yang tercemar	Dalam penelitian ini, kedua tanaman terebut sebelumnya diaklimatisasi selama 7 hari sebelum dilakukan penelitian fitoremedasi dengan perairan tercemar yang mengandung Cu dan Cd. Hasil fitoremediasi kedua tanaman tersebut menyerap logam berat Cu dan Cd dan menunjukkan bahwa kedua tanaman tersebut termasuk tanaman fitoremediator yang mampu untuk menyerap logam berat Cu dan Cd pada perairan tercemar.
13	Monika Hejna, Salvatore Pilu, Alessandra Moscatelli, Nadia Stroppa, Elisabetta Onelli, Antonella Baldi, dan Luciana Rossi (2019)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemampuan kedua tanaman *Typha latifolia (Broadleaf cattail)* dan *Thelypteris palustris (Marsh fern)* dalam meremoval limbah cair yang	Dalam penelitian ini tanaman *Thelypteris palustris* dinilai lebih cepat dalam proses penyerapan logam berat Zn dan Cu pada limbah cair serta sedikitnya tanda-tanda kerusakan pada tanaman. Sedangkan pada tanaman *Typha latifolia (Broadleaf*

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

	"Bioaccumulation of heavy metals from wastewater through a Typha latifolia and Thelypteris palustris phytoremediation system"	telah terkontaminasi oleh logam berat Zn dan Cu	*cattail)* dinilai lebih lama daripada tanaman *Thelypteris palustris*. Disamping itu kedua tanaman tersebut dinilai sama-sama mampu dalam menurunkan logam berat pada limbah cair.
14	Amel Souhila Belouchrani, Nabil Mameri, Nadia Abdi, Hocine Grib, Hakim Lounici, and Nadjib Drouiche (2016) "Phytoremediation of soil contaminated with Zn using Canola (Brassica napus L)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah tanaman Canola mampu mereduksi kontaminasi logam berat Zn pada tanah	Dalam penelitian ini tanaman Canola sebelumnya telah ditumbuhkan terlebih dahulu selama 3 bulan sebelum digunakan pada proses fitoremediasi. Hasil dari penelitian ini adalah tanaman Canola dinilai mampu untuk mendekontaminasi tanah yang tercemar Zn karna adanya penurunan Zn selama penelitian berlangsung.
15.	Fangyuan Bian, Zheke Zhong, Xiaoping Zhang, Chuanbao Yang, Xu Gai (2019) "Bamboo - An untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal contaminated soils"	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah fitoremediasi dengan menggunakan Tanaman Bambu dapat menurunkan kontaminasi logam berat pada tanah	Dalam penelitian tanaman yang digunakan ialah tanaman Bambu yang dinilai memiliki keunggulan dibandingan tanaman lain karena mereka memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat, kapasitas penyerapan yang cukup besar serta mudah diolah. Penyerapan logam berat oleh tanaman ini dilakukan oleh bagian akar.

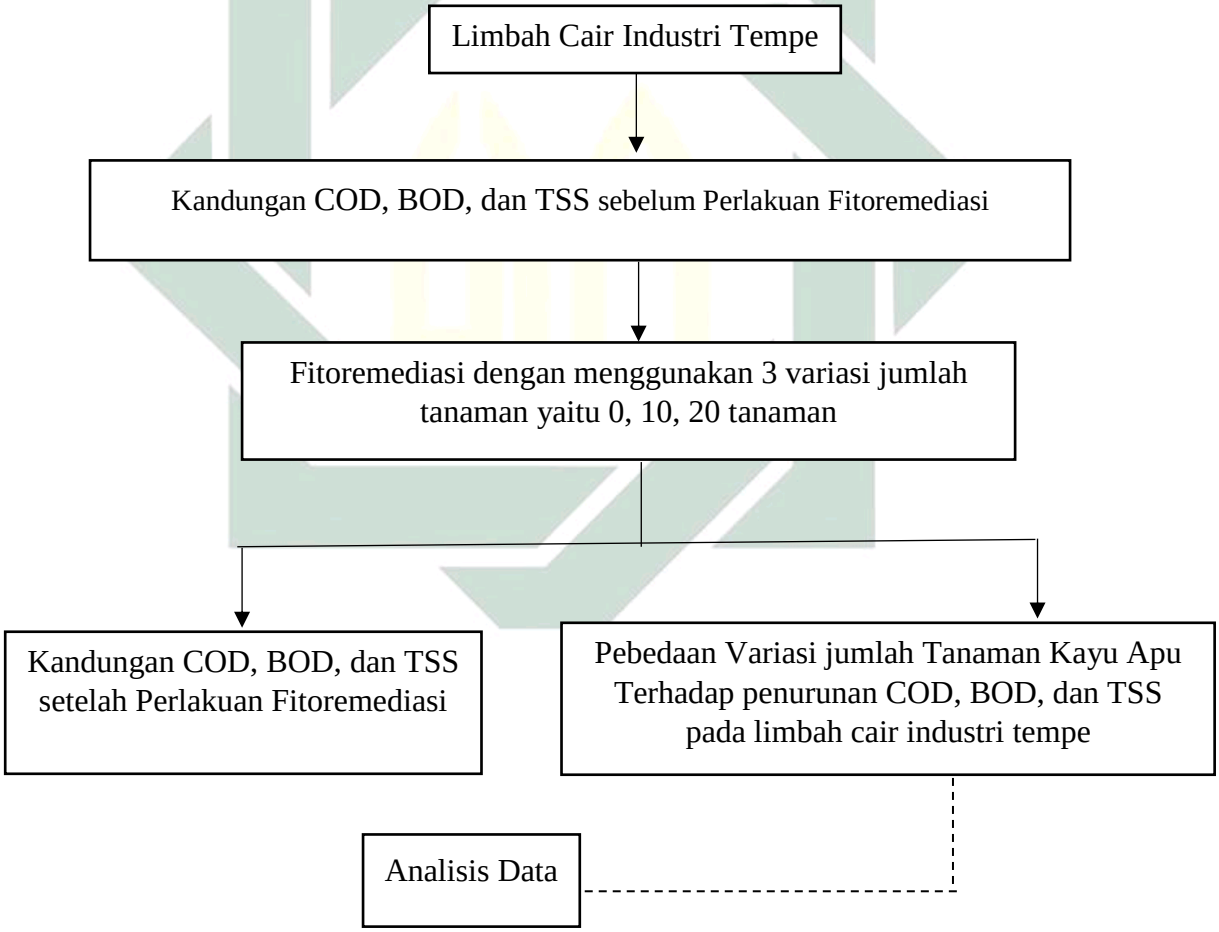
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan mulai Januari 2020 sampai Juli 2020. Pengambilan sampel limbah cair industri tempe dilakukan di salah satu rumah tempat produksi tempe di Kampung Tempe, Tenggilis Kauman, Surabaya. Untuk Tanaman Kayu Api didapatkan di Wilayah Surabaya, tepatnya daerah Gunungsari, Surabaya. Kemudian untuk tahap pelaksanaan di Greenhouse dan untuk pengujian sampel air dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Surabaya.

3.2 Kerangka Pikir



3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel terikat pada percobaan ini yaitu konsentrasi COD, BOD, dan TSS pada limbah cair tempe.
2. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu jumlah Tanaman Kayu Apu 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

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Akuarium sebanyak 3 buah dengan panjang 60 cm, lebar 35 cm, dan tinggi 15 cm, satu buah jirigen dengan kapasitas 20L untuk pengambilan air limbah, pH meter, dan Thermometer.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tanaman Kayu Apu sebanyak 30 buah dan Limbah cair industri tempe sebanyak 6,75 liter.

3.5 Tahapan Penelitian

Mulai

↓

Ide Penelitian

Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes)* untuk menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah Cair Industri Tempe dengan menggunakan Fitoremediasi Sistem *Batch*

↓

Studi Literatur

1. Tentang limbah cair tempe dan bagaimana pengolahannya
2. Fitoremediasi limbah dengan menggunakan Tanaman
3. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.*)*
4. Penelitian terdahulu terkait tema yang diambil

↓

Persiapan Alat dan Bahan

↓

Pelaksanaan Penelitian

1. Aklimatisasi tanaman kayu apu selama 7 hari menggunakan air yang berasal dari PDAM
2. Aklimatisasi pengenalan selama 3 hari menggunakan konsentrasi 5% dari jumlah limbah yang digunakan
3. Pengambilan data selama 12 hari dengan pengukuran COD, BOD, dan TSS pada hari ke- 3, 6, 9, 12 hari pada setiap reaktor dengan 2 kali pengambilan data yang dilakukan pada Pukul 08.00 dan Pukul 13.00
4. Dilakukan pengukuran pH dan suhu setiap hari.

↓

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

Analisis Data

1. Menganalisa kemampuan, efisiensi, maupun variasi jumlah tanaman Kayu Apu terhadap nilai kandungan COD, BOD, dan TSS Pada limbah cair tempe dengan analisa deskriptif maupun statistik

↓

Selesai

3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap ini merupakan langkah awal yaitu melakukan studi literatur terkait penelitian yang dilakukan dan melakukan observasi baik pada tanaman dan limbah yang digunakan untuk penelitian.

3.5.2 Tahap Pelaksanaan

Pengumpulan data dibedakan menjadi :

a. Data Primer, yang meliputi :

1. Sampling Air Limbah Awal

Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan metode grab sample sesuai SNI 6989.59:2008 tentang pengambilan air sampel sesaat setelah produksi pada limbah cair tempe. Metode grab sample dipilih karena proses produksi tempe dilakukan pada waktu tertentu sehingga air limbah hanya dapat diambil pada saat proses produksi berlangsung. Air limbah yang dipilih pada penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari proses rebusan kedelai. Limbah tersebut diambil di salah satu usaha industri rumahan yang terdapat di Kampung tempe, Tenggilis Kauman. Sampel diambil pada pukul 10.00 WIB ketika puncak proses produksi. Limbah cair yang dihasilkan dimasukkan kedalam jerigen plastik ukuran 20L sebanyak 1 buah kemudian ditutup rapat. Parameter yang dianalisa adalah nilai COD, BOD, dan TSS.

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

Limbah Cair Tempe

- Diambil sampel limbah cair tempe yang berasal dai rebusan kedelai.
- Dimasukkan sampel limbah ke dalam 1 jirigen dengan kapasitas 20L dan ditutup rapat.

Hasil

2. Jumlah tanaman yang digunakan

Jumlah tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 tanaman (kontrol), 10 tanaman, 20 tanaman.

3. Proses Aklimatisasi

Pada penelitian ini, aklimatisasi dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama ialah aklimatisasi dengan menggunakan air yang berasal dari PDAM selama 7 hari, setelahnya dilakukan aklimatisasi pengenalan selama 3 hari dengan tujuan untuk mengadaptasikan tanaman pada kondisi limbah yang akan digunakan sebelum dilakukannya proses fitoremediasi. Konsentrasi limbah yang digunakan untuk aklimatisasi pengenalan adalah 5% dari total limbah yang akan digunakan. Pada proses ini limbah yang digunakan yaitu sebanyak 110 ml yang masing-masing dimasukkan kedalam bak aklimatisasi yang berjumlah 3 buah.

Tanaman kayu apu yang dipilih sudah tumbuh sebelumnya, tanaman dipilih berdasarkan ukurannya yang seragam. Tanaman kayu apu sebelum digunakan untuk penelitian terlebih dahulu di bersihkan dari kotoran yang menempel.

