Digital Repository Universitas Jember

KAJIAN PERGANTIAN ECENG GONDOK PADA SIRKULASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI

SKRIPSI

Oleh

Mastuki Andika M.
NIM 121710201038

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016

Digital Repository Universitas Jember

KAJIAN PERGANTIAN ECENG GONDOK PADA SIRKULASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN 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

Mastuki Andika M.
NIM 121710201038

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016

Digital Repository Universitas Jember

PERSEMBAHAN

*Saya persembahkan skripsi ini untuk **Ibunda Kulsum** dan **Ayahanda Alm. Madun** sebagai motivator dan memberikan banyak inspirasi kehidupan.*

Digital Repository Universitas Jember

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat
(QS. Al-Mujadalah ayat 11)*

Every story has an end, but in life every end is just a new beginning
(Dakota Fanning)

Tiada Usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil
(Joeniarto)

---

*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Quran dan Terjemahannya*. Semarang: CV. Asy-Syifa.

Digital Repository Universitas Jember

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mastuki Andika M.

NIM : 121710201038

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "**Kajian Pergantian Eceng Gondok pada Sirkulasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan 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, 24 Mei 2016

Yang menyatakan,

Mastuki Andika M.

NIM. 121710201038

Digital Repository Universitas Jember

SKRIPSI

KAJIAN PERGANTIAN ECENG GONDOK PADA SIRKULASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI

Oleh

Mastuki Andika M.
NIM 121710201038

Pembimbing:

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

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

Digital Repository Universitas Jember

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Kajian Pergantian Eceng Gondok Pada Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi" telah di uji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 09 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing:

DPU,	DPA,
Dr.Sri Wahyuningsih , S.P.,M.T.	Dr. Elida Novita, S.T.P.,M.T.
NIP. 197211301999032001	NIP. 197311301999032001

Tim Penguji:

Ketua,	Anggota,
Ir. Hamid Ahmad	Drs. Rudju Winarsa, M.Kes.
NIP. 195502271984031002	NIP. 196008161989021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember,

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.
NIP. 196912121998021001

Digital Repository Universitas Jember

SUMMARY

Study Of Water Hyacinth Substitution in Circulation Process Phytoremediation Of Coffee Wastewater; Mastuki Andika M., 121710201038; 2016: 70 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University Of Jember.

Coffee processing methods that are often used by coffee employers is wet coffee processing. Wet coffee processing needs water reached 7-9 m^3 per tonne of coffee cherries. Coffee processing which takes a lot of water is a process of stripping and washing. The use of water will produce wastewater that causes environmental contamination if it directly discharged to the water bodies. Therefore, it need further handling in order wastewater safely to discharge into water bodies and require the industrial effluent standards which is stipulated by the Regulation of Environmental Minister of Indonesia Republic Number 5 of 2014, the maximum levels of COD 200 mg/l and BOD 75 mg/l, One of wastewater treatments before discharging into water bodies or river is phytoremediation method that use water hyacinth plants. The purpose of this study is assessing the time change hyacinth and analyzing the percentage reduction of coffee wastewater parameters.

This study was done two repetitions, in each for 14 days using two different treatment that are changed and without changed of water hyacinth. The first treatment is carrying out if its leaf has withered more than 50%. Than, for the second treatment without making turning water hyacinth until the treatment is over.

By phytoremediation using water hyacinth plants with the circulatory system can increase the value of TDS and pH of coffee waste. In addition, it can reduce the value of BOD, COD, turbidity, N and P. The efficiency of COD has decreased from 69.79 to 81.91%, BOD 65 to 81.99%, ammonia 72.40 to 76.02%, phosphate 19.84 to 86.59% and turbidity 87.3 to 90.03%. This study shown that changing of water hyacinth treatment is much lower value of BOD, COD, N, P and turbidity compared to treatment without a change of the water hyacinth. Substitution of water hyacinth conducted over three times within 14 days.

Digital Repository Universitas Jember

Substitution of water hyacinth in the treatment of first repitation PE and second repitation PE is done on the seventh day, because the average water hyacinth that day reached saturated point.

Digital Repository Universitas Jember

RINGKASAN

Kajian Pergantian Eceng Gondok pada Sirkulasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi; Mastuki Andika M., 121710201038; 2016: 46 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Metode pengolahan kopi yang sering digunakan oleh pengusaha kopi adalah pengolahan kopi secara basah. Pengolahan secara basah membutuhkan air mencapai 7-9 m^3 per ton buah kopi yang diolah. Proses pengolahan kopi yang membutuhkan banyak air yaitu proses pengupasan dan pencucian . Penggunaan air tersebut akan menghasilkan limbah cair yang menyebabkan tercemarnya lingkungan jika langsung dibuang ke badan air. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan lanjut agar limbah kopi aman dibuang ke badan air dan memenuhi baku mutu limbah cair industri yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yaitu kadar maksimum COD 200 mg/l dan BOD 75 mg/l. Salah satu penanganan limbah cair sebelum dibuang langsung ke badan air atau sungai yaitu metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengkaji waktu pergantian eceng gondok dan menganalisis persentase penurunan parameter limbah cair pengolahan kopi.

Penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali proses masing-masing selama 14 hari dengan menggunakan dua perlakuan yang berbeda yaitu perlakuan pergantian eceng gondok (PE) dan tanpa pergantian eceng gondok (TPE). Perlakuan pertama yaitu pergantian eceng gondok dilakukan apabila dalam satu tanaman eceng gondok lebih dari 50% daunya telah layu. Sedangkan perlakuan kedua tanpa melakukan pergantian eceng gondok sampai perlakuan berakhir.

Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dengan sistem sirkulasi dapat meningkatkan nilai TDS dan pH limbah cair kopi. Selain itu, dapat menurunkan nilai BOD, COD, kekeruhan, N dan P. Efisiensi penurunan COD sebesar 69,79-81,91%, BOD sebesar 65-81,99%, amonia sebesar 72,40-76,02%, fosfat sebesar 19,84-86,59% dan kekeruhan sebesar 87,3-90,03%. Penelitian ini

Digital Repository Universitas Jember

menunjukkan bahwa perlakuan pergantian eceng gondok lebih banyak menurunkan nilai BOD, COD, N, P dan kekeruhan dibandingkan perlakuan tanpa pergantian eceng gondok. Pergantian eceng gondok dilakukan selama tiga kali dalam waktu 14 hari. Pergantian eceng gondok pada perlakuan PE ulangan ke-1 dan PE ulangan ke-2 yang pertama dilakukan pada hari ke tujuh, karena rata-rata eceng gondok pada hari tersebut mencapai titik jenuh.

Digital Repository Universitas Jember

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul "Kajian Pergantian Eceng Gondok Pada Sirkulasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktu, arahan dan dukungannya. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Hamid Ahmad dan Drs. Rudju Winarsa, M.Kes. selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang membangun pada saat ujian;
3. Dr. Yuli Witono, S.TP.,M.P. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan banyak semangat dan motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini;
4. Dr. Dedy Wirawan S., S.TP., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan semangat dan motivasi sehingga karya tulis ilmiah ini bisa terselesaikan;
5. Bapak Herry dan Bapak Suhardi selaku Teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian atas bantuan dan saran yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian di Fakultas Teknologi Pertanian;

Digital Repository Universitas Jember

6. Ibuku, ayahku, kakakku (Rusiana), adikku (Saiful Rais), semua keluargaku, pak kos dan ibu kos yang tak pernah lelah memberikan do'a, semangat dan pengorbanan selama ini;
7. Teman-teman TEP dan THP angkatan 2012 terutama TEP-B yang selalu bersedia untuk memberikan rasa kebersamaan, inspirasi, semangat dan motivasi hingga saat ini;
8. Teman-temanku IMATEKTA dan UKM-O SAHARA yang telah bersedia mendampingi baik suka maupun duka;
9. Teman-teman KKN tahun 2015 dan perangkat Desa Arjasa, Dusun Calok serta Dosen Pembimbing Lapang KKN (Ibu Winda Amalia, S.TP., M.Sc.,, drg. Rendra dan Bapak Miftahul Choiron, S.TP., M.Sc.) yang telah memberikan banyak dukungan;
10. Teman-teman seperjuanganku (Widad, Amel, Ika, Vivin, Bom-Bom, Zabid, Ria, Salman, Wawan, Agung, Faris, Zainul, Avif, Dinda, Masfiyah, Vivi, Irma, Aini, Ikfi, Indah, Sima, Diol, Dwi, Dika, Sulis, Ridho, Andre, Rendi, Putri, Ninta, Eju, Nagura, Nurus, Fendi dan Adit) yang telah memberikan rasa kekeluargaan selama ini;
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga tidak bisa dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Saran dan kritik sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 24 Mei 2016 Penulis

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iii
HALAMAN MOTTO iv
HALAMAN PERNYATAAN v
HALAMAN PEMBIMBING vi
HALAMAN PENGESAHAN vii
SUMMARY viii
RINGKASAN x
PRAKATA xii
DAFTAR ISI xiv
DAFTAR TABEL xvi
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR LAMPIRAN xviii
BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Pengolahan Kopi 4
2.2 Baku MutuLimbah Cair Kopi 5
2.3 Fitoremediasi 6
2.4 Eceng Gondok 8
2.5 Karakteristik Limbah Cair 9
BAB 3. METODOLOGI 10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 10

Digital Repository Universitas Jember

3.2 Alat dan Bahan Penelitian 10
3.2.1 Alat 10
3.2.2 Bahan 11
3.3 Tahapan Penelitian 12
3.4 Rancangan Penelitian 13
3.4.1 Persiapan Penelitian 13
3.4.2 Prinsip Kerja Akuarium Fitoremediasi 13
3.4.3 Penelitian Pendahuluan 15
3.4.4 Penelitian Utama 16
3.4.5 Pengukuran Parameter 17
3.5 Analisa Data 18
3.5.1 Analisis Efisiensi 18
3.5.2 Analisis *General Linear Model* (GLM) 19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 20
4.1 Karakteristik Limbah Cair Kopi 21
4.2 Pengukuran Parameter 22
4.2.1 pH 22
4.2.2 Kekeruhan 25
4.2.3 *Total Dissolved Solid* (TDS) 29
4.2.4 *Chemical Oxygen Demand* (COD) 30
4.2.5 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 32
4.2.6 Amonia pada N Total 34
4.2.7 Fosfat pada P Total 35
4.3 Waktu Pergantian Eceng Gondok 37
4.4 Analisis *General Linear Model* (GLM) 40
BAB 5. PENUTUP 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 47

