



**KOMPARASI FITOREMEDIASI ECENG GONDOK PADA
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI PROSES
PENGUPASAN DAN PENCUCIAN**

SKRIPSI

Oleh

**Amelia Ika Puspitasari
NIM 121710201032**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**KOMPARASI FITOREMEDIASI ECENG GONDOK PADA
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI PROSES
PENGUPASAN DAN PENCUCIAN**

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

Amelia Ika Puspitasari
NIM 121710201032

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk ayah dan mama yang telah memberikan kepercayaan, dukungan dan bimbingan untuk mengejar cita-cita saya.



MOTTO

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan.”

*(Al-Mujadillah:11)**

“Tegakkan wajahmu, dan jangan sekali-kali kamu menunduk pasrah pada keadaan. Kamu hanya boleh tunduk di hadapan Tuhanmu, bukan makhlukNya.”

(Susan Arisanti)

“Musisi harus menciptakan musik. Pelukis harus menggoreskan kuasnya. Penyair harus menulis sajaknya. Mereka harus melakukannya agar mencapai puncak kedamaian dalam diri mereka sendiri. Seseorang harus menjadi apa yang mereka bisa jadi.”

(Abraham Maslow)

*⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an Dan Terjemahannya*. Semarang : PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amelia Ika Puspitasari

NIM : 121710201032

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Komparasi Fitoremediasi Eceng Gondok pada Limbah Cair Pengolahan Kopi Proses Pengupasan dan Pencucian”** 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, 3 Mei 2016

Yang menyatakan,

Amelia Ika Puspitasari

NIM. 121710201032

SKRIPSI

**KOMPARASI FITOREMEDIASI ECENG GONDOK PADA
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI PROSES
PENGUPASAN DAN PENCUCIAN**

Oleh

Amelia Ika Puspitasari
NIM 121710201032

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Komparasi Fitoremediasi Eceng Gondok pada Limbah Cair Pengolahan Kopi Proses Pengupasan dan Pencucian” telah di uji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 10 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
NIP. 197211301999032001

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.
NIP. 197311301999032001

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Ir. Muharjo Pudjojono
NIP. 195206281980031002

Drs. Rudju Winarsa, M.Kes.
NIP. 196008161989021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

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

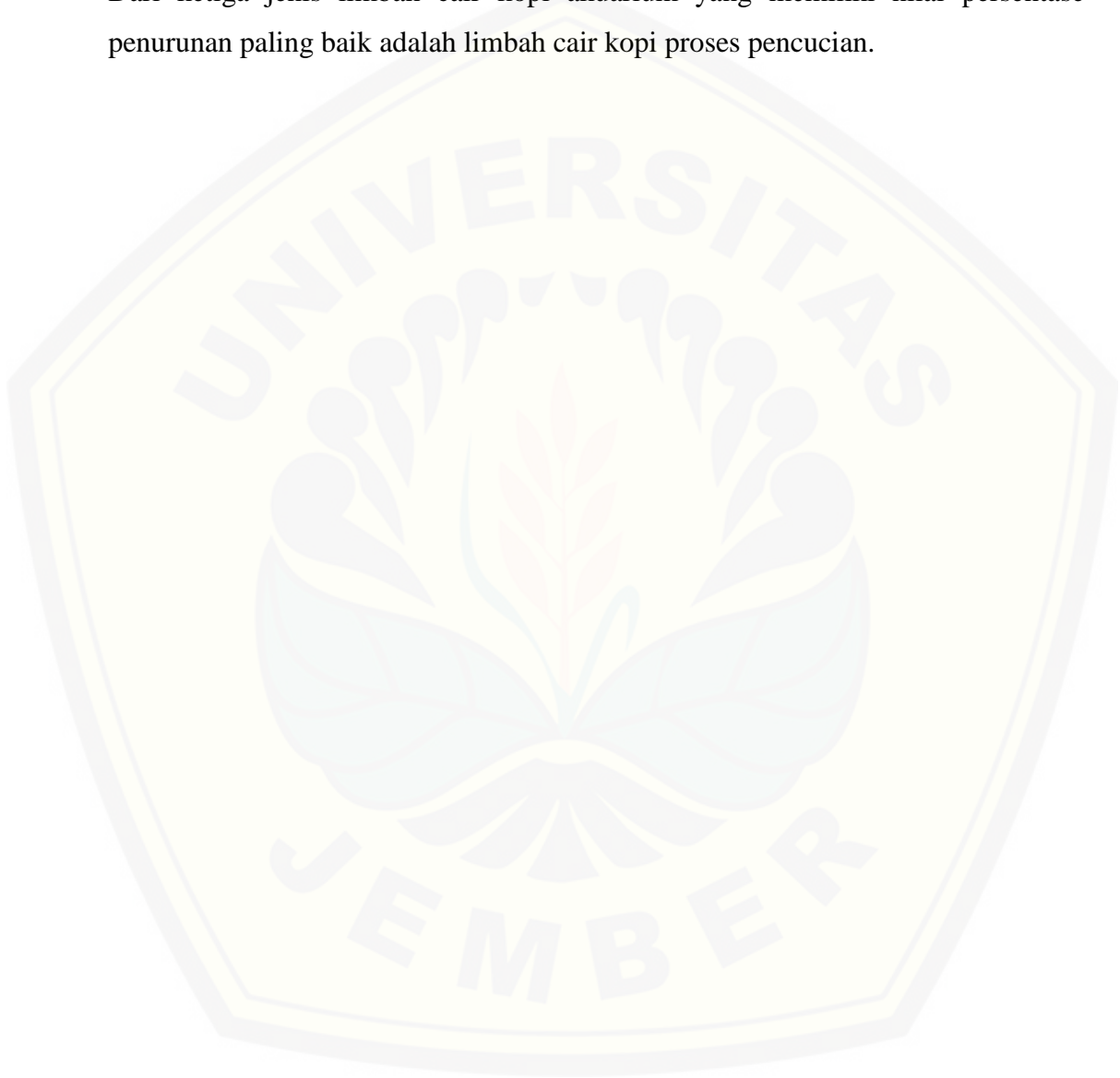
RINGKASAN

Komparasi Fitoremediasi Eceng Gondok pada Limbah Cair Pengolahan Kopi Proses Pengupasan dan Pencucian; Amelia Ika Puspitasari; 2016; 69 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kualitas biji kopi terbaik didapat dari penanganan pasca panen yang tepat dan terkontrol. Salah satu metode pasca panen yang biasa digunakan adalah penanganan cara basah. Konsumsi air pada pengolahan kopi basah mencapai 7-9 m³ per ton buah kopi yang diolah. Ada dua jenis limbah cair yang diperoleh dari pengolahan basah yaitu, limbah cair kopi proses pengupasan dan pencucian. Limbah cair kopi memiliki kandungan bahan organik berupa polusi organik yang dapat mencemari perairan tempat limbah kopi tersebut dibuang. Maka dari itu limbah cair kopi perlu diolah sesuai dengan baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan agar aman ketika dibuang ke lingkungan. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik limbah cair kopi proses pengupasan dan pencucian serta nilai persentase penurunan zat organik dalam limbah pada proses fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok.

Penelitian ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan masing-masing selama 14 hari. Eceng gondok dengan densitas 300gr dan air limbah ditanam dalam 3 akuarium dengan jenis limbah cair pengolahan kopi yang berbeda, yaitu limbah kopi proses pengupasan, pencucian dan campuran dari keduanya. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah penurunan nilai parameter COD, BOD, NH₃-N, PO₄-P, kekeruhan dan kenaikan nilai pH dan TDS. Fitoremediasi menggunakan eceng gondok pada tiga jenis limbah cair pengolahan kopi yaitu proses pengupasan, pencucian dan campuran mampu menurunkan kandungan COD sebesar 57,80% - 71,55%; BOD sebesar 61,22% - 71,52%; NH₃-N sebesar 61,50% - 77,46%; PO₄-P sebesar 75,58% - 89,28%; dan kekeruhan sebesar 77,77% - 90,18%. Selain itu eceng gondok juga mampu meningkatkan nilai TDS sebesar 29,70% - 33,79% dan pH sebesar 27,50% - 36,89%.