4. Perlakuan

Limbah yang digunakan pada penelitian ini bukan 100% berasal dari limbah cair industri tempe. Sebelum dilakukan proses fitoremediasi, limbah diencerkan terlebih dahulu dengan campuran aquades.

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

Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15% limbah sehingga dalam penelitian ini total limbah cair industri tempe yang digunakan untuk ketiga reaktor yaitu sebanyak 6,75 liter. Setiap reaktor diisi dengan 12,75 liter aquades dan 2,25 liter limbah cair industri tempe. Setelah itu memasukkan tanaman yang telah diaklimatisasi kedalam reaktor dengan jumlah tanaman masing-masing 0 tanaman (kontrol), 10 tanaman, dan 20 tanaman. Pada proses fitoremediasi ini menggunakan sistem batch.

5. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini memiliki variabel bebas yaitu jumlah tanaman dan pengambilan sampel. Adapun kombinasi dari kedua variable di tampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

X	Y			
	Y1	Y2	Y3	Y4
XI	X1Y1	X1Y2	X1Y3	X1Y4
X2	X2Y1	X2Y2	X2Y3	X2Y4
X3	X3Y1	X3Y2	X3Y3	X3Y4

Keterangan :

X = Variasi jumlah tanaman

Y = Jumlah hari pengambilan sampel

X1 = jumlah tanaman 0

X2 = Jumlah tanaman 10

X3 = jumlah tanaman 20

Y1 = Pengambilan sampel hari ke- 3

Y2 = Pengambilan sampel hari ke- 6

Y3 = Pengambilan sampel hari ke- 9

Y4 = Pengambilan sampel hari ke- 12

X1Y1 = 0 tanaman pengambilan sampel hari ke-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

X1Y2 = 0 tanaman pengambilan sampel hari ke-6

X1Y3 = 0 tanaman pengambilan sampel hari ke-9

X1Y4 = 0 tanaman pengambilan sampel hari ke-12

X2Y1 = 10 tanaman pengambilan sampel hari ke-3

X2Y2 = 10 tanaman pengambilan sampel hari ke-6

X2Y3 = 10 tanaman pengambilan sampel hari ke-9

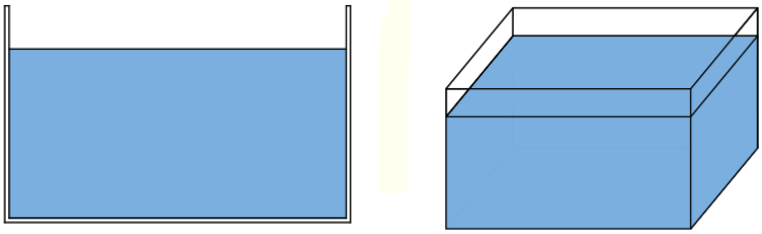
X2Y4 = 10 tanaman pengambilan sampel hari ke-12

X3Y1 = 20 tanaman pengambilan sampel hari ke-3

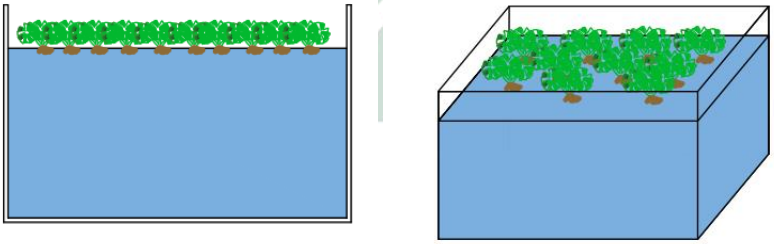
X3Y2 = 20 tanaman pengambilan sampel hari ke-6

X3Y3 = 20 tanaman pengambilan sampel hari ke-9

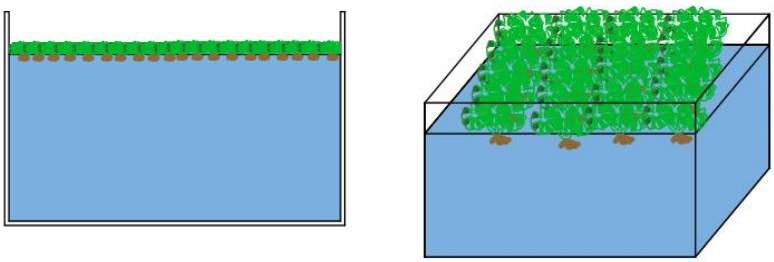
X3Y4 = 20 tanaman pengambilan sampel hari ke-12



Gambar 3.1 Reaktor Kontrol (0 tanaman)



Gambar 3.2 Reaktor 10 tanaman



Gambar 3.3 Reaktor 20 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

6. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada hari ke- 3, 6, 9, 12 dengan pengambil data atau sampel sebanyak 2 kali yang dilakukan pada Pukul 08.00 dan pukul 13.00 pada tiap-tiap reaktor dengan pengujian sampel COD, BOD, dan TSS dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, sedangkan untuk pengujian pH dan suhu dilakukan setiap hari di Greenhouse.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang berasal dari studi literatur terkait penelitian yang dilakukan.

3.5.3 Tahap Pengolahan Data dan Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam penelitian. Tahap pengolahan data dan penyusunan laporan yaitu melaporkan semua hasil penelitian mengenai fitoremediasi limbah cair industri tempe menggunakan tanaman Kayu apu dengan sistem *batch*. Data parameter COD, BOD, dan TSS kemudian di analisa dengan metode deskriptif dan statistik. Metode Analisa data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Analisis Deskriptif

Analisa deskriptif digunakan untuk menjelaskan mengenai kemampuan tanaman kayu apu dalam meremoval COD, BOD, dan TSS terhadap variasi jumlah tanaman yang digunakan dan lamanya waktu tinggal. Analisa deskriptif menggunakan gambar dan grafik untuk mempermudah dalam pembahasan. Untuk mengetahui presentasi penurunan konsentrasi COD, BOD, dan TSS dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{P\ awal - P\ akhir}{P\ awal} \times 100\%$$

Ketrangan :

- P awal = Konsentrasi awal sampel
- P akhir = Konsentrasi akhir sampel

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. Analisa Statistik

Data penurunan konsentrasi COD, BOD, dan TSS dianalisis menggunakan *software Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Distribusi data diuji dari normalitas dan homogenitas menggunakan analisis Anova (*Analysis of Varians*) One Way.

3.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan praduga sementara untuk suatu masalah. Hipotesis yang masih bersifat praduga membutuhkan adanya uji kebenaran untuk membuktikan hipotesis diterima atau tidak. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah :

a. H0 = Tidak ada perbedaan terhadap variasi jumlah tanaman Kayu Apu dalam penyisihan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair industri tempe.
b. H1 = Terdapat perbedaan terhadap variasi jumlah tanaman Kayu Apu dalam penyisihan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair industri tempe.

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

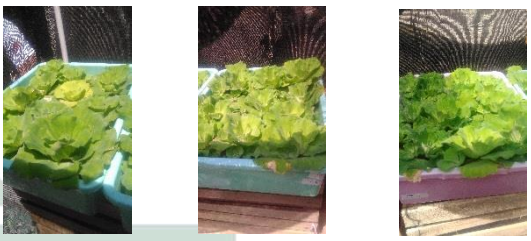
4.1 Aklimatisasi Tanaman

Tahap awal pada penelitian ini adalah aklimatisasi tanaman. Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian tanaman fitoremediasi terhadap lingkungan sekitar sebelum akhirnya tanaman mampu hidup dilingkungan sebenarnya dengan keadaan suhu, iklim, temperatur dan lainnya yang sering berubah-ubah (Ghiovani, 2017). Sebelum diaklimatisasi tamanan dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran yang menempel pada akar dan daun. Pada penelitian ini, aklimatisasi dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama ialah tanaman diaklimatisasi dengan cara dimasukkan ke dalam bak yang seragam ukurannya sebanyak 3 buah yang sebelumnya ketiga bak tersebut telah diisi air PDAM, aklimatisasi tahap pertama ini dilakukan selama 7 hari. Untuk tahap kedua tanaman diaklimatisasi dengan menggunakan konsentrasi 5% dari limbah yang akan digunakan dengan tujuan untuk mengenalkan dan mengadaptasikan tanaman pada kondisi limbah tersebut sebelum dilakukan proses fitoremediasi, masing-masing bak ditambahkan 110 ml limbah cair industri tempe, untuk tahap kedua aklimatisasi pengenalan ini dilakukan selama 3 hari. Setelah itu tanaman diukur dari panjang akar yang memiliki panjang rata-rata 10 – 30 cm serta memiliki jumlah helai daun 5 – 15. Keadaan tanaman pada saat aklimatisasi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Proses Aklimatisasi Tanaman

Hari Ke-	Penjelasan	Gambar
1	Hari pertama aklimatisasi kondisi tanaman apu-apu masih segar ditandai dengan daunnya yang berwarna hijau muda. Akar tanaman memiliki jumbai panjang dan berwarna kuning kecoklatan dan putih serta mengambang bebas.	

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	Pada hari kedua kondisi tanaman Kayu apu tidak mengalami perubahan. Tanaman kayu apu masih segar ditandai dari daun nya yang masih hijau	
3	Pada hari ketiga, kondisi tanaman tidak mengalami perubahan morflogis yang sginfikan. Daun-daun nya yang masih hijau dan segar serta akar yang mengambang	
4	Pada Hari keempat aklimatisasi, tanaman juga tidak mengalami perubahan morfologi yang signfikan. Daun masih hijau dan segar serta akar yang mengambang	
5	Pada hari kelima kondisi tanaman Kayu Apu tidak mengalami perubahan morfologi, ini ditunjukkan dengan warna tanaman yang sama seperti hari keempat.	
6	Pada hari keenam kondisi tanaman mulai mengalami sedikit perubahan yaitu daun terluar ujung-ujungnya mulai sedikit menguning dikarenakan faktor daun yang sudah tua serta suhu yang mempengaruhi, sedangkan untuk daun lain masih terlihat segar dan hijau serta akar yang mengambang	

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

7	Pada hari ketujuh tanaman kayu apu tidak mengalami perubahan yang signifikan sejak hari keenam	
8	Pada hari ke 8 atau hari pertama aklimatisasi pengenalan, tanaman tidak mengalami perubahan signifikan, masih sama seperti hari keenam dan ketujuh dimana muncul sedikit warna kuning pada ujung daun. Hal tersebut dapat didasari karena adaptasi tanaman pada lingkungan baru. untuk daun yang lain masih terlihat hijau dan segar serta akar yang masih bagus dan mengambang bebas	
9	Pada hari ke 9 kondisi tanaman tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya, mayoritas daun masih segar dan hijau serta akar yang mengambang bebas	
10	Pada hari ke 10, tanaman tidak mengalami perubahan yang signifikan baik dari morfologi maupun morfologi nya dari hari sebelumnya. Daun-daun nya kebanyakan berwarna hijau dan segar serta akar nya yang masih bagus dan mengambas bebas serta pertumbuhan akar yang semakin panjang.	

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

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 poses aklimatisasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dapat diambil kesimpulan bahwa tanaman tersebut mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada proses aklimatiasi tahap pertama dan tahap kedua. Tanaman tersebut tidak ada yang mati hanya saja beberapa mengalami sedikit kerusakan pada beberapa bagian tanaman yang dapat disebabkan oleh faktor lingkungan (Hibatullah, 2019).