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Baku Mutu Limbah Cair Kopi	6
2.2 Klasifikasi Mikroorganisme di Dalam Limbah	7
3.1 Hasil Pengamatan Pengukuran Parameter Setiap Perlakuan	19
4.1 Karakteristik Limbah Cair Kopi.....	21
4.2 Hasil Pengukuran COD.....	30
4.3 Hasil Pengukuran Amonia	34
4.4 Waktu Pergantian Eceng Gondok	39
4.5 Rata-Rata Efisiensi *Overall* Parameter	41

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Tahapan Tahapan Pengolahan Kopi Secara Basah	11
3.1 Tahapan Penelitian	12
3.2 Rancangan Akuarium Fitoremediasi	14
4.1 Akuarium Fitoremediasi	21
4.2 Grafik Pengukuran pH Pada Tiap Perlakuan	23
4.2 Grafik Pengukuran Kekeruhan Pada Tiap Perlakuan	26
4.2 Grafik Nilai Efisiensi Penurunan Kekeruhan	28
4.2 Grafik Pengukuran TDS Pada Tiap Perlakuan	29
4.6 Grafik Nilai Efisiensi Penurunan COD	31
4.7 Grafik Nilai Efisiensi Penurunan BOD	33
4.8 Grafik Nilai Efisiensi Penurunan Fosfat	35
4.9 Akar, Daun dan Batang	38
4.10 Analisis GLM	41

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Nilai Parameter pH	47
B. Nilai Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)	50
C. Nilai Parameter Kekeruhan	53
D. Nilai Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)	57
E. Nilai Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (COD)	58
F. Nilai Parameter Amonia pada N Total	59
G. Nilai Parameter Fosfat pada P Total	60
H. Analisis *General Linear Model* (GLM)	61
I. Karakteristik Limbah Cair Kopi	63
I. Prosedur Pengukuran BOD, NH_3-N Total, PO_4- P Total, TDS, pH, Kekeruhan	64
K. Dokumentasi Penelitian	69
L. *Time Schedule* Penelitian	70

Digital Repository Universitas Jember

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan secara basah membutuhkan air mencapai 7-9 m^3 per ton buah kopi yang diolah (Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur, 2013). Penggunaan air tersebut akan menghasilkan limbah cair yang banyak. Limbah cair pengolahan kopi mengandung bahan organik yang tinggi. Menurut penelitian yang dilakukan Rukmawati (2015), limbah cair pengolahan kopi mengandung COD 580-6400 mg/l dan BOD 360-4158 mg/l. Semakin tinggi nilai COD dan BOD maka air sungai semakin tercemar dan jumlah oksigen terlarut dalam air semakin kecil (Nugraha dan Cahyorini, 2007: 93). Apabila limbah cair pengolahan kopi langsung dibuang ke badan air (sungai) akan menyebabkan tercemarnya lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan lanjut agar limbah kopi aman dibuang ke badan air dan memenuhi baku mutu limbah cair industri yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yaitu kadar maksimum COD 200 mg/l dan BOD 75 mg/l. Salah satu penanganan limbah cair sebelum dibuang langsung ke sungai yaitu dengan metode fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan teknik pemulihan lingkungan tercemar dengan menggunakan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, dan mentranformasi bahan pencemar, baik itu logam berat maupun senyawa organik. Pada proses fitoremediasi ada kerjasama antara tumbuhan dan mikroorganisme untuk mengubah zat berbahaya menjadi tidak berbahaya. Metode ini mudah diaplikasikan, murah, efektif dan ramah lingkungan. Biasanya proses fitoremediasi dilakukan dengan metode *batch*, padahal laju dan keragaman aliran merupakan faktor penting dalam suatu rancangan proses (Jenie dan Rahayu, 1993). Salah satu pemberian laju aliran adalah dengan cara memberikan sirkulasi. Pemberian sirkulasi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kolam eceng gondok menurunkan kandungan organik dalam limbah cair pengolahan kopi (Rukmawati, 2015). Jenis tanaman yang mampu sebagai agen fitoremediasi seperti mangrove, kiambang, kangkung air dan eceng gondok. Pada penelitian ini

Digital Repository Universitas Jember

dilakukan pengolahan limbah cair kopi dengan proses fitoremediasi dan menggunakan tanaman air eceng gondok sebagai fitoremediator. Pemilihan sebagai agen fitoremediasi karena eceng gondok mempunyai kemampuan mengolah limbah cair. Menurut penelitian yang dilakukan Rahmah (2014), eceng gondok mampu menurunkan 95,18% (COD), 93,57% (kekeruhan) dan 86,45% (TSS). Eceng gondok memiliki titik kejenuhan dalam menyerap bahan organik. Titik jenuh adalah batas waktu maksimum tanaman dalam menyerap kontaminan atau bahan organik. Setelah melewati titik jenuh kemampuan tanaman menyerap bahan organik akan menurun. Salah satu tanda dari tanaman eceng gondok mencapai titik jenuh adalah daun eceng gondok layu. Menurut Navaro *et al.* (2011), pergantian eceng gondok dilakukan setelah daun eceng gondok layu. Pada penelitian ini dilakukan pergantian eceng gondok apabila dalam satu tanaman eceng gondok didominasi oleh daun yang telah layu. Pergantian tersebut dilakukan agar penyerapan eceng gondok yang baru kembali normal. Pergantian eceng gondok dapat meningkatkan penurunan bahan organik atau kontaminan dalam limbah. Pada penelitian ini dilakukan fitoremediasi dengan sirkulasi dan melakukan pemanenan eceng gondok.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, diangkat rumusan masalah sebagai berikut.

1. Kajian waktu pergantian eceng gondok yang tepat pada sirkulasi proses fitoremediasi aliran limbah cair pengolahan kopi?
2. Bagaimana pengaruh proses pergantian eceng gondok pada sirkulasi proses fitoremediasi terhadap persentase penurunan parameter kekeruhan, BOD, COD, N dan P dari limbah cair pengolahan kopi?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengukuran parameter COD, BOD, N dan P pada perlakuan awal dan akhir. Pengukuran parameter pH, kekeruhan, suhu dan

Digital Repository Universitas Jember

TDS dilakukan secara harian. Selain itu, penelitian ini melakukan aklimatisasi eceng gondok tanpa sterilisasi mikroorganisme.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengkaji waktu pergantian eceng gondok pada sirkulasi proses fitoremediasi aliran limbah cair pengolahan kopi.
2. Untuk menganalisis persentase penurunan proses pergantian eceng gondok pada sirkulasi proses fitoremediasi terhadap parameter kekeruhan, BOD, COD, N dan P limbah cair pengolahan kopi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Salah satu alternatif untuk menanggulangi pencemaran lingkungan hasil pengolahan kopi.
2. Memberikan informasi kepada industri pengolahan kopi dan para petani kopi untuk penanganan lanjutan limbah cair hasil pengolahan kopi dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok.

Digital Repository Universitas Jember

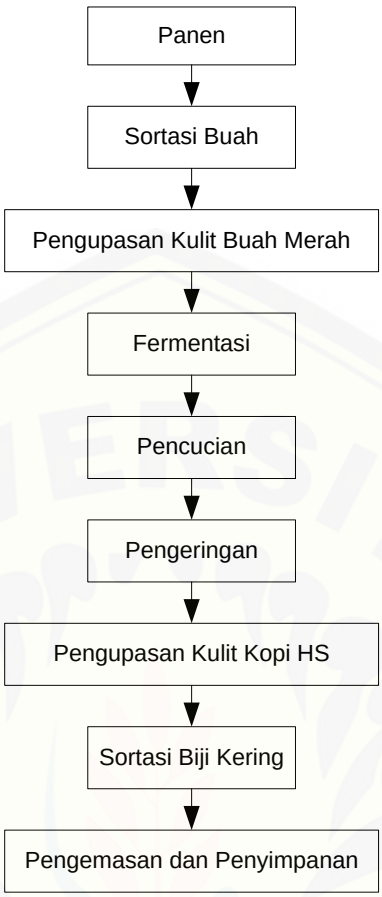
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan Kopi

Pengolahan kopi bertujuan untuk memisahkan biji kopi dan kulitnya serta mengeringkan biji tersebut sehingga diperoleh kopi dengan kadar air tertentu. Pengolahan kopi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara basah dan cara kering. Pengolahan dengan proses kering lebih sederhana dan tidak membutuhkan biaya produksi yang banyak tetapi kualitas hasil olahannya rendah. Sedangkan pengolahan dengan proses basah memerlukan modal yang lebih besar, tetapi menghasilkan mutu yang lebih baik. Pengolahan secara basah dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu sebagai berikut (Najiyati dan Danarti, 2001: 141).

1. Sortasi gelondong, bertujuan untuk memisahkan kopi yang berbiji sehat dan kopi yang hampa (terserang bubuk).
2. Pengupasan kulit buah (*pulping*), bertujuan untuk memisahkan biji dari kulit buahnya sehingga diperoleh biji kopi yang terbungkus oleh kulit tanduknya.
3. Fermentasi, bertujuan untuk membantu melepaskan lapisan lendir yang masih menyelimuti kopi. Proses fermentasi dilakukan setelah proses pengupasan. Proses fermentasi selama 12-36 jam. Apabila lapisan lendir dari biji kopi sudah hilang, proses fermentasi bisa dikatakan selesai.
4. Pencucian, bertujuan untuk menghilangkan seluruh lapisan lendir dan kotoran-kotoran lainnya yang masih menempel setelah difermentasi.
5. Pengeringan, bertujuan untuk menurunkan kadar air menjadi 8-10% agar tidak mudah terserang hama dan tidak mudah pecah ketika di *hulling.*
6. Pemecahan kulit tanduk (*hulling),* bertujan untuk memisahkan biji kopi yang sudah kering dari kulit tanduk.
7. Sortasi biji, bertujuan untuk memisahkan biji kopi yang utuh dengan biji yang pecah.