Pada penelitian ini didapat hasil nilai persentase penurunan terbaik pada proses fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Limbah campuran memiliki nilai persentase penurunan sebesar 74,49%. Kemudian nilai persentase penurunan limbah cair kopi proses pengupasan dan pencucian adalah 69,97% dan 74,91%. Dari ketiga jenis limbah cair kopi akuarium yang memiliki nilai persentase penurunan paling baik adalah limbah cair kopi proses pencucian.



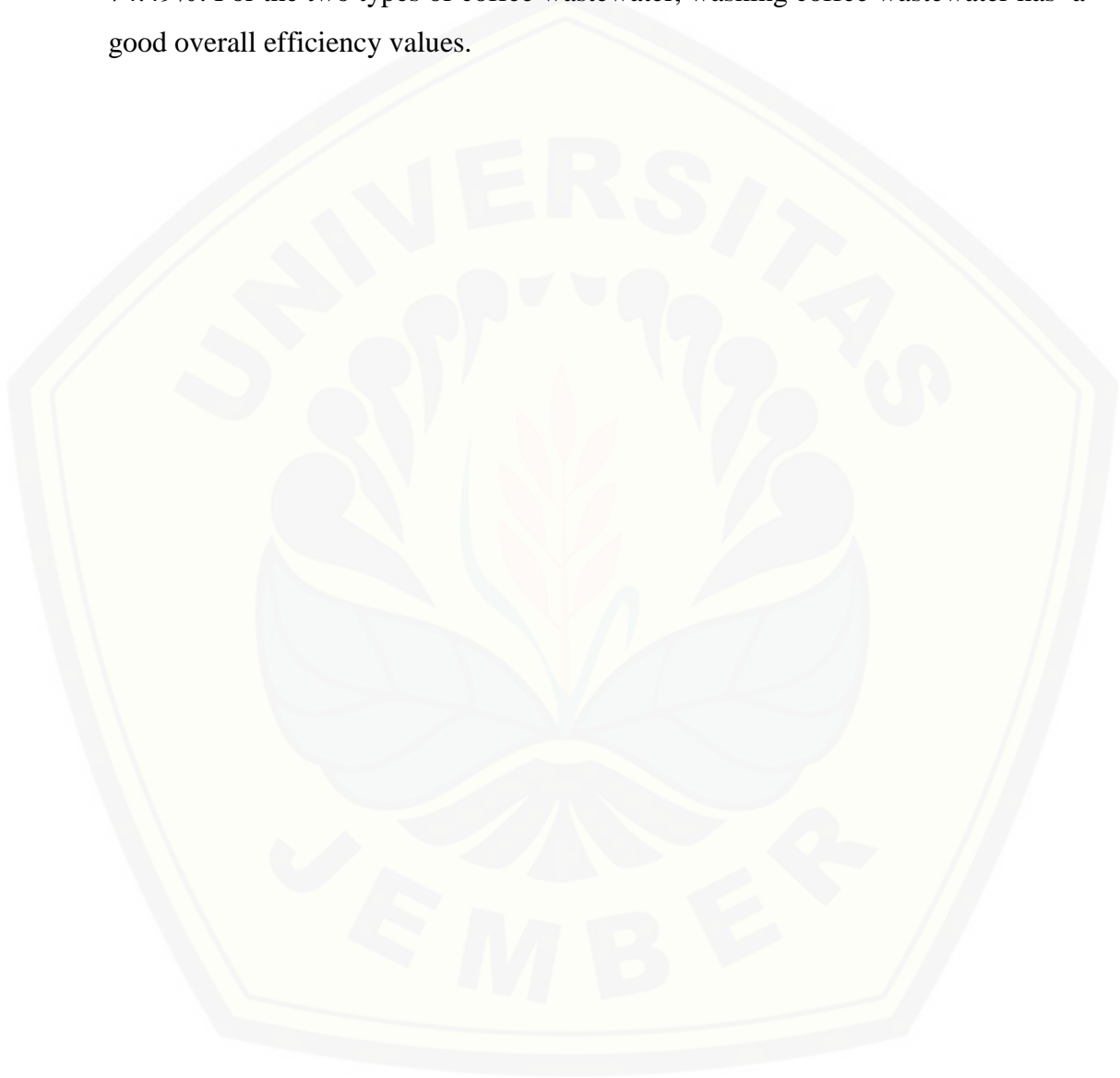
SUMMARY

Comparison Of Hyacinth Phytoremediation Between Pulping Wastewater and Washing Wastewater from Coffee Processing; Amelia Ika Puspitasari; 2016; 69 pages; Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture Technology, Jember University.

Best quality coffee beans come from proper post-harvest handling and control. One method commonly used post-harvest handling is a wet method. Consumption of water in wet coffee processing reaches 7-9 m³ per tonne of coffee cherries are processed. There are two types of liquid waste generated in the wet processing, there are pulping and washing of coffee wastewater. Coffee wastewater contains organic materials such as organic pollutants that can contaminate the waters where the coffee waste disposal. Thus the coffee wastewater needs to be processed in accordance with the effluent quality standards that have been defined to be safe when disposed to drainage basin. One method that can be used is phytoremediation using water hyacinth. The purpose of this study was to determine the characteristics of the pulping and washing of coffee wastewater and the value of the total efficiency of decreasing the concentration of waste on the phytoremediation process using water hyacinth plants.

This research was conducted as many as 3 repetitions each for 14 days. Hyacinth with a density of 300gr and wastewater is planted in an aquarium with three types of wastewater, those are pulping and washing of coffee wastewater and a mixture both of it. The results gotten from this research is the efficiency decreasing of COD, BOD, NH₃-N, PO₄-P, turbidity and increasing value from pH and TDS. Phytoremediation uses water hyacinth on pulping and washing coffee wastewater were able to decrease the content of COD amounted 57.80% to 71.55%; BOD amounted 61.22% - 71.52%; NH₃-N amounted 61.50% - 77.46%; PO₄-P amounted 75.58% - 89.28%; and turbidity amounted 77.77% - 90.18%. In addition hyacinth also able to increase the value of TDS amounted 29.70% - 33.79% and a pH amounted 27.50% - 36.89%.

In this study, the results obtained overall efficiency values of waste types best on the phytoremediation process using water hyacinth. The mixed coffee wastewater has a value overall efficiency of 74.49%. Then the value of the efficiency from pulping and washing of coffee wastewater was 69.97% and 74.49%. For the two types of coffee wastewater, washing coffee wastewater has a good overall efficiency values.



PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Komparasi Fitoremediasi Eceng Gondok pada Limbah Cair Pengolahan Kopi Proses Pengupasan dan Pencucian”. 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) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah memberikan banyak arahan, semangat dan motivasi sehingga karya tulis ilmiah ini bisa terselesaikan dengan baik;
3. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Penguji dan Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan banyak bimbingan, motivasi, kritik dan saran yang membangun untuk menyelesaikan skripsi ini;
4. Drs. Rudju Winarsa, M.Kes selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Dr. Yuli Witono, S.TP., MP. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian;
6. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi;
7. 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;

8. keluargaku Ayah, Mama dan adik-adikku (Nur Aprilia Setyoyuni dan Rofiatul Della Tri Lestari) yang tak pernah lelah dalam memberikan do'a, kasih sayang, semangat dan pengorbanan selama ini;
9. teman-teman seperjuangan (Mastuki, Wiwid, Vivin, Ika, Wawan, Salman, Ria, Bom-Bom, Faris) yang telah memberikan banyak dukungan dan rasa kebersamaan. Terima kasih untuk selalu menemani dengan candaan dan celaan yang tiada habisnya setiap hari;
10. teman-teman TEP angkatan 2012 khususnya TEP B '12 yang selalu bersedia untuk memberikan rasa kebersamaan, inspirasi, semangat dan motivasi hingga saat ini;
11. sahabat-sahabat tercintaku Naomi Amelia P.Y., Dwi Ajeng A., Arista Dwi N.H, Maulida N.H dan Agista Risky yang selalu memberi semangat dan tidak pernah bosan bertanya kapan wisuda;
12. 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, Mei 2016

