



**KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PEMBUATAN
TEMPE MENGGUNAKAN TIGA JENIS TANAMAN AIR**

SKRIPSI

Oleh

**Agnesa Arunggi G.H
NIM 141710201102**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PEMBUATAN
TEMPE MENGGUNAKAN TIGA JENIS TANAMAN AIR**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

Agnesa Arunggi G.H
NIM 141710201102

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibunda Dra Suhartatik dan Ayahanda Ir. Sony Hermawan yang tercinta serta adik-adikku tersayang Zaat Safira Aviva dan Khayla Amira B.M
2. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
3. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

Be grateful for what you already have while you pursue your goals.
If you aren't grateful for what you already have, what makes you think you would
be happy with more.

(Roy T. Bennett, *The Light in the Heart* *)



*) Roy T. Bennett. 2016. *The Light in the Heart: Inspirational Thoughts for Living Your Best Life*. Kindle e-book.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agnesa Arunggi G.H

NIM : 141710201102

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Data-data penelitian yang terdapat pada karya tulis ilmiah ini dapat digunakan untuk kepentingan publikasi dan sepenuhnya milik lab Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) FTP Unej. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2018

Yang menyatakan,

Agnesa Arunggi G.H

NIM 141710201102

SKRIPSI

**KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PEMBUATAN
TEMPE MENGGUNAKAN TIGA JENIS TANAMAN AIR**

Oleh

Agnesa Arunggi G.H

NIM 141710201102

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Komparasi Proses Bioremediasi Pada Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Tanaman Air ” karya Agnesa Arunggi Gaumanda Hermawan telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 31 Mei 2018

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.
NIP 197311301999032002

Dr. Sri Wahyuningsih, S.TP.,M.T.
NIP 197211301999032002

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Dr. Idah Andriyani, S.TP., M.T.
NIP 197603212002122001

Dr. Retno Wimbaningrum M.Si.
NIP 196605171993022001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng
NIP 1968809231994031009

RINGKASAN

Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Tanaman Air; Agnesa Arunggi G.H, 141710201102; 2018; 59 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Industri tempe di Indonesia didominasi oleh industri rumahan (*home industry*) yang masih menggunakan teknologi yang sederhana dalam pembuatannya. Limbah yang dihasilkan dari industri rumahan pembuatan tempe biasanya langsung dibuang ke lingkungan. Limbah pembuatan tempe dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat-zat organik. Sisa bahan organik yang tidak terurai secara aerob akan diuraikan oleh bakteri anaerob, sehingga akan tercium bau busuk. Salah satu teknologi untuk mereduksi konsentrasi polutan dalam limbah cair adalah melalui fitoremediasi. Metode pengolahan limbah dengan teknologi fitoremediasi tidak membutuhkan biaya operasional yang tinggi dan cukup ekonomis dibandingkan dengan metode pengolahan limbah yang lain sebab metode ini menggunakan tanaman sebagai remediatornya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi tanaman yang terbaik dalam menurunkan kandungan variabel kualitas air seperti BOD, COD, TSS, pH, kekeruhan dan N pada limbah cair pembuatan tempe dengan menggunakan tanaman Eceng gondok (*Eichhornia* sp.), Kangkung Air (*Ipomea* sp.) dan Kiambang (*Pistia* sp.) Penelitian ini dilakukan berdasarkan skala lab, menggunakan akuarium dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25 cm. Penelitian ini memiliki empat perlakuan yaitu perlakuan kontrol (Ko) perlakuan menggunakan Eceng gondok (Eg) perlakuan menggunakan Kiambang (Ki) dan perlakuan menggunakan Kangkung Air (Ka). Setiap perlakuan menggunakan limbah cair 10 liter dan berat tanaman 300 gram. Limbah cair yang digunakan yaitu limbah cair hasil perebusan dan perendaman kedelai dengan perbandingan 1:1. Data hasil percobaan yang di dapat dari masing-masing penurunan dianalisis nilai efisiensinya menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Eceng gondok (*Eichhornia* sp.) memiliki kemampuan penurunan parameter kualitas air yang paling efisien dengan nilai efisiensi pada masing-masing parameter yaitu kekeruhan 85,03%; TSS 66,44%; COD 59,11%; BOD 77,91% dan N 61,77%.

SUMMARY

Comparison Phytoremediation Process Of Tempe Waste Water Using Three Types Of Water Plants; Agnesa Arungi G.H, 141710201102; 2018; 57 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; Jember University.

Tempe Industry in Indonesia are dominated with home industry that still using simple technology. The waste water that produced from tempe industry usually thrown away directly into environment. Tempe waste water can decrease the concentration of dissolved oxygen in water. This is very harmful to the life of the aquatic organism. The rest of the aerobically unorganized organic material will be broken down by anaerobic bacteria so it would cause foul odor. The phytoremediation waste treatment method does not require high operational costs and quite economical compared to other waste treatment methods because this method uses the plant as remediator. The aim of this research was to know the best treatment to decrease parameter of water quality such as BOD, COD, TSS, pH, turbidity and N of tempe waste water by Water hyacinth (*Eichhornia* sp.), Water spinach (*Ipomea* sp.) and Water lettuce (*Pistia* sp.) The method of this research was laboratory experiment scale used aquarium with length 40 cm, width 15 cm and tall 25 cm to each of treatment and has 3 replications. This research has four treatment such as control treatment (Ko), Water hyacinth treatment (Eg), Water lettuce treatment (Ki) and Water spinach treatment (Ka). Each of Treatment using 10 liter of tempe waste water and the density of the plant are 300 gram. Waste water that use for this research are from waste water from boiling process and soaking soybean with a ratio 1:1. The data of parameter water quality analyzed by descriptive analyze to knowing each of treatment that has highest efficiency to decrease variable water quality. The result showed that Water hyacinth (*Eichhornia* sp.), was the best treatment in decreasing water quality parameter in tempe waste water with efficiency value in each parameter like turbidity 85,03%; TSS 66,44%; COD 59,11%; BOD 77,91% and N 61,77%.

PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Tanaman Air”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Heru Ernanda, M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
5. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
7. Kedua orang tua saya, Ayahanda Ir Sony Herawan dan Ibunda Dra Suhartatik tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa setiap waktu;
8. Teman-teman satu tim penelitian kualitas air 2014 Ega, Uswa, Nanik, Amel dan Vori, terimakasih bantuan dan kerjasamanya;

9. Teman-temanku TEP-C dan teman seangkatan 2014 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Proses Pembuatan Tempe	4
2.2 Penanganan Limbah Cair Pembuatan Tempe	8
2.2.1 Metode Penanganan Limbah Secara Fisika	9
2.2.2 Metode Penanganan Limbah Secara Kimia.....	9
2.2.3 Metode Penanganan Limbah Secara Biologi.....	9
2.3 Fitoremediasi	10
2.3.1 Eceng Gondok.....	11
2.3.2 Kiambang.....	12

2.3.3 Kangkung Air	13
2.4 Aerasi	14
2.5 Pengukuran Parameter Limbah Cair	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.2.1 Alat	16
3.2.2 Bahan	16
3.3 Diagram Alir Penelitian	17
3.4 Tahapan Penelitian	18
3.4.1 Studi Literatur	18
3.4.2 Perancangan Akuarium.....	18
3.4.3 Aklimatisasi	18
3.4.4 Fitoremediasi Eceng gondok Kiambang dan Kangkung Air	19
3.4.5 Pengukuran Variabel Kualitas Air	19
3.4.6 Analisis Data.....	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Limbah Cair Pembuatan Tempe	25
4.2 Karakteristik Limbah Cair Pembuatan Tempe	26
4.3 Karakteristik Tanaman Fitoremediasi	27
4.3.1 Eceng Gondok.....	27
4.3.2 Kiambang	30
4.3.3 Kangkung Air	32
4.4 Variabel Kualitas Air	36
4.4.1 Pengukuran Variabel Fisika	36
4.4.2 Pengukuran Variabel Kimia.....	41
4.4.3 Analisis Nilai Efisiensi Variabel Kualitas Air	48
BAB 5. PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

