



**KAJIAN PROSES FITOREMEDIASI ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) PADA BERBAGAI
VARIASI KONSENTRASI LIMBAH CAIR KOPI**

SKRIPSI

Oleh:

**Setyorini
101710201002**

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

2015



**KAJIAN PROSES FITOREMEDIASI ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) PADA BERBAGAI
VARIASI KONSENTRASI LIMBAH CAIR KOPI**

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:

**Setyorini
101710201002**

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

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk ibunda Sutini dan ayahanda Sukiran.



MOTO

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu”
(terjemahan Al-Quran Surat Al-Insyirah: 6-8)

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitarmu dengan penuh kesadaran”
(James Thurber)

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah melakukannya dengan baik”
(Thomas Alva Edison)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Setyorini

NIM : 101710201002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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, 30 Maret 2015

Yang menyatakan,

Setyorini
NIM 101710201002

SKRIPSI

**KAJIAN PROSES FITOREMEDIASI ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) PADA BERBAGAI
VARIASI KONSENTRASI LIMBAH CAIR KOPI**

Oleh
Setyorini
NIM 101710201002

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 30 Maret 2015

Tempat : Ruang sidang II Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Ir. Muharjo Pudjojono

NIP. 195206281980031002

Ririn Endah Badriani S.T.,M.T.

NIP. 197205281998022001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.

NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi; Setyorini, 101710201002; 2015; 72 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kopi merupakan salah satu komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Pengolahan kopi cara basah dapat meningkatkan kualitas kopi, akan tetapi menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Pada penelitian ini, menggunakan proses penanganan limbah cair kopi dari hasil pengupasan kulit kopi dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik limbah cair kopi dan tanaman eceng gondok sebagai agen fitoremediasi pada berbagai konsentrasi limbah cair kopi serta mengetahui nilai efisiensi eceng gondok pada proses fitoremediasi dengan berbagai konsentrasi limbah cair kopi.

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui kemampuan hidup tanaman eceng gondok pada media air, akuades dan limbah cair kopi. Penelitian utama dilakukan dengan cara melakukan pengenceran limbah cair hasil pengolahan kopi yang memiliki nilai konsentrasi COD tinggi yaitu 17760 – 25018 mg/l. Hasil pengenceran didapatkan variasi konsentrasi COD yaitu 880 mg/l, 15013 mg/l, 1520 mg/l, 2676 mg/l, 3680 mg/l dan 6110 mg/l. Eceng gondok sebanyak 300 g ditanam pada masing-masing akuarium yang berisi 10 liter limbah cair kopi dengan konsentrasi yang berbeda antara 880 mg/l sampai 25018 mg/l.

Pada tahap penelitian pendahuluan diketahui bahwa eceng gondok mampu hidup pada media air sumur dan akuades. Eceng gondok tidak mampu tumbuh dengan baik pada limbah cair kopi yang berkonsentrasi COD 5611 mg/l. Hasil dari penelitian utama proses fitoremediasi eceng gondok pada berbagai konsentrasi limbah cair kopi adalah bahwa tanaman mampu mengurangi

kontaminan yang ada pada limbah cair kopi. Eceng gondok tidak mampu hidup dengan baik pada limbah cair kopi dengan konsentrasi tinggi yaitu 17760 mg/l dan 25018 mg/l. Pada konsentrasi tersebut eceng gondok tidak dapat tumbuh dan mati pada hari ke-5. Sedangkan pada konsentrasi lainnya, tanaman eceng gondok mampu tumbuh dengan baik sampai volume air hampir habis. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi rendah kemampuan eceng gondok dalam menyerap kontaminan akan semakin cepat, sebaliknya apabila konsentrasi semakin tinggi kemampuan penyerapan juga semakin rendah. Hal ini disebabkan bahwa limbah cair kopi semakin tinggi konsentrasinya maka jumlah polutan juga semakin banyak sehingga dapat menghambat akar dalam proses penyerapan. Fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok pada limbah cair kopi dapat menurunkan kandungan COD, BOD, TSS, TDS, tingkat kekeruhan serta merubah nilai pH dari asam menjadi normal. Penggunaan eceng gondok yang paling efektif dan efisien adalah eceng gondok yang berada pada limbah cair dengan konsentrasi rendah yaitu 880 mg/l. Nilai efisiensi penurunan COD sebesar 95,45%, BOD sebesar 95,61%, TSS sebesar 94,04%, TDS sebesar 48,44%.

SUMMARY

Phytoremediation Process Study of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) in Various Concentrations of Coffee Wastewater; Setyorini; 101710201002; 2015; 72 pages; Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology Jember University.

Coffee is one of the commodities that has high economic value. Wet coffee processing method can improve the quality of coffee, but it will also produce liquid wastes which can pollute the environment. In this research, we used coffee wastewater treatment process from the pulping with phytoremediation using water hyacinth. The purpose of this research was to determine the characteristics of the coffee wastewater and water hyacinth plants as agents of phytoremediation in various concentrations of coffee wastewater and to know the efficiency value of water hyacinth in phytoremediation processes with various concentrations of coffee wastewater.

This study was conducted in two stages, namely the preliminary study and the main study. The preliminary study aims to determine the ability of the water hyacinth plant life on the media well water, distilled water and liquid waste coffee. The main research done by diluting the liquid waste processing results coffee has higher COD concentration values are 17760-25018 mg / l. Results obtained dilution COD concentration variation is 880 mg / l, 15 013 mg / l, 1520 mg / l, 2676 mg / l, 3680 mg / l and 6110 mg / l. 300 g of water hyacinth planted in each aquarium which contained 10 liters of liquid waste coffee with different concentrations between 880 mg / l up to 25018 mg / l.

At the stage of preliminary studies it is known that the water hyacinth is able to live on well water and distilled water media. Water hyacinth is not able to grow well in wastewater coffee concentrate COD 5611 mg / l. The result of the main research of water hyacinth phytoremediation process in various concentrations of coffee wastewater is the plants were able to reduce contaminants

existed in coffee wastewater. Water hyacinth could not grow well in the coffee wastewater with high concentrations i.e. 17760 mg/l and 25018 mg/l. At those concentrations, water hyacinth could only survive up to the 5th day. While on the other concentrations, water hyacinth plants were able to grow well until the water volume was low. At the low concentration of coffee wastewater, the ability of water hyacinth to absorb contaminants will be faster, on the contrary, if the concentration is higher, the absorption ability will be lower. It happens because the higher the concentration of coffee wastewater, the higher the amount of pollutants, so that it can inhibit the roots in the absorption process. Phytoremediation using water hyacinth on the coffee wastewater can reduce the content of COD, BOD, TSS, TDS, turbidity level and change the pH value from acid to be normal. The most effective and efficient use of water hyacinth is the water hyacinth which are in wastewater with low concentration 880 mg/l. The reduction efficiency value of COD is 95,45%, 95,61% for BOD, 94,04% for TSS, 48,44% for TDS.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi”. 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. Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember atas segala inspirasi yang diberikan untuk kampus tercinta;
2. Dr. Elida Novita S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utamayang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Sri Wahyuningsih S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perbaikan dalam penulisan skripsi ini;
4. Ir. Tasliman M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Tim Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini;
6. Ririn Endah Badriani S.T.,M.T.selaku Anggota Tim Penguji yang telah memberikan saran dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Ir. Muharjo Pudjojono selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
8. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
9. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;

10. Kedua orang tua saya, ibunda Sutini dan Ayahanda Sukiran yang tercinta terimakasih atas segala pengorbanan yang tulus dan segala motivasi;
11. Kakakku tercinta Siti Yunita dan adekku tersayang Tri Wahyuni serta seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan memberi semangat;
12. Saudara seperjuangan yang selalu menemani dalam suka maupun duka hingga sekarang; Bondes, Ceper, Ancor, Buron, Pelar, Mrutu dan semua angkatan XII Khatulistiwa, serta keluarga besar MPA-Khatulistiwa. Terimakasih atas kesabaran dan ketulusan kalian serta pembelajaran yang kalian berikan. Motivasi, kritik dan saran yang dapat menjadikan saya orang yang lebih baik lagi;
13. Teman-teman satu tim penelitian limbah cair kopi (Kungkang, Bety, Wendy, mas Faris), terimakasih bantuan dan kerjasamanya;
14. Sahabat-sahabatku Natalia, Lenny, Desy, Ainy terimakasih atas kebersamaan yang sudah tercipta. Ayu, Virus, Ais dan Niken terimakasih atas semua waktunya untuk membantu penulis dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah;
15. Teman-temanku Teknik Pertanian seangkatan 2010 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
16. Sahabat-sahabat kosan Jawa 7 dan Graha Shofia terimakasih atas segala bantuan yang sudah diberikan;
17. 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 semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Maret 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengolahan Kopi	4
2.2 Limbah Hasil Pengolahan Kopi	7
2.3 Pengolahan Air Limbah	8
2.4 Fitoremediasi	10
2.5 Tanaman Fitoremediasi	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14

3.2.1 Alat	14
3.2.1 Bahan	15
3.3 Tahapan Penelitian	15
3.3.1 Persiapan Penelitian	15
3.3.2 Penelitian Pendahuluan	15
3.3.3 Penelitian Utama	16
3.3.4 Pengujian Sampel	19
3.4 Diagram Alir Penelitian	22
3.5 Analisis Data	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Karakteristik Limbah Cair Kopi	24
4.2 Penelitian Pendahuluan	26
4.3 Penelitian Utama	29
4.3.1 Pengamatan Parameter Kimia	29
4.3.2 Pengamatan Parameter Fisika	36
4.3.3 Pengamatan Kondisi Tanaman	42
4.3.4 Pengamatan Kemampuan Tanaman Eceng Gondok dalam Fitoremediasi	45
BAB 5. PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Biji Kopi.....	25
4.2 Karakteristik Limbah Cair Kopi Penelitian Pendahuluan.....	25
4.3 Karakteristik Limbah Cair Kopi Penelitian Utama.....	25
4.4 Pengamatan Kondisi Tanaman Eceng Gondok.....	26
4.5 Hasil Pengenceran Limbah Cair Kopi.....	29
4.6 Nilai Pengukuran Kekeruhan Limbah Cair Kopi.....	37
4.7 Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup pada Limbah Cair Kopi.....	43
4.8 Data Pengukuran Setiap Parameter.....	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram Pengolahan Kopi Cara Basah	7
3.1 Diagram Alir Penelitian	22
4.1 Kondisi Tanaman Sebelum Proses Fitoremediasi.....	28
4.2 Kondisi Tanaman Setelah Proses Fitoremediasi.....	28
4.3 Data Pengukuran Ph.....	30
4.4 Nilai Efisiensi Penurunan COD dan BOD.....	32
4.5 Data Pengukuran Nitrogen	34
4.6 Data Pengukuran Fosfat	35
4.7 Data Pengukuran Kekeruhan.....	39
4.8 Nilai Efisiensi Penurunan TSS dan TDS	41
4.9 Data Pengukuran Volume	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Karakteristik Limbah Cair Kopi Sebelum Perlakuan.....	52
B. Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup	53
C. Data Pengukuran Harian.....	54
D. Data Pengukuran Mingguan	59
E. Nilai Efisiensi Penurunan Setiap Parameter	64
F. Gambar	66
G. Prosedur Pengujian Parameter	68
H. Dokumentasi Penelitian.....	71

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Di samping itu kopi juga merupakan sumber penghasilan bagi petani kopi di Indonesia. Upaya meningkatkan produktivitas dan mutu kopi terus dilakukan sehingga daya saing kopi Indonesia dapat bersaing di pasar dunia. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan cita rasa kopi (Rahardjo, 2003:1).

Saat ini dikenal dua cara pengolahan kopi dari bentuk buah segar sampai siap untuk dikonsumsi yaitu cara basah (*wet process*) dan cara kering (*dry process*). Pada proses pengolahan kopi cara basah selain menghasilkan biji kopi juga akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair kopi ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan apabila tidak ada penanganan lanjutan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 2010 pencemaran lingkungan merupakan sesuatu yang masuk atau sengaja dimasukkannya ke dalam air atau udara, dan atau berubahnya tatanan air atau udara akibat tindakan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air berkurang dan tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Dampak pencemaran lingkungan dapat dirasakan secara langsung atau tidak langsung oleh manusia. Limbah cair hasil pengolahan kopi mengandung konsentrasi organik yang tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sariadi (2011:3) sebagian besar bahan organik tersebut mengandung nilai *chemical oxygen demand* (COD) sebesar 50.000 mg/l dan *biochemical oxygen demand* (BOD) mencapai 20.000 mg/l. Apabila tidak ada penanganan lanjutan terhadap limbah cair kopi maka lambat laun daya dukung lingkungan akan menjadi rusak. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan untuk mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya yang ditimbulkan sehingga memenuhi baku mutu lingkungan yang dipersyaratkan.

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk dapat mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan seperti metode fisika-kimia. Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas lingkungan adalah dengan memanfaatkan tanaman dalam proses memperbaiki kondisi air yang disebut sebagai fitoremediasi. Tanaman mempunyai kemampuan untuk menahan substansi toksik dengan cara biokimia dan fisiologisnya serta menahan substansi non nutritive organik yang dilakukan pada permukaan akar.

Menurut Mangkoedihardjo (2005:56), beberapa jenis tumbuhan air mampu bekerja sebagai agen fitoremediasi seperti zolla, kiambang, kangkung air, eceng gondok serta tumbuhan mangrove. Pada penelitian ini akan dilakukan proses pengolahan limbah cair kopi dengan metode fitoremediasi dan dengan menggunakan eceng gondok sebagai agen fitoremediasi. Eceng gondok dipilih karena eceng gondok mudah didapatkan dan mempunyai kemampuan untuk menangani limbah cair. Dari hasil penelitian Rahmah (2013), membuktikan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan nilai COD limbah cair *mocaf* sebesar 69,17% dari nilai awal 2622 mg/l menjadi 126,3 mg/l. Hal ini membuktikan bahwa tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang bermanfaat untuk mereduksi limbah.

Berdasarkan kemampuan eceng gondok dalam mengatasi limbah, maka perlu diketahui tingkat konsentrasi limbah cair yang dapat digunakan sebagai media eceng gondok dan mampu dinetralisir oleh eceng gondok. Dengan demikian penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi eceng gondok dalam menangani limbah cair kopi pada berbagai variasi konsentrasi limbah cair kopi melalui proses fitoremediasi. Limbah cair kopi penelitian ini didapatkan dari hasil pengolahan kopi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang ada di Kabupaten Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik limbah cair kopi dan tanaman eceng gondok sebagai agen fitoremediasi pada berbagai variasi konsentrasi limbah cair kopi?
2. Berapa nilai efisiensi eceng gondok pada proses fitoremediasi dengan berbagai konsentrasi limbah cair kopi?

1.3 Batasan Masalah

Limbah cair kopi yang digunakan pada penelitian fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok adalah limbah cair yang dihasilkan dari proses *pulping*. Karakteristik limbah cair kopi yang diukur adalah pH, kekeruhan, COD, BOD, nitrogen, fosfat, TSS dan TDS.

1.4 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik limbah cair kopi dan tanaman eceng gondok sebagai agen fitoremediasi pada berbagai variasi konsentrasi limbah.
2. Mengetahui efisiensi eceng gondok pada proses fitoremediasi dengan berbagai konsentrasi limbah cair kopi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan eceng gondok dalam menangani limbah cair proses pengolahan kopi sehingga dapat:

1. Mengurangi beban pencemaran lingkungan hasil pengolahan kopi.
2. Memberikan informasi kepada industri pengolahan kopi untuk penanganan lanjutan limbah cair hasil pengolahan kopi dengan menggunakan metoda yang ramah lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan Kopi

Di dalam budidaya kopi agar hasil yang diperoleh dapat bermutu tinggi yang perlu diperhatikan tidak hanya pada cara budidaya dan pemanenannya saja, namun juga pada pengolahan kopi pasca panen. Pengolahan pasca panen kopi merupakan tahap akhir untuk mendapatkan kopi yang dihasilkan mempunyai mutu yang tinggi atau tidak. Pada pengolahan kopi pasca panen dapat dimulai dari sortasi atau pemilihan glondong kemudian dapat dilanjutkan dengan pengolahan, sortasi biji, dan penyimpanan. Kopi yang sudah dipanen harus segera diolah lebih lanjut dan tidak boleh dibiarkan begitu saja selama lebih dari 12 – 20 jam. Apabila kopi tidak segera diolah dalam jangka waktu tersebut maka kopi akan mengalami fermentasi dan akhirnya dapat mengakibatkan kualitas kopi menurun (Najiyati dan Danarti, 2001:139).

Pengolahan kopi bertujuan untuk memisahkan biji kopi dari kulitnya serta dapat mengeringkan biji tersebut sehingga didapatkan kopi dengan kadar air tertentu yang dapat membuat mutu kopi menjadi lebih baik. Pengolahan buah kopi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara basah dan cara kering. Pada proses pengolahan kopi secara basah dalam prosesnya banyak menggunakan air. Pengolahan ini dapat menghasilkan mutu yang lebih baik dan hanya dilakukan pada kopi sehat yang berwarna merah, sedangkan kopi yang berwarna hijau dan terserang bubuk diolah dengan cara kering. Pada pengolahan kopi cara basah dapat melalui 7 tahapan yaitu tahap sortasi glondong, *pulping*, fermentasi, pencucian, pengeringan, *hulling*, dan sortasi biji (Najiyati dan Danarti, 2001:141).