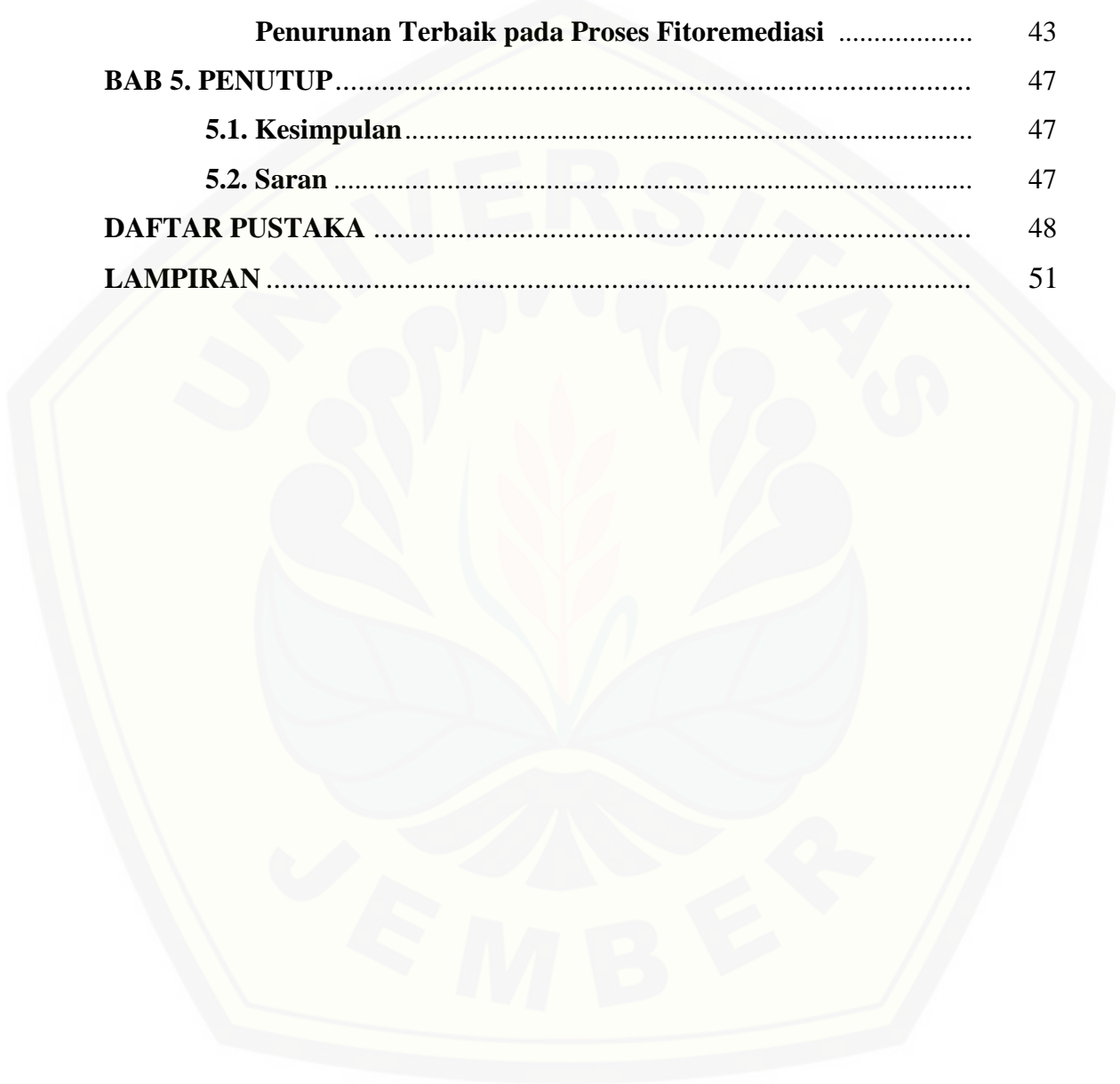
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Proses Pengolahan Kopi	4
2.2.1 Proses Pengolahan Kopi Secara Kering (<i>Dry Process</i>).....	4
2.2.2 Proses Pengolahan Kopi Secara Basah (<i>Fully Washed</i>)	4

2.2. Karakteristik Limbah Cair Proses Pengupasan dan Pencucian	8
2.3. Baku Mutu Limbah Cair	10
2.4. Fitoremediasi	11
2.5. Eceng Gondok	13
2.6. Analisis <i>General Linear Model</i> (GLM)	14
BAB 3. METODOLOGI	15
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian	15
3.2. Alat Dan Bahan	15
3.2.1. Alat.....	15
3.2.2. Bahan.....	15
3.3. Diagram Alir Penelitian	16
3.4. Rancangan Penelitian	17
3.4.1. Persiapan Penelitian.....	17
3.4.2. Penelitian.....	18
3.4.3. Pengukuran Parameter.....	19
3.5. Analisis Data	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Karakteristik Limbah Pengolahan Kopi Proses Pengupasan dan Pencucian	24
4.2. Pengukuran Parameter Kimia	25
4.2.1. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	25
4.2.2. pH.....	28
4.2.3. Nitrogen (N).....	31
4.2.4. Fosfor (P).....	35
4.3. Pengukuran Parameter Fisika	38

4.3.1. Kekeruhan	38
4.3.2. <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	40
4.4. Analisis Jenis Limbah Cair Kopi yang Menghasilkan Persentase Penurunan Terbaik pada Proses Fitoremediasi	43
BAB 5. PENUTUP.....	47
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	51



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Hasil Analisis Limbah Cair Perlakuan Minimasi Air Pengolahan Kopi	8
2.2. Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Pengupasan Biji Kopi/Coklat	10
4.1. Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi Hasil Pengupasan, Pencucian dan Campuran.....	24
4.2. Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Pengupasan Biji Kopi/Coklat	24
4.3. Nilai Persentase Penurunan COD dan BOD	27
4.4. Nilai Penurunan Kadar Amonia pada N Total (NH ₃ -N)	31
4.5. Nilai Penurunan Fosfat pada P Total (PO ₄ -P).....	36
4.6. Ion-ion yang Biasa Ditemukan di Perairan.	41
4.7. Persentase Penurunan Parameter yang Diuji.....	44