4.2 Uji Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu

Tahap kedua setelah melakukan proses aklimatisasi adalah uji fitoremediasi tanaman Kayu Apu terhadap limbah cair industri. Sampel limbah yang digunakan berasal dari salah satu usaha industri rumahan yang terletak di Kampung Tempe, Tenggilis Kauman, Surabaya. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah memasukkan masing-masing 2,25 liter sampel air limnbah pada masing-masing reaktor. Selanjutnya memasukkan aquades untuk pengeceran masinh-masing 12,75 liter ke dalam reaktor.

Tanaman Kayu Apu yang digunakan pada penelitian ini memiliki kriteria pada panjang akar 5 cm – 30 cm serta jumlah daun sekitar 5-15 helai. Tanaman kayu apu yang dipilih dari proses aklimatisasi sebelumnya adalah tanaman yang memiliki daun yang masih hijau dan segar serta akar nya yang masih dalam kondisi baik. Variasi jumlah tanaman yang digunakan yaitu 0 tanaman (Kontrol) pada reaktor 1, 10 tanaman pada reaktor 2, dan 20 tanaman pada reaktor 3. Sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem batch. Proses fitoremediasi berlangsung selama 12 hari dengan pengambilan sampel setiap 3 hari sekali pada hari ke 3, 6, 9, 12 dan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada pukul 08.00 dan 13.00 untuk mengukur kandungan BOD, COD, dan TSS pada sampel air limbah. Sedangkan parameter pendukung seperti pH dan suhu dilakukan pengukuran setiap hari.

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

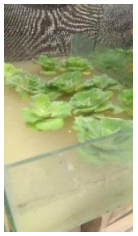
Tabel 4.2 Uji Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu

Hari Ke-	Keadaan Reaktor			Gambar		
	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Kontrol	Reaktor 1	Reaktor
0	Kondisi air limbah berwarna kuning cerah sedikit kehijauan, memiliki bau yang sedikit menyengat. pH pada air limbah kontrol adalah 4,5. Untuk suhu lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 32^0	Kondisi air limbah berwarna kuning cerah sedikit kehijauan, memiliki bau yang sedikit menyengat, sedangkan untuk kondisi tanaman masih berwarna hijau segar dan akar berwarna coklat putih serta akar yang menjumbai bebas. Suhu lingkungan pada hari 0 adalah 33^0 sedangkan suhu air 30^0. Untuk pH pada reaktor 1 adalah 4,7	Kondisi air limbah berwarna kuning cerah sedikit kehijauan, memiliki bau yang sedikit menyengat, sedangkan untuk kondisi tanaman masih berwarna hijau segar dan akar berwarna coklat putih serta akar yang menjumbai bebas. Suhu lingkungan pada hari 0 adalah 33^0 sedangkan suhu air 30^0. Untuk pH pada reaktor 1 adalah 4,7			
1	Kondisi air limbah mengalami sedikit perubahan. Air limbah masih berwarna kuning cerah kehijauan tetapi sedikit keruh dibanding hari sebelumnya dan memiliki bau yang sedikit menyengat. pH pada air	Pada hari pertama, kondisi air limbah dan tanaman menunjukkan sedikit perubahan dibandingkan dengan hari sebelumnya. Kondisi air limbah berwarna kuning cerah sedikit kehijauan tetapi sedikit keruh dibanding hari sebelumnya,	Pada hari pertama, kondisi air limbah dan tanaman menunjukkan sedikit perubahan dibandingkan dengan hari sebelumnya. Kondisi air limbah berwarna kuning cerah sedikit kehijauan tetapi sedikit keruh dibanding hari sebelumnya,			

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

	limbah kontrol adalah 4,7. Untuk suhu lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 33^0	memiliki bau yang sedikit menyengat, sedangkan untuk kondisi tanaman masih berwarna hijau segar dan akar berwarna coklat putih serta akar yang menjumbai bebas. Suhu lingkungan pada hari 1 adalah lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 32^0. Untuk pH pada reaktor 1 adalah 5,1	memiliki bau yang sedikit menyengat, sedangkan untuk kondisi tanaman masih berwarna hijau segar dan akar berwarna coklat putih serta akar yang menjumbai bebas. Suhu lingkungan pada hari 1 adalah lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 32^0. Untuk pH pada reaktor 1 adalah 5,6			
2	Kondisi air limbah tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya. Air limbah berwarna kuning sedikit keruh dan memiliki bau sedikit menyengat. pH pada air limbah kontrol adalah 4,7. Untuk suhu lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 36^0	Kondisi air limbah tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya. Air limbah berwarna kuning sedikit keruh dan memiliki bau sedikit menyengat. Sedangkan untuk tanaman mulai terjadi perubahan yaitu beberapa daun nya mulai terlihat menguning, sedangkan akar nya masih terlihat baik. pH pada air limbah adalah 5,7. Untuk suhu	Kondisi air limbah tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya. Air limbah berwarna kuning sedikit keruh dan memiliki bau sedikit menyengat. Sedangkan untuk tanaman mulai terjadi perubahan yaitu beberapa daun nya mulai terlihat menguning, sedangkan akar nya masih terlihat baik. pH pada air limbah adalah 6,1. Untuk suhu			

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

		lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 35^0	lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 36^0			
3	Pada hari ketiga air limbah tidak mengalami perubahan siginfikan hanya muncul jamur diatas permukaan limbah. Air limbah berwarna kuning sedikit keruh dan memiliki bau sedikit menyengat. pH pada air limbah kontrol adalah 5,2 Untuk suhu lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 35^0	Pada hari ketiga, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya hanya saja warna nya yang berubah menjadi sedikit dominan kehijauan dibandingkan warna sebelumnya yang kuning keruh. Bau air limbah masih sedikit menyengat. Untuk tanaman mulai ada yang mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air, sedangkan untuk daun tidak mengalami perubahan signifikan, masih berwarna hijau dan beberapa sudah ada yang menguning pada bagian ujungnya. pH pada air limbah adalah 6,2. Untuk suhu lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 35^0	Pada hari ketiga, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dari hari sebelumnya hanya saja warna nya yang berubah menjadi sedikit dominan kehijauan dibandingkan warna sebelumnya yang kuning keruh. Bau menyengat dari air limbah mulai sedikit berkurang. Untuk tanaman mulai ada yang mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air, sedangkan untuk daun tidak mengalami perubahan signifikan, masih berwarna hijau dan beberapa sudah ada yang menguning pada bagian ujungnya. pH pada air limbah adalah 6,5. Untuk suhu lingkungan adalah 37^0 sedangkan suhu air 35^0			

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

4	Pada hari keempat, air limbah lebih keruh dibanding dengan hari sebelumnya serta bau yang masih sedikit menyengat. pH pada air limbah kontrol adalah 5,6. Untuk suhu lingkungan adalah 35^0 sedangkan suhu air 33^0	Pada hari keempat, air limbah tidak mengalami perubahan warna yang signifikan dari hari sebelumnya . Bau menyengat dari air limbah mulai berkurang. Untuk tanaman mulai sedikit mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air, sedangkan untuk daun, beberapa sudah ada yang menguning di bagian ujungnya, sedangkan daun yang lain masih terlihat hijau dan segar. pH pada air limbah adalah 6,5. Untuk suhu lingkungan adalah 35^0 sedangkan suhu air 34^0	Pada hari keempat, air limbah tidak mengalami perubahan warna yang signifikan dari hari sebelumnya. Bau menyengat dari air limbah mulai berkurang. Untuk tanaman mulai sedikit mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air, sedangkan untuk daun, beberapa sudah ada yang menguning di bagian ujungnya, sedangkan daun yang lain masih terlihat hijau dan segar. pH pada air limbah adalah 6,9. Untuk suhu lingkungan adalah 35^0 sedangkan suhu air 33^0			
5	Pada hari kelima, air limbah lebih keruh dibanding dengan hari sebelumnya serta jamur yang muncul dibagian atas imbah semakin banyak dibanding hari sebelumnya,	Pada hari kelima, air limbah mengalami perubahan warna yang signifikan yaitu berwarna hijau kehitaman. Hal tersebut dapat disebabkan oleh akar tanaman yang mulai terlepas serta menurut	Pada hari kelima, air limbah mengalami perubahan warna yang signifikan yaitu berwarna hijau kehitaman. Hal tersebut dapat disebabkan oleh akar tanaman yang mulai terlepas serta menurut			

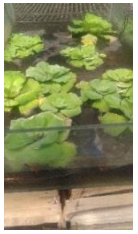
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	bau yang masih sedikit menyengat. pH pada air limbah kontrol adalah 6. Untuk suhu lingkungan adalah 32^0 sedangkan suhu air 29^0	Aka, dkk (2017) bahwa perubahan warna limbah yang menghijau menandakan peningkatan kehidupan bakteri. Bau menyengat dari air limbah mulai berkurang. Untuk tanaman mulai mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air serta akar yang menempel pada tanaman juga mengalami perubahan warna yaitu sedikit berwarna hitam, sedangkan untuk daun, beberapa sudah ada yang menguning pada bagian ujungnya. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7. Untuk suhu lingkungan adalah 32^0 sedangkan suhu air 29^0	Aka, dkk (2017) bahwa perubahan warna limbah yang menghijau menandakan peningkatan kehidupan bakteri. Bau menyengat dari air limbah mulai banyak berkurang. Untuk tanaman mulai mengalami kerontokan pada akar dan mengambang di air serta akar yang menempel pada tanaman juga mengalami perubahan warna yaitu sedikit berwarna hitam, sedangkan untuk daun, beberapa sudah ada yang menguning pada bagian ujungnya. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,3. Untuk suhu lingkungan adalah 32^0 sedangkan suhu air 30^0			

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

6	Pada hari keenam, air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya. Bau menyengat dari limbah mulai berkurang. pH pada air limbah kontrol adalah 6,3. Untuk suhu lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 31^0	Pada hari keenam, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman beberapa daun mulai terlihat mengering dan berwarna putih, sedangkan daun yang lain masih terlihat hijau dan segar. Untuk akar tanaman beberapa ada yang terlepas dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,1. Untuk suhu lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 30^0	Pada hari keenam, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman beberapa daun mulai terlihat mengering dan berwarna putih, sedangkan mayoritas daun yang lain masih terlihat hijau dan segar. Untuk akar tanaman beberapa ada yang terlepas dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,3. Untuk suhu lingkungan adalah 34^0 sedangkan suhu air 30^0			

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

7	Pada hari ketujuh, air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya. Bau menyengat dari limbah mulai berkurang. pH pada air limbah kontrol adalah 6,5. Untuk suhu lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 31^0	Pada hari ketujuh air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman, daun-daun yang ujungnya menguning serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,3. Untuk suhu lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 30^0	Pada hari ketujuh air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang bahkan sudah tidak tercium tajam dibanding hari awal dimulainya proses fitoremediasi. Untuk kondisi tanaman, daun-daun yang ujungnya menguning mulai membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, sedangkan mayoritas daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,5. Untuk suhu			

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

			lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 31^0			
8	Pada hari kedelapan, air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya. Bau menyengat dari limbah mulai berkurang. Warna air limbah juga masih tetap yaitu kuning cerah. pH pada air limbah kontrol adalah 7. Untuk suhu lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 34^0	Pada hari kedelapan, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman ada beberapa daun-daun yang ujungnya menguning mulai membusuk serta ada beberapa daun yang berwarna putih dan kering, sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal yaitu adalah 7,6. Untuk suhu	Pada hari kedelapan, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibanding hari sebelumnya. Warna air limbah masih yaitu hijau kehitaman. Bau menyengat sudah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman sudah mulai mengalami kerusakan, ada beberapa daun-daun yang ujungnya menguning mulai membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH pada air limbah sudah mencapai pH normal			