LAMPIRAN..... 54



DAFTAR TABEL

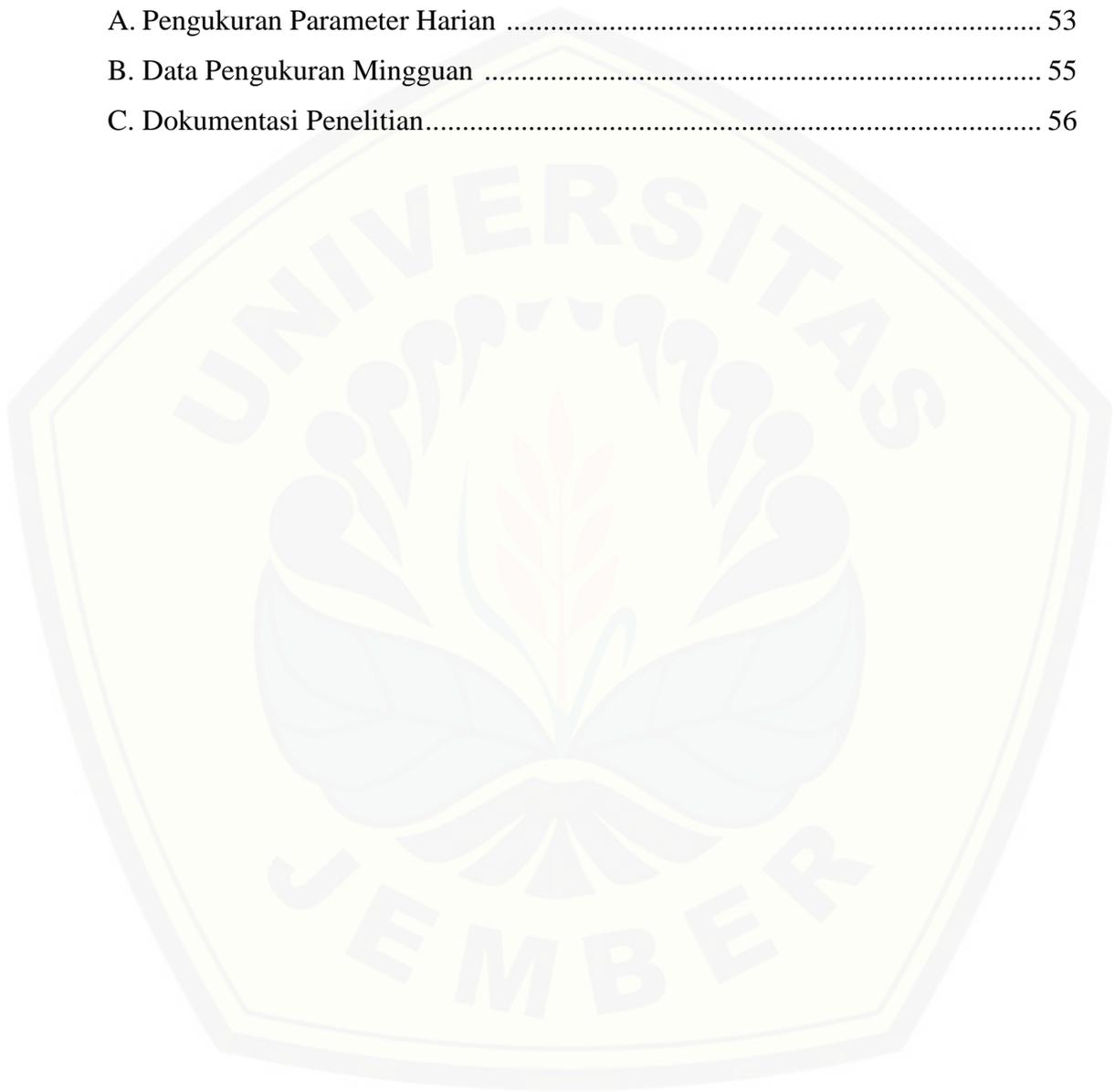
	Halaman
2.1 Baku mutu limbah cair industri pembuatan tempe	8
2.2 Baku mutu air limbah industri pengolahan kedelai menjadi tempe	9
4.1 Karakteristik limbah cair pembuatan tempe	25
4.2 Kondisi warna dan jumlah daun Eceng gondok.....	28
4.3 Kondisi warna dan jumlah daun Kiambang	31
4.4 Kondisi warna dan jumlah daun Kangkung Air.....	33
4.5 Perhitungan penurunan nilai kekeruhan setiap perlakuan.....	37
4.6 Perhitungan penurunan nilai TSS setiap perlakuan	39
4.7 Tabel perubahan nilai COD	43
4.8 Tabel perubahan nilai BOD	45
4.9 Tabel penurunan nilai N.....	46
4.10 Tabel nilai efisiensi penurunan setiap parameter	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Proses pembuatan tempe	4
2.2 Eceng gondok	11
2.3 Kiambang	12
2.4 Kangkung Air	13
3.1 Diagram alir penelitian	17
3.2 Rancangan akuarium Fitoremediasi	18
4.1 Diagram alir proses pembuatan tempe	25
4.2 Tanaman Eceng gondok yang digunakan selama fitoremediasi	28
4.4 Tanaman Kiambang yang digunakan selama fitoremediasi	30
4.5 Tanaman Kangkung Air yang digunakan selama fitoremediasi	33
4.6 Grafik perbandingan perubahan jumlah daun pada perlakuan Eg, Ki, Ka.....	35
4.7 Kondisi tanaman pada perlakuan Eg, Ki, Ka pada hari ke 1.....	36
4.8 Kondisi tanaman pada perlakuan Eg, Ki, Ka pada Hari ke 8.....	36
4.9 Grafik penurunan nilai kekeruhan	37
4.10 Diagram efisiensi penurunan kekeruhan.....	37
4.11 Grafik penurunan nilai TSS	38
4.12 Diagram efisiensi penurunan TSS	39
4.13 Grafik perubahan pH	41
4.14 Diagram efisiensi penurunan COD	43
4.15 Diagram efisiensi penurunan BOD	44
4.16 Diagram efisiensi penurunan N.....	46
4.17 Diagram efisiensi penurunan setiap parameter	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Pengukuran Parameter Harian	53
B. Data Pengukuran Mingguan	55
C. Dokumentasi Penelitian.....	56



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tempe di Indonesia didominasi oleh industri rumahan (*home industry*) yang masih menggunakan teknologi yang sederhana dalam pembuatannya. Limbah yang dihasilkan dari industri rumahan pembuatan tempe biasanya langsung dibuang ke lingkungan. Limbah pembuatan tempe dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat-zat organik. Sisa bahan organik yang tidak terurai secara aerob akan diuraikan oleh bakteri anaerob, sehingga akan tercium bau busuk (BSN, 2012).

Salah satu teknologi untuk mereduksi konsentrasi polutan dalam limbah cair adalah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah metode pengolahan limbah cair dengan tanaman sebagai remediatornya. Hal tersebut membuat metode pengolahan limbah menggunakan fitoremediasi tidak membutuhkan biaya operasional yang tinggi dan cukup ekonomis dibandingkan dengan metode pengolahan limbah yang lain. Salah satu fungsi dari fitoremediasi adalah menurunkan kadar polutan atau zat-zat berbahaya yang ada di dalam limbah cair melalui penyerapan, pendegradasian, transformasi logam berat dan senyawa organik oleh tanaman serta penguraian oleh mikroorganisme. Dalam proses tersebut mikroorganisme aerob juga mengkonsumsi oksigen terlarut untuk menguraikan senyawa-senyawa organik yang ada di dalam limbah.

Penambahan kadar oksigen dengan proses aerasi dan penetralan pH limbah pada proses fitoremediasi perlu dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut yang ada di dalam limbah cair sehingga kebutuhan oksigen terlarut oleh mikroorganisme bisa tercukupi dalam proses reaksi biokimia. Ketersediaan oksigen ini berguna untuk membantu mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik. Adanya proses aerasi ini dapat menyuplai oksigen secara kontinyu sehingga mampu untuk menangani kondisi air limbah yang beban pencemarannya berlebihan. Penetralan pH limbah cair pada proses

fitoremediasi akan membantu mikroorganisme dalam melakukan metabolisme yang baik dan mampu menguraikan polutan pada limbah cair (Laksmi et al., 1993:74).