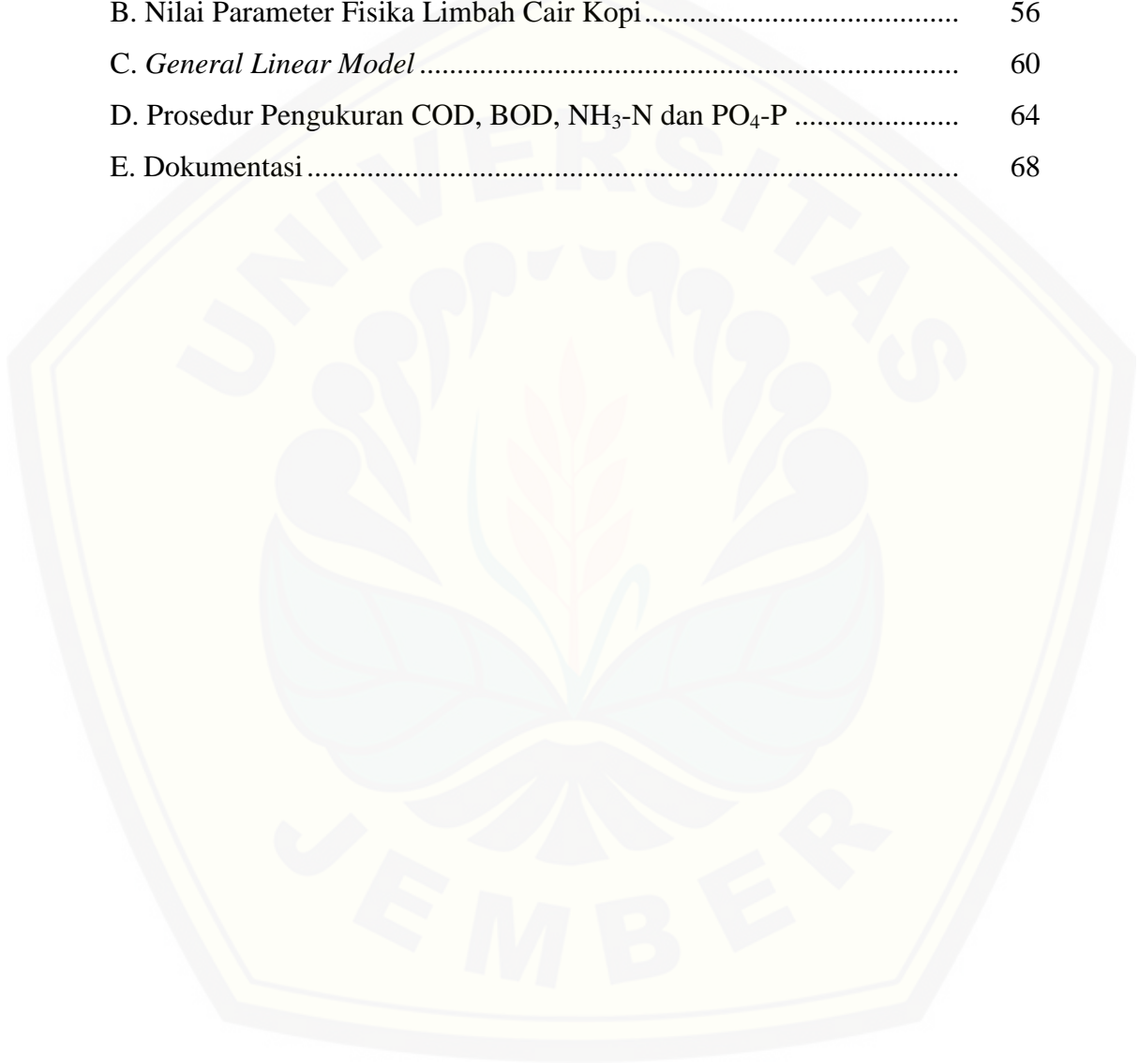
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Tahapan Proses Kopi Secara Kering.....	4
2.1. Tahapan Proses Kopi Secara Basah.....	6
3.1. Diagram Penelitian Fitoremediasi.....	15
3.2. Rancangan Akuarium.....	17
4.1. Nilai Awal dan Akhir COD.....	26
4.2. Nilai Awal dan Akhir BOD.....	27
4.3. Hubungan pH dengan Waktu	29
4.4. Nilai Awal dan Akhir Amonia pada N Total (NH ₃ -N)	32
4.5. Persentase Penurunan Amonia pada N Total (NH ₃ -N).....	33
4.6. Nilai Awal dan Akhir Fosfat pada P Total (PO ₄ -P).....	36
4.7. Persentase Penurunan Fosfat pada P Total (PO ₄ -P).....	37
4.8. Nilai Awal dan Akhir Kekeruhan	38
4.9. Persentase Penurunan Kekeruhan	39
4.10. Hubungan Waktu dengan TDS	41
4.11. Nilai Persentase Penurunan Tiap-tiap Parameter	43
4.12. Nilai Persentase Penurunan Secara Keseluruhan Menggunakan GLM	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Nilai Parameter Kimia Limbah Cair Kopi	50
B. Nilai Parameter Fisika Limbah Cair Kopi.....	56
C. <i>General Linear Model</i>	60
D. Prosedur Pengukuran COD, BOD, NH ₃ -N dan PO ₄ -P	64
E. Dokumentasi	68



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ada dua cara pengolahan kopi yaitu cara pengolahan kopi kering dan pengolahan kopi basah. Konsumsi air pada pengolahan kopi basah sangat banyak. Kebutuhan air untuk proses pencucian berkisar antara 5-6 m³ per ton biji kopi berkulit cangkang (Widyotomo, 2013). Mulato dalam Novita (2012:127) menyatakan bahwa kebutuhan air untuk pengupasan diusahakan tidak melebihi 3 m³ per ton buah kopi. Dari uraian di atas diketahui bahwa limbah kopi yang didapat dari pengolahan basah sangatlah tinggi. Ada dua jenis limbah cair yang pada pengolahan basah yaitu, limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian. Limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan diperkirakan mengandung komponen-komponen kimia yang berasal dari kulit, daging buah dan lendir. Walaupun tidak semua lendir dapat terlepas sehingga masih melekat pada lapisan kulit biji kopi. Limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan juga mengandung gula fermentasi sedangkan limbah cair pengolahan kopi proses pencucian lebih kental karena mengandung lendir. Nilai pH limbah cair proses pencucian lebih asam dibandingkan dengan proses pengupasan karena lendir yang terdegradasi selama proses fermentasi (Novita, 2012). Limbah cair pengolahan kopi memiliki kandungan bahan organik berupa polusi organik yang dapat mencemari perairan di sekitar limbah kopi tersebut dibuang. Maka dari itu limbah cair kopi perlu diolah sesuai dengan baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan agar aman ketika dibuang ke lingkungan. Salah satu cara pengolahan limbah cair adalah fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan metode baru yang menarik untuk mengendalikan dan membersihkan limbah berbahaya menggunakan tanaman hijau. McCutcheon dan Schnoor (2003:4) mengemukakan bahwa fitoremediasi melibatkan penggunaan tumbuhan vaskular, ganggang maupun jamur untuk menghilangkan dan mengontrol limbah di dalam air atau untuk memacu perbaikan limbah oleh mikroorganisme di rizosfer. Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci

karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan. Fitoremediator tersebut dapat berupa herbal, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Salah satu tanaman yang mampu mengakumulasi unsur logam dalam konsentrasi yang cukup tinggi adalah eceng gondok. Tanaman ini berpotensi dalam menyerap logam berat karena merupakan tanaman dengan toleransi tinggi yang dapat tumbuh baik dalam limbah, pertumbuhannya cepat serta menyerap dan mengakumulasi logam dengan baik dalam waktu yang singkat.

Berdasarkan uraian di atas pengolahan kopi secara basah menghasilkan limbah cair dalam jumlah banyak berupa limbah cair proses pengupasan dan proses pencucian yang berdampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu metode fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok merupakan salah satu upaya yang bisa digunakan pada proses pasca panen pengolahan kopi untuk mengurangi tingkat konsentrasi zat pencemar yang terdapat pada limbah cair kopi karena metode ini sangat alami dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan masalah

Volume limbah cair dari pengolahan kopi yang diolah secara basah sangat tinggi. Limbah cair pengolahan kopi akan menyebabkan pencemaran lingkungan di badan air tempat pembuangan limbah tersebut. Ada dua jenis limbah cair pada pengolahan basah yaitu, limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian. Perlu dilakukan pengukuran kandungan limbah cair kopi berdasarkan parameter fisika dan kimia untuk mengetahui karakteristik limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian. Selain itu perlu dilakukan perhitungan persentase penurunan dari zat pencemar yang terdapat pada limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian setelah fitoremediasi menggunakan eceng gondok.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dibatasi pada pengukuran kandungan limbah cair kopi berdasarkan parameter fisika dan kimia pada limbah cair pengolahan kopi hasil pengupasan dan pencucian. Parameter kimia meliputi COD, BOD, pH, N dan P, sedangkan parameter fisika meliputi kekeruhan dan TDS.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian.
2. Untuk mengetahui penurunan bahan organik yang didapat dari proses fitoremediasi menggunakan eceng gondok pada limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan pencucian.