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

		lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 34^0	yaitu adalah 7,6. Untuk suhu lingkungan adalah 33^0 sedangkan suhu air 33^0			
9	Pada hari ke-9, air limbah tidak mengalami banyak perubahan dibandingkan hari sebelumnya. Warna air limbah masih kuning cerah dengan bau yang sedikit menyengat. pH air mengalami kenaikan yaitu 7,3. Untuk suhu lingkungan 31^0, sedangkan suhu air yaitu 29^0	Pada hari ke-9, air limbah lebih jernih dibandingkan dengan hari sebelumnya. Warna air limbah masih sama seperti hari sebelumnya yaitu hijau kehitaman, bau menyengat dari air limbah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang ujungnya menguning sudah membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan yang langsung bersentuhan dengan air limbah sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna	Pada hari ke-9, air limbah lebih jernih dibandingkan dengan hari sebelumnya. Warna air limbah masih sama seperti hari sebelumnya yaitu hijau kehitaman, bau menyengat dari air limbah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang ujungnya menguning sudah membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan yang langsung bersentuhan dengan air limbah sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna			

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

		hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air mengalami kenaikan yaitu 7,8. Untuk suhu lingkungan 31^0, sedangkan suhu air yaitu 30^0	hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air mengalami kenaikan yaitu 7,9. Untuk suhu lingkungan 31^0, sedangkan suhu air yaitu 29^0			
10	Pada hari ke-10, warna air limbah mulai mengalami perubahan yaitu berwarna sedikit kecoklatan. Bau menyengat dari air limbah mulai berkurang. pH air mengalami kenaikan yaitu 7,5. Untuk suhu lingkungan 32^0, sedangkan suhu air yaitu 31^0	Pada hari ke-10, warna air limbah sedikit berubah dibanding hari sebelumnya yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang ujungnya menguning sudah membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan	Pada hari ke-10, warna air limbah sedikit berubah dibanding hari sebelumnya yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah banyak berkurang. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang ujungnya menguning sudah membusuk serta beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan			

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 langsung bersentuhan dengan air limbah sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air mengalami kenaikan yaitu 8. Untuk suhu lingkungan 32^0, sedangkan suhu air yaitu 31^0	yang langsung bersentuhan dengan air limbah sedangkan beberapa daun yang lain masih berwarna hijau. Untuk akar tanaman mulai rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air mengalami kenaikan yaitu 8,1. Untuk suhu lingkungan 32^0, sedangkan suhu air yaitu 30^0			
11	Pada hari ke-11, air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya yaitu warna limbah sedikit kecoklatan dan bau menyengat sudah berkurang. pH air yaitu 7,7. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 31^0	Pada hari ke-11, kondisi air limbah tidak mengalami perubahan dari hari sebelumnya, warna air limbah yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah sudah tidak tercium. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang menguning sudah membusuk serta	Pada hari ke-11, kondisi air limbah tidak mengalami perubahan dari hari sebelumnya, warna air limbah yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah sudah tidak tercium. Untuk kondisi tanaman, tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, daun-daun yang menguning sudah membusuk serta			

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

		beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan yang langsung bersentuhan dengan air limbah. Untuk akar tanaman ada yang rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air yaitu 8,2. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 32^0	beberapa daun yang berwarna putih dan kering, terdapat juga daun yang menguning pada bagian tumbuhan yang langsung bersentuhan dengan air limbah. Untuk akar tanaman ada yang rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. pH air yaitu 8,3. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 32^0			
12	Pada hari ke-12 air limbah berubah menjadi warna kecoklatan dan bau menyengat dari limbah masih ada tetapi sudah jauh berkurang dibanding saat hari awal pengambilan sampel. pH air yaitu 7,8. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 31^0	Pada hari ke-12, kondisi air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, warna air limbah yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah sudah tidak tercium. Untuk kondisi tanaman pada hari terakhir penelitian, sekitar 5 tanaman beberapa	Pada hari ke-12, kondisi air limbah tidak mengalami perubahan signifikan dibanding hari sebelumnya, warna air limbah yaitu sedikit berwarna kecoklatan dan lebih jernih. Bau menyengat dari air limbah sudah tidak tercium. Untuk kondisi tanaman pada hari terakhir penelitian, sekitar 4 tanaman mengalami			

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

		daunnya membusuk dan berwarna putih serta beberapa yang lain mengalami kerusakan ringan yaitu menguningnya warna daun, dominan menguningnya daun ini terjadi pada daun yang bersentuhan langsung dengan air limbah. Untuk beberapa daun yang lain masih terlihat hijau. Untuk akar tanaman ada yang rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. Akar tanaman juga jauh lebih rapat dibandingkan dengan awal dimulainya penelitian. pH air yaitu 8,3. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 31^0	kerusakan berat yaitu beberapa daunnya membusuk serta beberapa yang lain mengalami kerusakan ringan yaitu menguningnya warna daun, dominan menguningnya daun ini terjadi pada daun yang bersentuhan langsung dengan air limbah, Untuk beberapa daun yang lain masih terlihat hijau. Untuk akar tanaman ada yang rontok dan mengambang di air serta yang masih menempel akar berwarna dominan hitam. Akar tanaman juga jauh lebih rapat dibandingkan dengan awal dimulainya penelitian. pH air yaitu 8,5. Untuk suhu lingkungan 33^0, sedangkan suhu air yaitu 32^0			

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

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

Adapun pengamatan pada Tanaman Kayu Apu selama proses fitoremediasi yakni terjadinya perubahan morfologi pada Tanaman Kayu Apu. Pada hari terakhir penelitian tanaman mengalami kerusakan pada kelompok perlakuan 10 dan 20 tanaman. Pada kelompok perlakuan 10 tanaman sebanyak 5 tanaman mengalami kerusakan parah mulai dari daun yang berwarna putih dan membusuk serta akar yang rontok dan mengambang tenggelam di air, untuk beberapa daun yang lain mengalami kerusakan ringan yaitu menguning dan dominan terjadi pada daun yang bersentuhan langsung dengan air limbah, sedangkan beberapa daun yang masih terlihat hijau.

Pada perlakuan 20 tanaman kerusakan parah terjadi pada 4 tanaman, sama seperti perlakuan 10 tanaman kerusakan ini ditandai oleh daun yang berwarna putih dan membusuk serta akar yang rontok dan mengambang tenggelam di air, untuk beberapa daun yang lain mengalami kerusakan ringan yaitu menguning dan dominan terjadi pada daun yang bersentuhan langsung dengan air limbah, sedangkan beberapa daun yang masih terlihat hijau. Dari segi kuantitas sendiri perlakuan yang memiliki kelompok tanaman lebih sedikit akan lebih cepat dan lebih banyak mengalami kerusakan dikarenakan beban penyerapan limbahnya lebih besar.

Sedangkan untuk kondisi air limbah, terjadi perubahan dari yang pada awal penelitian limbah berwarna kuning keruh menjadi berwarna kecoklatan dan lebih jernih pada akhir penelitian serta bau menyengat pada awal penelitian sudah tidak tercium lagi di hari ke-12.

4.3 Pengaruh pH dan Suhu pada Uji Fitoremediasi

Pada uji fitoremediasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti pH dan suhu. Adapun pH air selama masa uji fitoremediasi ini tercatat pada angka berkisar antara 4,5–8,5. pH optimum bagi kayu apu sendiri menurut Nurfitriana (2019) berkisar antara 6,5-7, tetapi pada penelitian ini kayu apu masih bisa hidup pada pH 4,7 yang artinya masih bisa ditolerir oleh tanaman. Pada uji fitoremediasi nilai pH secara tidak langsung dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena pada nilai pH yang kurang dari 4 sebagian jenis tumbuhan air (agen fitoremediasi) akan mengalami kematian karena tidak dapat bertoleransi dengan pH yang terlalu rendah (Suryadi dkk., 2017). Dari hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pH menjadi netral dari nilai sebelumnya yang cenderung asam.

Hal tersebut dikarenakan, semakin lama waktu pemaparan yang terjadi, nilai pH semakin menunjukkan perubahan kearah netral (Raissa, 2017). Menurut

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

Mangkoedihardjo (2010) dalam Adnand (2019) menyatakan bahwa kenaikan nilai pH dapat dikarenakan protein yang terkandung dalam limbah cair industri tempe menagalami pemecahan sehingga membentuk ion NH_4+ yang sekaligus membantuk senyawa basa yang ada pada limbah dan menstabilkan alkalinitas. Selain itu, kenaikan pH dapat disebabkan karena Tanaman air akan mengambil CO_2 dari air selama proses fotosintesis sehingga mengakibatkan pH air meningkat. CO_2 dapat mempengaruhi nilai pH dan mempengaruhi bikarbonat dimana bikarbonat akan meningkat ion H+ sehingga pH akan meningkat (Madaniyah, 2016).

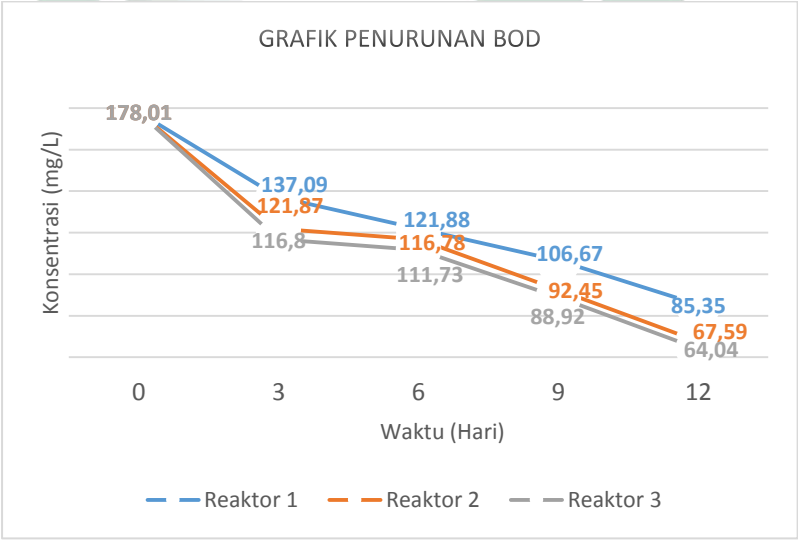
Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Adnand (2019), pH mengalami kenaikan selama 14 hari penelitian yang awalnya berkisar pada pH 4 atau bersifat asam dan terus naik hingga pH berada pada batas normal.

4.4 Kemampuan Tanaman Kayu Apu Terhadap Penurunan Zat Pencemar

4.4.1 Uji Removal BOD oleh Tanaman Kayu Apu

BOD merupakan proses biologis yang digunakan oleh bakteri aerobik untuk menguraikan zat organik menggunakan jumlah oksigen (BOD) yang ada pada air (Riyadi, 1984).

Adapun hasil analisa kemampuan tanaman kayu apu dalam mengurangi kadar BOD pada limbah cair industri tempe ditunjukkan pada grafik sebagai berikut. Untuk data hasil uji laboratorium BOD terdapat pada [Lampiran 2].