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dan mikroorganisme terkait untuk mereduksi kandungan limbah (Hartanti *et al.*, 2013). Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi juga sangat bermacam macam. Tanaman tersebut harus memiliki karakteristik yang mampu menyerap polutan yang terdapat di dalam limbah. Hal ini perlu diperhatikan dalam pemilihan tanaman fitoremediasi.

Beberapa tanaman yang mampu mengurangi zat polutan yang terdapat pada limbah cair adalah Kiambang (*Pistia* sp.), Kangkung Air (*Ipomea* sp.) dan Eceng gondok (*Eichhornia* sp), menurut (Komala, 2015) tanaman Kiambang mampu menurunkan kadar COD sebesar 87,10% dan kadar TSS sebesar 98,46% pada limbah cair tahu. Menurut (Natalina, 2013) tanaman Kangkung Air dapat menurunkan kadar COD sebesar 86,2%, kadar BOD sebesar 86,7%, dan kadar TSS sebesar 63,2% pada limbah cair tahu. Sedangkan untuk tanaman Eceng gondok menurut hasil penelitian Rukmawati (2015) menunjukkan bahwa Eceng gondok mampu menurunkan kadar COD sebesar 97,50%, BOD 97,50% dan kekeruhan 96,15% pada limbah cair kopi. Dengan demikian ketiga tanaman ini memiliki potensi untuk mengurangi kadar pencemaran pada limbah cair pembuatan tempe. Selain itu ketiga tanaman tersebut mudah ditemukan dan dikembangbiakan sehingga sangat cocok jika dijadikan alternatif sebagai tanaman fitoremediasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana perbandingan efisiensi tiga tanaman (Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air) pada pengolahan limbah cair pembuatan tempe?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah, penelitian ini hanya dilakukan untuk mengetahui efisiensi pada tiga tanaman air yang telah ditentukan dengan parameter kekeruhan, TSS, pH, COD, BOD dan N. Limbah cair yang digunakan adalah limbah campuran hasil perebusan dan perendaman kedelai yang berasal dari *home industry* tempe Sumber Mas di Jalan Cilliwung Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Kondisi pH yang digunakan pada penelitian ini adalah pH netral (7,0) limbah cair pembuatan tempe.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi penurunan konsentrasi polutan selama proses fitoremediasi menggunakan tanaman Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air.
2. Menentukan nilai efisiensi dari penurunan nilai parameter kualitas air seperti BOD, COD, N, pH, TSS, dan Kekeruhan limbah cair pembuatan tempe selama proses fitoremediasi menggunakan tanaman Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air.
3. Membandingkan nilai efisiensi penurunan nilai parameter kualitas air setelah proses fitoremediasi menggunakan Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air.

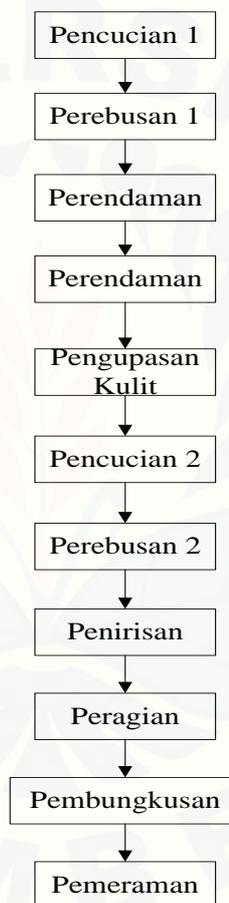
1.5 Manfaat

Hasil penelitian komparasi kemampuan penurunan kadar limbah tanaman fitoremediasi limbah cair pembuatan tempe diharapkan dapat member kajian ilmiah pada pemilihan tanaman menggunakan metode Fitoremediasi dan dapat membantu masyarakat dan pihak pihak tertentu yang bergelut di bidang pembuatan tempe untuk menentukan tanaman yang cocok untuk menurunkan zat polutan limbah cair pengolahan tempe sehingga mutu lingkungan dapat terjaga.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan Tempe

Proses pembuatan tempe pada dasarnya terdiri dari 2 bagian besar, yaitu proses pemasakan kedelai dan dilanjutkan dengan proses fermentasi. Adapun tahapan tahapan dari pembuatan tempe seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut (BSN, 2012).



Gambar 2.1 Proses pembuatan tempe (Sumber: BSN, 2012)

Diagram alir pembuatan tempe (Gambar 2.1) terdapat dua kali pencucian yaitu pencucian pertama yang bertujuan untuk adalah menghilangkan kotoran yang melekat atau bercampur dengan biji kedelai, dan pencucian kedua bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang masih ada dan kulit kedelai yang terkelupas. Proses pembuatan tempe juga memerlukan dua kali perebusan dimana Perebusan pertama bertujuan untuk melunakkan biji kedelai untuk proses selanjutnya,

sedangkan Perebusan kedua bertujuan untuk menghilangkan bau, menambah rasa, dan membunuh bakteri yang mungkin tumbuh selama proses perendaman (BSN, 2012).

Berdasarkan Gambar 2.1 di atas maka berikut penjelasan tiap-tiap proses pembuatan tempe kedelai (BSN, 2012).

a. Pencucian pertama

Pencucian kedelai dilakukan untuk membersihkan kedelai dari kotoran dan debu yang menempel, memisahkan kulit, sekaligus penyortiran biji kedelai. Kedelai yang rusak atau tidak ada isinya biasanya akan mengambang. Kedelai tersebut tidak digunakan dan akan dibuang. Proses pencucian menghasilkan limbah cair berupa air yang digunakan pada proses pencucian dan limbah padat yang berupa kedelai yang rusak.

b. Perebusan pertama

Perebusan pertama dilakukan untuk membuat kedelai matang. Perebusan biasanya dilakukan menggunakan panci atau drum besar. Biasanya kedelai direbus selama ± 4 jam. Proses perebusan pertama menghasilkan limbah cair dari air yang digunakan dalam proses perebusan.

c. Penggilingan

Penggilingan bertujuan untuk memecah biji kedelai dan membuat kulit kedelai terkelupas dari bijinya. Penggilingan bisa dilakukan dengan mesin penggiling maupun dengan cara manual yaitu dengan cara digilas dengan kaki. Penggilingan dengan menggunakan mesin biasanya memakan waktu 1 hingga 1,5 jam per 100 kg kedelai.

d. Pencucian kedua

Pencucian kedua biasanya dilakukan bersamaan dengan penggilingan. Hal tersebut dilakukan untuk memudahkan kedelai masuk ke dalam mesin penggiling sekaligus memisahkan kulit kedelai. Kulit kedelai yang sudah terpisah dari biji akan mengambang di permukaan air untuk segera dibuang. Selain itu pencucian juga bertujuan untuk menghilangkan bau khas kedelai yang biasanya tidak disukai oleh konsumen. Proses pencucian kedua ini limbah yang dihasilkan adalah limbah

cair berupa air yang digunakan pada proses pencucian dan limbah padat berupa kedelai yang rusak.

e. Perendaman

Perendaman kedelai ini akan menyebabkan kedelai mengembang. Setelah semalaman dilakukan perendaman kedelai, air rendaman kemudian dibuang sebagai limbah cair. Air bekas rendaman kedelai ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan dengan air yang sudah digunakan saat proses pencucian dan perebusan kedelai.

f. Perebusan kedua

Proses perebusan kedelai yang kedua bertujuan untuk menghilangkan bau dan bakteri lain yang bisa mengganggu proses fermentasi. Bau dan bakteri ini biasanya timbul ketika perendaman. Proses perebusan dilakukan sampai air mendidih, kemudian kedelai dibiarkan selama ± 15 menit hingga kuman dan bakteri mati oleh panas. Proses perebusan kedua menghasilkan limbah cair dari air yang digunakan dalam proses perebusan kedua.

g. Penirisan

Penirisan dilakukan menggunakan serokan. Penirisan ini bertujuan untuk mengambil kacang kedelai tanpa air rebusannya.

h. Pendinginan

Kedelai yang sudah ditiriskan akan dihamparkan tipis-tipis dalam tampah. Hal tersebut bertujuan untuk membuat kedelai cepat dingin karena saat Peragian kedelai saat masih panas akan membuat kapang mati sehingga tempe tidak akan jadi.