1.5 Manfaat

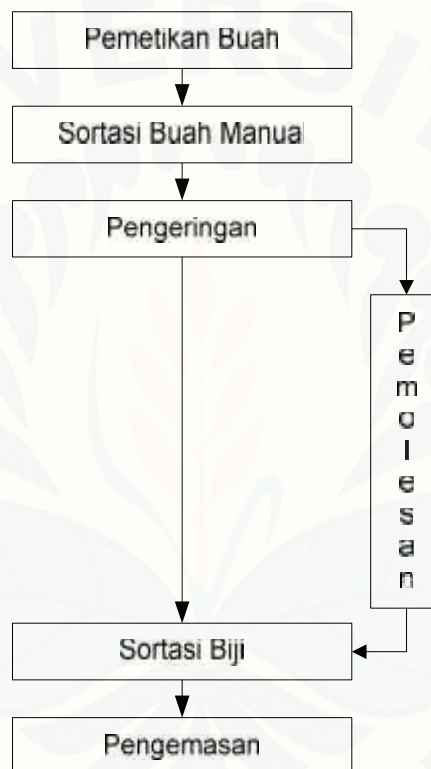
Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh para petani kopi dan instansi terkait sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair kopi proses pengupasan dan pencucian menggunakan tanaman eceng gondok pada proses fitoremediasi sehingga mampu mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pengolahan Kopi

2.2.1 Proses Pengolahan Kopi Secara Kering (*Dry Process*)

Proses kopi secara kering banyak dilakukan petani, mengingat kapasitas olah kecil, mudah dilakukan dan peralatan sederhana. Tahapan pascapanen kopi secara kering dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Tahapan Proses Kopi Secara Kering (Nur *et al.*, 2010:88)

Buah kopi yang sudah dipanen dan disortasi harus sesegera mungkin dikeringkan agar tidak mengalami proses kimia yang bisa menurunkan mutu. Buah kopi dikatakan sudah kering apabila waktu diaduk terdengar bunyi gemerisik. Menurut Nur *et al.* (2010:92) tahapan pengolahan kopi cara kering adalah sebagai berikut.

1. Sebaiknya dilakukan untuk buah kopi yang tidak dapat diolah secara basah, yaitu buah kopi yang belum masak atau kelewat masak serta buah kopi yang cacat.

2. Buah kopi disortasi menjadi buah masak, buah belum masak, buah kelewat masak, buah cacat dan kotoran lainnya.
3. Untuk kopi arabika buah kopi dijemur hingga kadar air 30% kemudian dikeringkan menggunakan mesin dengan suhu maksimum 60° C atau dijemur hingga kadar air kurang dari 13%.
4. Untuk kopi robusta, buah kopi dikeringkan dengan mesin pada suhu maksimum 80° C hingga kadar air kurang dari 13%.
5. Buah kopi kering kemudian dikupas kulitnya menggunakan mesin penggerbus (*huller*) untuk mendapatkan kopi beras.
6. Pemolesan dilakukan untuk membuat warna biji kopi menjadi lebih cerah, terutama biji kopi yang warnanya kusam menggunakan mesin poles biji kopi.
7. Biji kopi dipisahkan berdasarkan ukuran dan kelas mutunya berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-1992).
8. Sementara menunggu pemasaran biji kopi dapat disimpan dalam bentuk kopi gelondong, kopi HS atau kopi beras. Kopi gelondong dapat disimpan setelah kadar air kurang dari 13% sedangkan kopi HS atau kopi beras dapat disimpan setelah kadar air kurang dari 12%.

2.2.2 Proses Pengolahan Kopi Secara Basah (*Fully Washed*)

Pengupasan kulit buah kopi (*pulping*) merupakan salah satu tahapan proses pengolahan kopi yang membedakan antara pengolahan kopi cara basah dengan kering (Widyotomo, 2013). Pengupasan kulit buah dilakukan menggunakan mesin *pulper* (pengupas kulit buah). Air dialirkan ke dalam silinder bersamaan dengan buah yang akan dikupas. Tahapan proses pengolahan kopi secara basah dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Tahapan Pengolahan Kopi Secara Basah (Nur *et al.*, 2010:88)

Kopi yang sudah dikupas masih diselimuti oleh lapisan lendir (*mucilage*). Lendir tersebut harus dihilangkan untuk mempercepat pengeringan, dan agar tidak menjadi substratum bagi mikroorganisme yang dapat menimbulkan flavor yang tidak dikehendaki (Yahmadi, 1991:97). Permentan (2012:6) mengemukakan bahwa fermentasi umumnya dilakukan untuk penanganan kopi arabika, bertujuan untuk menguraikan lapisan lendir yang ada di permukaan kulit tanduk biji kopi. Selain itu, fermentasi mengurangi rasa pahit dan mendorong terbentuknya kesan “*mild*” pada citarasa seduhan kopi arabika. sedangkan pada kopi robusta fermentasi dilakukan hanya untuk menguraikan lapisan lendir yang ada di

permukaan kulit tanduk. Menurut Ridwansyah (2003), perubahan yang terjadi selama proses fermentasi adalah sebagai berikut.

1. Pemecahan Komponen *Mucilage*
2. Pemecahan Gula
3. Perubahan Warna Kulit

Berikut ini tahapan pengolahan kopi secara basah menurut Nur *et al.* (2010:90).

1. Sortasi buah kopi menjadi buah baik dan masak, buah busuk, buah mentah dan kotoran lainnya.
2. Buah kopi dimasukkan ke dalam bak sortasi buah yang berisi air. Buah yang mengapung dipisahkan dari buah yang tenggelam untuk kemudian diolah secara terpisah.
3. Dilakukan pengupasan kulit buah (*pulp*) dan pencucian lendir.
4. Untuk kopi arabika sebaiknya dilakukan fermentasi selama 36 jam, dengan pembilasan setiap 12 jam, kemudian dicuci untuk menghilangkan sisa-sisa lendir.
5. Kopi gabah (kopi HS) ditiriskan selama beberapa jam.
6. Untuk kopi arabika kopi HS harus dijemur sampai kadar air 30% kira-kira selama sembilan hari, selanjutnya dapat dikeringkan menggunakan mesin dengan suhu 45° C atau dijemur terus hingga kering. Pengeringan dihentikan setelah kadar air kurang dari 12%.
7. Untuk kopi robusta kopi HS dapat dijemur atau dikeringkan langsung menggunakan mesin dengan suhu maksimum 80° C berangsur-angsur diturunkan sampai 60° C hingga kadar air kurang dari 12%.
8. Buah kopi kering kemudian dikupas kulitnya menggunakan mesin penggerbus (*huller*) untuk mendapatkan kopi beras.
9. Biji kopi dipisahkan berdasarkan ukuran dan kelas mutunya berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-1992).
10. Sementara menunggu pemasaran biji kopi dapat disimpan dalam bentuk kopi gelondong, kopi HS atau kopi beras. Kopi gelondong dapat disimpan

setelah kadar air kurang dari 13% sedangkan kopi HS atau kopi beras dapat disimpan setelah kadar air kurang dari 12%.

2.2 Karakteristik Limbah Cair Proses Pengupasan Dan Pencucian

Buah kopi merah yang sudah masak mengandung air buah dan lendir yang cukup untuk berlangsungnya proses pengupasan. Air pada proses pengupasan dibutuhkan untuk membawa buah kopi menuju silinder mesin pulper. Mulato dalam Novita (2012:127) menyatakan bahwa kebutuhan air untuk pengupasan diusahakan tidak melebihi 3 m³ per ton buah kopi. Limbah cair pengolahan kopi hasil pengupasan diperkirakan mengandung komponen-komponen kimia yang berasal dari kulit, daging buah dan lendir. Tidak semua lendir dapat terlepas sehingga masih melekat pada lapisan kulit biji kopi (Novita, 2012).

Setelah proses fermentasi dilakukan proses pencucian untuk menghilangkan lendir di permukaan kulit tanduk biji kopi hasil fermentasi. Menurut Widyotomo (2013), kebutuhan air untuk proses pencucian berkisar antara 5-6 m³ per ton biji kopi berkulit cangkang.