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 2.1 Tahapan Pengolahan Kopi Secara Basah
Sumber: Peraturan Menteri Pertanian (2012)

2.2 Baku Mutu Limbah Cair Kopi

Limbah cair kopi dihasilkan dari proses pengupasan (*pulping*) dan pencucian (*washing)*. Pada proses basah pencucian air dapat mencapai 7 – 9 m^3 air per ton buah kopi yang diolah. Selain untuk memudahkan pengupasan kulit pencucian juga berfungsi untuk menghilangkan lapisan lendir yang terdapat pada biji kopi. Air yang digunakan di dalam pengolahan kopi yang tersisa sebagai air limbah dengan tingkat polusi tinggi. Komponen utama adalah bahan organik dalam air limbah sangat resisten menaikan beban pencemaran 80 % dengan nilai COD 50.000 mg / l dan BOD mencapai 20.000 mg/l (Sariadi, 2011).

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Mutu air limbah adalah kondisi kualitas air limbah yang diukur dan diuji

Digital Repository Universitas Jember

berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Kadar unsur pencemar adalah jumlah berat unsur pencemar dalam volume air limbah tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/L. Beban pencemaran maksimum adalah jumlah tertinggi suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air limbah yang merupakan hasil perkalian dari volume air limbah dikalikan kadar zat pencemar (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2013). Baku mutu limbah cair industri disajikan pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Pengolahan Kopi

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
COD	200*
BOD	90*
TSS	150*
pH	6-9*
N	20**
P	5**

Sumber: *Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2014)
**Presiden Republik Indonesia (2001)

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan salah satu tindakan untuk mereduksi pencemaran dengan tanaman hijau untuk memindahkan, menyerap, dan mengakumulasi serta mengubah kontaminan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya (Arsyad dan Rustiadi, 2008: 28). Menurut Rondonuwu (2014:52), fitoremediasi adalah sistem dimana tanaman tertentu bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media yang dapat mengubah zat berbahaya menjadi kurang atau tidak berbahaya bagi lingkungan. Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan sebagai berikut (Mangkoedihardjo, 2005).

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*); akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zone akar.

Digital Repository Universitas Jember

2. Fitoekstraksi / fitoakumulasi (*phytoextraction / phytoaccumulation*); akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan.
3. Rizofiltrasi (*rhizofiltration*); akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zone akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar.
4. Fitodegradasi / fitotransformasi (*phytodegradation / phytotransformation*); organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan.
5. Rizodegradasi (*rhizodegradation*); proses penguraian bahan organik oleh mikroba.
6. Fitovolatilisasi (*phytovolatilization*); penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer.

Klasifikasi mikroorganisme yang ada di dalam air limbah seperti pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Mikroorganisme di Dalam Air Limbah

NO.	Kelompok Besar	Anggota
1	Binatang	Kutu dan larva
		Rotifers
2	Tumbuhan	Lumut
		Pakis
3	Protista	Bakteri
		Jamur
		Protozoa

Sumber: Sugiharto (1987:36)

Mikroorganisme yang berperan penting pada proses fitoremediasi adalah bakteri. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tumbuhan air. Bakteri dalam air berfungsi sebagai dekomposer, artinya mempunyai kemampuan merombak senyawa yang berada di dalam air. Proses penyerapan molekul atau ion hasil penguraian oleh bakteri akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik (Sugiharto, 1987). Selain itu, terdapat juga peran jamur dalam proses fitoremediasi. Jamur ini akan mendegradasi zat kontaminan yang tidak dapat di degradasi oleh bakteri (Haryanti *et al.*, 2006). Pada akar eceng gondok terdapat empat jenis bakteri hidrokarbon

Digital Repository Universitas Jember

yaitu *Pseudomonas, Strepto bacillus, Bacillus megaterium,* dan *Arthobacter* (Budisantoso dan Tangahu, 2007). Menurut Haryanti *et al.* (2006), terdapat bakteri rhizosfer yang terdapat pada tumbuhan yaitu Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Kedua bakteri tersebut sangat berperan pada proses nitrifikasi yaitu perubahan ammonia menjadi nitrit dan nitrat.

Keunggulan metode fitoremediasi dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah yang lain adalah karena prosesnya yang alami dan tidak diperlukan teknologi tinggi. Kelebihan tersebut menyebabkan biaya operasi proses fitoremediasi relatif lebih rendah dibandingkan dengan metode lain.

2.4 Eceng Gondok

Karakteristik tumbuhan hiperakumulator yaitu, tahan terhadap unsur logam dan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuk; tingkat laju penyerapan unsur yang tinggi daripada tumbuhan lainnya; memiliki kemampuan translokasi dan mengakumulasi unsur logam dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi (Hidayati, 2005: 36). Suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator apabila memiliki karakter sebagai berikut.

1. Tumbuhan memiliki tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang lebih tinggi dibanding tanaman lainnya.
2. Tumbuhan dapat mentoleransi unsur dalam tingkat yang tinggi pada jaringan akar dan tajuknya.
3. Tumbuhan memiliki laju translokasi logam berat dari akar ke tajuk yang tinggi sehingga akumulasinya pada tajuk lebih tinggi dari pada akar (Brown *et al*., 1995).

Eceng gondok adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Tingginya sekitar 0,4 – 0,8 meter. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penaampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O_2 dari proses fotosintesis. Tempat tumbuh yang ideal bagi tanaman eceng gondok adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28-30^{0}C dan kondisi pH berkisar 4-12 (Rahayu, 2014). Eceng gondok dapat menyerap nitrogen secara langsung sebesar 5850 kg/ha per tahun dan kandungan

Digital Repository Universitas Jember

fosfor sebesar 350-1125 kg/ha per tahun. Sehingga hal ini dapat mengurangi konsentrasi kontaminan pada limbah perairan. media penyerapan dan penyaringan eceng gondok terletak pada akarnya. Perkembangbiakan eceng gondok dapat melipat ganda dua kali lipat dalam waktu 7-10 hari. Eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang 1 m^2. Menurut Setyorini (2015), eceng gondok mampu hidup dalam air sumur dan aquades selama 30 hari.

Eceng gondok dapat berperan secara tidak langsung dalam mengatasi bahan pencemar perairan karena mampu bertahan hidup dengan cara membentuk rumpun. Eceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, rawa, aliran air yang lambat, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan perubahan yang ekstrem dari ketinggian air, arus air, dan perubahan ketersediaan nutrien, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrien yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen dan fosfat. Kandungan garam dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok (Gustian, 2014).

Titik jenuh adalah batas waktu maksimum yang dapat ditolerir tanaman eceng gondok dalam menyerap kontaminan. Setelah melewati titik jenuh, kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap logam berat menurun bahkan konsentrasi logam berat dalam air limbah dapat meningkat karena tanaman dapat melepaskan kembali logam yang telah diserap. Menurut Zubair *et al.* (2014: 6), kejenuhan tersebut diduga karena tanaman telah menyerap sebagian besar logam yang berada dalam air limbah dimana semakin banyak logam yang terserap maka semakin banyak logam yang terakumulasi dalam jaringan tanaman dan menyebabkan kejenuhan sehingga penyerapan akan terhambat. Penyerapan optimum tanaman eceng gondok terjadi pada waktu tinggal 6 hari. Penyerapan optimum pada eceng gondok mengakibatkan kelayuan pada daun eceng gondok. Pengeringan pada tepi-tepi daun merupakan awal dari proses kelayuan pada daun eceng gondok. Beban pencemaran yang tinggi akan menyebabkan metabolisme pada sel daun terhambat sehingga kekurangan nutrien dan terjadi pengeringan pada tepi-tepi daun (Haryati *et al.*, 2006).

Digital Repository Universitas Jember

2.5 Karakteristik Limbah Cair Kopi

Parameter-parameter yang digunakan dalam pengukuran kualitas air limbah adalah sebagai berikut.

1. Kekeruhan (*turbiditas*) disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut misalnya lumpur, pasir halus, plankton dan mikroorganisme lainnya (Effendi, 2003:63).
2. pH merupakan suatu tingkat keasaman atau kebasaan (alkali) suatu zat tertentu. Pengukuran pH ini dilakukan dengan menggunakan pH Meter (Effendi, 2003:68).
3. Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter $<10^{-6}$ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan bahan yang lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter pori 0,45 µm. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan diperairan. Adapaun ion-ion yang biasa terdapat diperaian, seperti klorida (Cl), Magnesium (Mg), Besi (Fe), Nitrat (NO_3), Silika (SiO_2) dan sebagainya (Effendi, 2003:63).
4. *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada dasarnya menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan atau mengoksidasi zat organik yang di dalam suatu perairan (Kristanto, 2004:88).
5. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan bahan organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air. Apabila jumlah oksigen dalam air menurun, maka akan turun pula kemampuan mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik (Effendi, 2003: 225).
6. Nitrogen dan fosfat merupakan salah satu bahan pencemar yang biasanya terdapat di dalam limbah domestik. Keberadaan nitrogen dan phosphat dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan eutrofikasi. Kondisi eutrofikasi mengakibatkan perkembangbiakan alga yang pesat. Semakin banyak alga yang tumbuh dapat mengurangi jumlah oksigen yang ada dalam air (Alaerts dan Santika, 1984:185).