Gambar 4.1 Grafik Penurunan BOD

Sumber : Hasil Analisis, 2020

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

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi BOD pada kelompok perlakuan 0, 10, dan 20 tanaman selama 12 hari proses fitoremediasi. Konsentrasi awal BOD adalah 178,01 mg/l. Pada perlakuan kontrol kadar BOD menurun menjadi 85,35 mg/l pada hari ke-12 pengamatan, lalu pada kelompok perlakuan dengan variasi tanaman 10 dan 20 tanaman masing-masing kadar BOD menurun menjadi 67,59 mg/l dan 64,04 mg/l.

Penurunan konsentrasi BOD dapat disebabkan oleh proses rhizofiltrasi yaitu pemanfaatan akar tanaman untuk menyerap dan mengakumulasi zat kontaminan dari limbah. Selanjutnya ada proses fitodegradasi atau kontaminan organik yang sudah terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolisme dalam tumbuhan yang terjadi pada daerah perakaran. Setelah proses fitodegradasi, proses selanjutnya yang mempengaruhi penurunan zat pencemar adalah proses fitovolatilisasi. Proses fitovolatilisasi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman setelah proses fitodegradasi dan polutan ini dikeluarkan dalam bentuk uap air ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat-zat organik (Mangkoediharjo, 2010).

Disisi lain, pada proses fitoremediasi penurunan pencemar dalam limbah menggunakan juga merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroorganisme yang berada pada tumbuhan tersebut. Karena hal itu tanaman memiliki peran yang sangat penting dalam mereduksi zat pencemar yang ada pada limbah. Tanaman tentunya akan melakukan proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen sehingga semakin tinggi aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman maka semakin tinggi pula oksigen terlarut yang dihasilkan yang akan memicu kinerja mikroorganisme menguraikan senyawa organik yang ada. Mikroorganisme ini nantinya juga turut berperan dalam penguraian bahan-bahan organik. (Istighfari, 2018).

Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Adnand (2019) yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah tanaman kayu apu yang digunakan maka semakin besar pula konsentrasi BOD yang terserap melalui akar tanaman. Semakin banyaknya jumlah tanaman dan akar yang dimiliki oleh tumbuhan, semakin besar material organik yang dapat diserap dalam air limbah (Ramadhan, 2017).

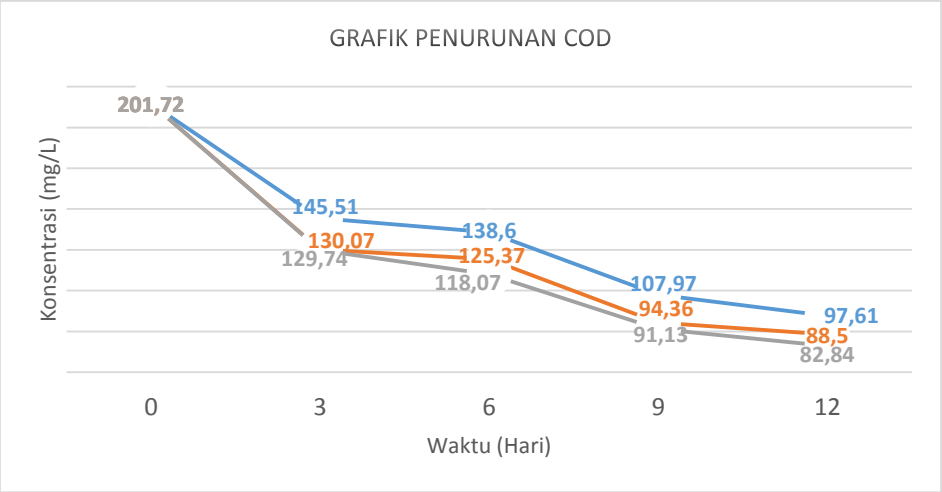
Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa dari ketiga kelompok perlakuan yang mampu menurunkan konsentrasi BOD paling banyak terjadi pada kelompok perlakuan 20 tanaman hingga 64,04 mg/l selama 12 hari masa penelitian.

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

4.4.2 Uji Removal COD oleh Tanaman Kayu Apu

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah total kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai kandungan organik pada air Apabila nilai COD lebih tinggi daripada BOD, hal ini dikarenakan dalam proses tersebut senyawa organik juga ikut teroksidasi (Nurmitha dkk, 2013).

Adapun hasil analisa kemampuan tanaman kayu apu dalam mengurangi kadar COD pada limbah cair industri tempe ditunjukkan pada grafik sebagai berikut. Untuk data hasil uji laboratorium COD terdapat pada [Lampiran 2].



Gambar 4.2 Grafik Penurunan COD

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi COD pada kelompok perlakuan 0, 10, dan 20 tanaman selama 12 hari proses fitoremediasi. Konsentrasi awal COD adalah 201,72 mg/l. Pada perlakuan kontrol kadar COD menurun menjadi 97,61 mg/l pada hari ke-12 pengamatan, lalu pada kelompok perlakuan dengan variasi tanaman 10 dan 20 tanaman masing-masing kadar COD menurun menjadi 88,5 mg/l dan 82,84 mg/l. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sari (2020) yang hasil penelitian nya didapatkan penurunan konsentrasi COD pada Limbah cair laboratorium dengan nilai awal 59,47 mg/L hingga menjadi 13,05 mg/L selama 6 hari penelitian dengan penurunan terbanyak pada perlakuan dengan jumlah 20 tanaman.

Penurunan konsentrasi COD dapat disebabkan karena adanya mekanisme proses rhizofiltrasi selama fitoremediasi yaitu pemanfaatan akar tanaman untuk menyerap dan mengakumulasi zat kontaminan yang dalam hal ini adalah COD dari air limbah. Setelahnya ada proses fitodegradasi.

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 yang terjadi dalam fitodegradasi adalah penguraian kontaminan dalam air limbah penguraian melalui proses metabolisme dalam tumbuhan pada daerah perakaran. Setelah proses fitodegradasi, proses selanjutnya yang menyebabkan konsentrasi COD menjadi turun adalah proses fitovolatilisasi, yaitu proses pelepasan kontaminan ke udara setelah terserap oleh tanaman. Setiap tanaman mempunyai tekanan uap dengan tingkat yang berbeda-beda, hal ini yang menentukan banyak sedikitnya tingkat fitovolatilisasi (Mangkoediharjo, 2010).

Selain itu, Pribadi (2016) dalam Hibatullah (2019) menyatakan Penurunan kadar COD juga dapat dikarenakan alam mempunyai kemampuan nuntuk membersihkan pencemar yang berlangsung secara alami dalam badan air, atau yang biasa disebut dengan self purification. *Self purification* secara biologi adalah proses dimana air limbah organik dihancurkan oleh mikroorganisme dari proses respirasi dan diperoleh produk akhir yang stabil seperti karbon dioksida, air, fosfat dan nitrat. Dalam proses ini sangat berhubungan erat dengan kandungan oksigen terlarut. Apabila kandungan DO nya tinggi maka mikroorganisme dapat meremoval zat pencemar dalam air limbah semakin banyak (Mcgowan, 2014). Pada perlakuan kontrol (tanpa pemberian kayu apu) penurunan kadar COD paling rendah yaitu sebesar 97,61 mg/l. Hal ini disebabkan karena oksigen terlarut yang digunakan untuk mendekomposisi bahan organik dalam air limbah tersedia dalam jumlah yang sedikit dan hanya mendapat suplai dari udara atau lingkungan luar saja. Disisi lain, penambahan tanaman pada kelompok perlakuan dapat menurunkan COD lebih banyak dapat dikarenakan tanaman kayu apu menambah kadar oksigen terlarut sehingga mikroorganisme dapat meremoval zat pencemar dalam air limbah semakin banyak (Fachrurozi, 2010).

Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Adnand (2019) yang menyatakan bahwa bahwa semakin banyak tanaman kayu apu yang digunakan semakin banyak pula ion-ion yang diserap oleh akar tanaman. Begitu juga pada penelitian ini yang mana penurunan COD terbanyak terjadi pada kelompok perlakuan 20 tanaman.

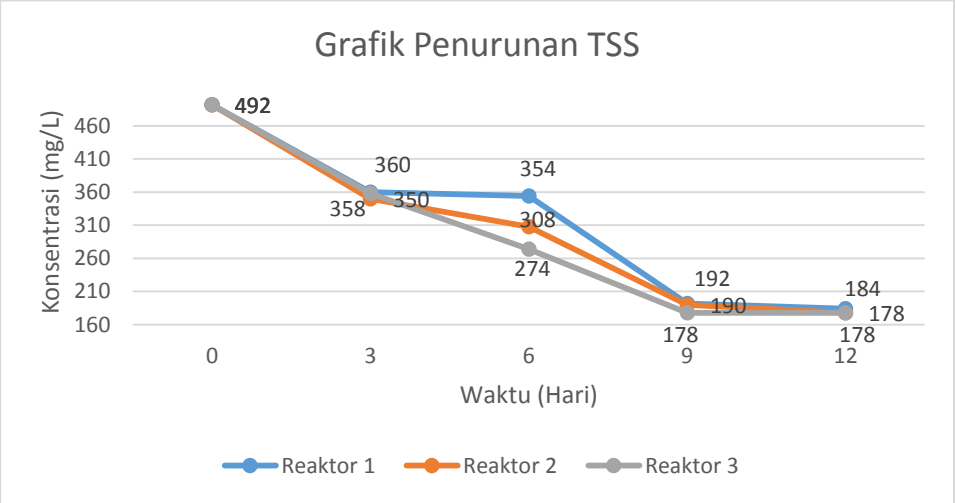
4.4.3 Uji Removal TSS oleh Tanaman Kayu Apu

TSS atau *Total suspended solid* adalah padatan yang terdapat pada air tetapi berbeda sengan TDS yang dapat larut, TSS sendiri tidak dapat larut dalam air karena TSS adalah hasil penyaringan dari padatan terlarut.

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

TSS merupakan partikel koloid yang dapat menyebabkan kekeruhan pada larutan dan pengendapannya yang tidak bisa langsung dan hanya dilakukan dengan gravitasi. (Purnawati dkk, 2015).

Adapun hasil analisa kemampuan tanaman kayu apu dalam mengurangi kadar TSS pada limbah cair industri tempe ditunjukkan pada grafik sebagai berikut. Untuk data hasil uji laboratorium TSS terdapat pada [Lampiran 2].



Gambar 4.3 Grafik Penurunan TSS

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS pada kelompok perlakuan 0, 10, dan 20 tanaman selama 12 hari proses fitoremediasi meskipun hasil yang didapat juga mengalami kenaikan. Konsentrasi awal TSS yaitu sebesar 492 mg/L dengan hasil akhir 184 mg/L pada kontrol, 178 mg/L pada perlakuan 10 tanaman, dan 178 mg/L pada perlakuan 20 tanaman.