Menurut Najiyati dan Danarti (2001:141), tahap-tahap pengolahan kopi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Sortasi gelondong

Pada tahap ini bertujuan untuk memisahkan kopi merah yang berbiji dan sehat dengan kopi yang kurang baik dan terserang hama. Kopi yang sudah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam bak sortasi yang sudah dilengkapi

saringan dan kran pemasukan dan pengeluaran air. Kemudian bak diisi air sampai penuh dan kopi diaduk. Pada proses pengadukan, kopi yang kurang sehat dan terserang hama akan mengapung, sedangkan kopi yang sehat akan tenggelam dan disalurkan ke mesin pulper (Najiyati dan Danarti, 2001:141).

2. *Pulping*

Pulping bertujuan untuk memisahkan biji dari kulit buahnya. Pada tahap ini alat yang digunakan adalah mesin pulper. Mesin pulper terdiri dari berbagai macam, akan tetapi yang sering digunakan adalah *vis pulper* dan *raung pulper*. Apabila mesin yang digunakan adalah *vis pulper* maka selanjutnya kopi yang keluar dari mesin yang sudah terkupas kulitnya tapi masih terbungkus oleh kulit tanduknya. Biji kopi harus masuk ke tahap fermentasi dan pencucian karena mesin ini fungsinya hanya sebagai pengupas saja. Apabila mesin yang digunakan adalah raung pulper maka selanjutnya kopi tersebut langsung dapat masuk ke tahap pengeringan. Mesin ini berfungsi juga untuk pencucian sehingga kopi yang keluar tidak perlu difermentasi dan dicuci kembali (Najiyati dan Danarti, 2001:142).

3. Fermentasi

Proses fermentasi bertujuan untuk membantu melepaskan lapisan lendir dari hasil mesin pulper. Pada tahap fermentasi terdapat 2 cara fermentasi yaitu cara basah dan cara kering. Pada cara basah kopi dimasukkan pada bak yang bawahnya berlubang sebagai jalan keluar air dan diisi air bersih hingga hampir penuh, kemudian direndam. Air rendaman diganti setiap 3-4 jam dan perendaman tersebut dihentikan setelah 36 – 40 jam (Najiyati dan Danarti, 2001:144).

Fermentasi cara kering dilakukan dengan menumpuk kopi kemudian ditutup dengan goni agar tetap lembab. Agar fermentasi merata tumpukan diaduk setiap 5 – 6 jam dan dihentikan setelah 2 – 3 hari (Najiyati dan Danarti, 2001:144).

4. Pencucian

Pencucian biji kopi bertujuan untuk menghilangkan lendir dan kotoran. Pada proses pencucian dilakukan dengan menggunakan air. Biji kopi dimasukkan ke dalam bak yang berbentuk persegi panjang dan kemudian diberi air yang terus menerus mengalir sambil diaduk-aduk (Najiyati dan Danarti, 2001:145).

5. Pengeringan

Pengeringan biji kopi bertujuan untuk menurunkan kadar air agar biji kopi tidak mudah terserang cendawan dan tidak mudah pecah pada tahap pemecahan kulit tanduk (*hulling*). Pengeringan dapat dilakukan dengan cara penjemuran maupun dengan menggunakan alat pengering. Pengeringan yang tidak sempurna dapat mengakibatkan cacat biji berwarna coklat, berjamur, dan berbau apek (Najiyati dan Danarti, 2001:146).

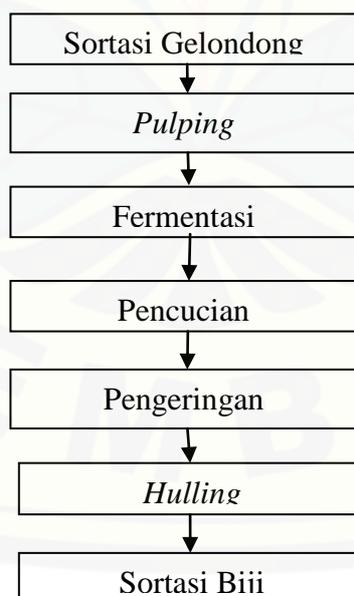
6. *Hulling*

Pemecahan kulit tanduk bertujuan untuk memisahkan biji kopi yang sudah kering dari kulit tanduk dan kulit arinya. Kopi yang sudah keluar dari alat pemecah kulit tanduk adalah kopi beras yang sudah siap disortasi untuk diklasifikasikan mutunya (Najiyati dan Danarti, 2001:148).

7. Sortasi biji

Sortasi biji bertujuan untuk membersihkan kopi beras dari kotoran sehingga memenuhi syarat mutu, serta kopi dapat diklasifikasikan menurut standar mutu yang telah ditetapkan (Najiyati dan Danarti, 2001:158).

Langkah-langkah pengolahan kopi disajikan seperti pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Diagram Pengolahan Kopi Cara Basah (Najiyati dan Danarti, 2001).

2.2 Limbah Hasil Pengolahan Kopi

Limbah adalah hasil samping dari suatu proses produksi yang tidak dimanfaatkan dan diduga dapat mengganggu serta menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar yang berbentuk benda padat, cair, gas, debu, suara, getaran dan lain-lain (Bambang dan Budianto, 1993). Menurut Kristanto (2004:169), limbah merupakan buangan dari hasil suatu proses yang kehadirannya pada suatu saat dan pada tempat tertentu tidak diinginkan oleh lingkungannya karena tidak memiliki nilai ekonomis dan kehadirannya dianggap dapat mengganggu lingkungan tersebut.

Pada pengolahan kopi selain menghasilkan biji kopi, juga dihasilkan limbah yang berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan merupakan kulit buah dan kulit tanduk dari kopi tersebut, sedangkan untuk limbah cair merupakan pembuangan cairan dari hasil pengolahan.

2.2.1 Limbah Padat Kopi

Limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kopi berasal dari kulit buah kopi, daging buah, serta kulit ari dan kulit tanduk biji kopi tersebut. Limbah padat yang dihasilkan mengandung kadar air yang cukup tinggi karena pada proses pengolahan kopi terjadi pencampuran dengan air sehingga jumlah limbah padat dapat mencapai 630 kg/ha (Ridwansyah, 2003:3).

2.2.2 Limbah cair kopi

Tahap *pulping* dan pencucian pada pengolahan kopi cara basah menimbulkan dampak yang berupa limbah cair. Pada tahapan tersebut menggunakan air sehingga air buangan tersebut mengandung lendir dan disebut limbah cair. Limbah cair yang ditimbulkan mengandung komponen-komponen yang terdapat dalam kulit buah kopi. Pada proses pencucian lendir secara modern membutuhkan air sebanyak 30 m³ per ton buah kopi segar, sedangkan pada cara tradisional kebutuhan air mencapai 20 m³. Pada proses pengolahan kopi terdapat salah satu proses yaitu proses pengupasan buah kopi. Pada proses ini dilakukan proses pencucian yang akan membutuhkan 7 – 9 m³ air per ton buah kopi yang

diolah agar memudahkan untuk pengupasan kulit dan juga berfungsi untuk menghilangkan lapisan lendir yang terdapat pada biji kopi. Air cucian dari proses tersebut akan menjadi limbah cair yang dapat mencemari lingkungan karena mempunyai tingkat polusi yang tinggi. Dampak lingkungan berupa polusi organik limbah kopi yang paling berat adalah pada perairan ketika effluen kopi dikeluarkan. Dampak itu berupa pengurangan oksigen karena tingginya BOD dan COD (Mulato *et al.*,2006).

2.3 Pengolahan Air Limbah

Dasar pengolahan limbah cair merupakan suatu proses dan operasi yang dijadikan untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemaran yang terkandung pada limbah cair tersebut sampai pada tingkat kualitas tertentu yang diinginkan. Menurut Kristanto (2004: 191-200), secara umum proses yang digunakan pada pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) yaitu:

1. Proses fisika

Pada proses fisika yaitu proses pengolahannya secara mekanis dengan atau penambahan bahan kimia

2. Proses kimia

Proses kimia merupakan proses penanganan limbah cair dengan menambahkan bahan kimia ke dalam limbah untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar.

3. Proses biologi

Proses biologi merupakan proses pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam limbah.

Pada pengolahan limbah terdapat parameter yang digunakan untuk mengetahui kandungan limbah cair tersebut. Beberapa parameternya adalah sebagai berikut:

1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup yang digunakan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan yang ada di dalam air (Kristanto, 2004:87). Menurut Alerts dan Santika (1987:20), penentuan BOD pada limbah cair tersebut diperlukan untuk menentukan bahan pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain pengolahan secara biologis.

2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah tersebut (Kristanto, 2004:88).

3. pH

Nilai pH merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hydrogen $[H^+]$ di dalam air. pH dalam penanganan limbah sangat berkaitan dengan limbah cair industri pertanian sebab tingkat keasaman suatu limbah sangat dipengaruhi oleh jenis produk yang dibuat, sehingga limbah cair sangat perlu diketahui supaya tingkat keasaman produk yang diproduksi juga dapat diketahui agar keasaman pangan juga dapat terjaga (Sugiharto, 1987:31).

4. Warna dan Kekeruhan

Warna air sangat bervariasi, air limbah yang mengandung (Fe) dalam jumlah tinggi berwarna kemerahan. Warna air yang tidak normal biasanya merupakan indikasi terjadinya pencemaran air. Sedangkan kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang mengakibatkan pembiasan cahaya ke dalam air. Semakin tinggi nilai kekeruhan air, maka semakin tinggi daya hantar listriknya dan semakin banyak pula padatannya (Kristanto, 2004:80)

5. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS merupakan jumlah lumpur kering yang terkandung pada limbah setelah terjadi penyaringan dengan menggunakan kertas filter. Penentuan TSS ini dapat digunakan untuk menentukan efisiensi unit pengolahan air dan juga dapat digunakan untuk menentukan jumlah padatan yang terdapat pada limbah cair (Sugiharto, 1987:23).

6. *Total Dissolved Solid* (TDS)

TDS merupakan padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terlarut dalam air dan menunjukkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air yang dinyatakan dalam mg/l (Kristanto, 2004:82).

7. Nitrogen (N) dan Fosfor (P)

Secara bersamaan antara nitrogen dan fosfor dalam suatu limbah perlu diperhatikan, kandungan tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan. Nitrogen dalam air akan cepat berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak-nitrogen. Kandungan fosfor dalam air rendah pertumbuhan tanaman akan terhalang, sedangkan jika kandungan fosfor tinggi tanaman tersebut akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air (Alaerts dan Santika, 1987:184).

2.4 Fitoremediasi

Salah satu pengolahan limbah dengan proses biologi adalah fitoremediasi. Menurut Priyanto dan Prayitno (2006:5), fitoremediasi berasal dari kata *phyto* dari bahasa Yunani *phyton* yang berarti tanaman atau tumbuhan dan kata *remediation* dari bahasa Latin *remediare* yang artinya memperbaiki suatu pemulihan yang dilakukan pada mutu lingkungan tercemar. Menurut Subroto (1996:1), fitoremediasi merupakan salah satu upaya penggunaan media tanaman beserta bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan pada kolam buatan maupun langsung di lapangan pada lingkungan yang tercemar oleh limbah. Dengan demikian fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi bahan pencemar karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam-logam berat dan mineral yang tinggi atau sebagai *fitoakumulator* dan *fotochelator*.

Menurut Mangkoedihardjo (2005:56), bahwa proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. Dalam fitoremediasi terdapat beberapa klasifikasi proses yaitu sebagai berikut.

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*)

Merupakan proses pemanfaatan tanaman untuk menyerap bahan pencemar yang terdapat dalam lingkungan.

2. Fitoekstraksi/fitoakumulasi (*phytoextraction/phytoaccumulation*)

Dalam proses ini polutan diserap oleh akar tanaman dan kemudian dipindah ke organ tubuh tumbuhan. Proses ini sangat baik digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.

3. Rizofiltrasi (*rhizofiltration*)

Merupakan proses pemanfaatan akar tanaman untuk menyerap kandungan pencemar di dalam air limbah. Proses ini digunakan untuk bahan larutan yang mengandung bahan organik maupun anorganik.

4. Fitodegradasi/fitotransformasi (*phytodegradation/phytotransformation*)

Organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.

5. Rizodegradasi (*rhizodegradation*)

Proses penguraian polutan oleh mikroba yang diperkuat oleh zat-zat keluaran akar tumbuhan.

6. Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*)

Proses penyerapan polutan oleh tumbuhan untuk menguapkan bahan pencemar. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer.

2.5 Tanaman Fitoremediasi

Tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman hiperakumulator. Pada proses fitoremediasi tanaman yang dapat dikatakan sebagai tanaman hiperakumulator adalah tanaman yang mampu mentranslokasikan unsur-unsur pencemar yang terkandung dalam limbah dengan konsentrasi tinggi ke pucuk tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal atau kerdil dan mengalami fitoksisitas (Mangkoedihardjo, 2005:55).

Menurut Youngman (1999), untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman yang mempunyai sifat

mempunyai kecepatan tumbuh, dapat mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat, mampu meremediasi lebih dari satu polutan dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap polutan. Beberapa jenis tumbuhan air mampu bekerja sebagai agen fitoremediasi, seperti zolla, kiambang, kangkung air, eceng gondok serta tumbuhan mangrove. Tanaman jenis ini merupakan tanaman air yang banyak dijumpai di daerah sungai, rawa maupun danau. Tanaman tersebut mempunyai kemampuan yang relatif tahan terhadap berbagai macam bahan pencemar dan dapat mengakumulasi dalam jaringan dalam jumlah besar.

Gerbano dan Siregar (2005), menyatakan bahwa eceng gondok termasuk *famili Pontederiaceae*. Tanaman ini dapat hidup di daerah tropis maupun subtropis. Eceng gondok digolongkan sebagai gulma perairan yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat. Tempat tumbuh yang ideal bagi tanaman eceng gondok adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28-30 °C dan kondisi pH berkisar 4-12. Di perairan yang dalam dan berair jernih di dataran tinggi, tanaman ini sulit tumbuh. Eceng gondok mampu menghisap air dan menguapkannya ke udara melalui proses evaporasi.

Eceng gondok mempunyai akar serabut dan pada tudung akarnya terdapat vakuola tanpa noda atau zat warna tebal. Selain itu juga stomata eceng gondok berukuran dua kali lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan lainnya, dan jaraknya delapan kali besarnya lubang, sehingga dapat mempengaruhi kemampuan eceng gondok dalam proses penyerapan berbagai unsur hara dan senyawa lainnya dalam air (Gopal dan Sharma, 1981).

Menurut Widyaningsih (2007:19), bagian-bagian tanaman eceng gondok yang berperan penting dalam proses fitoremediasi adalah:

1. Akar

Akar eceng gondok adalah akar serabut. Pada bagian akar tanaman eceng gondok berfungsi untuk menyerap zat-zat yang terkandung di dalam air. Dalam susunan akar dapat mengumpulkan partikel yang terlarut dalam air dan dapat mengumpulkan lumpur dengan cara melekatkan di antara bulu-bulu akar.

2. Batang

Eceng gondok mempunyai batang (*petiole*) yang berbentuk bulat menggelembung, di dalam batang eceng gondok terdapat ruangan-ruangan udara yang berfungsi untuk mengapung di atas permukaan air. Pada batang eceng gondok terdapat lapisan terluar yaitu *epidermis*, lapisan ini berfungsi untuk mengadsorpsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Bagian dalam terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*.

3. Daun

Eceng gondok mempunyai daun yang berbentuk bulat telur, ujungnya tumpul dan hampir bulat serta tergolong dalam makrofit yang terletak di atas permukaan air yang terdapat rongga udara didalamnya. Rongga udara ini berfungsi untuk membuat tanaman agar bisa terapung dalam air, selain itu juga berfungsi sebagai penyimpan oksigen pada proses fotosintesis.