Digital Repository Universitas Jember

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 sampai April 2016 (jadwal kegiatan terlampir) di Laboratorium Kualitas Air, Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. 1 buah Akuarium kaca
b. 1 buah Keran
c. Lem PVC
d. Lem kaca
e. 1 buah Meja Kayu
f. pH meter
g. TDS meter
h. Neraca Analitik
i. Gelas ukur
j. Pipet
k. Bekker glass
l. Labu ukur
m. Pompa KD 105
n. Selang
o. Pipa T
p. Jirigen
q. Paku
r. Penggaris
s. Lemari E
t. Spektrofotometer HI 8309

Digital Repository Universitas Jember

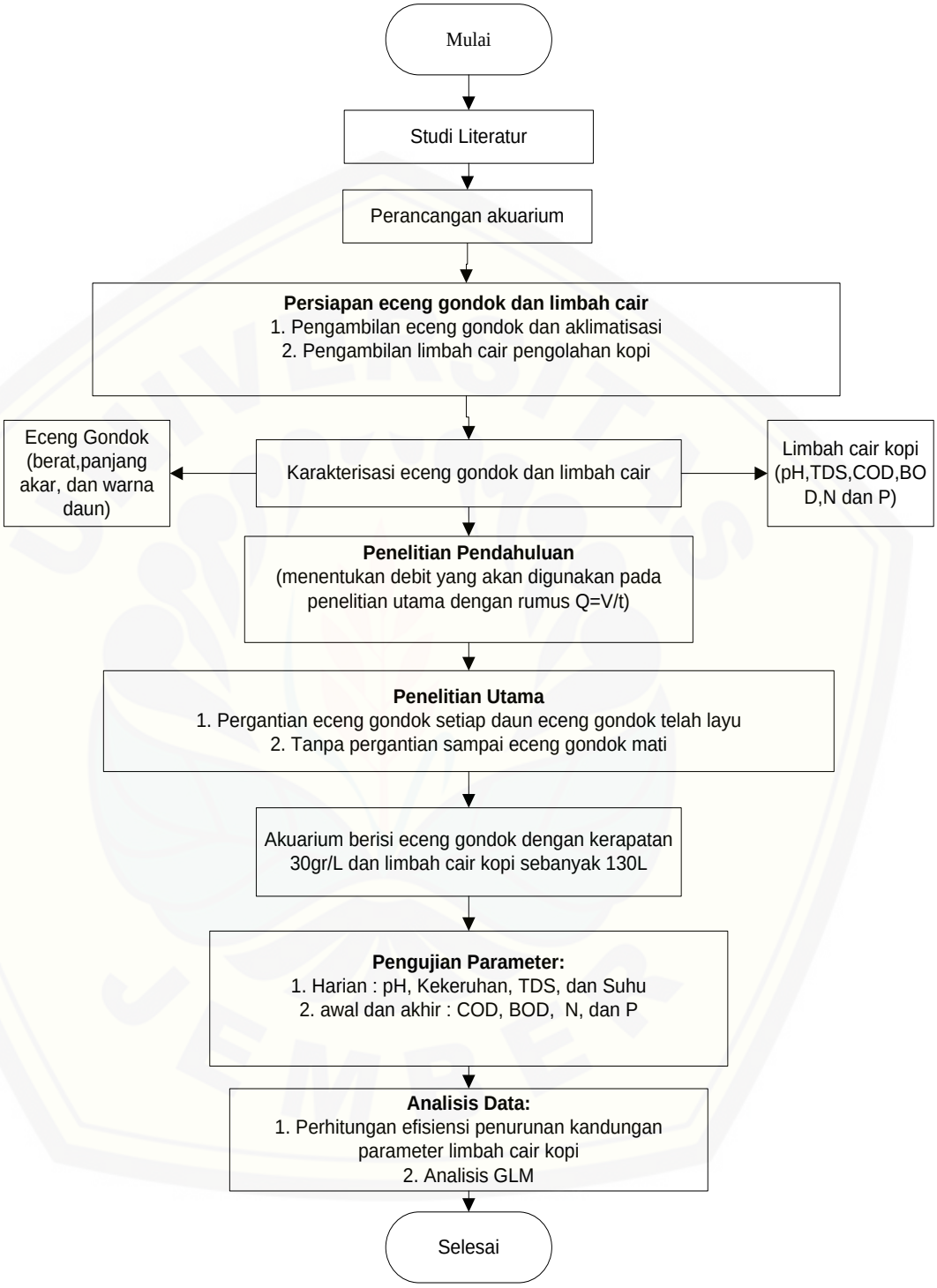
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Limbah Cair Kopi
b. Tanaman Eceng Gondok
c. Aquades
d. Reagen COD High Range
e. $MgSO_3$
f. Alkali Iodida Azida
g. H2SO4 Pekat
h. Natrium Tiosulfat
i. Amilum

Digital Repository Universitas Jember

3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Digital Repository Universitas Jember

3.4 Rancangan Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini terdiri atas studi literatur, perancangan alat penelitian, dan persiapan bahan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari materi yang terkait dalam penelitian. Perancangan alat penelitian yang berupa akuarium kaca dengan dimensi 160x30x30 cm. Tinggi Akuarium dibuat 30 cm agar limbah cair yang mengalir lebih banyak dan sebagai tempat sedimentasi. Panjang akar eceng gondok pada akuarium rata-rata 20 cm. Akuarium sistem sirkulasi ini terbagi menjadi tiga sekat. Setiap sekat diberi lubang setengah lingkaran dengan diameter 5 cm pada bagian atas dan bawah secara berselang-seling. Hal tersebut bertujuan agar terjadi aliran air. Penampungan limbah cair menggunakan bak plastik yang tahan karat. Untuk mengalirkan limbah dari bak penampung ke akuarium dengan cara memberi lubang di bagian samping bawah bak penampung. Pada bagian samping bawah bak diberi lubang paku dengan jarak 8 cm dari permukaan bawah. Pada kotak akuarium terakhir dibuat lubang pembuangan dan disambung dengan stop kran sebagai pengurasan atau pembuangan limbah cair pengolahan kopi setelah selesai penelitian.

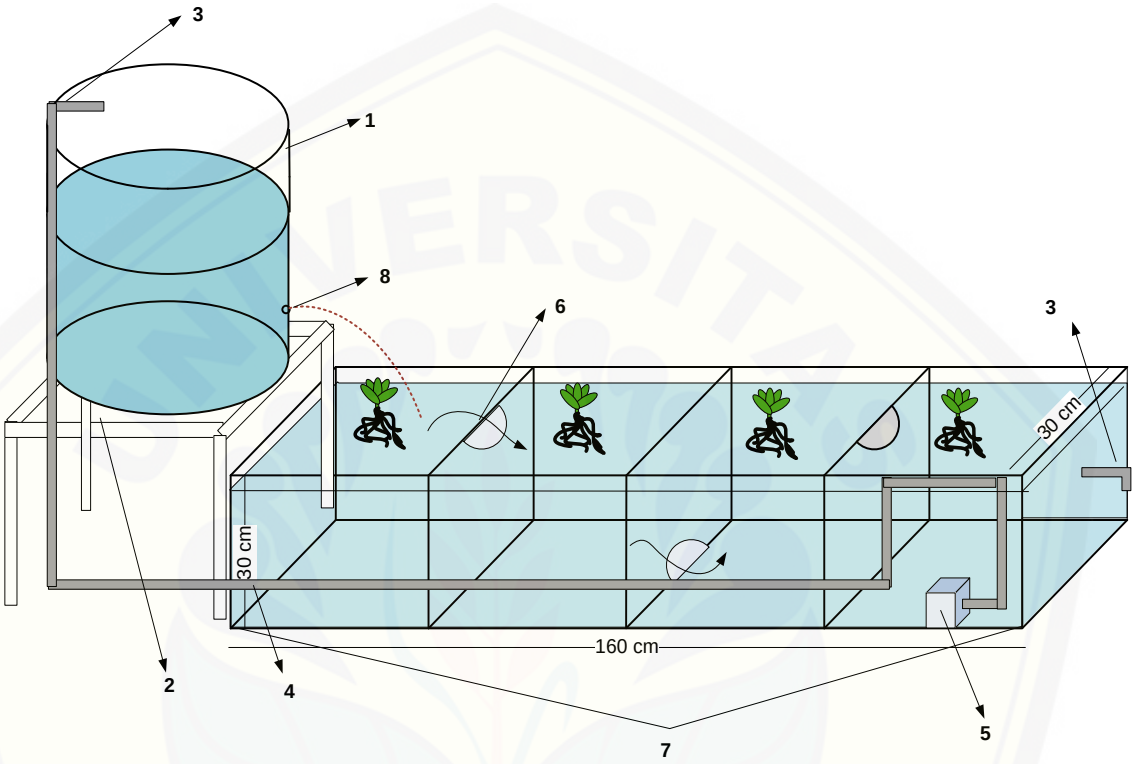
Persiapan bahan penelitian dilakukan dengan pengambilan tumbuhan eceng gondok dan limbah cair kopi. Tanaman eceng gondok diambil di Desa Gumuk Mas, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Pengambilan eceng gondok dilakukan sekitar $\pm$ 7-15 hari sebelum penelitian, karena masih dilakukan penyesuaian lingkungan di dalam kolam (proses aklimatisasi). Selain itu, bertujuan untuk membuat eceng gondok dapat berkembang biak. Pengambilan limbah cair dilakukan sehari sebelum melakukan penelitian. Limbah cair kopi diambil di Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dan PTPN XII Kalisat Jampit Bondowoso.

3.4.2 Prinsip Kerja Akuarium Fitoremediasi

Akuarium digunakan sebagai tempat fitoremediasi limbah cair yang akan dialirkan dengan sistem sirkulasi. Lubang untuk aliran kaca dibuat dengan aliran

Digital Repository Universitas Jember

upflow (aliran dari atas ke bawah). Pada sekat pertama dan ketiga, bagian atas kaca dibuat lubang setengah lingkaran dengan diameter 5 cm. Sedangkan pada sekat kedua, bagian bawah kaca dibuat lubang setengah lingkaran dengan diameter 5 cm seperti yang disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Akuarium Fitoremediasi

Keterangan:

1. Bak Penampung Plastik (80L)
2. Meja Penyangga
3. Stop Keran pembuangan (1/2 inchi)
4. Selang
5. Pompa KD 105
6. Lubang Sekat
7. Akuarium Kaca (tebal 5 mm)
8. Lubang Aliran

Digital Repository Universitas Jember

Prinsip kerja akuarium fitoremediasi dengan sirkulasi yaitu limbah cair kopi ditampung dalam sebuah bak plastik (80 Liter) yang diberi lubang pada bagian bawah. Limbah cair kopi akan dialirkan secara *upflow* (aliran atas ke bawah). Tujuan dari aliran *upflow* agar aliran limbah cair melambat dan dapat tersebar secara merata. Pada kotak empat terdapat pompa untuk mengalirkan limbah cair pada bak penampung. Pompa diberi pipa T untuk menyambungkan selang yang mengalir ke bak penampung dan keran yang mengalirkan kembali lagi ke kotak empat. Pipa T berfungsi agar aliran yang dimasukkan ke dalam bak penampung sama dengan keluaran dari bak penampung sehingga tetap konstan. Limbah yang berada di bak penampung sebelum perlakuan dilakukan analisa kandungan COD, BOD, TDS, N dan P sebagai nilai awal.