Tabel 2.1 Hasil Analisis Limbah Cair Perlakuan Minimasi Air Pengolahan Kopi

No	Parameter	Proses Pengupasan	Proses Pencucian	Satuan
1	pH	4,0 - 5,0	3,84 - 4,28	-
2	BOD	6000 - 13000	4000 - 11000	mg/L O ₂
3	COD	14000 - 26000	7000 - 21000	mg/L O ₂
4	BOD/COD	0,5 - 0,6	0,4 - 0,6	-
5	TSS	400 - 23000	8600 - 25000	mg/L
6	TDS	1200 - 1500	800 - 2100	mg/L
7	Fosfat	17 - 33	14 - 24	mg/L PO ₄ -P
8	Nitrat	55 - 64	3,28 - 88,35	mg/L NO ₃ -N
9	Total N	300 - 400	170 - 630	mg/L NH ₃ -N
10	Total Karbon	8000 - 10000	4000 - 10000	mg/L
11	Total VSS	13000 - 17000	6400 - 18000	mg/L

Sumber: Novita (2012).

Karakteristik yang dimiliki oleh limbah cair proses pengupasan dan proses pencucian tidak jauh berbeda. Keduanya mengandung padatan tersuspensi yang berasal dari komponen organik dan anorganik. Limbah cair proses pengupasan mengandung gula fermentasi sedangkan limbah cair proses pencucian lebih kental

karena mengandung lendir. Nilai pH limbah cair proses pencucian lebih asam dibandingkan dengan hasil pengupasan karena lendir yang terdegradasi selama proses fermentasi (Novita, 2012).

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

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD) menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi baik, yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO_2 dan H_2O (Effendi, 2003:125).
2. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada dasarnya menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik yang ada di dalam air (Kristanto, 2004:87).
3. pH merupakan suatu tingkat keasaman atau kebasaan (alkali) suatu zat tertentu. Pengukuran pH ini dilakukan dengan menggunakan pH Meter (Effendi, 2003:68).
4. Nitrogen di perairan berupa nitrogen anorganik dan nitrogen organik. Nitrogen anorganik terdiri atas amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3) (Effendi, 2003:149). Pada penelitian ini nilai nitrogen (N) diwakili oleh amonia (NH_3). Kadar amonia yang tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, Industri, dan limpasan (*run-off*) pupuk pertanian.
5. Fosfor berkontribusi pada pertumbuhan biji, akar, bunga, dan buah. Pada penelitian ini nilai fosfor (P) diwakili fosfat (PO_4). Effendi (2003:158) mengungkapkan bahwa fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Keberadaan fosfat 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.

6. Kekeruhan (*turbiditas*) disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut misalnya lumpur, pasir halus, plankton dan mikroorganisme lainnya (Effendi, 2003:63).
7. 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 di perairan. Ion-ion yang biasa terdapat di perairan adalah klorida (Cl), magnesium (Mg), besi (Fe), nitrat (NO_3), silika (SiO_2) dan sebagainya (Effendi, 2003:63).

2.3 Baku Mutu Limbah Cair

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan terutama kualitas air. Kondisi kualitas air limbah dapat diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter metoda tertentu. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas maksimal atau kadar maksimal unsur pencemar dalam air limbah yang akan dibuang ke badan air. Kadar unsur pencemar adalah jumlah berat unsur pencemar dalam volume air limbah tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/L. Penetapan baku mutu air limbah bagi industri atau kegiatan usaha lainnya digunakan untuk mencegah terjadinya pencemaran sumber air guna mewujudkan mutu sumber air sesuai dengan peruntukannya (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2013).

Berikut ini adalah peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Pengupasan Biji Kopi/Coklat

No	Parameter	Kadar Maximum (mg/L)
1	BOD5	75
2	COD	200
3	TSS	100
4	Minyak dan lemak	20
5	pH	6-9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur (2013).

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan metode baru yang menarik untuk mengendalikan dan membersihkan limbah berbahaya menggunakan tanaman hijau. McCutcheon dan Schnoor (2003:4) mengemukakan bahwa fitoremediasi melibatkan penggunaan tumbuhan vaskular, ganggang maupun jamur untuk menghilangkan dan mengontrol limbah di dalam air atau untuk memacu perbaikan limbah oleh mikroorganisme di rizosfer. Fitoremediasi adalah suatu sistem yang melibatkan tanaman tertentu bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media yang dapat mengubah zat berbahaya menjadi kurang atau tidak berbahaya bagi lingkungan. Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan.

Brown *et al.* (1995) pada penelitian Zinc and Cadmium Uptake by Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* Grown in Nutrient Solution mengemukakan bahwa 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 daripada akar.

Definisi lain dari fitoremediasi menurut Hidayati (2005:35) adalah sebagai pencuci polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya.

Mangkoedihardjo (2005:4) mengemukakan bahwa proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. Beberapa klasifikasi proses fitoremediasi adalah sebagai berikut.

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*)

Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan

presipitat polutan dalam zone akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.

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

Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini adalah cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.

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 atau secara enzimatik.

5. Rizodegradasi (*rhizodegradation*)

Polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alcohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya.

6. Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*);

Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer.

Organisme yang berperan penting pada proses fitoremediasi adalah bakteri dan tumbuhan air. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap diserap oleh tumbuhan air. Proses penyerapan molekul atau ion hasil penguraian oleh bakteri akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik. Waluyo (2007:305) menyatakan bahwa, banyaknya bakteri dalam badan air berfungsi sebagai dekomposer, artinya mempunyai kemampuan merombak atau menguraikan senyawa yang ada di dalam badan air.

2.5 Eceng Gondok

Hidayati (2005:36) mengemukakan bahwa semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator. Sifat hiperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya dan dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi. Dalam proses fitoekstraksi ini logam berat diserap oleh akar tanaman dan ditranslokasikan ke tajuk untuk diolah kembali atau dibuang pada saat tanaman dipanen.

Menurut Hidayati (2005:36) mekanisme biologis dari hiperakumulasi unsur logam pada dasarnya meliputi proses-proses sebagai berikut.

1. Interaksi rizosferik, yaitu proses interaksi akar tanaman dengan media tumbuh (tanah dan air). Dalam hal ini tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan untuk melarutkan unsur logam pada rizosfer dan menyerap logam bahkan dari fraksi tanah yang tidak bergerak sekali sehingga menjadikan penyerapan logam oleh tumbuhan hiperakumulator melebihi tumbuhan normal.
2. Proses penyerapan logam oleh akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih cepat dibandingkan tumbuhan normal, terbukti dengan adanya konsentrasi logam yang tinggi pada akar. Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektivitas yang tinggi terhadap unsur logam.
3. Sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal. Hal ini dibuktikan oleh rasio konsentrasi logam tajuk/akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih dari satu.

Eceng gondok merupakan salah satu jenis tanaman air yang pertumbuhannya sangat cepat dan sangat mudah tumbuh di perairan. Gerbono dan Djarijah (2005: 13) mengungkapkan bahwa, eceng gondok hidup di daerah tropis dan digolongkan sebagai gulma perairan yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat. Namun selain sebagai tanaman pengganggu perairan, tanaman eceng gondok dapat dimanfaatkan manusia untuk mengatasi pencemaran, baik pencemaran yang disebabkan oleh

limbah industri maupun limbah rumah tangga. Akar tanaman eceng gondok mampu menetralkan air yang tercemar limbah sehingga sering kali dimanfaatkan dalam penanganan limbah industri (Gerbono dan Djarijah 2005: 15). Stefhany *et al.* (2013) pada penelitian mengenai Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry) mengemukakan bahwa, identifikasi mikroba yang banyak ditemukan pada akar eceng gondok adalah *Bacillus flexus*, *Aeromonas hydrophil*, dan *Bacillus brevis*.

2.6 Analisis *General Linear Model* (GLM)

Sarwono (2015) mengemukakan bahwa, *General Linier Model* (GLM) merupakan prosedur estimasi yang digeneralisasikan berdasarkan pada tiga komponen, yaitu:

1. variant yang dibentuk oleh kombinasi linier variabel bebas,
2. distribusi probabilitas yang dispesifikasi oleh peneliti berdasar pada karakteristik,
3. fungsi penghubung yang menunjukkan hubungan antara variat dengan distribusi probabilitas tersebut.