Syarat pertumbuhan eceng gondok yang optimum adalah air yang dangkal, ruang tumbuh luas, air 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 juga mempunyai keunggulan lain yaitu dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam air yang tercemar (Widyaningsih, 2007:20).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Mei 2014 sampai dengan bulan September 2014 di Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Akuarium
- b. Multiparameter Hanna HI 9828
- c. Neraca analitis Ohaus
- d. Gelas ukur
- e. Kertas saring
- f. Oven
- g. Cawan
- h. Erlenmeyer
- i. Pipet
- j. Desikator
- k. Turbidimeter TN-100
- l. Labu ukur
- m. Bekker glass
- n. TDS meter Hanna
- o. pH meter Tranz

3.2.2 Bahan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Limbah cair kopi didapatkan dari hasil pengolahan kopi yang ada di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Kabupaten Jember
- b. Tanaman eceng gondok yang didapatkan di rawa-rawa yang ada di salah satu daerah di Kabupaten Jember
- c. Akuades

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Tahap ini merupakan tahap persiapan alat-alat yang digunakan selama penelitian. Pada penelitian ini digunakan akuarium yang terbuat dari kaca dengan tebal 3 mm berukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm dan tinggi 25 cm. Pengambilan sampel dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang ada di Kabupaten Jember yang kemudian akan dibawa ke Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.3.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuh eceng gondok pada limbah cair yang nantinya akan digunakan pada proses penelitian utama. Selain itu pada tahap ini juga bertujuan untuk menentukan variasi perbedaan konsentrasi pada limbah cair kopi. Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) media yaitu media air sumur, akuades, dan limbah cair kopi dengan variasi pH yaitu pH 4, pH 5, pH 6 dan pH 7. pH asli limbah cair kopi 3,7 sehingga perlu dilakukan perlakuan untuk mendapatkan pH limbah cair kopi pH 4, pH 5, pH 6 dan pH 7. Berikut ini merupakan prosedur pelaksanaan penelitian pendahuluan:

- a. Siapkan akuarium sebanyak 6 akuarium
- b. Siapkan tanaman eceng gondok yang sudah dibersihkan

- c. Timbang sebanyak 300 g untuk setiap akuarium dan ukur panjang akar, panjang tunas, jumlah daun serta warna daun
- d. Masukkan 10 liter air sumur ke dalam akuarium A
- e. Masukkan 10 liter akuades ke dalam akuarium B
- f. Masukkan 10 liter limbah cair kopi ke dalam akuarium C. Ukur dengan pH meter kemudian tambahkan kapur tohor sampai pH meter menunjukkan angka pH 4. Berat kapur yang ditambahkan adalah 0,14 g
- g. Masukkan 10 liter limbah cair kopi ke dalam akuarium D. Ukur dengan pH meter kemudian tambahkan kapur tohor sampai pH meter menunjukkan angka pH 5. Berat kapur yang ditambahkan adalah 4,88 g
- h. Masukkan 10 liter limbah cair kopi ke dalam akuarium E. Ukur dengan pH meter kemudian tambahkan kapur tohor sampai pH meter menunjukkan angka pH 6. Berat kapur yang ditambahkan adalah 8,17 g
- i. Masukkan 10 liter limbah cair kopi ke dalam akuarium F. Ukur dengan pH meter kemudian tambahkan kapur tohor sampai pH meter menunjukkan angka pH 7. Berat kapur yang ditambahkan adalah 10,24 g
- j. Ukur parameter pH, kekeruhan dan COD pada masing-masing akuarium
- k. Masukkan eceng gondok ke dalam semua akuarium. Masing-masing akuarium sebanyak 300 g
- l. Pengamatan dilakukan sampai tanaman eceng gondok mati
- m. Setiap tiga hari sekali ukur parameter pH, kekeruhan, panjang akar, panjang tunas, jumlah daun serta amati perubahan warna daun pada masing-masing akuarium
- n. Ukur parameter COD setelah tanaman eceng gondok mati

3.3.3 Penelitian utama

Pada tahap ini setelah diketahui kemampuan eceng gondok hidup pada limbah cair tersebut dan variasi konsentrasi limbah cair sudah ditentukan, selanjutnya dilaksanakan penelitian utama. Berikut ini merupakan prosedur pelaksanaan penelitian utama.

- a. Siapkan dan bersihkan tanaman eceng gondok

- b. Lakukan aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan suatu proses penyesuaian tanaman terhadap lingkungan sekitar. Aklimatisasi dilakukan dengan cara:
 1. Eceng gondok dimasukkan ke dalam dua bak besar dan dua akuarium yang berisi air sumur
 2. Biarkan selama tiga hari
- c. Eceng gondok ditiriskan
- d. Timbang 300 g eceng gondok dan ulangi sampai lima kali
- e. Ukur panjang akar, panjang tunas, jumlah daun dan amati warna daun
- f. Siapkan limbah cair kopi
- g. Siapkan lima akuarium dan limbah cair kopi. Empat akuarium berisi limbah cair kopi berbagai konsentrasi. Satu akuarium berisi limbah cair kopi yang digunakan sebagai kontrol
- h. Akuarium A
Isi akuarium dengan limbah cair kopi tanpa perlakuan pengenceran sebanyak 10 liter
- i. Akuarium B
Isi akuarium dengan limbah cair kopi pengenceran 5 kali. Pengenceran dilakukan dengan cara penambahan akuades (1 ml limbah cair kopi : 4 ml akuades). Berikut ini merupakan prosedur pengenceran 5 kali:
 1. 200 ml limbah cair kopi dimasukkan pada labu ukur berukuran 1000 ml
 2. Tambahkan akuades sebanyak 800 ml
 3. Kocok dan Masukkan ke dalam akuarium
 4. Ulangi prosedur 1, 2 dan 3 sampai 10 kali (akuarium berisi 10 liter)
- j. Akuarium C
Isi akuarium dengan limbah cair kopi pengenceran 10 kali. Pengenceran dilakukan dengan cara penambahan akuades (1 ml limbah cair kopi : 9 ml akuades). Berikut ini merupakan prosedur pengenceran 5 kali:
 1. 100 ml limbah cair kopi dimasukkan pada labu ukur berukuran 1000 ml
 2. Tambahkan akuades sebanyak 900 ml
 3. Kocok dan Masukkan ke dalam akuarium
 4. Ulangi prosedur 1, 2 dan 3 sampai 10 kali (akuarium berisi 10 liter)

k. Akuarium D

Isi akuarium dengan limbah cair kopi pengenceran 20 kali. Pengenceran dilakukan dengan cara penambahan akuades (1 ml limbah cair kopi : 9 ml akuades). Berikut ini merupakan prosedur pengenceran 5 kali:

1. 50 ml limbah cair kopi dimasukkan pada labu ukur berukuran 1000 ml
2. Tambahkan akuades sebanyak 950 ml
3. Kocok dan Masukkan ke dalam akuarium
4. Ulangi prosedur 1, 2 dan 3 sampai 10 kali (akuarium berisi 10 liter)

l. Akuarium E

Akuarium E merupakan kontrol yang berisi 10 liter limbah cair kopi tanpa pengenceran dan tanpa ditanami eceng gondok.

- m. Ukur parameter pH, kekeruhan, TDS dan TSS pada masing-masing akuarium dan ambil 1 liter limbah cair kopi. Sampel air dimasukkan di *coolbox* yang diberi es batu dan kemudian dibawa ke Laboratorium Analisa Kualitas Air Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya untuk analisis COD, BOD, Nitrogen dan Fosfat
- n. Eceng gondok dimasukkan ke dalam akuarium A, B, C dan D. Masing-masing akuarium sebanyak 300 g
- o. Pengamatan dilakukan sampai tanaman eceng gondok mati
- p. Setiap hari ukur parameter pH, kekeruhan dan volume. Akuarium berbentuk persegi panjang, sehingga pengukuran volume menggunakan rumus persegi panjang. Panjang dan lebar sesuai dengan ukuran akuarium dan tingggi muka air diukur setiap hari
- q. Setiap tiga hari sekali amati perubahan warna daun tanaman eceng gondok
- r. Setelah tanaman mati sampel limbah cair kopi diambil sebanyak 1,5 liter. 0,5 liter limbah cair kopi dibawa ke Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember untuk analisis TSS dan TDS. 1 liter limbah cair kopi dimasukkan di *coolbox* yang diberi es batu dan kemudian dibawa ke Laboratorium Analisa Kualitas Air Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.3.4 Pengujian Sampel

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengamati secara langsung dan mengukur parameter yang sudah ditetapkan. Pengukuran parameter tersebut dilakukan pada limbah kopi sebelum perlakuan dan setelah perlakuan dengan menggunakan eceng gondok. Berikut ini adalah parameter limbah cair yang akan diuji:

a. Parameter Kimia

Prosedur pengujian parameter kimia adalah sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) diukur dengan menggunakan pH meter. pH meter sebelum digunakan terlebih dahulu dikalibrasikan dengan menggunakan larutan buffer pH 7. Elektroda pH meter dicelupkan ke dalam larutan buffer pH 7. pH meter setelah dikalibrasi kemudian dicelupkan pada akuarium yang berisi limbah cair kopi sampai angka yang tertera pada pH meter tidak berubah.

2. COD dan BOD

COD dan BOD dianalisis di Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Prosedur pengukuran COD berdasarkan SNI 06-6989.2-2004 dan pengukuran BOD berdasarkan SNI 6989.72:2009 sebagaimana prosedur pengujian terlampir.

3. Nitrogen (N) dan Fosfat

Nitrogen dan Fosfat dianalisis di Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Prosedur pengukuran Nitrogen berdasarkan SNI 06-6989.9-2004 dan pengukuran fosfat berdasarkan SNI 06-6989.31-2005 sebagaimana prosedur pengujian terlampir.

b. Parameter Fisika

Prosedur pengujian parameter fisika adalah sebagai berikut:

1. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan adanya benda tercampur atau koloid di dalam air. Pengukuran kekeruhan dengan menggunakan turbidimeter. Langkah kerjanya turbidimeter dikalibrasikan dulu sebelum digunakan dengan memasukkan botol uji berisi air yang sudah diketahui nilai kekeruhannya pada alat penguji. Apabila nilainya sama, maka alat tersebut dapat digunakan. Air sampel dimasukkan pada botol pengujian kemudian ditempatkan pada alat penguji lalu tekan tombol ON dan dibaca nilainya.

2. TSS

TSS merupakan jumlah bahan partikel renik yang tercampur dalam kandungan air. TSS akan terlihat setelah dilakukan penyaringan dengan kertas saring 0,45 μ , untuk kemudian ditimbang dan dinyatakan dalam satuan mg/liter. Berikut ini merupakan prosedur kerja untuk melakukan pengukuran TSS secara gravimetrik berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 adalah :

- a) Kertas saring dipanaskan di dalam oven pada suhu 105⁰ C selama 1 jam
- b) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang
- c) Ulangi prosedur a) dan b) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- d) 20 ml limbah cair kopi disaring dengan menggunakan kertas saring yang sudah dipanaskan tersebut.
- e) Masukkan kertas saring yang sudah digunakan ke dalam oven untuk dipanaskan pada suhu 105⁰ C selama 1 jam.
- f) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang
- g) Ulangi prosedur e) dan f) untuk mendapatkan berat yang konstan atau berkurangnya berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
- h) Hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A-B) \times 100}{c} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

TSS : Total padatan terendap (mg/l)

A : Berat kertas saring + residu (mg)

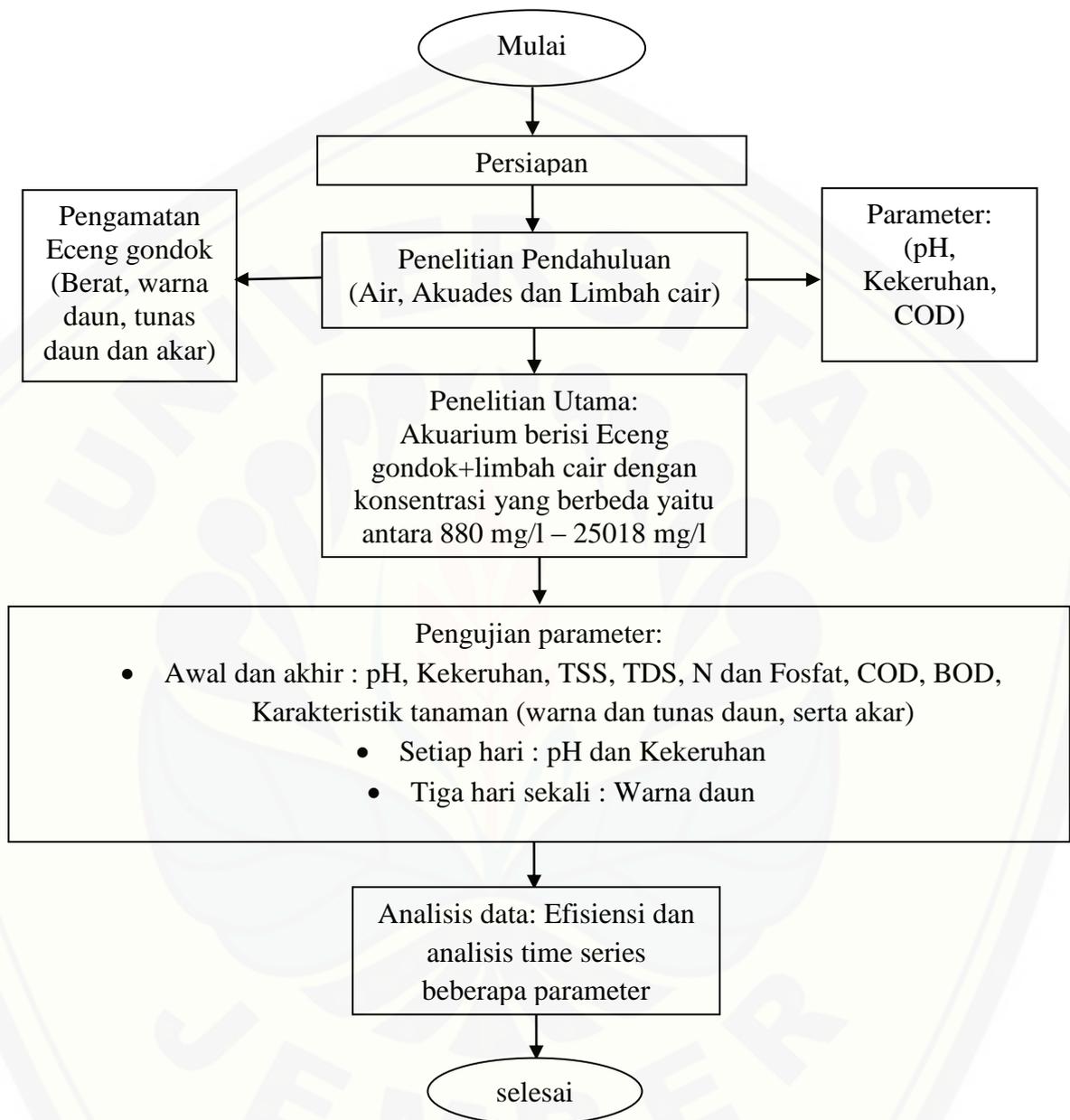
B : Berat kertas saring (mg)

C : Volume sampel air (l)

3. TDS

Pengukuran TDS diukur dengan menggunakan TDS meter. Penggunaan TDS meter dilakukan dengan cara menekan tombol ON untuk menghidupkan alat dan dicelupkan pada akuarium yang berisi limbah cair kopi sampai angka yang tertera pada TDS meter tidak berubah.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Analisis Data

Data yang sudah diperoleh akan diolah dengan menggunakan program Microsoft Excel dan akan ditampilkan ke dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai setiap parameter terhadap waktu. Setiap parameter yang diukur selama penelitian dihitung nilai efisiensinya dengan rumus:

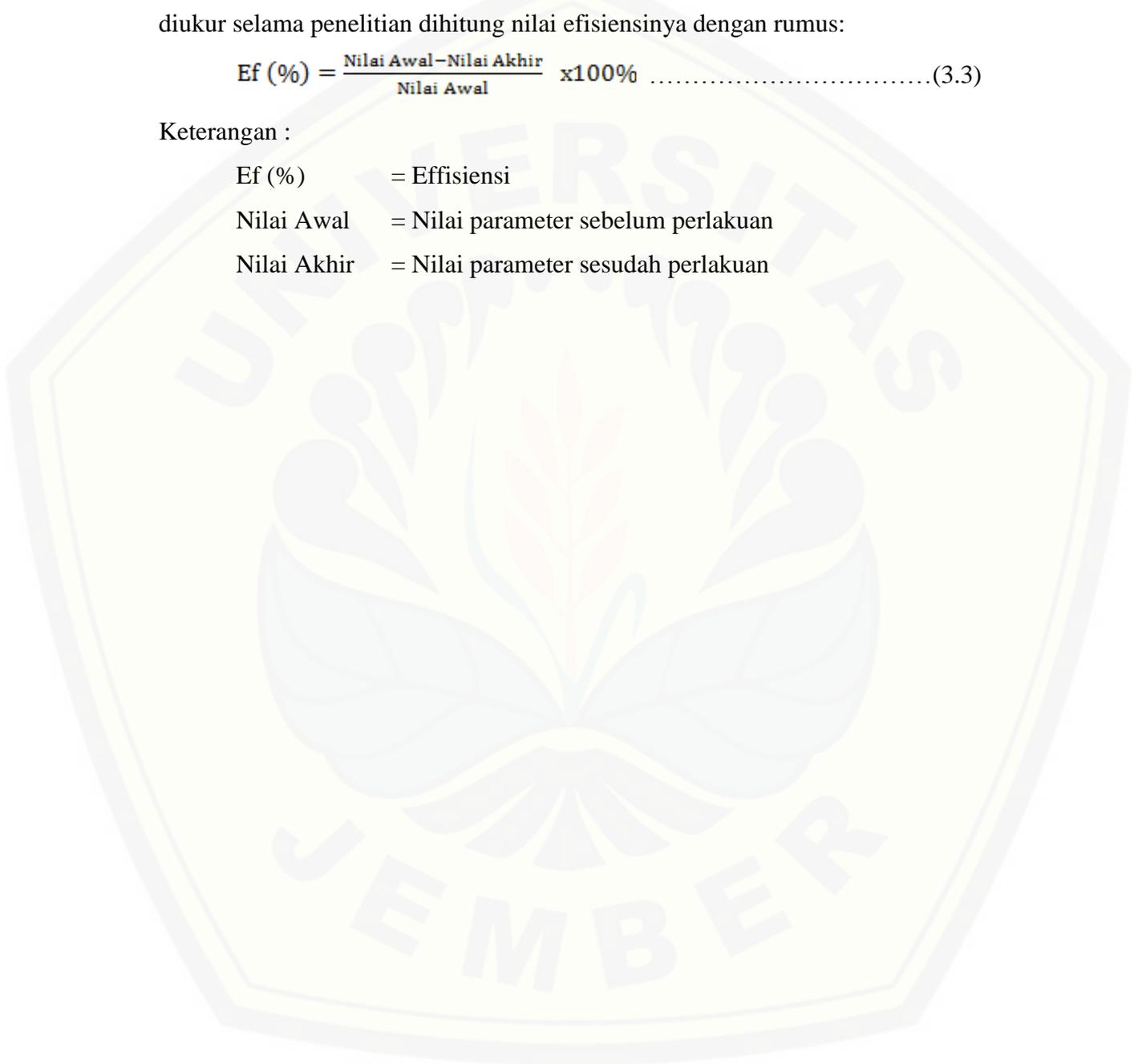
$$Ef (\%) = \frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

Ef (%) = Effisiensi

Nilai Awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

Nilai Akhir = Nilai parameter sesudah perlakuan



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair kopi dihasilkan dari proses *pulping*. Pada proses ini menggunakan air untuk memudahkan pemecahan kulit biji kopi dan mencuci biji kopi. Limbah cair kopi mengandung bahan organik yang sangat tinggi yang dihasilkan dari proses pengelupasan kulit kopi yang berlendir. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan limbah cair hasil industri kopi, karena apabila limbah cair langsung dibuang ke lingkungan dapat membahayakan lingkungan. Hal ini disebabkan karena dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme, sehingga dapat mengakibatkan oksigen terlarut terus menurun.