3.4.3 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan *trial and error* untuk mengetahui debit yang akan digunakan pada penelitian utama. Penelitian pendahuluan ini dilakukan dengan cara memberi lubang pada bak penampung dengan paku. Tujuan menggunakan paku yaitu untuk mendapatkan debit yang optimal. Menurut penelitian yang dilakukan Rukmawati (2015), HRT optimal 8 jam 31 menit dengan debit 10,61. Semakin kecil debit yang digunakan maka HRT semakin besar atau lama. HRT semakin lama maka penurunan parameter kekeruhan, COD, BOD, TDS, N dan P semakin tinggi. Oleh karena itu, penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mendapatkan debit yang paling optimal untuk digunakan dalam penelitian utama. Untuk menghitung debit menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{HRT (hours)} = \frac{\text{Volume of aeration tank}}{\text{Influent Flow Rate}} \quad \text{..... (3.1)}$$

Keterangan :

HRT	: Waktu resistensi hidrolik
Volume of aeration tank	: Volume aerasi tangki (m^3)
Influent flowrate	: influen debit (m^3/h)

Digital Repository Universitas Jember

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan empat kali percobaan. Hasil dari penelitian pendahuluan dari percobaan 1 sampai percobaan 4 berturut-turut yaitu 0,96 ml/detik dengan HRT 28 Jam, 1,58 ml/detik dengan HRT 21 Jam, 3,12 ml/detik dengan HRT 12 Jam dan 3,47 ml/detik dengan HRT 9 jam 12 menit. Debit yang digunakan pada penelitian utama yaitu debit pada percobaan 4 yaitu 3,47 ml/detik dengan HRT 9 jam 12 menit. Pada debit tersebut aliran limbah mengaliir dengan lancar tidak terjadi penyumbatan pada lubang aliran.

3.4.4 Penelitian Utama

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pergantian eceng gondok terhadap penurunan parameter kekeruhan, COD, BOD, TDS, N dan P pada limbah cair pengolahan kopi. Penelitian utama terdapat beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

a. Limbah cair pengolahan kopi yang ada pada bak penampung sebelum perlakuan dilakukan analisa kandungan kekeruhan, pH, COD, BOD, TDS, N dan P sebagai nilai awal.
b. Dilakukan pengamatan karakteristik pada eceng gondok yang meliputi: warna daun (hijau), panjang akar, dan berat eceng gondok. Panjang akar eceng gondok yang digunakan adalah 20 cm. Penanaman eceng gondok dilakukan dengan kerapatan 300 gram/10liter atau 30gram/l. Jadi setiap kotak akuarium kerapatannya 900 gram/30 liter. Menurut Hartanti *et al.* (2005), kerapatan tanaman eceng gondok berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi limbah cair. Semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman eceng gondok maka semakin kecil pula konsentrasi limbah cair. Hal ini disebabkan karena konsentrasi organik pada limbah cair telah diserap oleh akar tanaman eceng gondok dengan kerapatan yang berbeda.
c. Pada penelitian utama ini ada dua perlakuan, yaitu pergantian eceng gondok (PE) dan tanpa pergantian eceng gondok (TPE). Masing-masing perlakuan terdapat dua rancangan proses yaitu pergantian eceng gondok proses 1 (PE 1), pergantian eceng gondok proses 2 (PE 2), tanpa pergantian eceng gondok proses 1 (TPE 1) dan tanpa pergantian eceng gondok proses 2 (TPE 2).

Digital Repository Universitas Jember

Perlakuan pertama, dilakukan pergantian eceng gondok pada saat daun telah layu. Pergantian eceng gondok dilakukan apabila dalam satu tanaman eceng gondok lebih dari 50% daunya telah layu. Karakteristik daun eceng gondok layu dalam penelitian yaitu daun menguning dan tepi-tepi daun mengering. Batang atau tangkai eceng gondok menguning. Pergantian eceng gondok harus sama berat antara eceng gondok yang diganti dengan eceng gondok pengganti. Pergantian eceng gondok dilakukan setelah melakukan pengukuran parameter. Hal ini dikarenakan agar tidak mempengaruhi hasil pengukuran pada hari tersebut. Perlakuan kedua, tanpa melakukan pergantian eceng gondok sampai perlakuan berakhir. Pada kedua perlakuan tersebut menggunakan debit yang sama. Setiap proses dilakukan selama 14 hari. Penelitian ini berlansung selama 56 hari.

d. Pengamatan parameter dilakukan secara harian, mingguan, awal dan akhir. Pengamatan harian dilakukan pada parameter kekeruhan, TDS dan pH. Pengamatan awal dan akhir dilakukan pada parameter COD, BOD, N, dan P. Penelitian ini juga dilakukan analisa waktu pergantian eceng gondok dan jumlah tanaman eceng gondok yang diganti setiap dilakukan pergantian.

3.4.5 Pengukuran Parameter

Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter pengukuran kualitas limbah setelah dilakukan proses fitoremediasi. Beberapa parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

a. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. dilakukan pengukuran menggunkan alat turbidimeter dengan satuan NTU (Effendi, 2003:63).

b. pH

pH merupakan tingkat keasaman dan kebasaan suatu zat terlarut. pH dapat diukur dengan menggunakan alat pH meter (Effendi, 2003:65).

Digital Repository Universitas Jember

c. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam air (Kristanto, 2004:88).

d. *Total Suspended Solid* (TDS)

Total Suspended Solid (TDS) merupakan jumlah padatan terlarut yang terkandung dalam air. TDS juga dapat diukur menggunakan TDS meter.

e. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), Amonia (NH_3) pada N Total dan Fosfat (PO_4) pada P Total

Pengukuran BOD, NH_3 pada N Total dan PO_4 pada P Total dilakukan di Laboratorium Analisis Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Efisiensi

Data yang sudah diperoleh akan dianalisis menggunakan program excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan nilai parameter. Selain itu dianalisis persentase penurunan dari awal penelitian hingga akhir penelitian. Kemudian nilai dari PE 1 dan PE 2 dirata-rata sehingga menghasilkan nilai PE rata-rata dan begitu juga dengan perlakuan TPE. Data yang dianalisis pada penelitian ini adalah data pengamatan meliputi pH, TDS, kekeruhan, BOD, COD, NH_3 pada N Total dan PO_4 pada P Total. Nilai Efisiensi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Muljadi, 2009).

$$Eff = \frac{AC - AB}{AC} \times 100\ \% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

Keterangan :

Eff = Nilai efisiensi (%)

AC = Nilai parameter awal pada limbah

AB = Nilai parameter akhir pada limbah

Digital Repository Universitas Jember

Tabel 3.1 Hasil pengamatan Pengukuran Parameter Setiap Perlakuan

Perlakuan	Pengukuran Parameter		Persentase Penurunan (%)
	Awal	Akhir	
PE	.....	.....	.....
TPE	.....	.....	.....

Keterangan:

PE = Pergantian Eceng Gondok

TPE = Tanpa Pergantian Eceng Gondok

3.5.2 Analisis *General Linear Model* (GLM)

General Linear Model (GLM) adalah suatu program statistika yang bertujuan untuk menganalisa data yang berdasarkan pada penelitian percobaan baik di lapangan maupun di laboratorium.. Untuk mengetahui perlakuan yang terbaik antara pergantian eceng gondok dan tanpa pergantian eceng gondok menggunakan *General Linear Model* (GLM*).* Nilai perlakuan terbaik didasarkan pada nilai efisiensi dari parameter COD, BOD, N, P dan kekeruhan. Persamaan fungsi GLM adalah sebagai berikut.

Langkah-langkah analisis GLM adalah sebagai berikut (Hariyadi, 2011: 95).

a. *Entry* data, setelah data dimasukkan form SPSS lalu pilih menu analyze. Kemudian pilih *General Linear Model* dan pilih *univarate*.
b. Apabila menu tersebut sudah dipilih, maka akan tampak kotak dialog. Pindahkan y ke *dependent* variabel, x ke *fixed* faktor (s), dan z ke *covariate* (s).
c. Selanjutnya dipilih OK, sehingga muncul hasil analisis.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pergantian eceng gondok dilakukan selama tiga kali dalam waktu 14 hari penelitian. Pergantian eceng gondok perlakuan PE 1 dilakukan pada hari ke 7, 9 dan 11. Perlakuan PE 2 dilakukan pergantian eceng gondok pada hari ke 7, 11 dan 13. Jumlah yang paling banyak eceng gondok yang diganti pada hari ke 7. Hal ini dikarenakan pada hari tersebut rata-rata eceng gondok sudah mencapai titik jenuh dalam menyerap bahan organik.
2. Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dengan sistem sirkulasi dapat meningkatkan nilai pH limbah cair kopi. Selain itu juga dapat menurunkan nilai BOD, COD, kekeruhan, N dan P. Persentase penurunan COD sebesar 69,79-81,91%, BOD sebesar 65,00-81,99%, amonia sebesar 72,40-76,02%, fosfat sebesar 19,84-86,59% dan kekeruhan sebesar 87,30-90,03%. Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan pergantian eceng gondok lebih banyak menurunkan nilai BOD, COD, N, P dan kekeruhan dibandingkan perlakuan tanpa pergantian eceng gondok.

5.2 Saran

1. Sebaiknya sebelum penelitian tanaman eceng gondok diaklimatisasi dan melakukan sterilisasi mikroorganisme.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pembuatan lubang pada bak penampung dengan debit di atas 3,47 ml/detik agar aliran berjalan dengan lancar.

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.

Arsyad, S. dan Rustiadi, E. 2008. *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan.* Jakarta: Crespent Press dan Yayasan Obor Indinesia.

Brown, Chaney, Angle dan Baker. 1995. Zink and Cadmium uptake by hyperaccumulator Thlaspi caerulescens grown in nutrient solution. *Soil Science Society ofAmerica Journal*, 59:125-133.

Budisantoso, R. dan Tangahu, B. V. 2007. Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok untuk Phytoremediasi Air Tercemar Oli Bekas. [Serial On Line]. http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byId/51007. [diakses pada tanggal 12 Juni 2016].

Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur. 2013. Sarana Pengolahan Komoditi Perkebunan Kopi dan Kakao. [Serial Online]. http://komara. http://www.disbun.jatimprov.go.id/berita.php?id=262. [diakses pada tanggal 10 Juni 2015].

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: PENERBIT KANISIUS (Anggota IKAPI).

Gustian. 2014. Mengenal Tanaman Eceng Gondok. [Serial Online]. http://www.cirebonmedia.com/education/2014/09/28/mengenal-tanaman-eceng-gondok/. [diakses pada tanggal 05 Mei 2015].