i. Peragian

Peragian bertujuan untuk membuat kedelai menjadi tempe. Ragi tempe bertugas untuk melakukan fermentasi kedelai. Peragian dilakukan setelah kedelai kering dan masih dalam keadaan hangat. Kedelai yang masih dalam keadaan terlalu panas akan mematikan kapang, sedangkan kedelai yang terlalu dingin akan menghambat pertumbuhan kapang. Ragi yang dibutuhkan dalam pembuatan tempe adalah sebanyak 2% dari kedelai yang dimasak. Teknik pemberian ragi

dilakukan dengan cara menaburkan ragi secara merata di atas kedelai, kemudian kedelai diaduk atau dibolak-balik hingga ragi tercampur merata.

j. Pencetakan

Pencetakan biasanya menggunakan plastik, daun pisang atau daun jati. Pencetakan kedelai dengan plastik dilakukan dengan mengisikan kedelai ke dalam kantong plastik. Kedelai diisikan ke dalam plastik hingga terisi setengahnya, kemudian plastik direbahkan dan kedelai diratakan sampai plastik membentuk lempengan. Pencetakan kedelai menggunakan daun pisang atau daun jati dilakukan dengan cara meletakkan kedelai yang sudah beragi ke dalam daun kemudian dibungkus. Hal yang perlu diperhatikan dalam pencetakan adalah plastik atau daun yang digunakan sebaiknya dilubangi terlebih dahulu agar kapang mendapatkan udara untuk melakukan fermentasi dan tempe berwarna putih.

k. Fermentasi

Fermentasi biasanya dilakukan dengan cara pemeraman. Pemeraman kedelai dilakukan selama 24 jam. Pemeraman kedelai dilakukan dalam suhu yang hangat supaya kapang atau ragi tempe bekerja dengan maksimal. Perajin tempe biasanya melakukan pemeraman kedelai menggunakan rak-rak kayu dan ditutupi dengan karung goni. Setelah 3 sampai 5 jam dilakukan pemeraman, apabila bungkus kedelai dipegang terasa hangat tandanya proses fermentasi sedang berlangsung, namun apabila terasa dingin tandanya proses fermentasi yang dilakukan gagal. Setelah proses fermentasi berlangsung 24 jam maka kedelai akan menjadi tempe dan siap dijual.

Proses pembuatan tempe memerlukan banyak air yang digunakan untuk perendaman, perebusan, pencucian serta pengupasan kulit kedelai. Limbah yang diperoleh dari proses tersebut dapat berupa limbah cair maupun limbah padat. Sebagian besar limbah padat yang berasal dari kulit kedelai, kedelai yang rusak dan mengambang pada proses pencucian serta lembaga yang lepas pada waktu pelepasan kulit, sudah banyak yang dimanfaatkan untuk makanan ternak. Limbah cair berupa air bekas proses rendaman, pencucian, serta pengupasan kulit biasanya dibuang begitu saja di lingkungan.

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Mutu air limbah adalah kondisi kualitas air limbah yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang terdapat pada air limbah yang akan dibuang ke lingkungan (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2013). Baku mutu limbah cair industri pembuatan tempe disajikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair industri pembuatan tempe

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	6,0 – 9,0
TSS	100
BOD	150
COD	300

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2014)

Pengolahan kedelai yang besar berdampak pada volume limbah cair yang semakin banyak pula. Industri pembuatan tempe kedelai menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, perebusan, dan perendaman. Kebutuhan air pada proses perebusan dan perendaman kedelai sekitar 3 liter per kilogram kedelai yang diolah (Herlambang, 2001).

Limbah cair yang berpotensi besar meningkatkan pencemaran adalah limbah cair dari proses perebusan dan perendaman kedelai. Dampak lingkungan yang terjadi dengan meningkatnya BOD dan COD adalah pengurangan oksigen di perairan. Pengurangan oksigen terlarut menyebabkan permintaan oksigen untuk menguraikan material organik lebih banyak dari yang tersedia sehingga menyebabkan kondisi anaerobik. Kondisi ini dapat menyebabkan bau, terganggunya kehidupan makhluk yang berada di air, dan masalah kesehatan jika air meresap ke sumber air minum (Sariadi, 2011).

2.2 Penanganan Limbah Cair Pembuatan Tempe

Penanganan limbah cair merupakan suatu proses penurunan konsentrasi bahan pencemar yang terkandung pada limbah cair tersebut sampai pada tingkat kualitas tertentu yang diinginkan. Menurut Ditjen P2PL (2011) secara umum terdapat tiga metode dalam penanganan limbah yaitu metode secara fisik, kimia, dan biologi.

2.2.1 Metode Penanganan Limbah secara Fisika

Menurut Ditjen P2PL (2011) metode penanganan limbah cair secara fisika merupakan penanganan limbah primer dimana penanganan ini memiliki beberapa proses yaitu

1. Proses penyaringan (*screening*), yaitu proses menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar dan mudah mengendap.
2. Proses flotasi, yaitu proses menyisihkan bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses berikutnya.
3. Proses filtrasi, yaitu proses menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air atau menyumbat membran yang akan digunakan dalam proses osmosis.
4. Proses adsorpsi, yaitu proses menyisihkan senyawa anorganik dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut, biasanya menggunakan karbon aktif.
5. Proses *reverse osmosis* (teknologi membran), yaitu proses yang dilakukan untuk memanfaatkan kembali air limbah yang telah diolah sebelumnya dengan beberapa tahap proses kegiatan. Biasanya teknologi ini diaplikasikan untuk unit pengolahan kecil dan teknologi ini termasuk mahal.

2.2.2 Metode Penanganan Limbah Secara Kimia

Metode penanganan limbah secara kimia yaitu pengolahan air buangan yang dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan menambahkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Metode kimia dibedakan atas metode nondegradatif misalnya koagulasi dan metode degradatif misalnya

oksidasi polutan organik dengan pereaksi lemon, degradasi polutan organik dengan sinar ultraviolet dan lain lain.

2.2.3 Metode Penanganan Limbah Secara Biologi

Menurut Suharto (2010) metode penanganan limbah secara biologi merupakan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan organisme alami untuk menghilangkan polutan baik secara aerobik maupun anaerobik. Pengolahan ini dianggap sebagai cara yang murah dan efisien. Beberapa cara penanganan limbah secara biologi antara lain dengan cara aerobik (bioetanol), anaerobik (biogas), bioremediasi, fitoremediasi dan lain lain.

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan salah satu tindakan untuk mereduksi pencemaran dengan tanaman hijau untuk memindahkan, menyerap, dan mengakumulasi serta mengubah polutan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya (Arsyad dan Rustiadi, 2008: 28). Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan sebagai berikut.

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*); akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengedepankan presipitat polutan dalam zona akar.
2. Fitoekstraksi (*phytoextraction*); akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditransfer ke dalam organ tumbuhan.
3. Rizhofiltrasi (*rizhofiltration*); akar tumbuhan mengadsorpsi pada zona akar atau menyerap larutan disekitar akar kedalam akar.
4. Fitodegradasi (*phytodegradation*); organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap memalui proses metabolisme tumbuhan.
5. Rizodegradasi (*rizhodegradation*); proses penguraian bahan organik oleh mikroba.
6. Fitovolatilisasi (*phytovolatilization*); penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer.

Keunggulan metode fitoremediasi dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah yang lain adalah proses yang sifatnya alami menggunakan media tumbuhan mengakibatkan biaya yang dikeluarkan untuk metode ini

cenderung ekonomis, dan tahapan proses yang dilakukan cukup sederhana. Metode fitoremediasi ini menggunakan kolam buatan dimana limbah akan dialirkan ke dalam kolam buatan yang telah berisi tanaman air yang mampu menurunkan konsentrasi limbah. (EPA, 2012).