Kegunaan prosedur ini ialah untuk menguji hipotesis nol untuk membuktikan bahwa pengaruh variabel-variabel faktor terhadap rata-rata kelompok yang berbeda dengan distribusi bersama pada variabel – variabel terikat. Prosedur ini juga memungkinkan kita meneliti interaksi antar faktor dan juga pengaruh faktor masing-masing (Sarwono, 2015).

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 sampai Februari 2016 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

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|---|--------------------------------------|
| a. 3 Akuarium Kaca | e. pH-Meter <i>Calibration Check</i> |
| b. Timbangan Digital <i>Precision Achment</i> | HI 223 |
| c. Jerigen air | f. Turbidimeter TN-100 |
| d. Gelas ukur | g. TDS-Meter 8302 |
| | h. Botol atau plastik sampel |
| | i. Saringan |

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

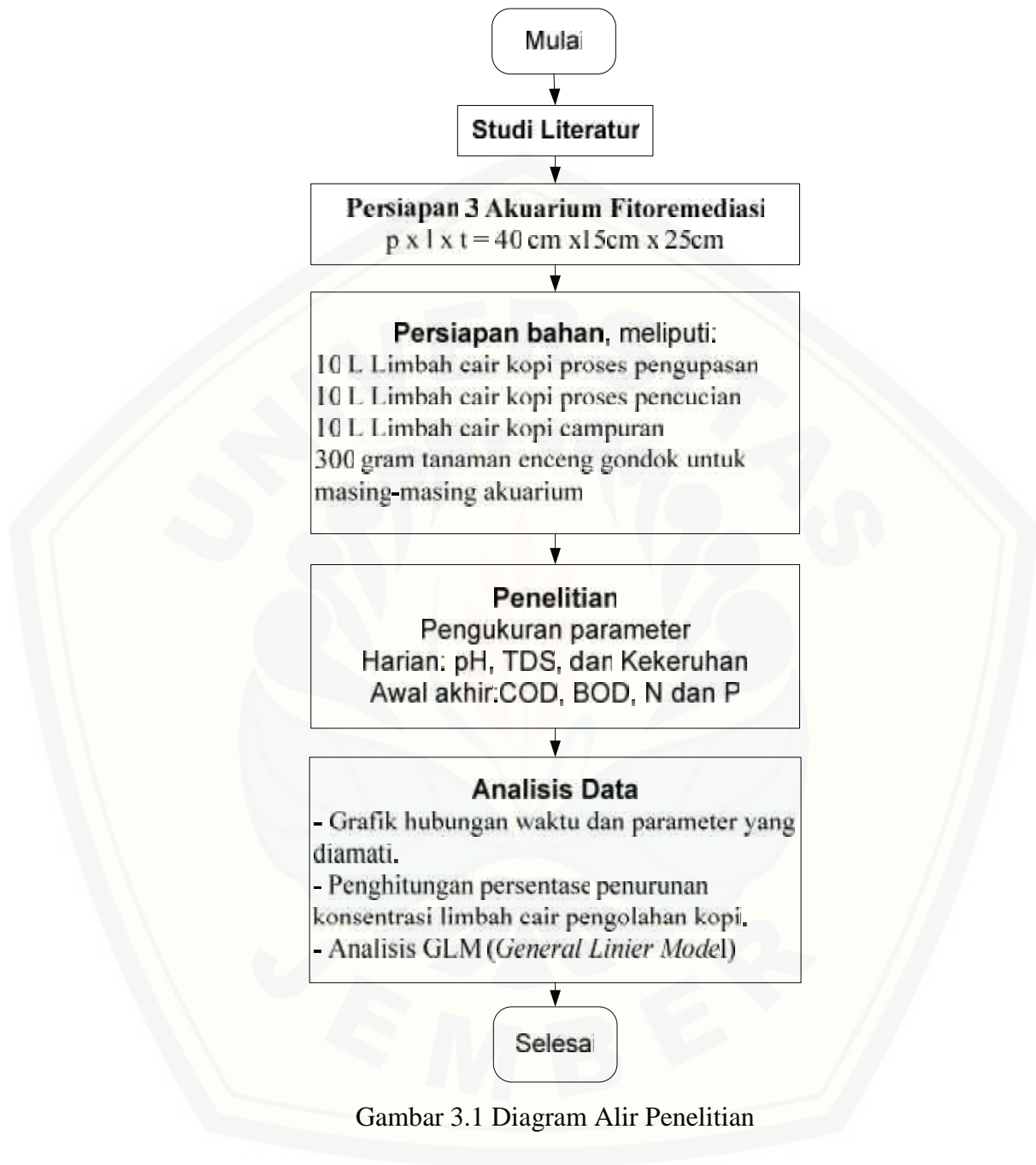
- a. Limbah cair kopi

Limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian diperoleh dari perkebunan kopi rakyat di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember.

- b. Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diperoleh dari rawa-rawa yang ada di Desa Gumuk Mas Kecamatan Puger Kabupaten Jember.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Rancangan Penelitian

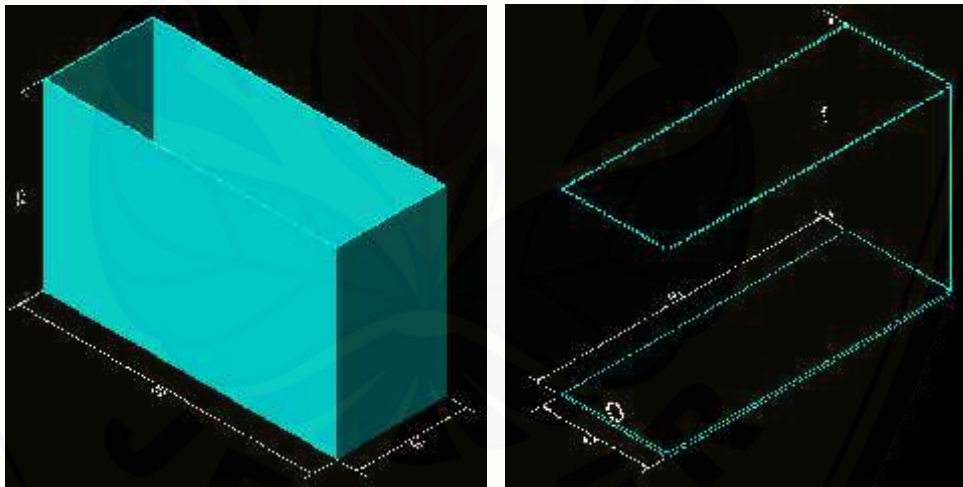
3.4.1 Persiapan Penelitian

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi yang terkait dengan penelitian. Literatur yang digunakan pada penelitian ini adalah beberapa buku dan jurnal mengenai kualitas air, limbah cair kopi, fitoremediasi, mikrobiologi, eceng gondok serta beberapa skripsi, disertai mengenai limbah cair kopi.

b. Persiapan Akuarium Fitoremediasi

Pada penelitian ini digunakan akuarium yang berukuran panjang 40 cm, lebar 15 cm dan tinggi 25 cm. Akuarium yang digunakan pada penelitian ini sudah tersedia di Koi TEP-FTP Universitas Jember. **Gambar 3.2** adalah akuarium yang akan digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.2 Rancangan Akuarium

c. Pengambilan Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diambil dari rawa di Desa Gumuk Mas Kecamatan Puger Kabupaten Jember. Eceng gondok diambil 7-14 hari sebelum penelitian. Setelah dibersihkan eceng gondok ditanam kembali di kolam eceng gondok di belakang Koi TEP-FTP Universitas Jember.

d. Pengambilan Limbah Cair Kopi

Limbah cair kopi diambil dari perkebunan rakyat Sidomulyo di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. Limbah pengupasan diambil pada siang hari menggunakan jerigen dan diangkut oleh mobil *pick-up* menuju Koi FTP-UJ, sedangkan limbah pencucian diambil pada sore atau malam hari sesuai dengan jadwal operasional yang telah ditentukan oleh pabrik.