Hariyadi, B. 2011. Eksplorasi Model Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Tol Dengan Teknik GLM. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. Nomor 1 Volume 13-Januari 2011, 91-100.

Hartanti, P.I., Haji, A.T.S., dan Wirosoedarmo, R. 2005. Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (Eichorni Crassipes) Terhadap Penurunan Logam Chromium Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit.. *Jurnal Sumber Daya Ligkungan dan Alam.*

Haryati, Hastuti, Hastuti, dan Nurchayati. 2006. *Adaptasi Morfologi Dan Anotomi Eceng Gondok Diberbagai Perairan Tercemar.* Semarang: FMIPA undip.

Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayan*. Vol 12, 2003, ISSN 0854-8587.

Digital Repository Universitas Jember

Institut Teknologi Sepuluh November. 2011. *Instruksi Kerja Laboratorium Teknologi Lingkungan Dan Rekayasa Proses Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November*. Surabaya : FTSP-ITS.

Jenie, B.S., dan Rahayu, W.P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan.* Yogyakarta: Kasinius.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah. [Serial Online]. http://komara.weebly.com/peraturan-lingkungan/permen-lh-no-5-tahun-2014-tentang-baku-mutu-air-limbah. [diakses pada tanggal 10 Juni 2015].

Kordi, G.H. dan Tancung, A. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan*. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta.

Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Lestari, S., Santoso, S. dan Anggorowati, S. 2011. Efektivitas Eceng Gondok dalam Penyerapan Kadmium (Cd) Pada Leachate TPA Gunung Tugel. *Jurnal Molekul*. Vol.6. No.1. Mei, 2011: 25-29.

Mangkoediharjo, S. 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah. *Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS.* Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan-Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.

Muljadi. 2009. Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Terhadap Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Khrom (Cr). *Jurnal Ekuilibrium*. Vol. 8 (1) : 7-16.

Najiyati, S. dan Danarti. 2001. *KOPI: Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Novita, E. 2012. Desain Proses Pengolahan Pada Agroindustri Kopi Robusta Menggunakan Modifikasi Teknologi Olah Basah Berbasis Produksi Bersih. Disertasi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Nugraha, W.D. dan Cahyorini, L. 2007. Identifikasi Daya Tampung Beban Cemaran BOD Sungai Dengan Model QUAL2E. *Jurnal PRESIPITASI*. Vol. 3 No. 2 September 2007, ISSN 1907-187X.

Digital Repository Universitas Jember

Navaro, A.R., Rubio, M.C., dan Maldonado, M.C. 2011. A Combined Process To Treet Lemon Industry Wastewater and Produce Biogas. *Jurnal Clean Teachnology Environ Policy*. DOI 10.1007/s10098-011-0373-1.

Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. Baku Mutu Alir Limbah Industri. [Serial Online]. http://blh.jatimprov.go.id. [diakses pada tanggal 10 Juni 2015].

Peraturan Menteri Pertanian. 2012. Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi. [Serial Online]. https://ml.scribd.com/doc/159912503/Permentan-no-52-Th-2012-Ttgpasca panen-kopi. [diakses pada tanggal 11 April 2015].

Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.

Purnamawati, K. Y. 2015. Penurunan Kadar Rhodamin B dalam Air Limbah dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. Skripsi. Denpasar: Universitas Udayana.

Purnawijayanti, H.A. 2001. *Sanitasi, Higiene, dan Keselamatan Kerja Dalam Pengolahan Makanan.* Yogyakarta : Penerbit Kanisius.

Rahayu, A.N. 2014. Data Eceng Gondok. [Serial Online]. http://www.academia .edu/6683028/Data_Eceng_Gondok. [diakses pada tanggal 05 Mei 2015].

Rahmah, H. 2014. *Fitoremedisi Limbah Cair Mocaf Dengan Menggunakan Enceng Gondok (Echornia crassipes (Mart.) solms).* Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Rondonuwu, 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman Dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1):52-59.

Rukmawati, B.S. 2015. *Sirkulasi Aliran Limbah Pengolahan Kopi Pada Proses Fitoremediasi.* Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Sariadi. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Kopi Dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Batch.* Aceh: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).

Zubair, A., Arsyad, A., dan Rosmiati. 2014. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Dengan Aliran Batch*. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN

Lampiran A. Tabel Nilai Parameter pH

A.1 Nilai pH Perlakuan PE Proses 1 (PE 1)

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	5,3	5,3	5,3	5,3
1	3,5	3,6	3,6	3,6
2	3,7	3,8	3,7	3,7
3	3,9	3,9	3,9	3,9
4	3,9	4	3,9	4
5	3,9	3,9	4	4
6	3,9	3,9	4	4
7	4,1	4	4	4,1
8	4,4	4,3	4,3	4,4
9	4,6	4,6	4,6	4,6
10	4,8	4,9	4,9	4,8
11	5	4,9	4,9	5
12	5	5	5	5,1
13	5,4	5,4	5,4	5,5
14	5,5	5,6	5,5	5,7

A.2 Nilai pH Perlakuan PE Proses 2 (PE 2)

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	4,2	4,2	4,2	4,2
1	4,3	4,3	4,3	4,3
2	4,3	4,2	4,3	4,2
3	4,4	4,4	4,4	4,5
4	4,4	4,5	4,4	4,5
5	4,5	4,5	4,5	4,6
6	4,7	4,7	4,7	4,8
7	5	5	5	5
8	5,6	5,5	5,5	5,6
9	6,1	6	6	6
10	6,2	6,2	6,2	6,3
11	6,2	6,3	6,3	6,4
12	6,8	6,8	6,8	6,9
13	6,9	6,9	6,8	6,9
14	6,9	6,9	6,9	6,9

Digital Repository Universitas Jember

A.3 Nilai Rata-rata pH Perlakuan PE

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	4,8	4,8	4,8	4,8
1	3,9	4,0	4,0	4,0
2	4,0	4,0	4,0	4,0
3	4,2	4,2	4,2	4,2
4	4,2	4,3	4,2	4,3
5	4,2	4,2	4,3	4,3
6	4,3	4,3	4,4	4,4
7	4,6	4,5	4,5	4,6
8	5,0	4,9	4,9	5,0
9	5,4	5,3	5,3	5,3
10	5,5	5,6	5,6	5,6
11	5,6	5,6	5,6	5,7
12	5,9	5,9	5,9	6,0
13	6,2	6,2	6,1	6,2
14	6,2	6,3	6,2	6,3

A.4 Nilai pH Perlakuan TPE Proses 1 (TPE 1)

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	4,3	4,3	4,3	4,3
1	4,1	4,1	4	4
2	4,3	4,2	4,2	4,2
3	4,4	4,4	4,4	4,5
4	4,5	4,4	4,4	4,5
5	4,6	4,6	4,7	4,7
6	4,9	5	5	5
7	5,2	5,1	5,2	5,2
8	5,3	5,3	5,4	5,4
9	5,6	5,6	5,7	5,6
10	5,8	5,9	5,9	5,8
11	6	5,9	6	6
12	6,3	6,3	6,3	6,4
13	6,4	6,4	6,4	6,4
14	6,3	6,3	6,4	6,3

Digital Repository Universitas Jember

A.5 Nilai pH Perlakuan TPE Proses 2 (TPE 2)

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	5	5	5	5
1	5,1	5,1	5,1	5,2
2	5,3	5,4	5,6	5,6
3	5,9	5,8	5,7	5,8
4	6	6	6,1	6,1
5	6,3	6,3	6,4	6,2
6	6,5	6,6	6,5	6,6
7	6,6	6,7	6,6	6,7
8	6,8	6,8	6,8	6,8
9	6,8	6,8	6,9	6,9
10	7	6,9	6,9	7
11	7,1	7	7,1	7
12	7,1	7,1	7	7,1
13	7	7,1	7,1	7,1
14	7,1	7,1	7	7

A.6 Nilai Rata-rata pH Perlakuan TPE

Hari Ke-	pH			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	4,7	4,7	4,7	4,7
1	4,6	4,6	4,6	4,6
2	4,8	4,8	4,9	4,9
3	5,2	5,1	5,1	5,2
4	5,3	5,2	5,3	5,3
5	5,5	5,5	5,6	5,5
6	5,7	5,8	5,8	5,8
7	5,9	5,9	5,9	6,0
8	6,1	6,1	6,1	6,1
9	6,2	6,2	6,3	6,3
10	6,4	6,4	6,4	6,4
11	6,6	6,5	6,6	6,5
12	6,7	6,7	6,7	6,8
13	6,7	6,8	6,8	6,8
14	6,7	6,7	6,7	6,7

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran B. Tabel Nilai Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

B.1 Nilai TDS Perlakuan PE Proses 1 (PE 1)

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	207	207	207	207
1	201	209	200	210
2	202	208	207	205
3	224	240	208	212
4	223	223	228	238
5	239	241	246	259
6	264	263	262	258
7	272	272	275	276
8	284	263	262	258
9	283	273	287	272
10	294	285	273	282
11	297	292	296	300
12	306	306	302	314
13	321	309	312	321
14	314	310	311	324

B.2 Nilai TDS Perlakuan PE Proses 2 (PE 2)

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	233	233	233	233
1	245	253	247	249
2	275	269	273	269
3	313	336	328	351
4	379	366	328	373
5	382	375	387	382
6	398	399	394	396
7	404	401	401	405
8	403	400	409	394
9	391	394	397	392
10	392	411	414	393
11	395	419	420	398
12	434	439	440	451
13	447	442	449	461
14	458	461	456	470

Digital Repository Universitas Jember

B.3 Nilai Rata-rata TDS Perlakuan PE

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	220	220	220	220
1	223	231	223,5	229,5
2	238,5	238,5	240	237
3	268,5	288	268	281,5
4	301	294,5	278	305,5
5	310,5	308	316,5	320,5
6	331	331	328	327
7	338	336,5	338	340,5
8	343,5	331,5	335,5	326
9	337	333,5	342	332
10	343	348	343,5	337,5
11	346	355,5	358	349
12	370	372,5	371	382,5
13	384	375,5	380,5	391
14	386	385,5	383,5	397

B.4 Nilai TDS Perlakuan TPE Proses 1 (TPE 1)