Menurut Rondonuwu (2014), fitoremediasi merupakan sistem penanganan limbah menggunakan tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media yang dapat mengubah zat berbahaya menjadi kurang atau tidak berbahaya bagi lingkungan. Sifat hipertoleran terhadap logam berat mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan. Tanaman *Typha angustifolia*, Eceng gondok, *Nelubium nelumbo*, Kangkung Air, dan *Hydrilla verticillata* dapat digunakan sebagai fitoremediator dalam mereduksi merkuri dengan persentase penurunan yaitu 84,18%; 81,19%; 80,78%; 83,84%; dan 83,96%. Menurut Komala (2015) fitoremediasi menggunakan tanaman Kiambang mampu menurunkan kadar COD sebesar 87,10% dan kadar TSS sebesar 98,46% pada limbah cair tahu. Menurut Natalina (2013) fitoremediasi menggunakan tanaman Kangkung Air dapat menurunkan kadar COD sebesar 86,2%, kadar BOD sebesar 86,7%, dan kadar TSS sebesar 63,2% pada limbah cair tahu. Sedangkan fitoremediasi menggunakan tanaman Eceng gondok menurut hasil penelitian Rukmawati (2015) menunjukkan bahwa Eceng gondok mampu menurunkan kadar COD sebesar 97,50%, BOD 97,50% dan kekeruhan 96,15% pada limbah cair kopi.

2.3.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah salah satu tumbuhan air yang mempunyai pertumbuhan cepat, sering merusak lingkungan danau dan sungai, dapat menyumbat saluran irigasi, dan mencemari areal penangkapan ikan. Eceng gondok termasuk dalam divisio *embriophyta siphonogama*, sub-divisio *Angiospermae*, kelas *Monocotyledone*, famili *Pantederiaceae* dan genus *Eichornia*. Tanaman Eceng gondok memiliki tinggi antara 0,4-0,8 m, batangnya berbuku pendek, mempunyai diameter 1-2,5 cm dan panjang batang mencapai 30 cm (Gambar 2.2) (Barton, 1951).



Gambar 2.2 Eceng gondok

Bagian tanaman Eceng gondok yang berperan dalam menyerap kandungan bahan pencemar di perairan adalah akar. Akar Eceng gondok menjadi tempat penyerapan bahan pencemar untuk dipergunakan dalam proses metabolisme (Felani dan Hamzah, 2007). Eceng gondok memiliki sifat yang baik dalam menyerap kadar polutan di dalam limbah cair. Penyerapan dan akumulasi zat polutan oleh tumbuhan dapat terjadi melalui biosorpsi oleh akar, translokasi dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi zat tersebut pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Suhendrayatna dkk., 2009). Syarat pertumbuhan Eceng gondok yang optimum adalah air yang dangkal, ruang tumbuh luas, air yang tenang, cukup unsur hara, dan pH antara 7,0-7,5. Eceng gondok mempunyai keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air. Selain itu Eceng gondok dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam air yang tercemar (Widyaningsih, 2007:20).

Menurut Setyorini (2015), Eceng gondok mampu hidup dalam air sumur dan aquades selama 30 hari. Menurut hasil penelitian Rukmawati (2015) menunjukkan bahwa Eceng gondok mampu menurunkan kadar COD sebesar 97,50%, BOD 97,50% dan kekeruhan 96,15% pada limbah cair kopi.

2.3.2 Kiambang

Kiambang (*Pistia stratiotes*) merupakan tumbuhan dari family Araceae (talas-talasan) dan satu-satunya anggota genus Pistia. Daunnya berwarna hijau atau hijau kebiruan dan berubah kekuningan saat tua dengan ujung membulat dan pangkal agak meruncing. Ukuran daun memiliki panjang sekitar 2-10 cm dengan lebar antara 2-6 cm. Tepi daun berlekuk-lekuk dan memiliki rambut tebal yang lembut pada permukaannya. Daun-daun tebal, kenyal, dan lembut, sepiintas membentuk pahatan seperti mahkota bunga mawar. Pertulangan daun sejajar. Daun-daun ini tersusun secara roset di dekat akar hingga membentuk bagian seperti batang tanaman (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Kiambang

Tanaman Kiambang memiliki akar panjang (hingga 80 cm) yang berwarna putih. Akar menggantung di bawah roset dan memiliki stolon. Rambut-rambut akar membentuk suatu struktur seperti keranjang yang dikelilingi gelembung udara, sehingga meningkatkan daya apung tumbuhan itu. Akar tanaman berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu (Yusuf, 2001).

Kiambang mampu menyerap polutan seperti logam berat, nutrisi anorganik, dan bahan peledak dari air limbah. (Dhir, 2009). Tanaman Kiambang mampu menurunkan kadar COD sebesar 87,10% dan kadar TSS sebesar 98,46% pada limbah cair tahu (Komala, 2015).

2.3.3 Kangkung Air

Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) memiliki bentuk daun yang panjangnya 5 - 15 cm dengan ujung daun agak tumpul dan berwarna hijau kelam. Batangnya yang panjang, berlubang, dan berair. Bentuk bunganya seperti corong dan berwarna putih kemerahan. Kangkung Air termasuk tanaman yang mampu melakukan adaptasi dengan baik pada kondisi tanah atau lingkungan dengan kisaran toleransi yang luas (Djukri 2005). Kangkung Air tumbuh merambat atau membelit di permukaan air seperti pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Kangkung Air

Tumbuhan ini kebanyakan tumbuh di daerah tropis dan subtropis, beberapa tumbuh di daerah sedang. Kangkung termasuk tumbuhan hidrofit yang sebagian tubuhnya di atas permukaan air dan akarnya tertanam di dasar air, mempunyai rongga udara dalam batang atau tangkai daun sehingga tidak tenggelam dalam air dan daun muncul ke permukaan air. Tanaman Kangkung Air dapat menurunkan kadar COD sebesar 86,2%, kadar BOD sebesar 86,7%, dan kadar TSS sebesar 63,2% pada limbah cair tahu (Natalina, 2013)

2.4 Aerasi

Salah satu fungsi dari fitoremediasi adalah menurunkan kadar polutan atau zat – zat berbahaya yang ada di dalam limbah cair melalui penyerapan, pendegradasian, transformasi logam berat dan senyawa organik oleh tanaman serta penguraian oleh mikroorganisme. Dalam proses tersebut mikroorganisme aerob juga mengkonsumsi oksigen terlarut untuk menguraikan senyawa senyawa

organik yang ada pada limbah. Penambahan kadar oksigen dengan proses aerasi pada proses fitoremediasi perlu dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut yang ada pada limbah cair sehingga kebutuhan oksigen terlarut mikroorganisme dapat tercukupi untuk reaksi biokimia. Ketersediaan oksigen terlarut ini berguna untuk membantu mikroorganisme menguraikan logam berat dan bahan organik.

Aerasi merupakan penambahan oksigen, sehingga konsentrasi zat pencemar akan hilang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur. Pada prakteknya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen kedalam air limbah yaitu dengan memasukkan udara ke dalam air limbah dan atau memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen (Sugiharto, 1987).

2.5 Variabel Pengukuran Limbah Cair

Variabel yang digunakan dalam pengukuran kualitas limbah cair tempa adalah sebagai berikut.

1. pH

pH (*puissance negative de H*) adalah suatu tingkatan untuk menyatakan derajat keasaman di dalam air. Perubahan pH di dalam air dapat berpengaruh terhadap aktivitas biota atau mikroorganisme yang ada di dalam air (Kordi dkk.,2007:46).

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan melalui konsentrasi ion hydrogen (H^+). Konsentrasi ion hidrogen yang baik adalah konsentrasi ion hidrogen dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan pH Meter (Alaerts dan Santika, 1984:48).

2. Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air yang disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air (Sugiharto, 1987:9).

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap. TSS terdiri atas partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. TSS dapat dinyatakan dengan satuan mg/l. Pengukuran TSS diukur berdasarkan berat kering partikel yang terperangkap pada filter, umumnya filter yang digunakan memiliki ukuran pori dengan diameter 0,45 μm . ((Kristanto, 2004:82).

4. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air (Kristanto, 2002:87). Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Alaerts dan Santika, 1984:159).

5. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987:6).