Jika hal tersebut terus berlanjut, maka dapat mengakibatkan oksigen yang dimanfaatkan oleh biota air dan oksigen yang masuk tidak seimbang. Karena pada saat mikroorganisme tumbuh dengan cepat akan membutuhkan oksigen lebih banyak, sedangkan oksigen yang masuk dari udara jumlahnya tetap. Apabila oksigen terlarut terus menurun hingga kurang dari 3 mg/l, maka biota air akan mati dan dapat tergantikan oleh tumbuhnya mikroba anaerobik.

Ada berbagai metoda yang digunakan untuk mengatasi air limbah tersebut, salah satunya alternatif yang digunakan untuk pengolahan limbah yaitu dengan fitoremediasi. Menurut Mangkoedihardjo (2005), fitoremediasi adalah pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman. Tanaman yang digunakan pada penelitian penanganan limbah cair adalah dengan memanfaatkan eceng gondok. Pada proses fitoremediasi ini tanaman eceng gondok dikenal dapat menyerap polutan dan kontaminan yang terkandung di dalam limbah cair sehingga dapat memperbaiki kualitas limbah cair, khususnya pada limbah cair untuk industri kopi.

4.1 Karakteristik Limbah Cair Kopi

Baku mutu limbah cair kopi berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 adalah seperti yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Biji Kopi

Parameter	Kadar maksimum (mg/l)
COD	200
BOD	75
TSS	100
pH	6 – 9

(Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013)

Karakteristik limbah cair kopi diperoleh dari hasil pengukuran parameter kimia dan fisika pada limbah cair kopi sebelum proses fitoremediasi. Data karakteristik limbah cair kopi yang digunakan pada penelitian pendahuluan dan penelitian utama disajikan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Karakteristik Limbah Cair Kopi Penelitian Pendahuluan

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	pH	3,7	
2	COD	5611	mg/l
3	TSS	987	mg/l
4	TDS	247	mg/l
5	Kekeruhan	287	NTU

(Sumber: data diolah, 2014)

Tabel 4.3 Karakteristik Limbah Cair Kopi Penelitian Utama

No	Parameter	Rentang Nilai	Satuan
1	pH	5,5 - 5,6	
2	COD	17760 - 25018	mg/l
3	BOD	11650 - 16012	mg/l
	TSS	1246,86 - 1424,66	mg/l
5	TDS	1198 - 1208	mg/l
6	Kekeruhan	652 - 751	NTU
7	Nitrogen	295,27 - 1651,3	mg/l
8	Fosfat	53,91 - 959,25	mg/l

(Sumber: data diolah, 2014)

Karakteristik limbah cair kopi yang digunakan pada penelitian ini tidak sesuai dengan standart yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013. Dari data di atas pH limbah cair kopi cenderung asam jika dibandingkan dengan baku mutu yang sudah ditetapkan. Berdasarkan dari

nilai parameter limbah cair kopi tersebut maka limbah cair kopi yang digunakan dalam penelitian ini tidak layak untuk dibuang ke lingkungan karena melebihi ambang batas.

4.2 Penelitian Pendahuluan

Tahap penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah cair kopi dan kemampuan hidup eceng gondok di dalam limbah cair kopi. Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan dengan menggunakan media air sumur, akuades dan limbah cair kopi. Konsentrasi COD limbah cair kopi adalah 5611 mg/l, kondisi ini termasuk dalam konsentrasi tinggi karena di atas ambang batas yang sudah ditentukan. Dari hasil penelitian pendahuluan diketahui bahwa eceng gondok mampu bertahan pada air sumur dan akuades sampai hari ke 30 seperti yang disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengamatan Kondisi Tanaman Eceng Gondok

Media	Hari	Jumlah Tanaman	Keterangan
Air Sumur	0	6	Hijau
	3	6	Hijau
	6	6	Dua tanaman dipindah ke limbah cair kopi
	9	4	Hijau
	12	4	Hijau
	15	4	Hijau
	18	4	Hijau
	21	4	Daun mulai menguning
	24	3	Beberapa daun mulai menguning dan 1 tanaman mati
	27	3	Daun menguning dan membusuk
30	3	Daun menguning dan membusuk	
Akuades	0	6	Hijau
	3	6	Hijau
	6	6	Dua tanaman dipindah ke limbah cair
	9	4	Hijau
	12	4	Hijau
	15	4	Hijau
	18	4	Hijau
	21	4	Daun menguning dan membusuk
24	4	Daun menguning dan membusuk	

Tabel 4.4 Lanjutan

Akuades	27	4	Daun menguning dan membusuk
	30	4	Daun menguning dan membusuk
	0	5	Hijau
	3	5	Daun menguning dan membusuk
	6	5	Semua tanaman mati dan diganti
	9	4	Hijau
Limbah	12	4	Hijau
cair kopi	15	4	Hijau
pH 7	18	4	Daun menguning
	21	4	Daun menguning dan membusuk
	24	4	Daun menguning dan membusuk
	27	3	Daun menguning dan membusuk
	30	3	Daun menguning dan membusuk
Limbah	0	6	Hijau
cair kopi	3	6	Daun menguning dan membusuk
pH 6	6	6	Semua tanaman mati
Limbah	0	6	Hijau
cair kopi	3	6	Daun menguning dan membusuk
pH 5	6	6	Semua tanaman mati
Limbah	0	6	Hijau
cair kopi	3	6	Daun menguning dan membusuk
kopi pH 4	6	6	Semua tanaman mati

(Sumber: data diolah, 2014)

Dari tabel 4.4 di atas menunjukkan bahwa tanaman mampu hidup di dalam media air sumur dan akuades, sedangkan di dalam limbah cair kopi eceng gondok tidak mampu hidup. Eceng gondok mampu bertahan pada air sumur dan akuades sampai hari ke-30. Pada hari ke-30 volume air habis karena terjadi proses evaporasi dan evapotranspirasi selama tahap penelitian pendahuluan. Pada kondisi tidak ada air di dalam akuarium maka tanaman eceng gondok mati. Eceng gondok tidak mampu hidup pada volume air yang sedikit di dalam akuarium. Eceng gondok mampu tumbuh dengan baik di dalam media air sumur dan akuades selama jumlah air tercukupi. Hal ini dapat dilihat bahwa setiap pengamatan tiga harian akar eceng gondok semakin hari semakin bertambah panjangnya, selain itu juga dapat dilihat dari munculnya tunas daun eceng gondok dan kemudian tumbuh menjadi daun.

Pada media limbah cair kopi tanaman eceng gondok hanya mampu bertahan pada hari ke-6. Dari lama masa tinggal eceng gondok di dalam limbah cair kopi diketahui bahwa eceng gondok tidak dapat tumbuh dengan baik. Hal ini diketahui dari akar tanaman yang tidak bertambah panjangnya dan jumlah daun tetap serta warna daun semakin lama warnanya berubah menjadi coklat atau membusuk. Perbedaan kondisi tanaman pada masing-masing media sebelum proses fitoremediasi dan setelah proses fitoremediasi disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2



Gambar 4.1 Kondisi Tanaman Sebelum Proses Fitoremediasi (Sumber: data diolah, 2014)



Gambar 4.2 Kondisi Tanaman Setelah Proses Fitoremediasi (Sumber: data diolah, 2014)

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa eceng gondok mampu hidup di media air sumur dan akuades serta tidak dapat tumbuh dengan baik dalam limbah cair kopi. Akan tetapi setelah hari ke-6 eceng gondok yang membusuk dibuang kemudian diganti dengan eceng gondok yang diambil dari media air sumur dan akuades. Pergantian eceng gondok baru bertujuan untuk mengetahui apakah eceng gondok mampu hidup dengan baik dalam limbah cair kopi yang sudah diserap racunnya. Eceng gondok yang baru, dapat hidup dengan baik sampai hari ke-24. Hal ini dikarenakan bahwa racun yang terdapat di dalam limbah sudah diserap oleh eceng gondok yang awal sehingga kandungan racun yang terdapat pada limbah cair sudah berkurang. Hal ini dapat dilihat bahwa setelah ada pergantian eceng gondok, eceng gondok tersebut dapat bertahan hidup dan tumbuh dengan baik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa eceng gondok tidak mampu tumbuh di dalam limbah cair kopi yang konsentrasinya tinggi.

4.3 Penelitian Utama

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan selanjutnya dilakukan penelitian utama. Penelitian utama menggunakan limbah cair kopi dengan berbagai konsentrasi COD yaitu pada konsentrasi 880 mg/l, 1513 mg/l, 1520 mg/l, 2676 mg/l, 3680 mg/l, 6110 mg/l, 17760 mg/l dan 25018 mg/l. Perbedaan nilai konsentrasi dihasilkan dari proses pengenceran limbah cair kopi dengan konsentrasi COD 25018 mg/l dan 17760 mg/l. Proses pengenceran dilakukan dengan pencampuran limbah cair kopi dengan akuades. Hasil dari pengenceran disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengenceran Limbah Cair Kopi

Konsentrasi Awal	Pengenceran	Hasil (mg/l)
17760 mg/l	5 kali	3680
	10 kali	1520
	20 kali	880
25018 mg/l	5 kali	6110
	10 kali	2676
	20 kali	1513

(Sumber: data diolah, 2014)

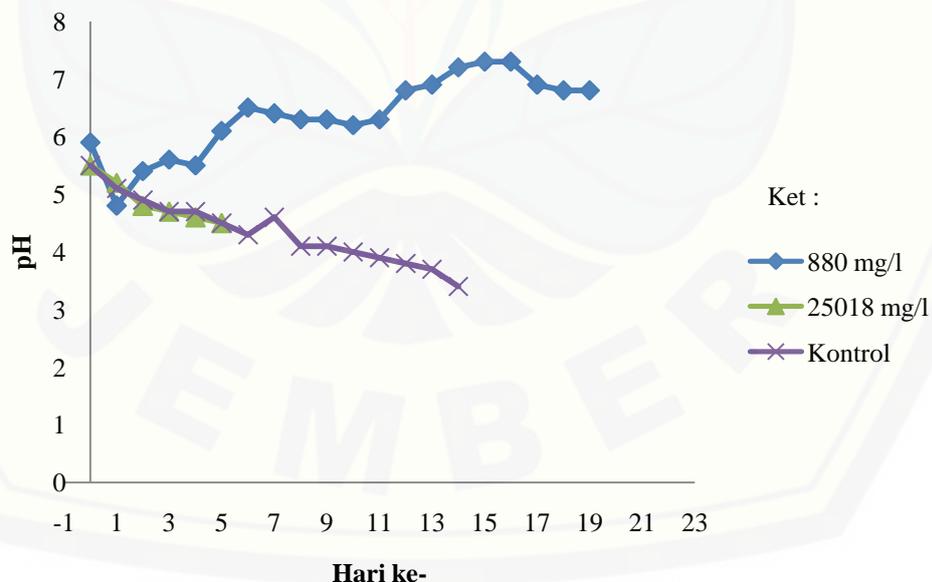
Dari hasil pengenceran limbah cair tersebut kemudian diuji parameter kimia dan fisika sebelum proses fitoremediasi dan setelah proses fitoremediasi. Hasil dari pengujian parameter kimia dan fisika adalah sebagai berikut:

4.3.1 Pengamatan Parameter Kimia

Dari beberapa parameter kimia didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Pengukuran pH

pH atau derajat keasaman merupakan logaritma dari kepekatan ion-ion H (Hidrogen) yang terlepas dalam suatu cairan (Kordi *et al.*, 2007:87). Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui ukuran keasaman dan kebasaan dari limbah cair tersebut. Air limbah yang mempunyai pH rendah maupun tinggi dapat membunuh mikroorganisme yang hidup dalam air. Air yang mempunyai pH rendah dapat membahayakan karena air tersebut dapat bersifat korosif. Pada pengolahan air, pengukuran pH sangat penting. Hal tersebut dikarenakan pH dapat digunakan untuk berbagai analisis yaitu alkalinitas maupun keseimbangan asam basa lainnya. Berikut ini merupakan hubungan antara pH limbah cair kopi berbagai konsentrasi dengan waktu tinggal tanaman eceng gondok yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Data Pengukuran pH (Sumber: data diolah, 2014).

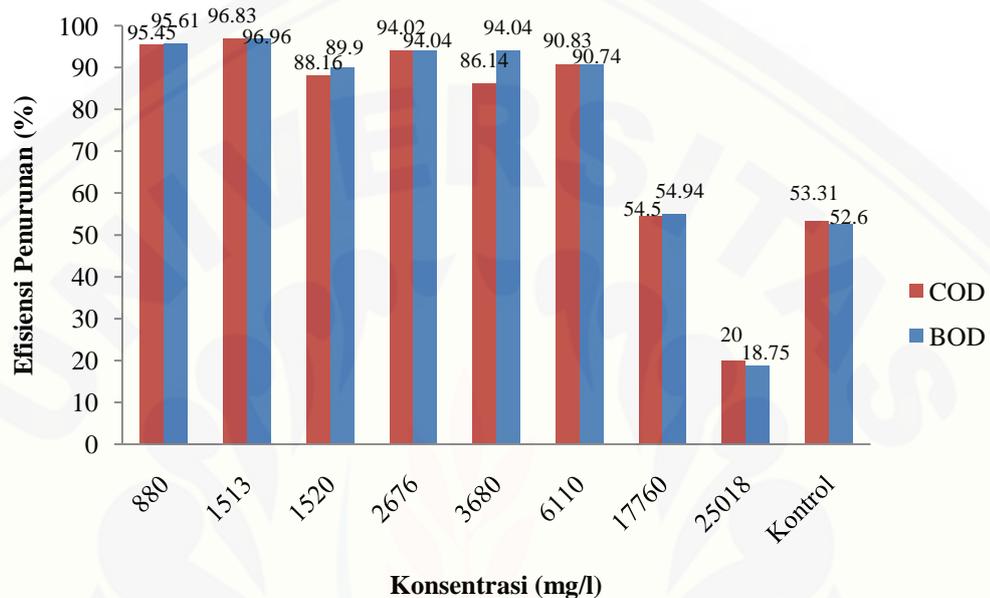
Dari hasil pengukuran awal limbah cair kopi didapatkan pH awal yaitu 5,5 dan 5,6. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa limbah cair hasil pengolahan kopi bersifat asam dan tidak sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan, sehingga tidak layak untuk langsung dibuang ke lingkungan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ratnani (2011:31), bahwa eceng gondok mampu memperbaiki pH limbah tahu dari 4 menjadi 7,4 sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas lebih baik yaitu sesuai dengan standar kehidupan di air bahwa pH berkisar pada 7-7,5. Pada penelitian ini setelah perlakuan fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok kondisi pH limbah cair kopi mampu berubah hingga menjadi normal sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi COD 17760 mg/l dan 2508 mg/l eceng gondok tidak mampu mengubah pH menjadi normal dikarenakan limbah cair kopi terlalu pekat.

Perubahan derajat keasaman atau lebih sering disebut pH ini disebabkan karena adanya proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan. Pada dasarnya pH erat kaitannya dengan nilai karbondioksida (CO_2). Semakin tinggi nilai karbondioksida (CO_2) dalam air limbah maka akan semakin rendah nilai pH. Aktivitas fotosintesis pada tanaman eceng gondok membutuhkan CO_2 banyak yang kemudian akan diubah menjadi monosakarida sehingga kebutuhan CO_2 pada limbah semakin tinggi dan dapat mengakibatkan pH meningkat. Sedangkan pada proses respirasi menghasilkan karbondioksida pada ekosistem sehingga menyebabkan pH menurun (Effendi, 2000:73).

b. COD dan BOD

COD atau kebutuhan oksigen kimia merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan tingkat pencemaran air oleh bahan organik. BOD merupakan kebutuhan oksigen biologi yang dibutuhkan oleh organisme hidup yang digunakan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan yang ada di dalam air. Suatu perairan yang mengandung nilai COD dan BOD yang tinggi menunjukkan bahwa perairan tersebut mengalami pencemaran oleh bahan-bahan organik dan menunjukkan kualitas air rendah.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan tanaman eceng gondok didapatkan bahwa eceng gondok mampu menurunkan kandungan COD dan BOD pada limbah cair kopi dengan berbagai konsentrasi. Nilai efisiensi penurunan COD dan BOD pada berbagai konsentrasi limbah cair kopi disajikan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Nilai Efisiensi Penurunan COD dan BOD (Sumber: data diolah, 2014)

Dari gambar 4.4 di atas dapat dilihat bahwa eceng gondok dalam variasi konsentrasi limbah cair dapat menurunkan kadar COD dan BOD yang berbeda-beda. Dari gambar tersebut diketahui bahwa nilai efisiensi eceng gondok paling tinggi dalam menurunkan kandungan COD adalah pada konsentrasi 1513 mg/l dengan nilai efisiensi COD mencapai 96,83%. Penurunan COD pada konsentrasi tersebut mencapai empat minggu. Eceng gondok pada limbah cair kopi dengan konsentrasi 880 mg/l dapat menurunkan kadar COD mencapai 95,45% pada waktu minggu ke dua.