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	401	401	401	401
1	410	415	412	408
2	424	413	415	422
3	466	456	463	445
4	468	443	467	456
5	469	466	469	468
6	449	454	454	456
7	460	466	466	463
8	450	459	453	461
9	474	476	472	476
10	485	483	491	482
11	463	463	459	475
12	496	497	500	506
13	486	493	498	497
14	491	480	478	509

Digital Repository Universitas Jember

B.5 Nilai TDS Perlakuan TPE Proses 2 (TPE 2)

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	261	261	261	261
1	269	260	261	262
2	273	273	271	266
3	286	284	287	285
4	289	293	295	297
5	295	278	289	285
6	311	310	311	310
7	286	292	292	294
8	295	302	300	303
9	301	308	311	312
10	312	315	315	319
11	315	319	316	327
12	319	324	327	329
13	320	328	330	333
14	329	336	336	336

B.6 Nilai Rata-rata TDS Perlakuan TPE

Hari Ke-	TDS (mg/l)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	331	331	331	331
1	339,5	337,5	336,5	335
2	348,5	343	343	344
3	376	370	375	365
4	378,5	368	381	376,5
5	382	372	379	376,5
6	380	382	382,5	383
7	373	379	379	378,5
8	372,5	380,5	376,5	382
9	387,5	392	391,5	394
10	398,5	399	403	400,5
11	389	391	387,5	401
12	407,5	410,5	413,5	417,5
13	403	410,5	414	415
14	410	408	407	422,5

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran C. Tabel Nilai Parameter Kekeruhan

C.1 Nilai Kekeruhan Perlakuan PE Proses 1 (PE 1)

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	333	333	333	333
1	194,5	179	179	139,5
2	151	166	130,5	125,5
3	119,5	129	111	117
4	104	104	105,5	99,8
5	93,7	81,1	77,6	79,4
6	76,4	69,5	59,1	58,4
7	75,5	63,6	41	38,6
8	44	54,4	44,6	51,3
9	42,5	51,3	51,6	40,3
10	43,8	49,7	41,4	36,4
11	43,8	49,7	50,7	43,4
12	44,4	45,2	37,8	36
13	51,6	41,6	35,9	35
14	40,4	38,2	34,3	28,1

C.2 Nilai Kekeruhan Perlakuan PE Proses 2 (PE 2)

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	515	515	515	515
1	170	149,5	159	130,5
2	119,5	145	143,5	138,5
3	96,75	137,5	142	143,5
4	152,5	143,5	191	186,5
5	115	110,5	120,5	124,5
6	145,5	149,5	149	150
7	130	131	143,5	123
8	149,5	126	127,5	130
9	146	111	110,5	135
10	147,5	117,5	109,5	100,3
11	128	108	104,25	89,05
12	129	70,05	69,55	66,75
13	78,9	56,95	66,2	44
14	54,55	51	48,65	38,6

Digital Repository Universitas Jember

C.3 Nilai Kekeruhan Perlakuan PE

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	424	424	424	424
1	182,25	164,25	169	135
2	135,25	155,5	137	132
3	108,125	133,25	126,5	130,25
4	128,25	123,75	148,25	143,15
5	104,35	95,8	99,05	101,95
6	110,95	109,5	104,05	104,2
7	102,75	97,3	92,25	80,8
8	96,75	90,2	86,05	90,65
9	94,25	81,15	81,05	87,65
10	95,65	83,6	75,45	68,35
11	85,9	78,85	77,475	66,225
12	86,7	57,625	53,675	51,375
13	65,25	49,275	51,05	39,5
14	47,475	44,6	41,475	33,35

C.4 Nilai Kekeruhan Perlakuan TPE Proses 1 (TPE 1)

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	495	495	495	495
1	153	153,5	160,5	157,5
2	118,1	123	107	106,5
3	66,4	71,85	82,3	83,2
4	43,15	44,5	56,3	58,5
5	57,15	52,75	32,8	31,5
6	30,15	28,4	32,7	32,3
7	27,6	31,65	25,4	26,8
8	27,9	27,75	26,45	26,1
9	27,5	28,6	26,8	27,7
10	26,4	27,9	29,5	32,1
11	27,35	29,25	29,1	27,65
12	27,8	26,9	28,9	27,6
13	26,55	27,7	26,75	26,8
14	69,5	62,1	68,4	59,5

Digital Repository Universitas Jember

C.5 Nilai Kekeruhan Perlakuan TPE Proses 2 (TPE 2)

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	523,5	523,5	523,5	523,5
1	142,5	148,5	156,5	144,5
2	140	129	142	152,5
3	96,75	137,5	142	143,5
4	142	146,5	156,5	119,5
5	138,5	136,5	120,5	124,5
6	112	137	149	142,5
7	121,5	141	126	121
8	107	116,5	114,5	109,5
9	112,5	118	98,5	115,9
10	109,7	83,95	107,45	79,7
11	84,55	92,95	111,5	93,6
12	67,1	60,75	67,8	62
13	70,2	71,3	70,8	68,55
14	69,5	62,1	68,4	59,5

C.6 Nilai Rata-rata Kekeruhan Perlakuan TPE

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	Kotak 1	Kotak 2	Kotak 3	Kotak 4
0	509,25	509,25	509,25	509,25
1	147,75	151	158,5	151
2	129,05	126	124,5	129,5
3	81,575	104,675	112,15	113,35
4	92,575	95,5	106,4	89
5	97,825	94,625	76,65	78
6	71,075	82,7	90,85	87,4
7	74,55	86,325	75,7	73,9
8	67,45	72,125	70,475	67,8
9	70	73,3	62,65	71,8
10	68,05	55,925	68,475	55,9
11	55,95	61,1	70,3	60,625
12	47,45	43,825	48,35	44,8
13	48,375	49,5	48,775	47,675
14	69,5	62,1	68,4	59,5

Digital Repository Universitas Jember

C.7 Efisiensi Penurunan Nilai Kekeruhan

Hari Ke-	Kekeruhan (NTU)			
	PE 1	PE 2	TPE 1	TPE 2
1	333,00	515,00	523,50	495,00
14	35,25	48,20	64,87	64,87
Nilai Efisiensi	89,41%	90,64%	87,6%	86,89%
Rata-rata Efisiensi	90,02%		87,24%	

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran D. Tabel Nilai Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

D.1 Nilai Parameter COD Perlakuan PE

Perlakuan	COD (mg/l)			Efisiensi (%)
	Awal	Mingguan	Akhir	
PE 1	3043	1637	628	79,36
PE 2	1506	746	234	84,46
Rata-rata	2274,5	1191,5	431	81,91

D.2 Nilai Parameter COD Perlakuan TPE

Perlakuan	COD (mg/l)			Efisiensi (%)
	Awal	Mingguan	Akhir	
TPE 1	3200	1760	1250	70,32
TPE 2	2030	1056	624	69,26
Rata-rata	2615	1408	937	69,79

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran E. Tabel Nilai Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

E.1 Nilai Parameter BOD Perlakuan PE

Perlakuan	BOD (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
PE 1	1920	396	79,38
PE 2	948	146	84,60
Rata-rata	1434	271	81,99

E.2 Nilai Parameter BOD Perlakuan TPE

Perlakuan	BOD (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
TPE 1	2016	786	61,00
TPE 2	1278	394	69,17
Rata-rata	1647	590	65,08

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran F. Tabel Nilai Parameter Amonia pada N Total

F.1 Nilai Parameter Amonia Perlakuan PE

Perlakuan	Amonia (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
PE 1	105,58	34,97	66,87
PE 2	102,64	14,96	85,42
Rata-rata	104,11	24,96	76,02

F.2 Nilai Parameter Amonia Perlakuan TPE

Perlakuan	Amonia (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
TPE 1	201,18	59,71	70,32
TPE 2	71,47	15,55	78,24
Rata-rata	136,32	37,63	72,40

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran G. Tabel Nilai Parameter Fosfat pada P Total

G.1 Nilai Parameter Fosfat Perlakuan PE

Perlakuan	Amonia (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
PE 1	20,49	3,3	83,89
PE 2	67,59	8,51	87,40
Rata-rata	44,04	5,91	86,59

G.2 Nilai Parameter Fosfat Perlakuan TPE

Perlakuan	Amonia (mg/l)		Efisiensi (%)
	Awal	Akhir	
TPE 1	13,47	8,77	34,89
TPE 2	7,95	8,44	-5,66
Rata-rata	10,71	8,59	19,84

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran H. Analisis GLM

Within-Subjects Factors

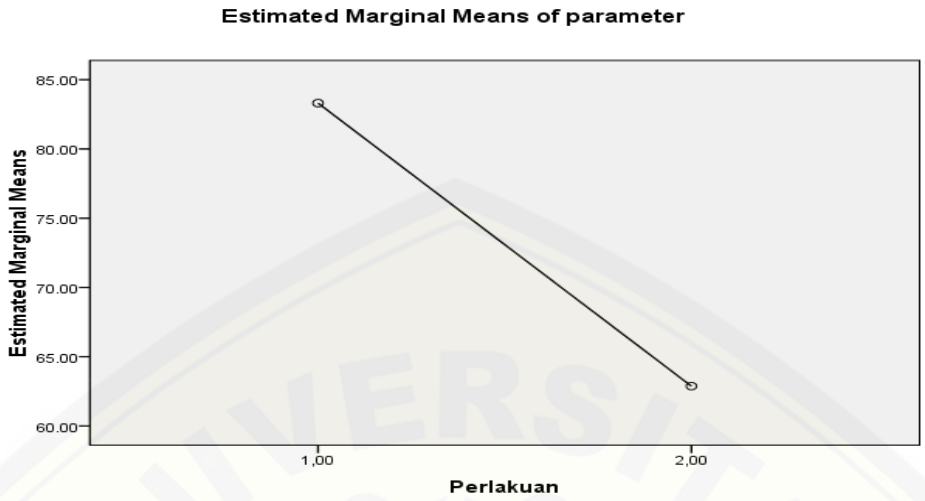
Measure:parameter

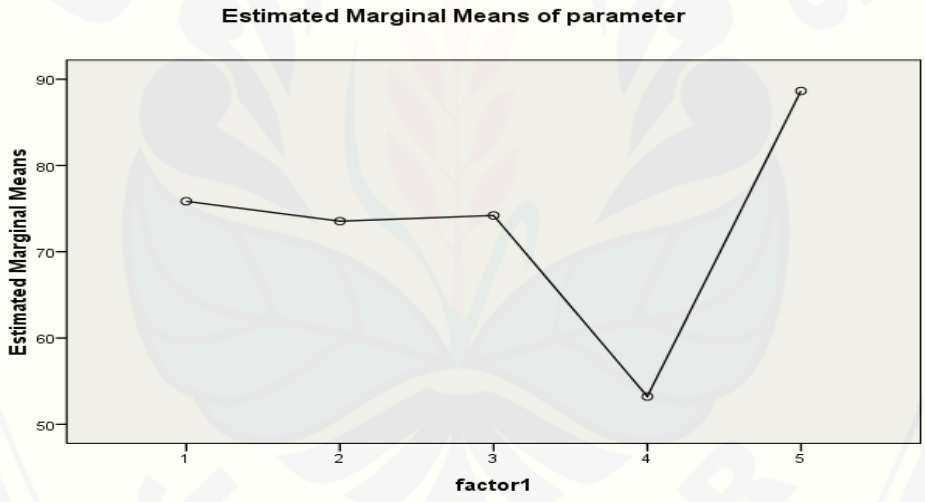
factor 1	Dependent Variable
1	COD
2	BOD
3	N
4	P
5	Kekeruhan