6. Nitrogen (N)

Unsur nitrogen dalam suatu limbah perlu diperhatikan karena unsur nitrogen dapat meningkatkan pertumbuhan alga dan tumbuhan. Kondisi tersebut mengakibatkan oksigen terlarut di dalam air berkurang sehingga dapat mengganggu kehidupan spesies makhluk hidup lain di dalam air. Nitrogen dalam air akan cepat berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak nitrogen. (Alaerts dan Santika 1987:184).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2017 sampai Desember 2017 di Laboratorium Kualitas Air, Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| a. Akuarium kaca | l. Oven |
| b. Jerigen 25 liter | m. Corong |
| c. Buret | n. Aerator |
| d. Cawan aluminium | o. Timbangan digital |
| e. Pipet suntik | p. Desikator |
| f. Pipet volumetrik 50 ml | q. Neraca analitik Ohaus |
| g. Kertas saring 0,45 μ m | r. pH meter Trans |
| h. Beaker glass 50 ml | s. Turbidimeter TN-100 |
| i. Erlenmeyer 1000 ml | t. Reaktor COD HI 839800 |
| j. Labu ukur 100 ml | u. Spektofotometer HI 83099 |
| k. Botol Winkler 150 ml | |

3.2.2 Bahan

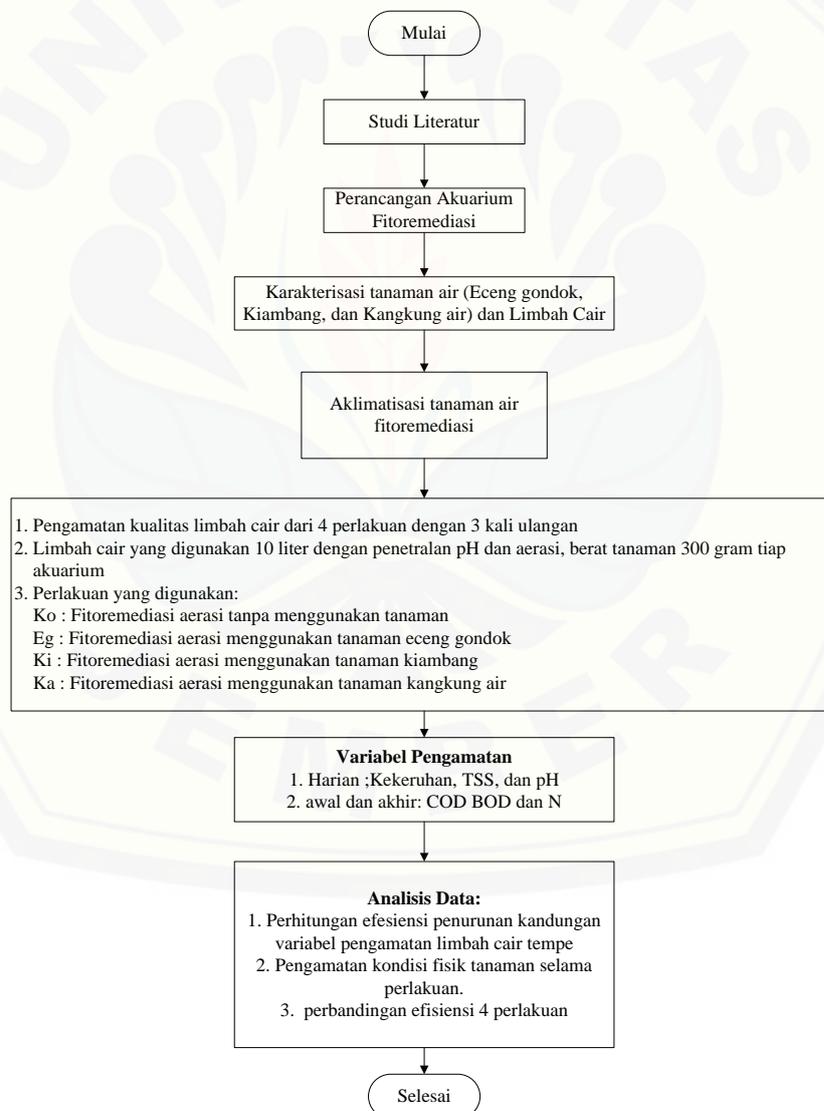
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Limbah cair pembuatan tempe dari proses perebusan dan perendaman kedelai yang diambil dari *home industry* Tempe Sumber Mas di Jalan Ciliwung, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember.
- Tanaman Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air yang diambil dari rawa-rawa Desa Gumukmas Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember.
- Reagent COD HR (*High Range*)
- Aquades
- Indikator amilum

- f. NaOH 50%
- g. Larutan $MnSO_4$ 36,4%
- h. Larutan H_2SO_4 pekat 98%
- i. Larutan Tiosulfat 0,025 N
- j. Larutan Alkali Iodida Azida 66%

3.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

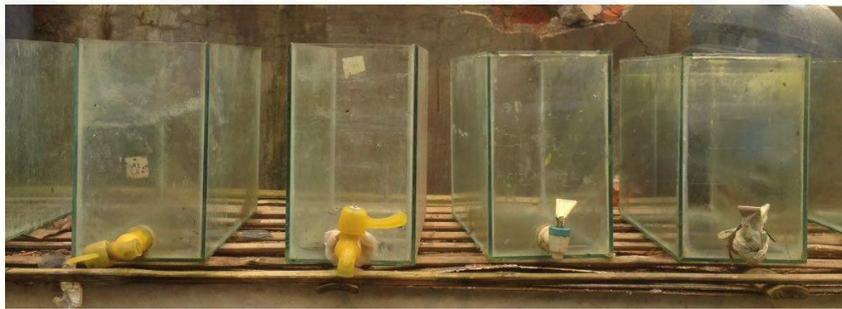
3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Persiapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur serta persiapan tempat, alat, dan bahan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi atau materi terkait dengan penelitian.

3.4.2 Perancangan akuarium fitoremediasi

Proses fitoremediasi bertujuan untuk mengurangi kadar zat pencemar yang terkandung dalam limbah cair dari proses filtrasi menggunakan tanaman. Akuarium fitoremediasi yang digunakan berukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25 cm untuk masing masing perlakuan. Hasil perancangan akuarium proses fitoremediasi disajikan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.2 Rancangan Akuarium Fitoremediasi

3.4.3 Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasi tanaman yang akan digunakan sebagai remediator dalam proses fitoremediasi aerasi sebelum digunakan. (Sugiharto, 1987). Aklimatisasi dilakukan pada tanaman fitoremediasi yaitu Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air sebelum digunakan untuk penelitian. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari pada masing masing tanaman fitoremediasi pada akuarium kaca menggunakan air bersih.

3.4.4 Fitoremediasi Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air

Penelitian utama ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi tanaman fitoremediasi, Eceng gondok, Kiambang dan Kangkung Air dalam menurunkan polutan limbah cair pembuatan tempe pada proses fitoremediasi aerasi. Fitoremediasi yang digunakan adalah fitoremediasi dengan system *batch*

Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan sebagai berikut.

1. Eg : Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman Eceng gondok.
2. Ki : Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman Kiambang.
3. Ka : Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman Kangkung Air.
4. Ko : Fitoremediasi aerasi tanpa menggunakan tanaman (Kontrol).

Penetralan pH limbah cair pembuatan tempe dilakukan sebelum digunakan dalam penelitian utama, hal ini dikarenakan penetralan pH limbah cair pada proses fitoremediasi akan membantu mikroorganisme dalam melakukan metabolisme yang baik dan mampu menguraikan zat polutan pada limbah cair (Laksmi et al., 1993:74).

Pada setiap perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan sehingga total akuarium yang digunakan adalah 12 buah. Limbah cair tempe hasil perebusan dan perendaman kedelai yang digunakan pada masing-masing 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.

3.4.5 Pengukuran variabel pengamatan

Pada penelitian ini digunakan beberapa variabel pengukuran kualitas limbah cair selama proses fitoremediasi. Pengukuran variabel kualitas air untuk parameter COD, BOD, dan N dilakukan pada awal dan akhir perlakuan proses fitoremediasi untuk mengetahui karakteristik awal dan akhir limbah cair. Sedangkan pengukuran parameter kekeruhan, TSS, dan pH, dilakukan setiap hari selama proses fitoremediasi. Proses pengamatan variabel kualitas air yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

a. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki suatu larutan (Effendi, 2003:73). Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter.

b. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan merupakan salah satu parameter kualitas air yang sangat penting. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik maupun anorganik yang terlarut maupun tersuspensi di dalam air (Effendi, 2003:60). Pengukuran kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter dengan satuan NTU.

c. *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri atas partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. TSS dapat dinyatakan dengan satuan mg/l (Kristanto, 2004:82). Menurut Alaerts dan Santika (1987), prosedur kerja pengukuran TSS adalah sebagai berikut.