Kandungan residu tersuspensi dalam limbah secara umum akan menurun karena faktor pengendapan yang dipengaruhi adanya gaya gravitasi. Hal ini dikarenakan pada parameter TSS adanya faktor fisik seperti gravitasi dan pergerakan air yang berbeda yang mempengaruhi proses pengendapan, pengambilan sampel yang mempengaruhi endapan akan berpengaruh pada nilai TSS meskipun akar pada tumbuhan apu-apu juga memiliki kemampuan dalam mengikat padatan tersuspensi dalam air limbah yang diolah (Adnand, 2019). Penjelasan tersebut dapat menjadi salah satu alasan penurunan TSS yang lebih besar pada perlakuan 10 tanaman dibanding 20 tanaman pada hari ke-3 dan tidak ada nya penurunan yang signifikan pada perlakuan 20 tanaman di hari ke-12 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

Selain itu, menurut Fachrurozi (2010) Penurunan nilai TSS dapat disebabkan karena partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan yang cukup ringan dan melayang akan menempel pada bagian akar, karena tanaman kayu apu memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air. Semakin banyak akar serabut yang dimiliki, maka semakin banyak koloid yang menempel pada akar-akar tersebut. Pada penelitian ini, beberapa akar kayu apu mulai ada yang terlepas sehingga dapat mempengaruhi penurunan kadar TSS yang tidak signifikan pada perlakuan 20 tanaman di hari ke-12. Hal serupa dialami oleh penelitian yang dilakukan oleh Sari (2020) yang malah mengalami kenaikan kadar TSS di hari ke-6 penelitian pada perlakuan 20 tanaman yang kadar awal TSS 41,5 mg/L menjadi 86,5 mg/L sedangkan pada perlakuan 18 tanaman yang dilakukan mengalami penurunan selama 6 hari penelitian yang kadar awal TSS 41,5 mg/L menjadi 26 mg/L.

Disisi lain, penurunan kadar TSS juga dapat disebabkan karana pada saat tanaman menyerap zat pencemar pada limbah, terjadi dekomposisi bahan organik yang nantinya hasil dekomposit tersebut akan mengendap dibagian bawah reaktor (Ruhmawati, 2017).

4.4.4 Karakteristik Akhir Limbah Cair Industri Tempe Setelah Perlakuan

Karakteristik akhir limbah cair tempe setelah perlakuan fitoremediasi dengan menggunakan variasi 0, 10, dan 20 tanaman adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil akhir Limbah cair tempe

No	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Kontrol	10 Tanaman	20 Tanaman
1	BOD	150 mg/L	85,35 mg/L	67,59 mg/L	64,04 mg/L
2	COD	300 mg/L	97,61 mg/L	88,5 mg/L	82,84 mg/L
3	TSS	100 mg/L	184 mg/L	178 mg/L	178 mg/L
4	pH	6 - 9	7,8	8,3	8,5

*Sumber : *) Pemerintah Provinsi Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya (Industri Pengolahan Kedelai) (2013)*

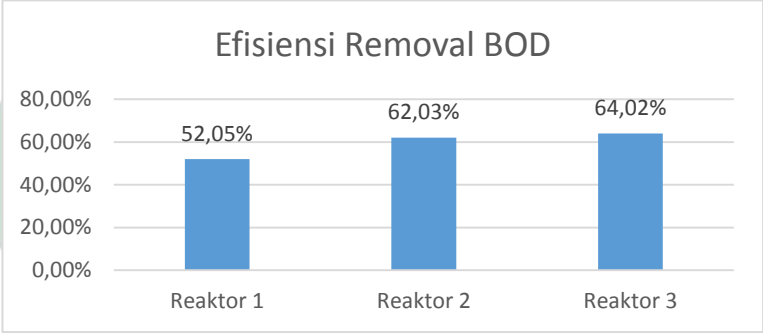
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Uji karakteristik limbah cair industri tempe tersebut dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, dari hasil akhir uji laboratorium konsentrasi limbah cair industri tempe tersebut telah memenuhi baku mutu untuk BOD, TSS dan pH sesuai yang telah ditetapkan pada peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha lainnya. Penurunan terbesar untuk BOD, COD, dan TSS sendiri dapat dilihat pada perlakuan 20 tanaman yang berarti tanaman uji memiliki peran penting dalam mereduksi BOD, COD, dan TSS pada limbah cair industri tempe.

4.5 Efisiensi Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan Zat Pencemar

4.5.1 Efisiensi Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan BOD

Berikut merupakan grafik efisiensi tanaman Kayu apu dalam penyisihan BOD disajikan pada tabel berikut.



Gambar 4.4 Efisiensi Removal BOD

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan bahwa nilai efisiensi removal tertinggi dimiliki oleh reaktor 3 atau perlakuan dengan 20 tanaman yang mampu menyisihkan BOD 64,02%, selanjutnya adalah reaktor 2 atau perlakuan 10 tanaman yang memiliki efisiensi penyisihan sebesar 62,03%, dan yang reaktor 1 atau reaktor kontrol yang memiliki nilai efisiensi removal sebesar 52,05%.

Nilai efisiensi tertinggi yang dimiliki oleh reaktor 3 atau perlakuan 20 tanaman menunjukkan bahwa semakin banyak tanaman yang berada pada reaktor percobaan maka memiliki nilai penurunan konsentrasi paling tinggi dibanding yang lain. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk (2020) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak tanaman kayu apu dan semakin banyak jumlah tanaman kayu apu yang digunakan pada limbah cair maka semakin besar penurunan kadar BOD nya yang pada penelitian ini kayu apu dengan jumlah 20 tanaman memiliki efisiensi removal sebesar 66%.

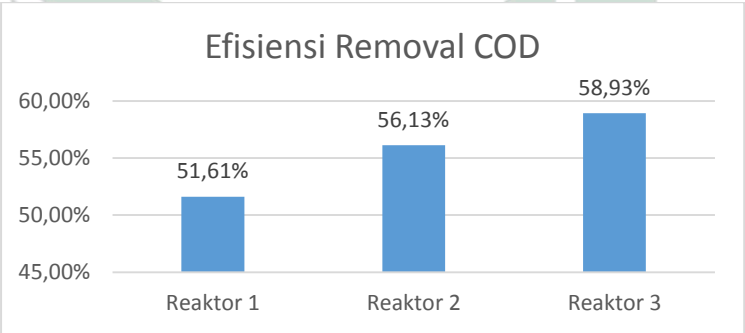
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai BOD dipengaruhi juga oleh adanya tanaman yang menutupi permukaan air limbah. Keberadaan tanaman tersebut dapat menyerap BOD yang terdapat dalam air limbah. Semakin banyak tanaman, maka semakin banyak BOD yang terserap. Hal ini dapat disebabkan karena proses yang terjadi saat fitoremediasi yang meliputi proses rhizofiltrasi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi akan semakin banyak dihasilkan oleh tanaman sehingga penyerapan BOD juga akan semakin besar.

Sedangkan menurut Fachrurozi (2010) Semakin banyak tanaman, maka semakin banyak bahan organik yang terserap karena bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme semakin sedikit. Semakin sedikit bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroba, maka kandungan oksigen dalam air limbah semakin tinggi. Oksigen terlarut dalam air limbah juga semakin banyak karena adanya suplai oksigen dari hasil fotosintesis tanaman. Oleh karena itu, Keberadaan tumbuhan sangat berpengaruh dalam menyerap zat organik yang terdapat dalam air limbah. Jadi semakin banyak tanaman, maka nilai BOD semakin kecil yang berarti semakin baik kualitas air limbah tersebut.

4.5.2 Efisiensi Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan COD

Berikut merupakan grafik efisiensi tanaman Kayu apu dalam penyisihan COD disajikan pada tabel berikut.



Gambar 4.5 Efisiensi Removal COD

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan bahwa nilai efisiensi removal tertinggi dimiliki oleh reaktor 3 atau perlakuan dengan 20 tanaman yang mampu menyisihkan COD sebesar 58,93%, selanjutnya adalah reaktor 2 atau perlakuan 10 tanaman yang memiliki efisiensi penyisihan sebesar 56,13%, dan yang reaktor 1 atau reaktor kontrol yang memiliki nilai efisiensi removal sebesar 51,61%.

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

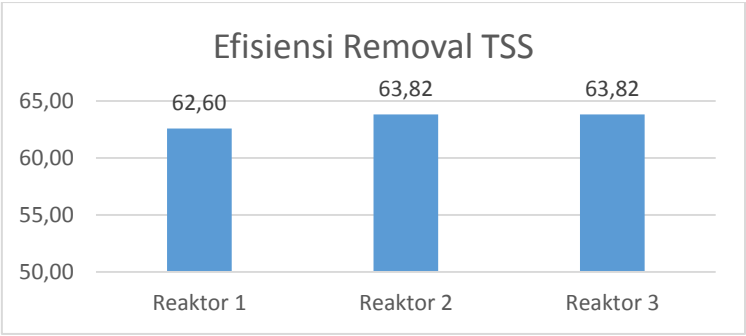
Nilai efisiensi tertinggi yang dimiliki oleh reaktor 3 atau perlakuan 20 tanaman menunjukkan bahwa semakin banyak tanaman yang berada pada reaktor percobaan maka memiliki nilai penurunan konsentrasi paling tinggi dibanding yang lain. Peningkatan efisiensi pada 20 tanaman ini disebabkan terjadi penurunan konsentrasi COD, yang diduga karena tanaman ini mempunyai keunggulan dalam menyerap zat kontaminan. Nilai COD dipengaruhi oleh adanya tanaman yang menutupi permukaan air limbah. Keberadaan tanaman tersebut dapat menyerap COD yang terdapat dalam air limbah. Semakin banyak tanaman, maka semakin banyak COD yang terserap. Hal ini dapat disebabkan karena proses yang terjadi saat fitoremediasi yang meliputi proses rhizofiltrasi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi akan semakin banyak dihasilkan oleh tanaman sehingga penyerapan COD juga akan semakin besar.

Selain itu Sari (2020) menyatakan bahwa nilai COD juga dipengaruhi oleh tanaman kayu apu yang tentu melakukan proses fotosintesis dan menghasilkan oksigen sehingga mensuplai kebutuhan oksigen yang akan digunakan untuk menguraikan bahan organik yang terdapat di dalam air limbah. Semakin banyak tanaman maka oksigen terlarut yang dihasilkan juga semakin besar dan nilai COD yang di serap juga semakin banyak. Pada penelitian ini efisiensi removal COD menggunakan Kayu apu yang berjumlah 20 tanaman adalah sebesar 77%. Sedangkan pada penelitian oleh Herlambang, dkk (2015) juga menyebutkan semakin banyak tanaman dan semakin lama waktu kontak menyebabkan semakin banyak kadar COD yang diserap, efisiensi penurunan kadar COD yang paling tinggi pada penelitian ini sendiri adalah pada perlakuan kayu apu dengan jumlah 8 tanaman dan waktu kontak 15 hari yaitu sebesar 32,94%.