Nilai efisiensi paling tinggi penurunan BOD juga terjadi pada konsentrasi 1513 mg/l sebesar 96,96% pada minggu ke empat. Sedangkan pada konsentrasi 880 mg/l eceng gondok mampu menurunkan kandungan BOD sebesar 95,61% pada minggu ke dua. Penurunan COD dan BOD ini diduga karena tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang mempunyai keunggulan fotosintesis. Hal

ini diperkuat oleh pernyataan Mahmood *et al.* (2005), bahwa tanaman air dapat menghilangkan kandungan karbondioksida dalam air pada proses fotosintesis. Pada saat fotosintesis tanaman eceng gondok memerlukan banyak karbondioksida sehingga kegiatan tersebut dapat meningkatkan oksigen terlarut dalam air dan menciptakan kondisi aerobik yang dapat mendukung aktivitas bakteri aerob untuk menurunkan kandungan COD dalam limbah. Pada kondisi volume limbah semakin menurun, kandungan COD dan BOD dalam limbah cair tersebut semakin meningkat. Peningkatan COD dan BOD disebabkan karena terjadi proses evaporasi dan evapotranspirasi, sehingga jumlah air di dalam akuarium menurun dan konsentrasi meningkat. Hal ini dapat mengakibatkan kemampuan eceng gondok terhambat dalam proses fotosintesis. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai BOD yaitu jumlah senyawa organik yang diuraikan, tersedianya organisme aerob yang mampu menguraikan senyawa organik tersebut dan tersedianya sejumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses penguraian tersebut. Dalam penelitian Mahmood *et al.* (2005), dibuktikan bahwa tanaman eceng gondok dapat menurunkan kandungan COD sebesar 46,98%. Dalam penelitian Ratnani (2011) juga membuktikan bahwa eceng gondok mampu menurunkan COD pada limbah cair tahu sebesar 97,64%. Hal ini membuktikan bahwa tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang bermanfaat untuk mereduksi limbah.

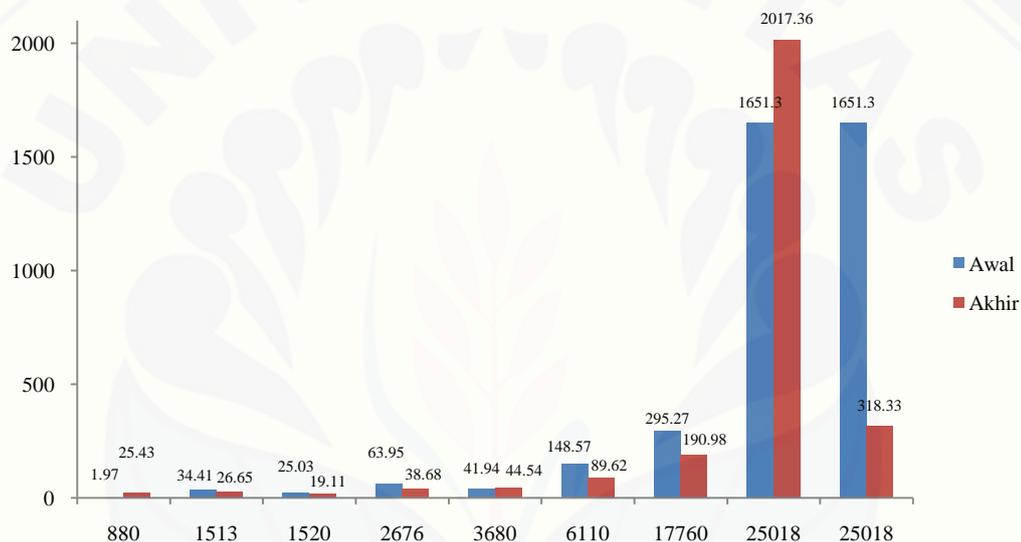
Dengan demikian dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan eceng gondok yang sangat efektif adalah pada limbah cair kopi dengan konsentrasi 880 mg/l. Eceng gondok lebih cepat menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair kopi dengan konsentrasi rendah.

c. Nitrogen (N)

Unsur hara merupakan semua unsur dan senyawa yang dibutuhkan oleh suatu organisme. Unsur tersebut dapat berbentuk material anorganik. Nitrogen merupakan unsur hara yang penting untuk pertumbuhan algae dan tumbuhan air lainnya. Konsentrasi nitrogen yang melimpah dapat menstimulasi pertumbuhan

dan perkembangan bagi organisme perairan khususnya algae atau fitoplankton bila didukung oleh ketersediaan nutrisi lainnya (Alaerts dan Santika, 1987:184).

Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002), pada umumnya nitrogen diperlukan untuk proses pembelahan dan pembesaran sel. Apabila tanaman kekurangan kandungan nitrogen maka tanaman akan kerdil dan menguning. Dari hasil proses fitoremediasi dengan berbagai variasi konsentrasi limbah cair kopi beberapa konsentrasi mengalami penurunan kandungan nitrogen dan konsentrasi lainnya mengalami kenaikan nilai nitrogen. Perubahan kandungan nitrogen seperti yang disajikan pada Gambar 4.5



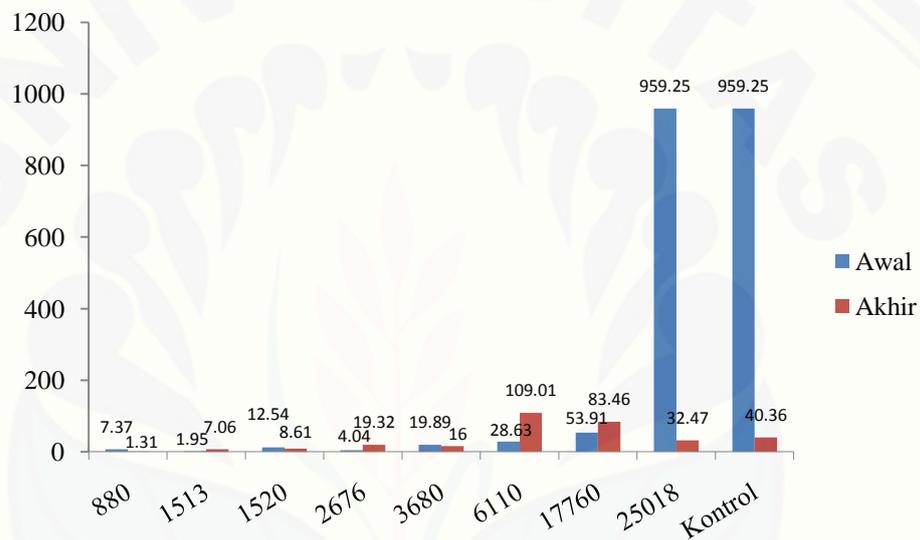
Gambar 4.5 Data Pengukuran Nitrogen (Sumber: data diolah, 2014)

Dari Gambar 4.5 menunjukkan bahwa adanya perbedaan perubahan kandungan nilai nitrogen yang terdapat pada limbah cair kopi dengan konsentrasi yang berbeda. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa pada limbah cair dengan konsentrasi 880 mg/l dan konsentrasi 25018 mg/l kandungan nilai nitrogen mengalami peningkatan dari nilai awal 1,97 mg/l menjadi 25,43 mg/l pada minggu ke tiga dan 1651,3 mg/l menjadi 2017,36 mg/l. Pada konsentrasi 1513 mg/l, 1520 mg/l, 2676 mg/l, 3680 mg/l, 6110 mg/l, dan 17760 mg/l kandungan nitrogen mengalami penurunan dengan nilai efisiensi berturut-turut adalah 22,55%; 23,65%; 39,52%; 25,8%; 39,68% dan 35,32%. Menurut Kristanto

(2004:84), peningkatan kandungan nitrogen terjadi karena adanya dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang telah membusuk atau hewan yang sudah mati. Nilai efisiensi penurunan kandungan nitrogen tertinggi adalah penggunaan eceng gondok pada limbah cair kopi dengan konsentrasi 6110 mg/l.

d. Fosfat

Fosfat merupakan unsur yang penting dalam daur organik suatu perairan karena bersama-sama dengan karbon melalui proses fotosintesis membentuk jaringan tumbuh-tumbuhan. Berdasarkan hasil dari proses fitoremediasi didapatkan hasil seperti yang disajikan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Data Pengukuran Fosfat (Sumber: data diolah, 2014)

Dari data di atas juga dapat dilihat bahwa kandungan fosfat meningkat. Peningkatan terjadi pada limbah cair dengan konsentrasi 1513 mg/l dari nilai awal 1,95 mg/l menjadi 7,06 mg/l, konsentrasi 2676 mg/l dari nilai awal 4,04 menjadi 19,32 mg/l, dan pada konsentrasi 6110 mg/l dari nilai awal 28,63 mg/l menjadi 109,01 mg/l. Penurunan kandungan fosfat terjadi pada konsentrasi 880 mg/l, 1520 mg/l, 3680 mg/l, 17760 mg/l dan 25018 mg/l dengan nilai efisiensi penurunan berturut-turut adalah 84,94%; 38,2%; 59,73%; 35,32% dan 96,62%.

Menurut Kristanto (2004:85), perubahan kandungan fosfat yang terjadi pada limbah cair kopi dengan konsentrasi yang berbeda karena adanya aktifitas dari mikroorganisme yang terkandung di dalam air limbah kopi tersebut sehingga

dapat mempengaruhi penyerapan nitrogen dan fosfat oleh eceng gondok. Unsur fosfat diperlukan untuk mendorong pertumbuhan akar untuk sistem informasi genetik, membran sel dan fosfoprotein sehingga kekurangan unsur fosfat akan mengakibatkan daun berwarna lebih gelap (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Apabila dalam suatu air kandungan fosfat sangat rendah maka dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan terhalang. Apabila kadar fosfat atau unsur hara lainnya tinggi, maka pertumbuhan tanaman tidak terbatas sehingga akibatnya tanaman dapat menghabiskan oksigen yang terkandung dalam air tersebut (Alaerts dan Santika, 1987:231).

Dengan demikian eceng gondok yang menyerap fosfat lebih banyak adalah pada limbah cair dengan konsentrasi 25018 mg/l. Pada kontrol dapat dilihat bahwa kandungan fosfat juga menurun, hal ini disebabkan karena pada limbah tersebut tidak dipengaruhi oleh tanaman sehingga kandungan nitrogen dan fosfat langsung diserap oleh mikroorganisme yang ada di dalam limbah cair tanpa pengolahan dengan eceng gondok.

4.3.2 Pengamatan Parameter Fisika

Dari hasil pengamatan pengamatan fisika didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Pengukuran Kekeruhan

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan didapatkan hasil bahwa tanaman eceng gondok mampu memperbaiki kekeruhan limbah cair kopi. Pengukuran tingkat kekeruhan limbah cair kopi sebelum dan setelah perlakuan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman eceng gondok disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.6 Nilai Pengukuran Kekeruhan Limbah Cair Kopi

Konsentrasi (mg/l)	Nilai kekeruhan	
	Sebelum	Setelah
880	 66,5 NTU	 5,4 NTU
1513	 73,8 NTU	 3,01 NTU
1520	 192 NTU	 3,41 NTU
2676	 213 NTU	 8 NTU
3680	 398 NTU	 23,5 NTU

Tabel 4.6 Lanjutan

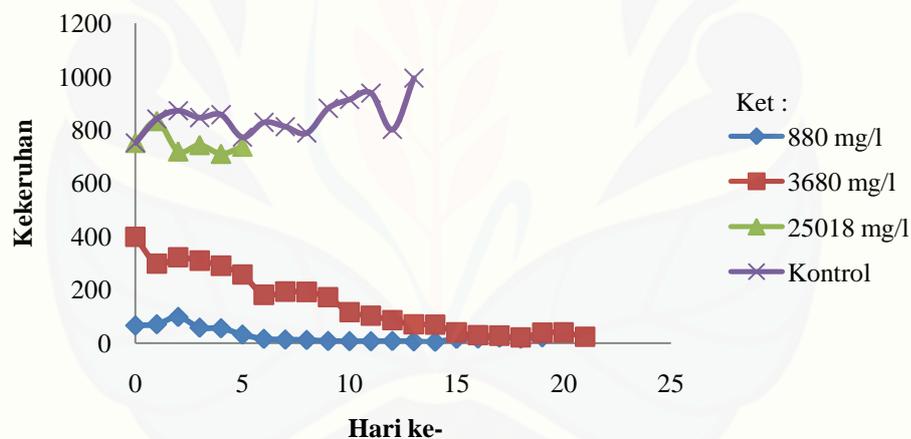
6110	 415 NTU	 78,8 NTU
17760	 652 NTU	 632 NTU
25018	 751 NTU	 737 NTU

(Sumber: data diolah, 2014)

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa penggunaan tanaman eceng gondok dapat mengurangi tingkat kekeruhan pada semua limbah cair kopi dengan konsentrasi yang berbeda. Penurunan kekeruhan tersebut disebabkan karena tanaman eceng gondok merupakan tanaman yang mampu menyerap kontaminan dengan menggunakan akar, sehingga kontaminan yang terkandung dalam limbah cair kopi tersebut dapat diserap ke dalam akar maupun bagian tubuh lainnya. Penyerapan eceng gondok dalam limbah cair kopi semakin lama semakin jernih. Penurunan kekeruhan tersebut sesuai dengan teori Mangkoedihardjo (2005:56), bahwa dalam fitoremediasi terdapat dua proses yang paling penting untuk penyerapan bahan organik maupun kontaminan yang terdapat dalam limbah cair yaitu rizofiltrasi dan rizhodegradasi. Rizofiltrasi merupakan proses penyerapan

kontaminan yang terkandung di dalam limbah cair dengan memanfaatkan akar tanaman, sedangkan rhizodegradasi merupakan proses penguraian kontaminan dalam air limbah oleh mikroba.

Dari perbedaan konsentrasi limbah cair tersebut diketahui bahwa eceng gondok lebih cepat menyerap polutan pada limbah cair kopi dengan konsentrasi rendah. Konsentrasi limbah cair kopi semakin tinggi maka kemampuan eceng gondok dalam menyerap polutan juga semakin lambat. Hal ini dikarenakan limbah cair kopi sangat pekat dan polutan yang terkandung juga banyak sehingga kemampuan dalam menyerap polutan tersebut terhambat. Akan tetapi pada beberapa konsentrasi setelah terjadi penurunan tingkat kekeruhan hingga volume air semakin sedikit nilai kekeruhan kembali meningkat. Berikut ini merupakan hasil dari pengamatan kekeruhan yang dilakukan yang disajikan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Data Pengukuran Kekeruhan (Sumber: data diolah, 2014)

Dari data di atas dapat dilihat bahwa nilai kekeruhan pada kontrol meningkat. Peningkatan nilai kekeruhan tersebut karena adanya proses evaporasi. Jumlah air di dalam akuarium menurun sedangkan di dalam air tersebut tidak ada yang menyerap polutan yang ada sehingga nilai kekeruhan meningkat. Dari beberapa konsentrasi kekeruhan menurun, akan tetapi pada volume air semakin sedikit maka nilai kekeruhan akan semakin meningkat kembali. Hal tersebut

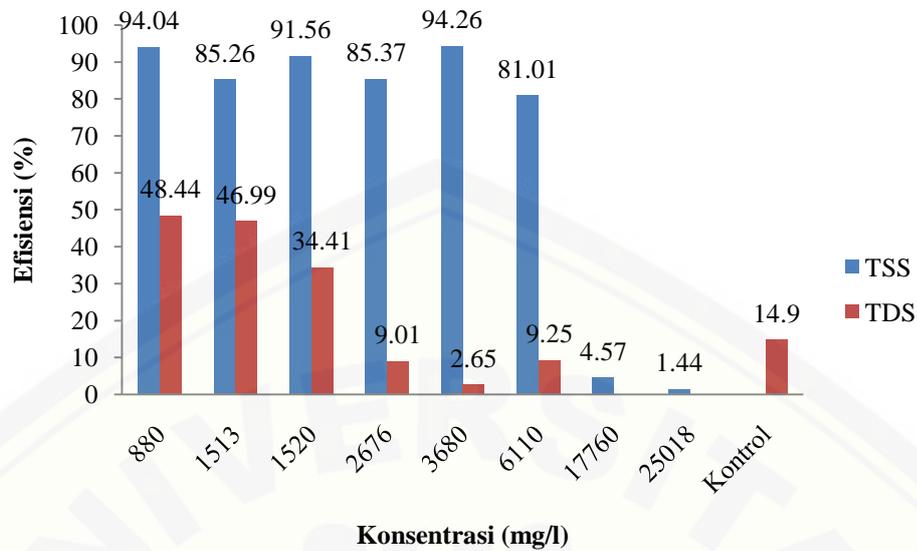
dapat dilihat pada limbah cair dengan konsentrasi 880 mg/l. Pada konsentrasi 880 mg/l penurunan nilai kekeruhan terjadi hingga hari ke-14. Setelah hari ke-14 nilai kekeruhan meningkat. Peningkatan nilai kekeruhan dikarenakan eceng gondok mampu menyerap air lebih cepat sehingga volume air semakin rendah. Penurunan volume yang cepat mengakibatkan nilai kekeruhan meningkat.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok dapat mengurangi kekeruhan dari limbah cair kopi. Tanaman eceng gondok lebih cepat menyerap polutan pada konsentrasi limbah cair kopi rendah selama volume air masih tercukupi.

b. TSS dan TDS

TSS merupakan bahan-bahan yang dapat tertahan oleh saringan millipore, sedangkan TDS atau padatan terlarut merupakan padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan padatan tersuspensi yang dinyatakan dalam satuan mg per volume air (mg/L). TDS disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang terdapat di perairan (Alaerts dan Santika. 1987:130).