- 1) Memanaskan kertas saring dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam.
- 2) Mendinginkan kertas saring dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang.
- 3) Mengulangi prosedur 1) dan 2) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- 4) Menyaring limbah cair pembuatan tempe sebanyak 10 ml menggunakan kertas saring yang sudah dipanaskan.
- 5) Memasukkan kertas saring yang sudah digunakan ke dalam oven untuk dipanaskan kembali pada suhu 105 °C selama 1 jam.
- 6) Mendinginkan kertas saring dalam desikator selama 15 menit kemudian ditimbang.
- 7) Mengulangi prosedur 5) dan 6) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- 8) Menghitung TSS menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

- TSS : Total padatan tersuspensi (mg/l)
 a : Berat kertas saring+residu (mg)
 b : Berat kertas saring (mg)
 c : Volume sampel air (ml)

d. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air (Kristanto, 2004:87). Menurut Alaerts dan Santika (1987), prosedur kerja pengukuran BOD adalah sebagai berikut.

- 1) Memasukkan sampel limbah cair ke dalam botol Winkler 300 ml.
- 2) Memasukkan aquadest ke dalam botol Winkler tanpa udara hingga penuh.
- 3) Menambahkan 2 ml larutan $MnSO_4$, kemudian mendinginkan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
- 4) Menambahkan 2 ml alkali iodida-azida, tutup botol Winkler dengan hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap.
- 5) Mengocok botol hingga gumpalan berwarna coklat terbentuk, kemudian mengendapkannya selama ± 10 menit.
- 6) Mengeluarkan larutan yang jernih menggunakan pipet volumetrik sebanyak ± 100 ml ke dalam erlenmeyer.
- 7) Menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat pada sisa larutan yang mengendap dalam botol Winkler, kemudian tutup kembali botol Winkler.
- 8) Menggoyang-goyangkan botol hingga endapan terlarut, kemudian masukkan seluruh isi botol Winkler ke dalam erlenmeyer.
- 9) Mentitrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N hingga berwarna coklat muda, kemudian catat volume titrasi.
- 10) Menambahkan indikator kanji 1-2 ml (larutan akan berwarna biru).
- 11) Mentitrasi kembali dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N hingga berwarna biru menjadi bening untuk pertama kali, kemudian catat volume titrasi.
- 12) Melakukan seluruh prosedur pada hari ke-0 dan ke-5.
- 13) Menghitung DO_0 dan DO_5 menggunakan persamaan berikut:

$$DO = \frac{a \times N \times 8000}{v-4} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

DO : Oksigen terlarut (mg O_2 /l)

a : Volume titran $Na_2S_2O_3$ (ml)

- N : Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ek/l)
 V : Volume botol Winkler (ml)

14) Menghitung BOD_5 dengan persamaan berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- BOD_5 : Oksigen terlarut (mg O_2 /l)
 X_0 : DO sampel pada saat $t = 0$ hari (mg O_2 /l)
 X_5 : DO sampel pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)
 B_0 : DO blanko pada saat $t = 0$ hari (mg O_2 /l)
 B_5 : DO blanko pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)
 P : Derajat pengenceran

e. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Menurut Kristanto (2004:88), *Chemical Oxygen Demand (COD)* menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Metode pengukuran COD yang dilakukan menggunakan spektrofotometer sebagai berikut.

1. Tahapan pertama adalah pemanasan reagen COD HR selama 2 jam pada reaktor COD
2. Tahapan kedua adalah pengenceran limbah cair pembuatan tempe sebanyak 100 kali.
3. Tahapan ketiga adalah mengambil sampel limbah cair sebanyak 0,2 ml kemudian dimasukkan kedalam reagen COD HR
4. Tahapan keempat adalah menghitung nilai COD menggunakan spektrofotometer dengan cara memasukkan reagen COD HR yang telah ditambahkn sampel limbah cair kedalam spektrofotometer.

f. Nitrogen

Analisa unsur nitrogen digunakan untuk mengetahui kandungan unsur nitrogen di dalam limbah cair pembuatan tempe. Pengukuran unsur nitrogen dilakukan pada awal dan akhir perlakuan. Pengukuran unsur nitrogen dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Jember.

Menurut (Sulaeman *et al.*, 2005), metode yang digunakan dalam pengukuran N total (N-Kjeldahl) adalah sebagai berikut.

- a) Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 1,0 g dimasukkan ke dalam labu kjedahl. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 10 ml H₂SO₄.
- b) Destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam), kemudian labu diangkat dan didinginkan.
- c) Ekstrak diencer-kan dengan air hingga 50 ml. Dikocok sampai homogen dan dibiarkan semalam agar mengendap. Ekstrak jernih digunakan untuk pengukuran N. Tahap selanjutnya adalah pengukuran N.
- d) Ekstrak sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu didih. Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu.
- e) Disiapkan penampung NH₃ yang dibebaskan yaitu Elenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% ditambah dua tetes indikator metil red (berwarna merah) dihubungkan dengan alat destilasi.
- f) Ditambahkan 10 ml NaOH 40% ke dalam labu didih yang berisi contoh dan di-tutup secepatnya. Didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasikan dengan HCl 0,05 N hingga berwarna merah muda. Dicatat volume titar sampel (V_c) dan blanko (V_b) kemudian dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar N-Total (\%)} = (V_c - V_b) \times N \times 100 \text{ ml/mg sampel} \times f_k \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

V_{c,b} = ml titar sampel dan blanko

N = normalitas larutan baku H₂SO₄

14 = bobot setara N (Mr)

F_k = faktor koreksi kadar air = 100/(100-% kadar air)

3.4.6 Analisa Data

Data diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel* dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan variabel yang diamati. Data yang dianalisis pada penelitian ini meliputi data pH, kekeruhan, TSS, BOD, COD, dan N. Analisa data yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Analisa Penurunan Kandungan Polutan Limbah Cair

Analisis penurunan kandungan polutan limbah cair pembuatan tempe dilakukan dengan cara mengamati penurunan nilai variabel kualitas air, kemudian dihitung nilai efisiensinya. Nilai efisiensi ditentukan untuk mengetahui efisiensi penurunan

konsentrasi kandungan limbah cair dengan menggunakan perhitungan efisiensi. Parameter yang dihitung nilai efisiensinya yaitu TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N.

Efisiensi parameter TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Eff (\%)} = \frac{\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

- Eff (%) = Efisiensi
- Nilai awal = Nilai parameter sebelum perlakuan
- Nilai akhir = Nilai parameter setelah perlakuan

b. Analisis Perubahan Kondisi Fisik Tanaman

Analisis perubahan kondisi fisik tanaman dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik tanaman selama perlakuan. Kondisi fisik tanaman yang diamati selama perlakuan adalah jumlah daun dan warna daun. Selanjutnya jumlah dan warna daun disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dalam bentuk analisis kuantitatif sederhana untuk mengetahui perubahan fisik tanaman selama perlakuan. Analisis kuantitatif sederhana yang dimaksud adalah jumlah rata-rata dari jumlah warna daun dari setiap perlakuan kemudian dibandingkan dalam nilai persentase.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