4.5.3 Efisiensi Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan TSS

Berikut merupakan grafik efisiensi tanaman kayu apu dalam penyisihan TSS disajikan pada Tabel dan Gambar 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 4.6 Efisiensi Removal TSS

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui tidak terdapat perbedaan yang besar pada proses penyisihan TSS di reaktor 1, 2, maupun 3, seperti telah dijelaskan sebelumnya, TSS merupakan kandungan residu tersuspensi dalam limbah yang secara umum akan menurun karena faktor pengendapan yang dipengaruhi adanya gaya gravitasi. Hal ini dikarenakan pada parameter TSS adanya faktor fisik seperti gravitasi dan pergerakan air yang berbeda yang mempengaruhi proses pengendapan, meskipun akar pada tumbuhan apu-apu juga memiliki kemampuan dalam mengikat padatan tersuspensi dalam air limbah yang diolah (Adnand, 2019). Selain itu menurut Fachrurozi (2010), Penurunan nilai TSS dapat disebabkan karena partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan yang cukup ringan dan melayang akan menempel pada bagian akar, karena tanaman kayu apu memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air. Semakin banyak akar serabut yang dimiliki, maka semakin banyak koloid yang menempel pada akar-akar tersebut. Pada penelitian ini, beberapa akar kayu apu mulai ada yang terlepas sehingga dapat mempengaruhi penurunan kadar TSS pada limbah. Hal tersebut dapat menjadi penyebab tidak adanya perbedaan yang besar antar ketiga reaktor untuk penurunan TSS pada penelitian ini. Bagaimanapun, jika dilihat dari grafik penurunan konsentrasi TSS sebelumnya serta grafik efisiensi penurunan TSS diatas dari hari ke hari penurunan lebih cepat karena keberadaan tanaman yang membantu mempercepat penyerapan karna menempel nya koloid pada akar tanaman. Hal serupa terjadi pada penelitian oleh Rahadian (2017) yang efisiensi removal TSS nya tidak terdapat perbedaan yang besar yaitu pada perlakuan 8 tanaman memiliki efisiensi removal 39,33% dan pada masing-masing 12 dan 16 tanaman memiliki efisiensi removal 40,67% dan 46% yang artinya efiensi nya tidak begitu besar.

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

4.6 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu dalam Menurunkan Zat Pencemar

4.6.1 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan BOD

Dari data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan uji menggunakan analisa statistik. Untuk menganalisa perbedaan kemampuan variasi tanaman kayu digunakan Uji One Way Anova menggunakan Software SPSS. Adapun sebelum dilakukan uji Anova, terlebih dahulu dilakukan Uji Normalitas dan Homogenitas sebagai syarat untuk Uji Anova.

A. Uji Normalitas Shapiro Wilk

Uji normalitas ini bertujuan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal

Tabel 4.4 Uji Normalitas BOD

	Reaktor	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai BOD	Reaktor 1	,154	9	,200*	,931	9	,488
	Reaktor 2	,188	9	,200*	,923	9	,417
	Reaktor 3	,167	9	,200*	,921	9	,400

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Dari hasil output tersebut diatas menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah >0,05 yang aritnya semua data yang digunakan berdistribusi normal dan dapat dilanjut pada uji homogenitas.

B. Uji homogenitas

Uji homogenitas merupakan syarat kedua untuk dilakukannya uji Anova. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan homogen atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah 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

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data homogen
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data tidak homogen

Tabel 4.5 Uji Homogenitas BOD

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,035	2	24	,966

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan output SPSS "Test Homogenity of Variance" menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah >0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varian ketiga kelompok perlakuan yang dibandingkan adalah homogen sehingga asumsi homogenitas dalam uji one way anova terpenuhi. Jika tes normalitas dan homogenitas sudah terpenuhi selanjutnya dilakukan Uji Anova.

C. Uji One Way Anova

Uji Anova Satu Arah (One Way Anova) adalah Jenis Uji Statistika Parametrik yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara lebih dari dua grup sampel. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau H0 diterima
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka terdapat perbedaan signifikan atau H1 diterima

Tabel 4.6 Uji One Way Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	687,892	2	343,946	,345	,711
Within Groups	23893,692	24	995,570		
Total	24581,584	26			

Sumber : Hasil Analisis, 2020

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

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai Sig. > 0,05 yang artinya H0 diterima atau tidak terdapat perbedaan signifikan pada penggunaan variasi jumlah tanaman kayu apu. Tidak adanya perbedaan yang signifikan dalam menurunkan kadar BOD dapat dimungkinkan karena sedikitnya variasi tanaman yang digunakan dan juga waktu penelitian yang singkat, sehingga jumlah data yang diperoleh sedikit (Hibatullah, 2019).

Meskipun pada hasil statistik yang disajikan diatas menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan pada penggunaan variasi jumlah tanaman tetapi pada hasil uji removal BOD oleh Kayu Apu dapat dilihat jika penggunaan variasi tanaman baik 10 tanaman dan 20 tanaman memiliki nilai penyisihan BOD yang lebih besar dibandingkan perlakuan tanpa tanaman dengan hasil akhir penurunan masing-masing adalah 67,59 mg/L dan 64,04 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan penurunan yang cukup besar dan sudah sesuai peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha lainnya yang telah ditetapkan. Selain itu, efisiensi removal dari ketiga perlakuan yang digunakan menunjukkan bahwa perlakuan 10 tanaman dan 20 tanaman memiliki efisiensi removal yang lebih besar yakni masing-masing 62,03% dan 64,02% dibandingkan dengan perlakuan 0 tanaman yang memiliki efisiensi 52,03%. Hal tersebut menunjukkan jika tanaman Kayu Apu memiliki peran penting dalam penyisihan BOD.

Pada penelitian serupa yang dilakukan oleh Adnand (2019) menyatakan hasil uji Anova menunjukkan P-value lebih besar dari galat yang diberikan yaitu 0,05 dengan P-value sebesar 0,7843 yang dapat dikatakan bahwa perlakuan dengan variasi kerapatan tanaman yang diberikan tidak berbeda nyata atau non signifikan terhadap proses fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD, Hal ini disebutkan dapat disebabkan oleh variasi kerapatan tanaman yang digunakan sedikit sehingga data yang diperoleh pun sedikit.

Pernyataan ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Fachrurozi (2010) yang menyatakan perlakuan dengan variasi biomassa *Pistia Stratiotes* L. mempunyai pengaruh yang signifikan dengan nilai 0.000 dan P<0.05. Pada penelitian lain oleh Sari (2020) hasil statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai sig. sebesar 0,000 < 0,05 yang artinya terdapat perbedaan pada variasi jumlah tanaman kayu apu yang digunakan.

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 dapat disebabkan oleh penelitian yang dilakukan menggunakan banyak variasi jumlah tanaman hingga 10 variasi jumlah tanaman yang berbeda dengan waktu kontak yang berbeda-beda sehingga data yang dihasilkan pun lebih banyak.

4.6.2 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan COD

Dari data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan uji menggunakan analisa statistik. Untuk menganalisa perbedaan kemampuan variasi tanaman kayu digunakan Uji One Way Anova menggunakan Software SPSS. Adapun sebelum dilakukan uji Anova, terlebih dahulu dilakukan Uji Normalitas dan Homogenitas sebagai syarat untuk Uji Anova.

A. Uji Normalitas Shapiro Wilk

Uji normalitas ini bertujuan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal

Tabel 4.7 Uji Normalitas COD

	Reaktor	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai COD	Reaktor 1	,209	9	,200*	,894	9	,218
	Reaktor 2	,245	9	,128	,839	9	,056
	Reaktor 3	,235	9	,162	,845	9	,066

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Dari hasil output tersebut diatas menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah >0,05 yang aritnya semua data yang digunakan berdistribusi normal dan dapat dilanjut pada uji homogenitas.

B. Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan syarat kedua untuk dilakukannya uji Anova. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan

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

homogen atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data homogen
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data tidak homogen

Tabel 4.8 Uji Homogenitas COD

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,004	2	24	,996

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan output SPSS "Test Homogenity of Variance" menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah > 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varian ketiga kelompok perlakuan yang dibandingkan adalah homogen sehingga asumsi homogenitas dalam uji one way anova terpenuhi. Jika tes normalitas dan homogenitas sudah terpenuhi selanjutnya dilakukan Uji Anova.

C. Uji One Way Anova

Uji Anova Satu Arah (One Way Anova) adalah Jenis Uji Statistika Parametrik yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara lebih dari dua grup sampel. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau H0 diterima
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka terdapat perbedaan signifikan atau H1 diterima

Tabel 4.9 Uji One Way Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	798,216	2	399,108	,328	,724
Within Groups	29200,940	24	1216,706		
Total	29999,156	26			

Sumber : Hasil Analisis, 2020

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

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai Sig. > 0,05 yang artinya H0 diterima atau tidak terdapat perbedaan signifikan pada penggunaan variasi jumlah tanaman kayu apu. tidak adanya perbedaan yang signifikan dalam menurunkan kadar COD. Hal ini dapat dimungkinkan karena sedikitnya variasi tanaman yang digunakan dan juga waktu penelitian yang singkat, sehingga jumlah data yang diperoleh sedikit (Hibatullah, 2019).

Meskipun pada hasil statistik yang disajikan diatas menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan pada penggunaan variasi jumlah tanaman tetapi pada hasil uji removal COD oleh Kayu Apu dapat dilihat jika penggunaan variasi tanaman baik 10 tanaman dan 20 tanaman memiliki nilai penyisihan COD yang lebih besar dibandingkan perlakuan tanpa tanaman dengan hasil akhir penurunan masing-masing adalah 88,5 mg/L dan 82,84 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan penurunan yang cukup besar dan sudah sesuai peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha lainnya yang telah ditetapkan. Selain itu, efisiensi removal dari ketiga perlakuan yang digunakan menunjukkan bahwa perlakuan 10 tanaman dan 20 tanaman memiliki efisiensi removal yang lebih besar yakni masing-masing 56,13% dan 58,93%. Hal tersebut menunjukkan jika tanaman Kayu Apu memiliki peran penting dalam penyisihan COD.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Adnand (2019) yang hasil anova nya menunjukkan bahwa menunjukan bahwa nilai P-value sebesar 4780 yang artinya nilai terebut lebih besar dari galat yang diberikan dengan galat yaitu 0.05, Dapat dikatakan bahwa perlakuan dengan variasi kerapatan yang diberikan tidak berbeda nyata atau non signifikan terhadap proses fitoremediasi dalam menurunkan kadar COD. Hal tersebut dapat dijelaskan karena variasi kerapatan tanaman yang digunakan sedikit sehingga data yang diperoleh pun sedikit.

Hasil ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2020) yang hasil anova nya menujukkan nilai sig. sebesar 0,000 yang artinya lebih kecil dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata variasi jumlah tanaman yang totalnya 10 perlakuan berbeda secara signifikan.

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

Hasil yang signifikan tersebut dapat disebabkan oleh peneliti menggunakan variasi jumlah tanaman yang banyak serta waktu kontak yang berbeda-beda sehingga data yang diperoleh juga banyak.

4.6.3 Analisa Perbedaan Kemampuan Variasi Jumlah Tanaman Kayu Apu Terhadap Penyisihan TSS

Dari data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan uji menggunakan analisa statistik. Untuk menganalisa perbedaan kemampuan variasi tanaman kayu digunakan Uji One Way Anova menggunakan Software SPSS. Adapun sebelum dilakukan uji Anova, terlebih dahulu dilakukan Uji Normalitas dan Homogenitas sebagai syarat untuk Uji Anova.

A. Uji Normalitas Shapiro Wilk

Uji normalitas ini bertujuan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal

Tabel 4.10 Uji Normalitas TSS

	Reaktor	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai TSS	Reaktor 1	,224	9	,200*	,892	9	,211
	Reaktor 2	,202	9	,200*	,894	9	,221
	Reaktor 3	,202	9	,200*	,880	9	,156

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Dari hasil output tersebut diatas menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah >0,05 yang aritnya semua data yang digunakan berdistribusi normal dan dapat dilanjut pada uji homogenitas

B. Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan syarat kedua untuk dilakukannya uji Anova. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan

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

homogen atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data homogen
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka data tidak homogen

Tabel 4.11 Uji Homogenitas TSS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,017	2	24	,983

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan output SPSS "Test Homogenity of Variance" menunjukkan bahwa nilai Sig atau nilai probabilitas semua variabel penelitian adalah > 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa varian ketiga kelompok perlakuan yang dibandingkan adalah homogen sehingga asumsi homogenitas dalam uji one way anova terpenuhi. Jika tes normalitas dan homogenitas sudah terpenuhi selanjutnya dilakukan Uji Anova.