Kandungan TSS dan TDS erat sekali hubungannya dengan kekeruhan, karena kekeruhan yang terjadi di dalam air limbah dikarenakan adanya kandungan zat padat tersuspensi dan zat terlarut. Zat-zat tersebut yang ada di dalam limbah cair merupakan bahan-bahan organik yang melayang-layang. Dari penelitian ini proses fitoremediasi dengan eceng gondok mampu menurunkan kandungan TSS dan TDS yang terdapat di dalam limbah cair kopi dengan berbagai konsentrasi. Berikut ini merupakan nilai efisiensi penurunan TSS dan TDS oleh tanaman eceng gondok dalam berbagai konsentrasi yang disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai Efisiensi Penurunan TSS dan TDS (Sumber: data diolah, 2014)

Dari Gambar 4.8 di atas dapat dilihat bahwa eceng gondok mampu menurunkan nilai TSS pada limbah cair kopi tersebut, hal tersebut juga dapat dibandingkan dengan kontrol bahwa tanpa tanaman eceng gondok nilai TSS meningkat. Selain nilai TSS mengalami penurunan dapat dilihat untuk nilai TDS juga menurun, hal ini sesuai dengan data TSS. Nilai TSS menurun maka nilai TDS juga menurun. Namun berbeda dengan limbah cair dengan konsentrasi tinggi yaitu 17760 mg/l dan 25018 mg/l. Pada limbah cair tersebut nilai TSS menurun akan tetapi nilai TDS semakin meningkat, hal tersebut diduga karena adanya pemecahan bahan organik yang awalnya berupa padatan tersuspensi menjadi berukuran lebih kecil. Sebaliknya limbah cair dengan konsentrasi 25018 mg/l tanpa perlakuan didapatkan nilai TSS semakin meningkat dikarenakan tidak adanya penyerapan oleh tanaman, akan tetapi nilai TDS menurun. Sama halnya dengan nilai kekeruhan limbah tersebut, nilai TSS juga dapat naik ketika volume air semakin sedikit. Hal ini terjadi pada beberapa konsentrasi limbah cair. Pada konsentrasi rendah eceng gondok lebih cepat menyerap sehingga ketika air semakin sedikit, polutan yang sudah menempel pada akar eceng gondok terlepas kembali dan dapat meningkatkan nilai TSS limbah cair kopi. Tanaman eceng gondok mampu mempercepat proses penguapan melalui proses evapotranspirasi. Pada tanaman eceng gondok terdapat mikroba rizhosfer, mikroba ini diduga dapat

mengurai bahan organik yang terkandung di dalam limbah tersebut yang kemudian akan diserap oleh akar. Zat-zat organik yang terserap akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman eceng gondok. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman, kemudian diteruskan ke daun (Sriyana, 2006).

Berdasarkan Gambar 4.8 di atas dapat dilihat bahwa nilai efisiensi penurunan TSS paling tinggi adalah pada konsentrasi 3680 mg/l yaitu mencapai 94,26 % pada minggu ke tiga. Akan tetapi eceng gondok yang paling efektif dalam menurunkan kandungan TSS dan TDS adalah pada limbah cair dengan konsentrasi 880 mg/l. Pada konsentrasi ini eceng gondok mampu menyerap kandungan tersebut selama waktu dua minggu yaitu dengan nilai penurunan TSS mencapai 94,04% dan TDS adalah 48,44%. Dalam penelitian Rahmah (2014), eceng gondok mampu menurunkan kandungan TSS dalam limbah cair *Mocaf* mencapai 86,45%. Dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok mampu mengurangi kontaminan dalam limbah cair.

4.3.3 Pengamatan Kondisi Tanaman

Eceng gondok merupakan salah satu tanaman yang mempunyai kemampuan untuk menyerap air dan unsur hara yang terkandung di dalam air dengan menggunakan akar kemudian diteruskan ke batang dan diuapkan melalui proses evaporasi dan evapotranspirasi, sehingga tanaman tersebut dapat membersihkan air limbah. Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa eceng gondok mempunyai kemampuan penyerapan dan kemampuan hidup yang berbeda sesuai dengan medianya. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi tinggi eceng gondok tidak dapat tumbuh dengan baik. Akan tetapi pada limbah cair kopi dengan konsentrasi yang rendah, tanaman eceng gondok mampu hidup dengan baik. Kemampuan tanaman eceng gondok bertahan hidup pada limbah cair dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup Pada Limbah Cair

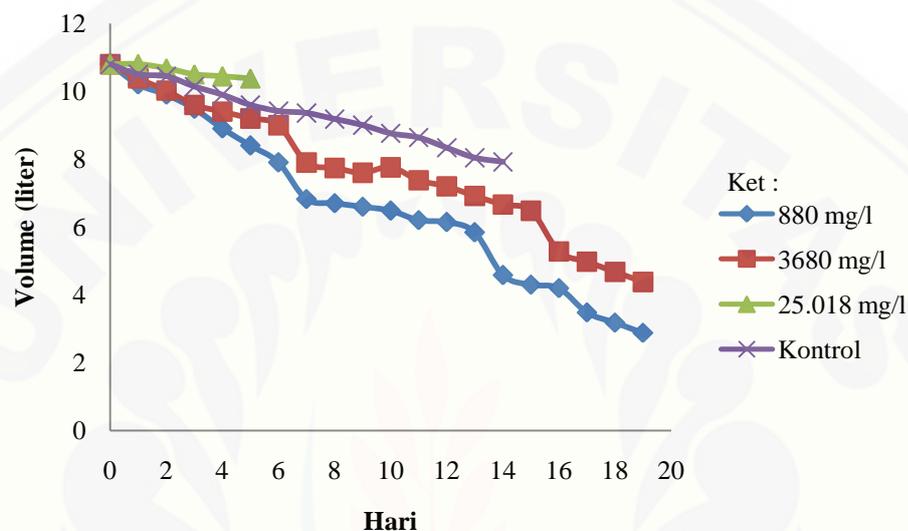
No	Konsentrasi	Waktu (Hari)	Keterangan
1	880	19	Air habis
2	1513	24	Air habis
3	1520	19	Air habis
4	2676	24	Air habis
5	3680	21	Air habis
6	6110	14	Tanaman mati
7	17760	5	Tanaman mati
8	25018	5	Tanaman mati
Kontrol (tanpa eceng gondok)	17760	21	Air habis
Kontrol (tanpa eceng gondok)	25018	14	Air habis

(Sumber: data diolah, 2014)

Dari Tabel 4.7 di atas dapat dilihat bahwa kemampuan eceng gondok hidup di dalam limbah cair kopi berbagai variasi juga berbeda. Di dalam akuarium yang berisi limbah cair kopi dengan konsentrasi COD 17760-25018 mg/l eceng gondok mati pada hari ke lima. Dari pengamatan selama lima hari dapat dilihat bahwa warna daun berubah. Daun eceng gondok awalnya berwarna hijau berubah menjadi kuning dan berlendir hingga pada akhirnya tanaman eceng gondok tersebut kering dan mati. Pada konsentrasi 6110 mg/l sebagian tanaman eceng gondok mati pada hari ke enam dan sebagian tanaman mati pada hari ke empat belas. Hal ini terjadi disebabkan karena racun yang terdapat dalam limbah cair kopi pada konsentrasi tersebut sudah diserap oleh sebagian tanaman yang kemudian menyebabkan tanaman mati dan sebagian tanaman mampu bertahan hidup sampai hari ke empat belas. Pada akuarium yang berisi limbah cair kopi konsentrasi 880 – 3680 mg/l eceng gondok mampu hidup dengan baik sampai volume air hampir habis.

Kemampuan eceng gondok dalam penyerapan limbah cair kopi berbagai variasi konsentrasi berbeda. Kemampuan eceng gondok tersebut dapat dilihat dari penurunan volume limbah cair kopi pada setiap konsentrasi. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi rendah yaitu 880 mg/l penurunan volume lebih banyak, sedangkan semakin tinggi konsentrasi limbah cair kopi maka penurunan volume juga semakin sedikit. Kemampuan tanaman eceng gondok berbeda-beda dalam

menyerap limbah cair kopi pada berbagai variasi konsentrasi. Kemampuan penyerapan eceng gondok dilihat dari pengukuran volume air. Perubahan volume dilihat dari pengukuran tinggi muka air yang menurun. Berikut ini dapat dilihat kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap limbah cair kopi pada berbagai konsentrasi yang disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Data Pengukuran Volume (Sumber: data diolah, 2014)

Dari Gambar 4.8 tersebut volume limbah cair kopi pada konsentrasi yang berbeda mengalami penurunan. Hal ini diakibatkan oleh adanya proses evaporasi dan evapotranspirasi oleh tanaman eceng gondok. Pada konsentrasi 880 mg/l dapat dilihat bahwa volume limbah cair paling rendah dibandingkan limbah cair dengan konsentrasi 3680 mg/l dan 25018 mg/l. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi ini penyerapan oleh eceng gondok lebih cepat dibandingkan dengan limbah cair dengan konsentrasi tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi polutan dan bahan pencemar yang terkandung dalam limbah dapat menghambat proses penyerapan oleh tanaman. Pada kontrol atau limbah cair tanpa tanaman eceng gondok, berkurangnya volume air disebabkan karena terjadinya proses evaporasi. Pada pengamatan kondisi tanaman selama penelitian bahwa pada bagian akar tanaman eceng gondok menjadi berlendir. Perubahan tersebut dikarenakan pada proses fitoremediasi yang paling

berperan dalam menyerap polutan adalah akar. Selain dari perubahan akar juga terjadi perubahan warna tanaman eceng gondok yang awalnya berwarna hijau segar kemudian menjadi kekuningan yang kemudian berwarna kecoklatan. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi tinggi tanaman eceng gondok tidak mampu hidup. Hal ini dikarenakan kondisi limbah yang terlalu pekat. Pada kondisi limbah terlalu pekat pertumbuhan eceng gondok terhambat akibat bagian batang dan daun yang mengering tidak dapat menerima zat-zat yang diserap oleh akar sehingga tanaman tidak dapat melangsungkan metabolismenya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmah (2014:28), bahwa pada penelitiannya dengan menggunakan eceng gondok pada limbah cair *mocaf* akar tanaman eceng gondok setelah fitoremediasi berubah menjadi berlendir, selain itu juga terjadi perubahan warna pada batang dan daun. Warna batang dan daun sebelum digunakan fitoremediasi berwarna hijau kemudian berubah menjadi kekuningan dan kecoklatan serta berbintik.

Menurut Mangkoedihardjo (2005:56), proses evaporasi yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok pada proses fitoremediasi disebut fitovolatilisasi. Tahap fitovolatilisasi merupakan tahap pada saat tanaman eceng gondok akan menyerap air oleh akar yang kemudian akan diangkut oleh pembuluh angkut dan kemudian diuapkan ke atmosfer. Dengan demikian maka dari penelitian ini disimpulkan bahwa pada limbah cair kopi dengan konsentrasi yang tinggi, tanaman eceng gondok hanya mampu bertahan hidup untuk menyerap racun yang terkandung dalam limbah cair kopi dan mati pada hari ke lima.

4.3.4 Kemampuan Tanaman Eceng Gondok dalam Proses Fitoremediasi

Dalam penelitian ini tanaman eceng gondok mampu memperbaiki limbah cair kopi berbagai variasi konsentrasi. Kemampuan eceng gondok tersebut dapat dilihat dari perbedaan data pengamatan limbah cair kopi sebelum proses fitoremediasi dan setelah proses fitoremediasi. Perubahan nilai setiap parameter disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Pengukuran Setiap Parameter

Konsentrasi	Parameter	Awal	Akhir	Eff (%)
880 mg/l	pH	5,9	7,2	
	COD (mg/l)	880	40	95,45
	BOD (mg/l)	570	25	95,61
	Nitrogen (mg/l)	1,97	21,67	
	Fosfat (mg/l)	7,37	1,11	84,94
	Kekeruhan (NTU)	66,5	5,4	91,88
	TSS (mg/l)	138	8,22	94,04
	TDS (mg/l)	64	33	48,44
1513 mg/l	pH	5,6	7,5	
	COD (mg/l)	1513	48	96,83
	BOD (mg/l)	968	30	96,90
	Nitrogen (mg/l)	34,41	26,65	22,55
	Fosfat (mg/l)	1,95	7,06	
	Kekeruhan (NTU)	73,8	3,01	95,92
	TSS (mg/l)	148,08	21,82	85,26
	TDS (mg/l)	83	44	46,99
1520 mg/l	pH	5,7	7,6	
	COD (mg/l)	1520	180	88,16
	BOD (mg/l)	990	100	89,90
	Nitrogen (mg/l)	25,03	19,11	23,65
	Fosfat (mg/l)	12,54	11,41	38,20
	Kekeruhan (NTU)	192	3,41	88,18
	TSS (mg/l)	354,23	43,06	91,56
	TDS (mg/l)	186	146	34,41
2676 mg/l	pH	5,5	7,8	
	COD (mg/l)	2676	160	94,02
	BOD (mg/l)	1710	102	94,04
	Nitrogen (mg/l)	63,95	38,68	39,52
	Fosfat (mg/l)	4,04	19,32	
	Kekeruhan (NTU)	213	8	81,74
	TSS (mg/l)	424,04	62,03	85,37
	TDS (mg/l)	62,03	212	9,01

Tabel 4.8 Lanjutan

3680 mg/l	pH	5,7	7,7	
	COD (mg/l)	3680	412	86,14
	BOD (mg/l)	2392	252	94,04
	Nitrogen (mg/l)	41,94	31,12	25,80
	Fosfat (mg/l)	19,89	8,01	59,73
	Kekeruhan (NTU)	398	23,5	69,3
	TSS (mg/l)	741,01	133,46	94,26
	TDS (mg/l)	340	331	2,65
6110 mg/l	pH	5,6	7,1	
	COD (mg/l)	6110	560	90,83
	BOD (mg/l)	3910	362	90,74
	Nitrogen (mg/l)	148,57	89,62	39,68
	Fosfat (mg/l)	28,63	109,01	78,8
	Kekeruhan (NTU)	415	78,8	
	TSS (mg/l)	787,26	149,49	81,01
	TDS (mg/l)	346	314	9,25
17760 mg/l	pH	5,6	4,1	
	COD (mg/l)	17760	8080	54,50
	BOD (mg/l)	11650	5250	54,94
	Nitrogen (mg/l)	295,27	190,98	35,32
	Fosfat (mg/l)	53,91	83,46	35,32
	Kekeruhan (NTU)	652	632	3,07
	TSS (mg/l)	1246,86	1189,92	4,57
	TDS (mg/l)	1198	1264	
25018 mg/l	pH	5,5	4,5	-
	COD (mg/l)	25018	25018	20,00
	BOD (mg/l)	16012	13010	18,75
	Nitrogen (mg/l)	1651,3	2017,36	
	Fosfat (mg/l)	959,25	32,47	96,62
	Kekeruhan (NTU)	751	737	1,86
	TSS (mg/l)	1424,66	1404,1	1,44
	TDS (mg/l)	1208	1324	

(Sumber: data diolah, 2014).

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa tanaman eceng gondok mampu memperbaiki limbah cair kopi. Nilai efisiensi penurunan beberapa parameter paling tinggi adalah limbah cair kopi dengan konsentrasi 880 mg/l. Penurunan parameter oleh eceng gondok pada limbah cair kopi konsentrasi 880 mg/l paling cepat dibandingkan konsentrasi lainnya yaitu pada minggu ke dua. Nilai efisiensi

penurunan kandungan COD, BOD, kekeruhan, TSS dan TDS berturut-turut adalah 95,45%; 96,61%; 91,88%; 94,04% dan 48,44%. Pada limbah cair kopi dengan konsentrasi tinggi yaitu 25018 mg/l tanaman eceng gondok tidak mampu tumbuh sehingga kemampuannya dalam menyerap limbah juga rendah. Nilai efisiensi penurunan parameter COD, BOD, kekeruhan dan TSS dan berturut-turut adalah 20%; 18,75%; 1,86% dan 1,86%. Pada konsentrasi ini kandungan Nitrogen dan TDS mengalami peningkatan, akan tetapi kandungan fosfat dapat menurun hingga 96,62%.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok paling baik digunakan sebagai agen fitoremediasi pada limbah yang nilai konsentrasinya rendah. Semakin tinggi konsentrasi limbah maka kemampuan eceng gondok dalam mereduksi limbah juga berkurang.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok pada limbah cair kopi dapat menurunkan kandungan COD, BOD, TSS, TDS, tingkat kekeruhan serta merubah nilai pH dari asam menjadi normal. Akan tetapi eceng gondok tidak dapat tumbuh dengan baik dalam limbah cair kopi dengan konsentrasi tinggi.
2. Penggunaan eceng gondok yang paling efektif dan efisien adalah eceng gondok yang berada pada limbah cair dengan konsentrasi rendah yaitu 880 mg/l. Nilai efisiensi penurunan COD sebesar 95,45%, BOD sebesar 95,61%, TSS sebesar 94,04%, TDS sebesar 48,44%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang sudah dilakukan, maka untuk selanjutnya

1. Perlu adanya batasan waktu yang sama pada setiap perlakuan
2. Pengukuran parameter COD, BOD, TSS, TDS, Nitrogen dan Fosfat dilakukan dengan rentang waktu lima hari sekali.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk limbah cair kopi dari hasil pencucian setelah proses fermentasi biji kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- Bambang, S. dan Budianto. 1993. *Re-Training Pengolahan dan Pengolahan Air Buangan Industri Untuk Jurusan Teknik Kimia se- Indonesia*. Bandung: PEDC.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Gerbano, A. dan Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gopal, B. dan Sharma, K.P. 1981. *Water hyacinth (Elchhornla crassipes), the most troublesome weed of the world*. New Delhi: Hindasia.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Kopi*. Jawa Timur
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: ANDI.
- Kordi, H., Ghufro, M. dan Tancung, A. B. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air: Dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Penerbit Rineke Cipta.
- Mahmood, Ping, Islam, Hayat, Hassan, Jilani dan Jin. 2005. *Research: Lab Scale Studies on Water Hyacinth (Eichornia crassipes Martens Solms) for Biotreatment of Textile Wastewater*. Caspian J. Env. Sci. 2005, Vol. 3 No.2 pp.83-88
- Mangkoedihardjo, S. 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan. *Seminar Nasional Manajemen Penanganan Limbah Padat dan Limbah Cair Berkelanjutan*. Surabaya: ITS.
- Mulato, Widyotomo, Misnawati, Sahali, dan Suharyanto. 2006. *Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Najiyati, S. dan Danarti. 2001. *KOPI : Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Priyanto, B. & Prayitno, J. 2006. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam berat [serial online]. <http://tl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.pdf>. [12 Januari 2015].