Descriptive Statistics

	Perlakuan	Mean	Std. Deviation	N
COD	1	81.9100	.	1
	2	69.7900	.	1
	Total	75.8500	8.57013	2
BOD	1	81.9900	.	1
	2	65.1000	.	1
	Total	73.5450	11.94303	2
N	1	76.0200	.	1
	2	72.4000	.	1
	Total	74.2100	2.55973	2
P	1	86.5900	.	1
	2	19.8400	.	1
	Total	53.2150	47.19938	2
Kekeruhan	1	90.0300	.	1
	2	87.2500	.	1
	Total	88.6400	1.96576	2

Digital Repository Universitas Jember





Digital Repository Universitas Jember

Lampiran I. Karakteristik Limbah Cair Kopi

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	pH	4,2-5,3	
2	Kekeruhan	333-523	NTU
3	TDS	261-401	mg/l
4	BOD	948-2016	mg/l
5	COD	1506-3200	mg/l
6	N	71,47-201,18	mg/l
7	P	7,95-67,59	mg/l

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN J. Prosedur Pengukuran BOD, NH_3-N Total, DAN PO_4-P Total

J.1 Prosedur Pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Prosedur kerja untuk mengukur BOD adalah sebagai berikut.

a) Memasukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa udara hingga penuh.
b) Menambahkan 2 ml larutan $MnSO_4$ 40%, dan mendiamkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
c) Menambahkan 2 ml alkali iodida azida, kemudian mendiamkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok
d) Menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan memindahkan larutan ke dalam erlenmeyer
e) Larutan yang berada di dalam erlenmeyer siap untuk dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N.
f) Menambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

Perhitungan :

$$OT = \frac{a.N.8000}{V-4}$$

$$BOD_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)\,(1 - P)}{P}$$

Keterangan : BOD_5 = mg O_2/liter

a = Volume titran natrium tiosulfat (ml)

N = Normalitas natrium tiosulfat (ml)

V = Volume botol winkler (ml)

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

Digital Repository Universitas Jember

J.2 Prosedur Pengukuran Nitrogen dengan Metode N-Kjeldahl

Metode yang digunakan dalam pengukuran N total (N-Kjeldahl) adalah sebagai berikut.

a. Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 1,0 g dimasukkan ke dalamlabu kjedahl. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 10 ml H_2SO_4.
b. Didestruksi dan destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam), kemudian labu diangkat dan didinginkan.
c. Ekstrak diencer-kan dengan air hingga 50 ml. Dikocok sampai homogen dan dibiarkan semalam agar mengendap. Ekstrak jernih digunakan untuk pengukuran N. Tahap selanjutnya adalah pengukuran N.
d. Ekstrak sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu didih. Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu.
e. Disiapkan penampung NH_3 yang dibebaskan yaitu Erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% ditambah dua tetes indikator metil red (berwarna merah) dihubungkan dengan alat destilasi.
f. Ditambahkan 10 ml NaOH 40% ke dalam labu didih yang berisi contoh dan di-tutup secepatnya.Didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan HCl 0,05 N hingga berwarna merah muda.

Dicatat volume titar sampel (Vc) dan blanko (Vb) kemudian dihitung:

Kadar N-Total (%) = (Vc – Vb) x Mr x 100 ml/mg sampel x fk

Keterangan:

Vc,b = ml titar sampel dan blanko

N = normalitas larutan baku H2SO4

14 = bobot setara N (Mr)

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

J.3 Prosedur Pengukuran P

1. Larutan Ammonium Molibdate

Larutkan 25 gram $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ dalam 175 ml aquades + 280 ml H_2SO_4 pekat, encerkan dengan aquades sampai 1 liter.

Digital Repository Universitas Jember

2. Larutkan SnC_{12}

Larutkan 2,5 gram $SnCl_{12}.H_2O$ dalam 100 ml glycerol.

3. Larutan Stock Phospat 1 ml = 0,5 mg PO_4^{3-}

Larutkan 0,7165 gram KH_2PO_4 dalam labu 1 liter dengan aquades. Standar 200 ml stock dengan 1 liter aquades (1ml = 0,1 mg).

4. Strong Acid Solution

Campurkan 400 ml H_2SO_4 pekat dengan 4 ml HNO_3 pekat, encerkan dengan 1 liter aquades.

Langkah-langkah pengukuran P adalah sebagai berikut.

1. Memasukkan 50 ml sampel kemudian menambah strong acid solution 1 ml.
2. Selanjutnya sampel dipanaskan dalam ruang asam sampai volume ½ -nya, biarkan dingin, tambahkan 20 tetes indikator phenolphthalein dan larutan NaOH sampai warna merah tambahkan aquades sampai kembali pada volume sampel.
3. Kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer sebagai berikut.
   a. Menambahkan 2 ml larutan ammonium molibdat.
   b. Menambahkan 3 tetes larutan $SnCl_2$ dalam glycerol.
   c. Mengkocok dan membiarkan selama 10 menit.
   d. Membaca absorbansinya pada spektrofotometer dengan γ 650.
   e. Membaca hasil pembacaan spektrofotometer pada hasil kalibrasi atau kurva kalibrasi.

J.4 Prosedur Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran turbiditas menggunakan alat turbidimeter dengan langkah-langkah seperti berikut.

1) Mengambil sampel limbah cair pengolahan kopi pada setiap kotak akuarium.
2) Memasukkan limbah cair ke dalam kuvet hingga batas berwarna putih yang ada pada kuvet.
3) Memasukkan kuvet ke dalam turbidimeter yang telah menyalasebelumnya.
4) Menekan tombol “READ”, maka angka yang muncul kemudian dicatat.

Digital Repository Universitas Jember

J.5 Prosedur Pengukuran pH

Pengukuran pH ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1) Menyalakan dan memasukkan pH meter pada tiap-tiap akuarium limbah cair pengolahan kopi.
2) Pada awal pengukuran nilai pH akan berubah-ubah maka harus menunggu hingga bunyi bip, kemudian catat hasil pengukuran.
3) Membersihkan probe pH meter menggunakan aquades setelah sebelumnya dimatikan.

J.6 Prosedur Pengukuran COD

Langkah pengukuran COD adalah sebagai berikut.

1) Pembuatan blanko dengan cara menambahkan 0,2 ml aquades ke dalam *test tube* (tempat reagen HR) kemudian dikocok.
2) Memasukkan 0,2 ml limbah cair pengolahan kopi ke dalam *test tube* (tempat reagen HR) kemudian dikocok.
3) Pemanasan *test tube* yang berisi blanko dan sempel selama 2 jam pada digester COD pada suhu 150^{o}C.
4) Setelah blanko dan larutan dipanaskan, dilakukan pendinginan hingga suhunya turun kemudian dimasukkan pada cuvet spektofotometer HI 83099. Cuvet tersebut dimasukan ke dalam alat spektrofotometer HI 83099. Cuvet yang berisi blanko dimasukkan terlebih dahulu ke dalam alat tersebut. Kemudian tekan tombol *read*, hingga nilai COD blanko 0 mg/l, lalu masukkan cuvet yang berisi reagen dan limbah cair kopi ke dalam alat. Kemudian tekan tombol *read* dan nilai COD dapat terbaca.

Digital Repository Universitas Jember

J.7 Prosedur Pengukuran TDS

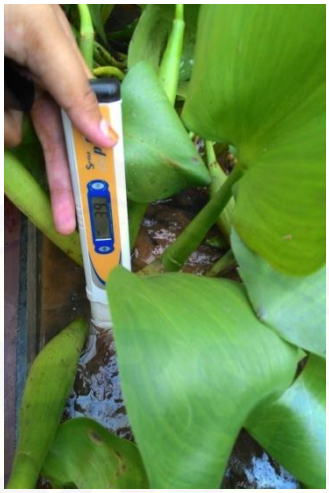
Pengukuran TDS dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut.

1) Menyalakan dan memasukkan probe TDS meter pada tiap-tiap akuarium limbah cair pengolahan kopi.
2) Membaca dan mencatat nilai suhu dan TDS pada layar ketika tanda clock pada layar hilang.
3) Membersihkan probe TDS meter menggunakan aquades setelah sebelumnya dimatikan.

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran K. Dokumentasi Penelitian

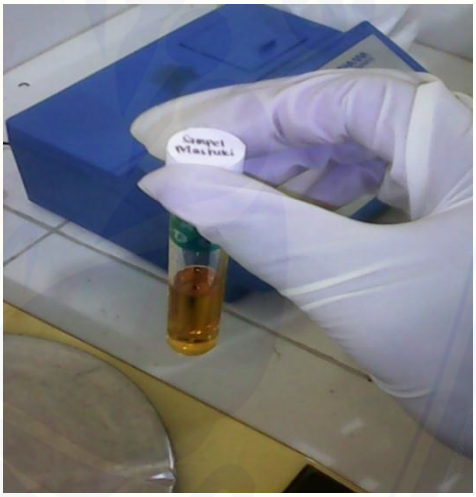
Akuarium Penelitian



Pengukuran pH

Pengukuran TDS

Pengukuran Kekeruhan



Pengukuran COD

Penimbangan Eceng Gondok

Pengambilan Limbah Cair

Digital Repository Universitas Jember