C. Uji One Way Anova

Uji Anova Satu Arah (One Way Anova) adalah Jenis Uji Statistika Parametrik yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara lebih dari dua grup sampel. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas menurut Raharjo (2018), adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau H0 diterima
2. Jika nilai Sig < 0,05 maka terdapat perbedaan signifikan atau H1 diterima

Tabel 4.12 Uji One Way Anova TSS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1776,222	2	888,111	,076	,927
Within Groups	280332,444	24	11680,519		
Total	282108,667	26			

Sumber : Hasil Analisis, 2020

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

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai Sig. > 0,05 yang artinya H0 diterima atau tidak terdapat perbedaan signifikan pada penggunaan variasi jumlah tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar TSS. Hal ini dapat sebabkan oleh penggunaan variasi jumlah tanaman yang sedikit serta hasil yang didapatkan tidak terdapat perbedaan yang jauh dri ketiga perlakuan tanaman. Meskipun begitu, dapat dilihat dari uji removal TSS yang menunjukkan penurunan paling tinggi terjadi pada variasi 10 dan 20 tanaman dengan hasil 178 mg/L dibandingkan dengan perlakuan tanpa tanaman. Selain itu efisiensi removal yang mencapai 63,82% menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu memiliki peran dalam penurunan TSS.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2020) yang hasil Anova nya menunjukkan nilai Sig. sebesar 0,309 yang artinya lebih besar dari 0,05 sehingga tidak ada perbedaan signifikan pada pada penggunaan variasi jumlah tanaman yang digunakan. Hal ini menurut peneliti dapat disebabkan oleh hasil TSS yang memang tidak terdapat perbedaan yang jauh pada masing-masing variasi jumlah tanaman yang digunakan. Hasil ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Fachrurozi (2010) yang nilai Anova untuk TSS nya menunjukkan 0,000 yang artinya lebih kecil dari 0,05 sehingga ada perbedaan signifikan pada penelitian tersebut. Hal itu dapat disebabkan oleh penelitian yang dilakukan menggunakan banyak variasi jumlah tanaman hingga 10 variasi jumlah tanaman yang berbeda dengan waktu kontak yang berbeda-beda sehingga data yang dihasilkan pun lebih banyak.

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
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Kemampuan tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dapat dilihat pada perlakuan 10 tanaman yang pada 12 hari penelitian mampu menurunkan masing-masing kadar BOD, COD, dan TSS hingga sebesar 67,59 mg/L, 88,5 mg/L, 178 mg/L, sedangkan pada perlakuan 20 tanaman yang selama 12 hari penelitian mampu menurunkan masing-masing kadar BOD, COD, dan TSS hingga sebesar 64,04 mg/L, 82,84 mg/L, dan 178 mg/L.
2. Efisiensi removal pada tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada perlakuan 10 tanaman masing-masing sebesar 62,03%, 56,13%, dan 63,82%, sedangkan pada perlakuan 20 tanaman masing-masing sebesar 64,02%, 58,93%, dan 63,82%.
3. Berdasarkan uji statistik menggunakan One Way Anova menunjukkan bahwa semua nilai signifikansi lebih besar dari galat yang ditentukan yaitu 0,05 yang artinya H0 diterima atau Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada penggunaan variasi jumlah tanaman kayu apu terhadap penyisihan konsentrasi BOD, COD, dan TSS. Meskipun begitu dari hasil uji removal yang juga telah memenuhi baku mutu psesuai peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 serta efisiensi removal menunjukkan bahwa tanaman kayu apu memiliki peran penting dalam penyisihan BOD, COD, dan TSS.

5.2 Saran

1. Pada penilitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi lama nya waktu dan jumlah tanaman.
2. Pada hasil penelitian ini, Kayu apu mampu mereduksi TSS namun belum mencapai baku mutu, oleh karena itu disarankan pada penelitian selanjutnya untuk mencoba metode atau sistem yang lain untuk mengetahui efektifitas tanaman kayu apu. Selain itu, pada penelitian selanjutnya untuk menguji TSS diharapkan peneliti dapat lebih berhati-hati dalam pengambilan sampel karena TSS yang dipengaruhi oleh gravitasi dan pergerakan 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

DAFTAR PUSTAKA

Adnand, M. (2019). Fitoremediasi Limbah Cair Industri Pengolahan Tempe Dengan Menggunakan Tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) Untuk Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) .

Agusriyanto. (2013). Model Produksi Bioetanol dari Limbah Keju menggunakan Kluyveromyces Marxianus. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol 2, No 3.

Aka, H. A. (2017). Penurunan Kadar Amonia dalam Limbah Cair Oleh Tanaman Air Typha Latifolia (Tanaman Obor). *Jurnal Ilmu Kebencanaan*, Vol. 4, No.3.

Alaerts, & Santika. (1987). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.

Anam, M. M., Kurniati, E., & Suharto, B. (2013). Penurunan Kandungan Logam Pb dan Dr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hyemale) dan Zeolit.

Artiyani, A. (2011). Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi Dengan Saccharomyces cerevisiae". *Thesis S-2 Jurusan Teknik Lingkungan*.

Belouchrani, A. S., Mameri, N., Abdi, N., Grib, H., Lounici, H., & Drouiche, N. (2016). *Phyoteremediation of soil contaminated with Zn Using Canola (Brassica napus L)*.

Bian, F., Zhong, Z., Zhang, X., Yang, C., & Gai, X. (2019). Bamboo - An untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal contaminated soils.

Caroline, J., & Moa, G. A. (2015). Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus palaefolius) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Jurnal ITATS*, 733 -744.

Charisma, W., Zaman, B., & Syafrudin. (2001). Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD dan Warna.

Easter, B., Yulianti, L. I., & Jati, A. W. (2017). Kemampuan Kayu Apu Dalam Meremediasi Air Tercemar Logam Berat (Fe). 1-9.

Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). PENGARUH VARIASI BIOMASSA Pistia stratiotes L. TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD, COD, DAN TSS

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

LIMBAH CAIR TAHU DI DUSUN KLERO SLEMAN YOGYAKARTA. *Jurnal KESMAS UAD*, 1-16.

Ghiovani, D. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (Pistia Stratiotes). *JURNAL TEKNIK ITS* , 1-5.

Green, & Dhobie. (1996). Removal of Bacteria in subsurface Flow Wetlands. *Elseiver Science*, 413.

Hejna, M., Pilu, S., Moscatelli, A., Stroppa, N., Onelli, E., Baldi, A., & Rossi, L. (2019). Bioaccumulation of heavy metals from wastewater through a Typha latifolia and Thelypteris palustris phytoremediation system.

Herlambang, P., & Hendriyanto, O. (2015). FITOREMEDIASI LIMBAH DETERJEN MENGGUNAKAN KAYU APU (PISTIA STRATIOTES L.) DAN GENJER (LIMNOCHARIS FLAVA L.) . *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 100-114.

Hernayati, & Proklamaningsih, E. (2008). Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Sebagai Upaya Untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 164-172.

Hibatullah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvina Molesta) Dengan Sistem Batch. 1-95.

Ibrahim, P. S. (2017). Efektivitas Dan Efisiensi Penyerapan Orthofosfat Pada Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu. *Journal of Agritech Science*, 1-10.

Imron. (2018). Perbaikan Kualitas Air Limbah Domestik dengan Fitoremediasi Menggunakan Kombinasi Beberapa Gulma Air: Studi Kasus Kolam Retensi Talang Aman Kota Palembang.

Irhamni. (2018). Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (Typha Latifolia, Enceng Gondok, Kiambang) dalam Menyerap Logam Berat. *Serambi Engineering*, 344-351.

Istighfari, S., Dermawan, D., & Mayangsari, N. E. (2018). Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia stratiotes) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah Laundry. 2-6.

Karnaningroem, A. A. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Foltrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*.

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

Madaniyah. (2016). Efektifitas Tanaman Air dalam Pembersihan Logam Berat Pada Air Asam Tambang. *IPB*.

Mahida. (1984). *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri.* Jakarta: Graha Ilmu.

Mangkoediharjo, S., & Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan.* Yogyakarta: Graha ilmu

Manjate, E., Ramos, S., & Almeida, C. M. (2019). Potential Interferences Of Microplastics In The Phytoremediation of Cd and Cu.

Mcgowan, G. (2014). Self Purification.

Metcalf, & Eddy. (1991). Wastewater and Engineering. *McGraw Hill International Engineering Singapore*.

Nabila, H. R. (2019). Biji Flamboyan Sebagai Biokuagulan Dalam Menurunkan Konsentrasi COD dan TSS Limbah Cair Industri Tempe.

Novita, E. (2019). KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PEMBUATAN TEMPE MENGGUNAKAN TIGA JENIS TANAMAN AIR. *Jurnal Agroteknologi*, 16-24.

Nurfitriana, F. (2019). FITOREMEDIASI AIR TERCEMAR TIMBAL (PB) MENGGUNAKAN TANAMAN APU-APU (PISTIA STRATIOTES) DENGAN SISTEM KONTINYU.

Nurhayati, Puput, S., & Sugito. (2011). Pengolahan Air Limbah Pabrik Tempe dengan Biofilter. *Jurnal Teknik Waktu*, 2-3.

Nurmitha, A., Samang, L., & Zubair, A. (2013). Fitoremediasi Pengolahan Air Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok.

Purnamawati, Y., Suyasa, B., & Mahardika. (2015). Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah Dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *Jurnal Ilmu Lingkungan* .

Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi.

Rahadian, R., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). EFISIENSI PENURUNAN COD DAN TSS DENGAN FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TANAMAN KAYU APU (Pistia stratiotes l.) Studi Kasus: Limbah Laundry . *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-8.

Raharjo, S. (2018). Cara Uji One Way Anova Parametrik dengan SPSS.

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

Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air Yang Tercemar Limbah Laundry Dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichornia cassipes) dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes). 153.

Ramadhan, A. F., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi Penyisihan BOD dan Phospat Pada Air Limbah Pencucian Pakaian (Laundry) Dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes). *Jurnal Teknik Lingkungan*.

Riyadi, S. (1984). *Pencemaran Air, Seri Lingkungan Dasar-dasar dan Pokok-Pokok Penanggulangan.* Surabaya: Karya Anda.

Ruhmawati, T. (2017). Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Pemukiman*, 25-32.

Said, & Heru. (1999). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob.* Jakarta: Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.

Sari, S. V., Narwati, & Hermiyanti, P. (2020). Pengaplikasian Kayu Apu (Pistia stratiotes L) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium Di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional (JKP)*, 1-14.

Singla, D. R. (2018). Phytoremedation potential of a wild species of a weed plant.

Soemirat. (1994). *Kesehatan Lingkungan.* Jakarta: Mutiara Sumber Widya.

Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta: UI Press.

Suryadi, Apriani, I., & Kadaria, U. (2017). Uji Tanaman Coontail (Ceratophyllum Demersum) Sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Cair Kopi. *Jurnal Teknik Lingkungan Lahan Basah*.

Titi, J. (2005). Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodiversitas*, 31-33.

Zulkifli. (2014). *Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan.* Jakarta: Salemba Teknika.

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