- Rahardjo, P. 2003. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahmah, H. 2014. Fitoremediasi Limbah Cair Mocaf Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes (Mart.) Solms*). *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.
- Ratnani, D. 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipers (Mart.) Solm*) Untuk Menurunkan Kandungan COD, pH, Bau dan Warna Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Momentum*. Vol. 7(1): 41-47.
- Ridwansyah. 2003. Pengolahan Kopi. [serial online]. <http://library.usu.ac.id/download/fp/tekper-ridwansyah4.pdf>. [19 April 2014]
- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sariadi. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Kopi Dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Batch*. Aceh: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Sriyana, H.Y. 2006. Kemampuan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Pb(II) dan Cr (VI) Pada Limbah dengan Sistem Air Mengalir dan Sistem Air Menggenang. *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM.
- Subroto, M.A. 1996. *Fitoremediasi. Dalam: Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong: 24 – 25 Juni 1996.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Widyaningsih, T.S. 2007. Penyerapan Logam Cr dan Cu₂₊ Dengan Eceng Gondok Pada Sistem Air Mengalir. *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM.
- Youngman, L. 1999. *Physiological respon Of Switchgrass (Panicum Virgatum L) to Organic And Inorganic Amened Heavy-Metal Contaminated Chat Tailings*. Washington, D.C: American Chemical society Symposium.

Lampiran A. Karakteristik Limbah Cair Kopi Sebelum Perlakuan

Tabel A.1 Karakteristik Limbah Cair Kopi Sebelum Perlakuan

No	Parameter	Rentang Nilai	Satuan
1	pH	5,5 - 5,6	
2	COD	17760 - 25018	mg/l
3	BOD	11650 - 16012	mg/l
	TSS	1246,86 - 1424,66	mg/l
5	TDS	1198 - 1208	mg/l
6	Kekeruhan	652 - 751	NTU
7	Nitrogen	295,27 - 1651,3	mg/l
8	Fosfat	53,91 - 959,25	mg/l

Lampiran B. Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup pada Limbah Cair

Tabel B.1 Kemampuan Eceng Gondok Bertahan Hidup pada Limbah Cair

No	Konsentrasi	Waktu (Hari)	Keterangan
1	880	19	Air habis
2	1513	24	Air habis
3	1520	19	Air habis
4	2676	24	Air habis
5	3680	21	Air habis
6	6110	14	Tanaman mati
7	17760	5	Tanaman mati
8	25018	5	Tanaman mati
Kontrol (tanpa eceng gondok)	1776	21	Air habis
Kontrol (tanpa eceng gondok)	25018	14	Air habis

Lampiran C. Data Pengukuran Harian

Tabel C.1 Konsentrasi 880 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan
0	5,9	66,5
1	4,8	71,1
2	5,4	98,5
3	5,6	58,4
4	5,5	56
5	6,1	32,3
6	6,5	16,19
7	6,4	13,56
8	6,3	12
9	6,3	8,2
10	6,2	7,62
11	6,3	7,22
12	6,8	8,3
13	6,9	6,7
14	7,2	5,4
15	7,3	16,25
16	7,3	17,22
17	6,9	20,7
18	6,8	16,86
19	6,8	22

Tabel C.2 Konsentrasi 1513 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,6	73,8
1	4,8	71
2	5,0	63,1
3	5,5	49,3
4	5,2	45
5	5,0	42
6	5,6	38
7	6,3	37,74
8	6,8	39,4
9	6,8	27,9

Tabel C.2 Lanjutan

10	6,9	20,9
11	6,9	15,82
12	7,3	6,83
13	7,2	7,15
14	7,5	10,29
15	7,8	5,88
16	7,6	3,83
17	7,2	5,5
18	7,1	4,18
19	7,2	3,01
20	7,6	3,01
21	7,4	3,45
22	7,0	3,88
23	6,9	5,06
24	6,7	11,5

Tabel C.3 Konsentrasi 1520 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,7	192
1	4,5	165
2	5,2	179
3	4,9	108
4	4,7	92,3
5	4,8	87,6
6	5,4	79,6
7	6,1	61,5
8	6,7	49
9	7,2	29,7
10	7,1	18,62
11	7,1	15,74
12	7,2	8,55
13	7,4	9,2
14	7,6	22,7
15	7,8	4,48
16	7,9	10,14
17	8,0	9,68
18	7,9	3,41
19	8,0	16,6

Tabel C.4 Konsentrasi 2676 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,5	213
1	4,5	167
2	4,0	127
3	4,6	106
4	4,7	90,8
5	4,8	80,3
6	5,1	55,3
7	5,8	53,2
8	5,6	52,3
9	6,1	56,9
10	6,6	52,5
11	7,0	35,2
12	7,5	32,8
13	7,7	45,2
14	7,7	38,9
15	7,8	18,56
16	7,8	19,78
17	7,8	22,5
18	7,7	21,5
19	7,6	13,98
20	8	10,32
21	7,9	8,42
22	7,8	16,17
23	7,8	14,41
24	7,9	32,7

Tabel C.5 Konsentrasi 3680 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,7	398
1	4,3	298
2	4,2	322
3	4,8	309
4	4,8	290
5	4,9	257
6	5,3	181
7	5,5	193

Tabel C.5 Lanjutan

8	5,7	192
9	6,4	172
10	7,2	116
11	7,7	103
12	7,7	85,7
13	7,5	70
14	7,7	69,3
15	7,7	39,9
16	7,2	29,3
17	7,8	27,7
18	7,8	21,5
19	7,9	38,8
20	7,9	40
21	8,0	23,5

Tabel C.6 Konsentrasi 6110 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,6	415
1	4,5	300
2	3,9	265
3	3,9	144
4	3,8	143
5	3,8	96,7
6	4,0	178
7	5,1	176
8	5,1	173
9	5,5	219
10	5,7	200
11	5,8	162
12	6,2	120
13	6,4	97,4
14	7,1	78,8

Tabel C.7 Konsentrasi 17760 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,6	652
1	4,7	800
2	4,3	732
3	4,1	702
4	4,2	741
5	4,1	632

Tabel C.8 Konsentrasi 25018 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,5	751
1	5,2	833
2	4,8	719
3	4,7	743
4	4,6	710
5	4,5	737

Tabel C.9 Kontrol dengan Konsentrasi 17760 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,6	652
1	4,8	956
2	4,6	946
3	4,5	804
4	4,4	889
5	4,4	901
6	4,4	742
7	4,4	601
8	4,2	672
9	4,0	787
10	4,1	691
11	4,0	896
12	4,1	794
13	4,0	842
14	4,1	882
15	4,3	902
16	4,3	985

Tabel C.9 Lanjutan

17	5,0	967
18	5,0	Tidak terbaca
19	5,1	Tidak terbaca
20	5,4	Tidak Terbaca
21	5,5	Tidak Terbaca

Tabel C.10 Kontrol Dengan Konsentrasi 25018 mg/l

Hari Ke-	Parameter Pengukuran	
	pH	Kekeruhan (NTU)
0	5,5	751
1	5,1	841
2	4,9	872
3	4,7	846
4	4,7	857
5	4,5	772
6	4,3	828
7	4,6	812
8	4,1	788
9	4,1	881
10	4,0	914
11	3,9	938
12	3,8	801
13	3,7	994
14	3,4	Tidak Terbaca

Lampiran D. Data Pengukuran Mingguan

Tabel D.1 Data Pengukuran Konsentrasi 880 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	880	570	1,97	7,37	138	64
1	80	50	14,6	1,11	28,64	36
2	40	25	21,67	5,88	8,22	33
3	510	316	25,43	1,31	42,34	37

Tabel D.2 Data Pengukuran Konsentrasi 1513 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	1513	968	34,41	1,95	148,08	83
4	48	30	26,65	7,06	21,82	44

Tabel D.3 Data Pengukuran Konsentrasi 1520 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	1520	990	25,03	12,54	354,23	186
1	480	312	22,39	11,41	153,45	179
2	180	100	33,45	7,75	43,06	146
3	182	114	19,11	8,61	29,9	122

Tabel D.4 Data Pengukuran Konsentrasi 2676 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	2676	1710	63,95	4,04	424,04	233
4	160	102	38,68	19,32	62,03	212

Tabel D.5 Data Pengukuran Konsentrasi 3680 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	3680	2392	41,94	19,89	741,01	340
1	2160	1400	53,25	8,01	346,12	338
2	412	252	31,12	25,02	133,46	331
3	510	320	44,54	16	42,54	331

Tabel D.6 Data Pengukuran Konsentrasi 6110 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	6110	3910	148,57	28,63	787,26	346
2	560	362	89,62	109,01	149,49	314

Tabel D.7 Data Pengukuran Konsentrasi 17760 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	17760	11650	295,27	53,91	1246,86	1198
1	8080	5250	190,98	83,46	1189,92	1264

Tabel D.8 Data Pengukuran Konsentrasi 25018 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	25018	16012	1651,3	959,25	1424,66	1208
1	20015	13010	2017,36	32,47	1404,1	1324

Tabel D.9 Data Pengukuran Kontrol Dengan Konsentrasi 17760 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	17760	11650	295,27	53,91	1228,86	1198
1	14240	9260	194,01	65,37	1294,74	1168
2	6320	2986	74,47	72,2	1682,24	997
3	5236	3298	543,72	63,53	2383,42	878

Tabel D.10 Data Pengukuran Kontrol Dengan Konsentrasi 25018 mg/l

Minggu	Parameter Pengukuran					
Ke-	COD	BOD	N	P	TSS	TDS
0	25018	16012	1651,3	959,25	1424,66	1208
2	11680	7590	318,33	40,36	2105,64	1028

Lampiran E. Nilai Efisiensi Penurunan Setiap Parameter

Tabel E.1 Nilai Efisiensi Penurunan COD

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	95,45	2
1513	96,83	4
1520	88,16	2
2676	94,02	4
3680	86,14	3
6110	90,83	2
17760	54,50	1
25018	20	1
Kontrol	53,31	4

Tabel E.2 Nilai Efisiensi Penurunan BOD

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	95,61	2
1513	96,90	4
1520	89,90	2
2676	94,04	4
3680	94,04	3
6110	90,74	2
17760	54,94	1
25018	18,75	1
Kontrol	52,60	4

Tabel E.2 Nilai Efisiensi Penurunan N

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	-	-
1513	22,55	4
1520	23,65	3
2676	39,52	4
3680	25,80	2
6110	39,68	2
17760	35,32	1
25018	-	-
Kontrol	80,72	4

Tabel E.3 Nilai Efisiensi Penurunan P

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	84,94	1
1513	-	-
1520	38,20	2
2676	-	-
3680	59,73	1
6110	-	-
17760	35,32	1
25018	96,62	1
Kontrol	95,79	4

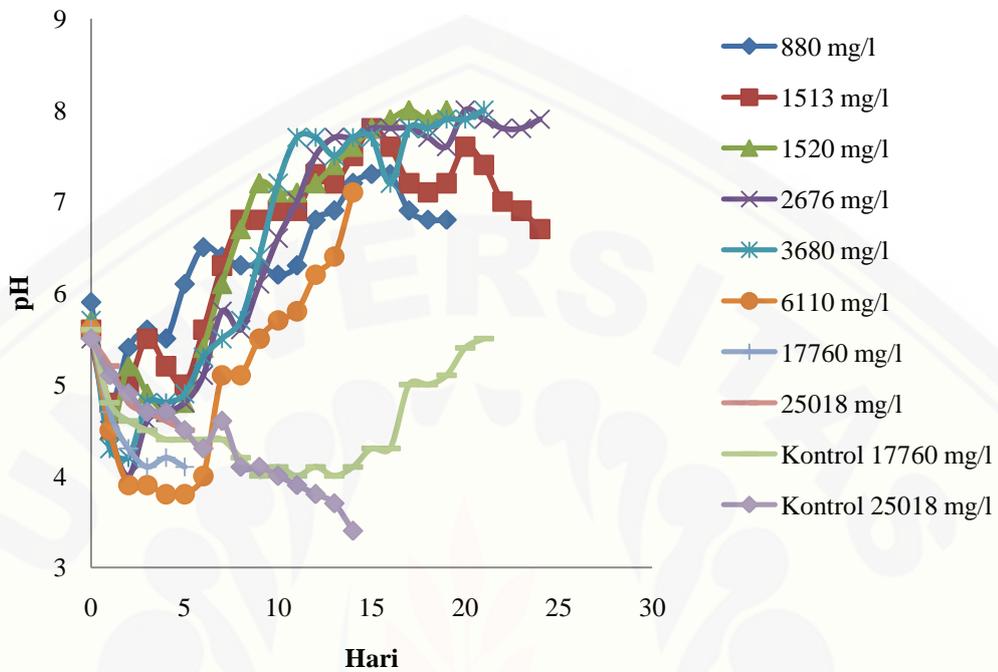
Tabel E.4 Nilai Efisiensi Penurunan TSS

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	94,04	2
1513	85,26	4
1520	91,56	3
2676	85,37	4
3680	94,26	3
6110	81,01	2
17760	4,57	1
25018	1,44	1
Kontrol	-	-

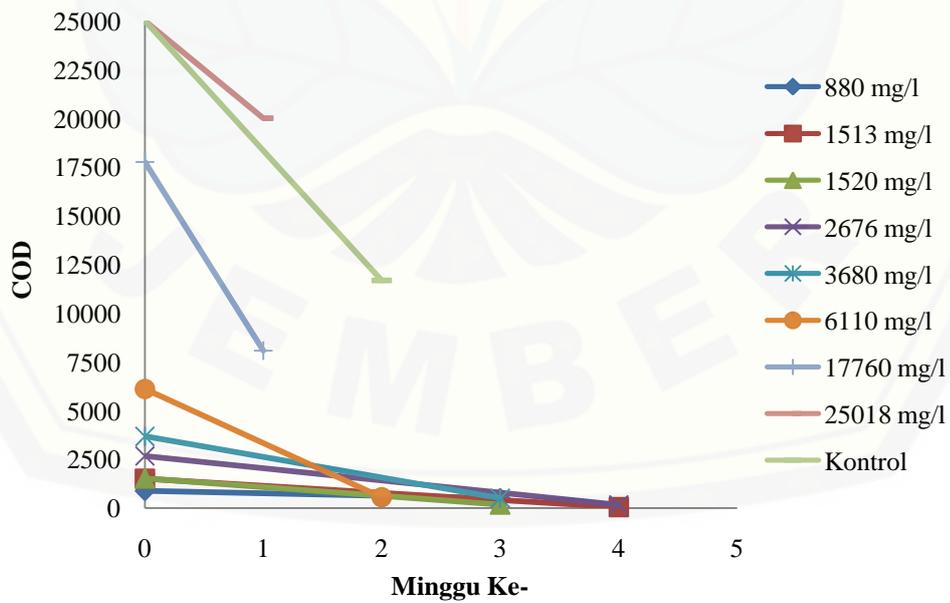
Tabel E.5 Nilai Efisiensi Penurunan TDS

Konsentrasi (mg/l)	Nilai Efisiensi (%)	Waktu (Minggu)
880	48,44	2
1513	46,99	4
1520	34,44	3
2676	9,01	4
3680	2,65	2
6110	9,25	2
17760	-	-
25018	-	-
Kontrol	14,90	2