1. Kandungan bahan pada limbah cair pembuatan tempe yaitu BOD, COD, TSS, dan pH telah melampaui baku mutu untuk limbah cair pembuatan tempe.
2. Pengamatan kondisi fisik tanaman (warna dan jumlah daun), pada perlakuan Eg (Eceng gondok), Ki (Kiambang) dan Ka (Kangkung Air) menunjukkan bahwa perlakuan Eg dan Ka yang mampu lebih lama bertahan dibandingkan dengan perlakuan Ki.
3. Dari perbandingan nilai efisiensi penurunan variabel kualitas air antara perlakuan Eg, Ki dan Ka diketahui bahwa pada perlakuan Eg nilai efisiensi penurunan adalah yang terbesar diantara ketiga perlakuan. Maka dari itu proses Fitoremediasi menggunakan tanaman Eceng gondok memiliki kemampuan paling besar untuk menurunkan kandungan parameter kualitas air BOD, COD, N, TSS, dan kekeruhan limbah cair pembuatan tempe, dengan nilai efisiensi penurunan pada masing masing parameter yaitu kekeruhan 85,03%; TSS 66,44%; COD 59,11%; BOD 77,91% dan N 61,77%.
4. Dari hasil penelitian komparasi proses fitoremediasi limbah cair tempe menggunakan tiga tanaman air, dari ke empat perlakuan yang digunakan nilai parameter kualitas air tidak mencapai baku mutu yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh Eceng gondok dalaman menurunkan parameter kualitas air pada limbah cair pembuatan tempe hingga mencapai baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., & Santika, S. . (1984). *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- BSN. 2012. *Tempe : Persembahan Indonesia untuk Dunia*. Badan Standardisasi Nasional, 1–16. http://bsn.go.id/uploads/download/Booklet_tempe-printed21.pdf [21 April 2017]
- Barton, L.V. 1951. *Germination of Seed of Eichornia crassipes Solm*. Boyke Thompson Inst.
- Chun, A. 2007. *Pemanfaatan Kiapu (Pistia stratiotes) Dalam Remediasi Kualitas Effluent IPAL PT. Djarum – Kudus (Skala Laboratorium)*. [Skripsi]. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dhir, B. 2009. *Salvinia : an Aquatic Fern with Potential Use in Phytoremediation*. Environ. We Int. J. Sci. Tech, 7112(4), 23–27.
- Ditjen P2PL. (2011). *Seri Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Depkes.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- EPA, E. P. A. 2012. *A Citizen ' s Guide to Phytoremediation*. Engineering, 1–6. Retrieved from www.clu-in.org/download /citizens/citphyto.pdf [16 April 2017]
- Felani, M. dan A. Hamzah. 2007. *Fitoremediasi limbah cair industri tapioka dengan tanaman Eceng gondok*. Jurnal Buana Sains. 7(1):11-20.
- Gerbano, A. dan Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Gubernur Jawa Timur 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor:72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Surabaya : Pemerintahan Provinsi Jawa Timur.
- Hartanti, P. I., Haji, A. T. S., & Wirosodarmo, R. (2013). *Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Terhadap Penurunan Logam Chromium Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit* . Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan, (1), 31–37.

- Herlambang, A. 2001. *Pengaruh pemakaian biofilter struktur sarang tawon pada pengolah limbah organik sistem kombinasi anaerob-aerob (studi kasus: limbah tahu dan tempe)*. Jurnal Teknologi Lingkungan. 2(1): 28-36.
- Hermawati, E., Wiryanto, dan Solichatun. 2005. *Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kiambang (Pistia stratiotes L.) dan Genjer (Limnocharis flava L.)*. Surakarta.
- Komala, R. (2015). *Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan COD dan TSS dengan memanfaatkan Kiambang*. Jurnal Kinetika, (ISSN : 1693-9050), 31–36.
- Kordi, K., Gufran, K., dan Tancung, A., 2007. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan*. Jakarta : Rineka Cipta
- Kristanto, P. (2002). *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Khusnuryani, A., 2008, *Mikrobia sebagai Agen Penurun Fosfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit*, [Seminar Nasional] Aplikasi Sains dan Teknologi IST AKPRIND Yogyakarta
- Laksmi, B.S., Winiati, J., dan Rahayu P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Mohammad, I., Zhen-Li, Peter, J and Xiao-e. 2008. *Phytoremediation of heavy metalpolluted soils and water*. J. Zhejiang Univ Sci B, March: 9(3): 210-220.
- Natalina. (2013). *Penggunaan Enceng Gondok (Eichornia Crassipes (Mart) Solms) Dan Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk) Dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Tahu*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi V Satek dan Indonesia Hijau, Satek Unila ISBN : 978-979-8510-71-7 980–988. <http://malahayati.ac.id/wp-content/uploads/2016/03/isi-1.pdf> [Diakses pada 24 Januari 2018]
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tentang Baku mutu Air Limbah*. 15 Oktober 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1815. Jakarta.
- Rondonuwu, S.B. 2014. *Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor*. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(1): 52-59. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/view/4951> [Diakses pada 13 Januari 2018].

- Rossiana, N., Supriatun, T. dan Dhahiyat, Y. 2007. *Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok dan limbah paadat minyak bumi dengan Sengon Bermikroriza*. Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian. Bandung : FMIPA Universitas Padjajaran.
- Rukmawati, B. S. 2015. *Sirkulasi Aliran Limbah Pengolahan Kopi Pada Proses Fitoremediasi*. Universitas Jember [Skripsi] Jember
- Stefhany, C.A., M. Sutisna, dan K. Pharmawati. 2013. *Fitoremediasi phospat dengan menggunakan tumbuhan Eceng gondok (Eichornia crassipes) pada limbah cair industri kecil pencucian pakaian (laundry)*. Jurnal Reka Lingkungan. 1(1): 1-11.<http://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/lingkungan/article/download/137/623> [Diakses pada 24 Januari 2018].
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar pengelolaan air limbah*. Jakarta: UI Press.
- Suharto, 2010, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Air dan Udara*, Yogyakarta: Penerbit Andi
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Kanisius.
- Widyaningsih. 2012. *Pengaruh Variasi Biomassa Eceng Gondok Terhadap Kandungan Krom (Cr) Limbah Cair Industri Sablon "TEMENAN" Mojolali*. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wendy, Ann P, Ivan R, John L, Angus S. 2005. *Phytoremediation and Hyperaccumulator Plants*, Center for Phytoremediation, Purdue Univeristy, West Lafayette, USA

Lampiran A. Pengukuran Parameter Harian

Tabel A.1 Pengamatan Pengukuran Kekeruhan

Kekeruhan				
Hari ke	Ko	Eg	Ki	Ka
0	1410	1410	1410	1410
1	1410	884	710	925
2	1410	702	689	712
3	1435	550	611	560
4	1437	372	572	476
5	1437	312	501	411
6	1440	283	482	383
7	1442	265	401	287
8	1442	211	396	221
9	1442	211	396	221

Tabel A.2 Pengukuran Pengamatan TSS

Total suspended solid				
hari ke	Ko	Eg	Ki	Ka
0	4530	4530	4530	4530
1	4530	4250	4120	4350
2	4530	3980	3850	4010
3	4550	3525	3230	3405
4	4550	3020	3015	2950
5	4572	2870	2950	2580
6	4572	2205	2610	2210
7	4578	1820	2215	2102
8	4578	1520	2215	1720
9	4578	1520	2245	1720

Tabel A.3 Pengamatan Pengukuran pH

Hari ke	pH			
	Ko	Eg	Ki	Ka
0	4.5	4.5	4.5	4.5
1	7	7	7	7
2	5.2	4.8	5	4.7
3	5.2	5.2	5.1	5.4
4	5	5.6	5.4	5.7
5	4.9	5.8	5.6	5.7
6	4.7	6	5.8	5.9
7	4.6	6.1	6	6.1
8	4.5	6.4	6	6.2
9	4.5	6.4	5.8	6.2

Lampiran B. Pengukuran Parameter Mingguan

Tabel B.1 Pengukuran COD

Minggu ke-	COD (mg/l)			
	Ko	Eg	Ki	Ka
0	22500	22500	22500	22500
1	21300	9200	11300	10400

Tabel B.2 Pengukuran BOD

Minggu ke-	COD (mg/l)			
	Ko	Eg	Ki	Ka
0	4200,50	4200,50	4200,50	4200,50
1	3987,60	927,65	1200,76	1070,86

Tabel B.3 Pengukuran N

Minggu ke-	Nitrogen (mg/l)			
	Ko	Eg	Ki	Ka
0	64,7	64,7	64,7	64,7
1	52,3	24,73	28,41	25,94

Lampiran C. Dokumentasi



Persiapan Tanaman Fitoremediasi



Penimbangan Tanaman Eceng Gondok



Penimbangan Tanaman Kiambang



Penimbangan Tanaman Kangkung Air



Penetralan pH Sebelum Perlakuan



Kondisi Eceng Gondok Saat Perlakuan



Kondisi Kiambang Selama Perlakuan
perlakuan



Kondisi Kangkung Air selama
perlakuan



Kondisi Eceng gondok setelah perlakuan



Kondisi Kiambang setelah perlakuan



Kondisi Kangkung Air setelah perlakuan



Pengukuran Kekeruhan



Pengukuran TSS dengan metode Grafimetri



Pengukuran BOD



Pengukuran COD dengan Spektrofotometer



Pengukuran Oksigen Terlarut