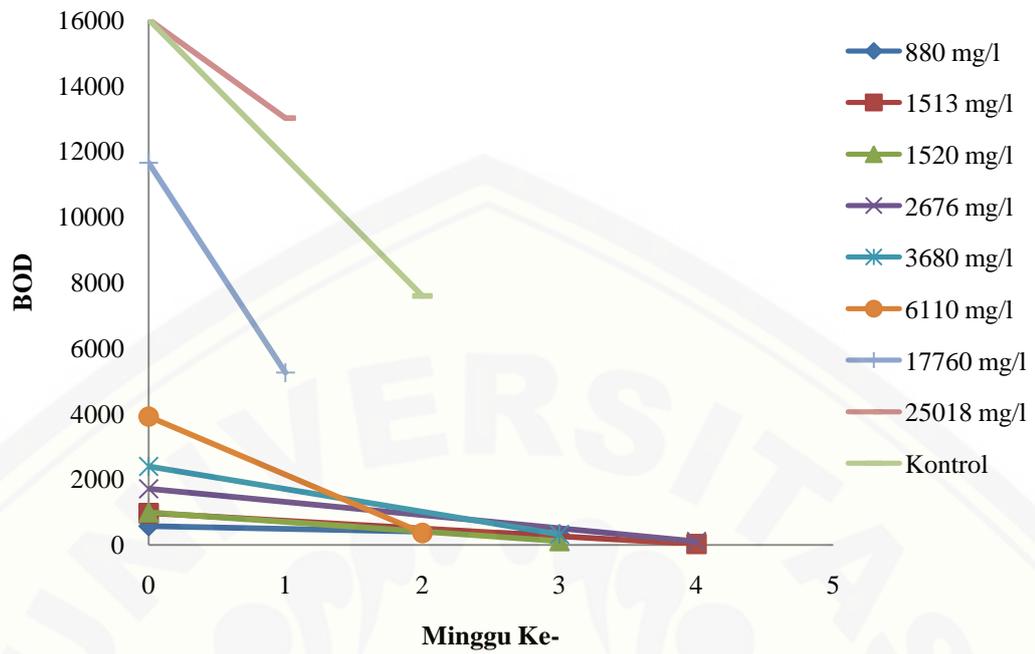
Lampiran F. Gambar Data Pengukuran



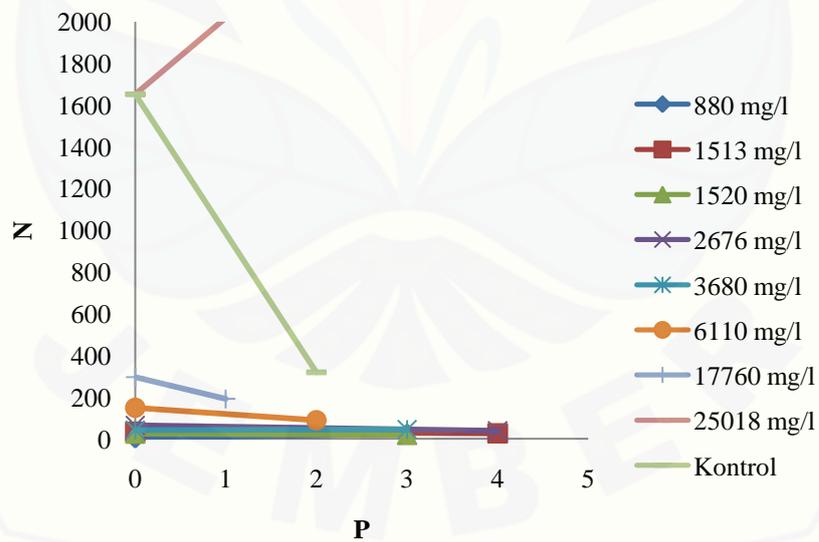
Gambar F.1 Grafik Perubahan pH



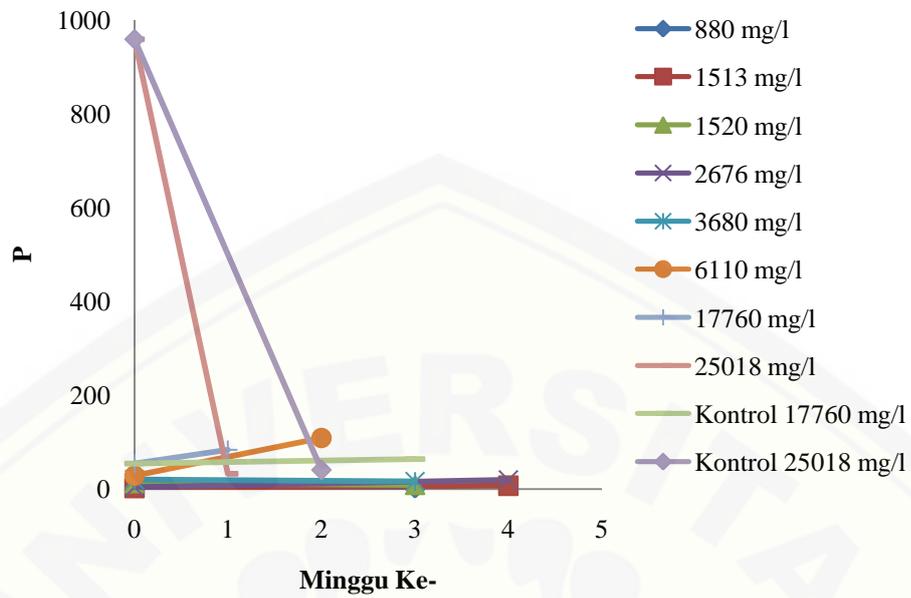
Gambar F.2 Data Perubahan COD



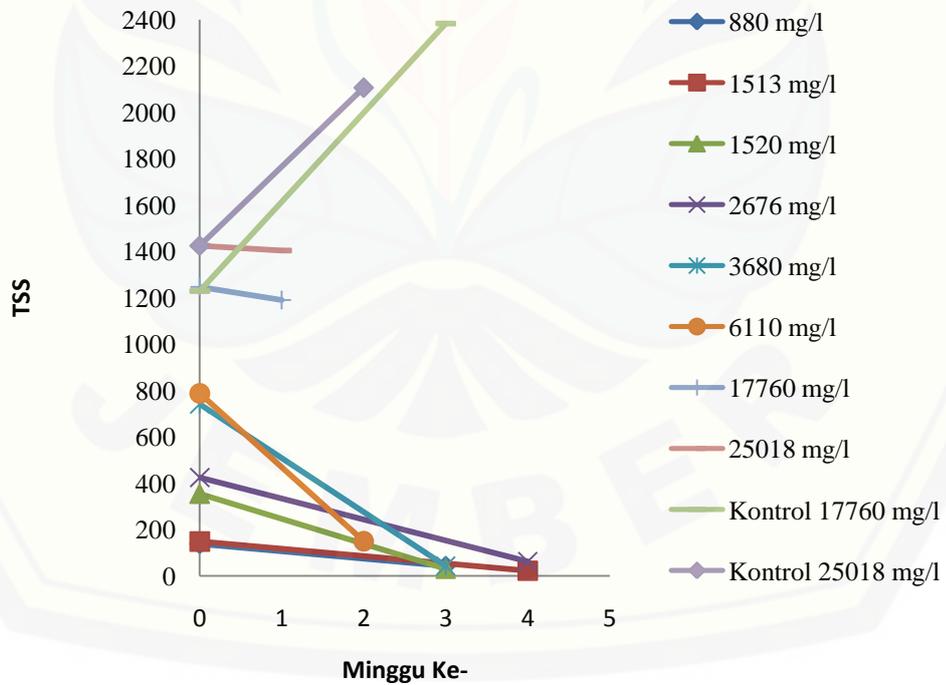
Gambar F.3 Data Perubahan BOD



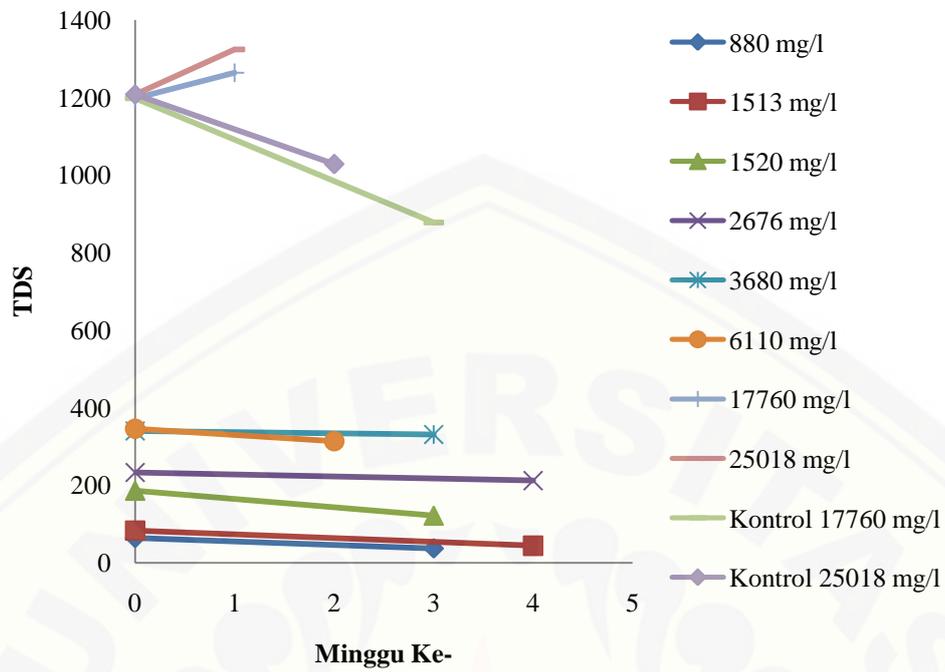
Gambar F.4 Data Perubahan N



Gambar F.5 Data Perubahan Fosfat



Gambar F.6 Data Perubahan TSS



Gambar F.7 Data Perubahan TDS

Lampiran G. Prosedur Pengujian Parameter

1. Prosedur BOD

Prosedur kerja untuk mengukur BOD adalah :

- a. Masukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa gelembung hingga penuh.
- b. Tambahkan 2 mL larutan MnSO_4 40%, dan diamkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
- c. Tambahkan 2 mL alkali iodida azida, kemudian diamkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok
- d. Tambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan pindahkan larutan ke dalam erlenmeyer
- e. Larutan yang berada didalam erlenmeyer siap untuk dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N.
- f. Tambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

$$\text{Perhitungan : } BOD_5 = \frac{(X_0 - X_t) - (B_0 - B_t)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots(3.1).$$

Keterangan :

BOD_5 = mg O_2 /liter

X_0 = DO (oksigen terlarut) sampel pada saat $t = 0$ (mg O_2 /l)

X_5 = DO sampel pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)

B_0 = DO blanko pada saat $t = 0$ (mg O_2 /l)

B_5 = DO blanko pada saat $t = 5$ hari (mg O_2 /l)

P = derajat pengenceran

2. Prosedur COD

Prosedur kerja untuk mengukur COD adalah :

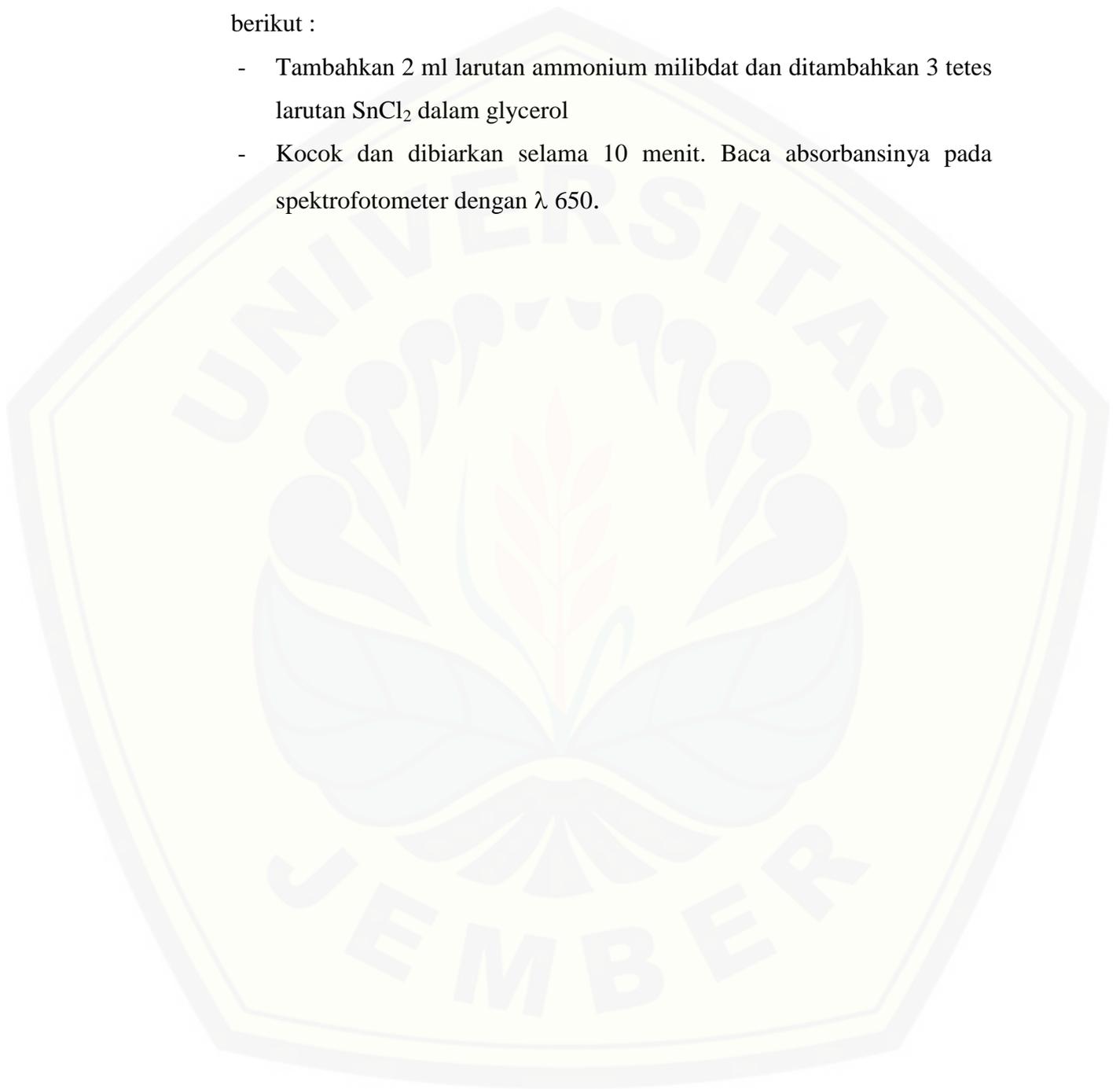
- a. Buat blanko dengan cara menambahkan 2 mL aquades ke dalam tabung reagent HR (*Hard Range*) kemudian ditutup rapat dan dikocok.

- b. Kemudian untuk membuat sampel, 2 mL limbah cair kopi ditambahkan ke dalam tabung reagent HR (*Hard Range*) kemudian ditutup rapat dan dikocok.
 - c. Memanaskan tabung blanko dan sample tersebut selama 2 jam dengan menggunakan COD reaktor pada suhu 150⁰ C.
 - d. Kemudian setelah pemanasan selesai, tabung sample tersebut didinginkan dalam suhu ruangan hingga mencapai suhu ruangan.
 - e. Tuangkan sample tersebut ke dalam kuvet dan kemudian melakukan pembacaan dengan spektrofotometri .
3. Nitrogen (N)
- Metode yang digunakan dalam pengukuran N total adalah sebagai berikut.
- a. 25 ml sampel ditambahkan 1 ml larutan digest N, panaskan dalam ruang asam sampai volume $\pm \frac{1}{2}$ -nya, dinginkan lalu tambahkan aquades sampai volume awal
 - b. Lakukan destilasi dengan menggunakan alat kjedhal, kemudian ditampung pada larutan Asam Borat
 - c. Kemudian analisis N berikutnya bisa menggunakan spektrofotometer, dengan menggunakan prosedur:
 - Ambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml.
 - Ditambahkan 1 ml larutan Nessler
 - Tambahkan 1,25 ml larutan Garam Signet.
 - Aduk dan biarkan selama 10 menit.
 - Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 μm .
 - Absorbansi hasil pembacaan spektrofotometer dibaca pada hasil kalibrasi atau kurva kalibrasi.
4. Fosfat
- Berikut ini adalah tahapan dalam analisis fosfat.
- a. 50 mL sampel + strong acid solution 1.
 - b. Panaskan dalam ruang asam sampai volume $\frac{1}{2}$ -nya, biarkan dingin,tambahkan 20 tetes indikator phenolphthalein + larutan NaOH

sampai warna merah tambahkan aquadest sampai kembali pada volume sampel.

c. Kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer sebagai berikut :

- Tambahkan 2 ml larutan ammonium molibdat dan ditambahkan 3 tetes larutan SnCl_2 dalam glycerol
- Kocok dan dibiarkan selama 10 menit. Baca absorbansinya pada spektrofotometer dengan λ 650.



Lampiran H. Dokumentasi Penelitian

1. Persiapan akuarium dan tanaman eceng gondok



2. Menimbang dan mengukur eceng gondok



3. Pengukuran TSS dan TDS

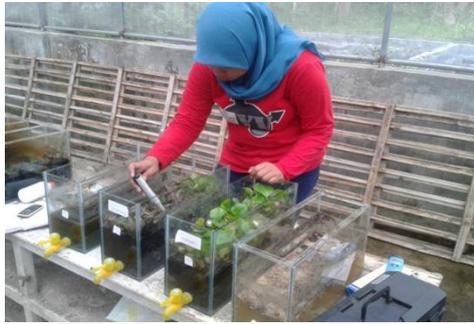


TSS

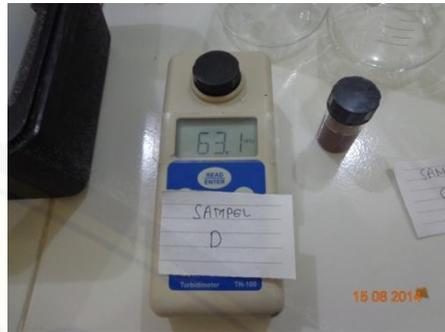


TDS

4. Mengukur pH dan Kekeruhan



pH



Kekeruhan

5. Mengukur tinggi air