3.4.2 Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian, dan mengidentifikasi nilai persentase penurunan yang didapat dari proses fitoremediasi pada limbah proses pengupasan dan proses pencucian. Penentuan jumlah limbah cair dan berat eceng gondok pada masing-masing akuarium ini adalah berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setyorini (2015) dengan eceng gondok seberat 300 gram yang ditanam dalam 10 L limbah cair pengolahan kopi. Pada penelitian ini dilakukan analisa harian yaitu parameter pH, kekeruhan, dan TDS. Selain itu juga analisa awal dan akhir parameter COD, BOD, N, dan P. Berikut ini merupakan prosedur pelaksanaan penelitian.

- a. Menyiapkan dan membersihkan tanaman eceng gondok.
- b. Menyiapkan masing-masing 11 L limbah cair kopi proses pengupasan, proses pencucian dan campuran. Limbah campuran terdiri dari 5,5 L limbah proses pengupasan dan 5,5 L limbah proses pencucian.
- c. Menimbang tanaman eceng gondok dengan densitas sebagai berikut.
 - 1) 300 gr eceng gondok untuk limbah cair kopi proses pengupasan.
 - 2) 300 gr eceng gondok untuk limbah cair kopi proses pencucian.
 - 3) 300 gr eceng gondok untuk limbah cair kopi campuran.
- d. Menyiapkan tiga akuarium.
- e. Mengisi akuarium dengan volume dan jenis limbah sebagai berikut.
 - 1) 10 L limbah cair kopi proses pengupasan pada akuarium pertama.
 - 2) 10 L limbah cair kopi proses pencucian pada akuarium kedua.

- 3) 10 L limbah cair kopi campuran pada akuarium ketiga.
- f. Mengukur parameter pH, kekeruhan dan TDS pada masing-masing akuarium.
- g. Menyiapkan 3 botol sampel ukuran 1 L.
- h. Mengisi botol sampel dengan volume dan jenis limbah sebagai berikut.
 - 1) 1 L limbah cair kopi proses pengupasan pada botol sampel pertama.
 - 2) 1 L limbah cair kopi proses pencucian pada botol sampel kedua.
 - 3) 1 L limbah cair kopi campuran pada botol sampel ketiga.
- i. Memasukkan tiga botol sampel tersebut ke dalam *coolbox* yang diberi es batu dan kemudian dibawa ke Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya untuk analisis COD, BOD, Nitrogen dan Fosfor.
- j. Memasukkan masing-masing 300 gr eceng gondok ke dalam akuarium limbah cair kopi proses pengupasan, proses pencucian dan campuran.
- k. Pengamatan dilakukan selama 14 hari.
- l. Pengukuran pH, kekeruhan dan TDS dilakuakn setiap hari.
- m. Setelah hari ke 14 menyiapkan 3 botol sampel ukuran 1 L.
- n. Mengisi botol sampel dengan volume dan jenis limbah yang telah diamati, seperti di bawah ini.
 - 1) 1 L limbah cair kopi proses pengupasan pada botol sampel pertama.
 - 2) 1 L limbah cair kopi proses pencucian pada botol sampel kedua.
 - 3) 1 L limbah cair kopi campuran pada botol sampel ketiga.
- o. Memasukkan tiga botol sampel tersebut ke dalam *coolbox* yang diberi es batu dan kemudian dibawa ke Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya untuk analisis COD, BOD, Nitrogen dan Fosfor.

3.4.3 Pengukuran Parameter

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

a. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Menurut Effendi (2003), bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis, sedangkan jamur lebih menyukai pH rendah (kondisi asam). Oleh karena itu, proses dekomposisi berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral dan alkalis. Pengukuran pH ini dilakukan dengan menggunakan pH-Meter. dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menghidupkan pH-Meter.
- 2) Memasukkan probe pH-Meter ke dalam akuarium limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan.
- 3) Pada awal pengukuran nilai pH akan berubah-ubah maka harus menunggu hingga bunyi bip, kemudian catat hasil pengukuran.
- 4) Mematikan pH-Meter kemudian bersihkan probe pH-Meter menggunakan aquades.
- 5) Mengulangi prosedur 1-4 ketika akan mengukur limbah cair pengolahan kopi proses pencucian dan campuran.

b. TDS

Total Suspended Solid (TDS) merupakan jumlah padatan terlarut yang terkandung dalam air dengan satuan mg/l. Pengukuran TDS dilakukan menggunakan alat TDS-Meter dengan langkah-langkah seperti berikut.

- 1) Menghidupkan TDS-Meter.
- 2) Memasukkan probe TDS-Meter ke dalam akuarium limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan.
- 3) Membaca dan mencatat nilai suhu dan TDS pada layar ketika tanda clock pada layar hilang.
- 4) Mematikan TDS-Meter kemudian bersihkan probe TDS-Meter menggunakan aquades.
- 5) Mengulangi prosedur 1-4 ketika akan mengukur limbah cair pengolahan kopi proses pencucian dan campuran.

c. Turbiditas

Kekeruhan merupakan salah satu parameter penting yang ada di dalam perairan. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik, baik yang terlarut maupun tersuspensi seperti pasir, partikel tanah, plankton dan organisme lainnya (Kristanto, 2004:80). Pengukuran turbiditas menggunakan alat turbidimeter dengan langkah-langkah seperti berikut.

- 1) Mengambil sampel limbah cair pada akuarium akuarium limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan.
- 2) Memasukkan limbah cair ke dalam kuvet hingga batas berwarna putih yang ada pada kuvet.
- 3) Menyalakan turbidimeter.
- 4) Memasukkan kuvet ke dalam turbidimeter.
- 5) Menekan tombol “READ”, kemudian catat angka yang muncul di layar turbidimeter.
- 6) Mematikan turbidimeter.
- 7) Membersihkan kuvet menggunakan aquades.
- 8) Mengulangi prosedur 1-7 ketika akan mengukur limbah cair pengolahan kopi proses pencucian dan campuran.

d. COD, BOD, Nitrogen dan Fosfor

Analisis COD, BOD, Nitrogen dan Fosfor dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Analisis tersebut dilakukan di Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.5 Analisis Data

Analisis data COD, BOD, pH, N, P, kekeruhan dan TDS akan dilakukan dengan menggunakan program *microsoft excel* yang digambarkan dalam bentuk grafik hubungan waktu dan data yang diamati. Kemudian dilakukan penghitungan persentase penurunan penyerapan limbah oleh tanaman eceng gondok terhadap limbah cair kopi. Perhitungan persentase penurunan didasarkan pada penurunan

konsentrasi dari masing-masing parameter selama perlakuan. Persamaan perhitungannya adalah:

$$\text{Persentase Penurunan} = \frac{\text{Awal-Akhir}}{\text{Awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3).$$

Keterangan:

awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

akhir = Nilai parameter sesudah perlakuan

Selain itu dilakukan analisis untuk mengidentifikasi hubungan antara jenis limbah dengan parameter limbah pada proses fitoremediasi menggunakan GLM dengan bantuan *software* SPSS 16.0. GLM merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Penggunaan GLM dapat menjelaskan perubahan nilai dari variabel bebas apabila terdapat perubahan pada variabel terikat atau menjelaskan bagaimana pengaruh jika terjadi perubahan pada salah satu variabel terhadap variabel lainnya. Variabel terikatnya adalah parameter limbah seperti COD, BOD, N, P dan kekeruhan sedangkan variabel bebasnya adalah jenis limbah dalam hal ini limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian. Data yang digunakan pada analisis GLM ini adalah data efisiensi (persentase penurunan) dari parameter COD, BOD, N, P dan kekeruhan. Langkah-langkah analisis GLM menurut Hariyadi (2011:95) adalah sebagai berikut.

- a. *Entry* data, setelah data dimasukkan form SPSS lalu pilih menu *analyze*. Kemudian pilih *General Linear Model* (GLM) dan pilih *Repeated Measures*.
- 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.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik awal limbah cair kopi proses pengupasan, pencucian dan campuran memiliki kandungan pencemar yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah sehingga dibutuhkan penanganan fitoremediasi menggunakan eceng gondok agar limbah cair pengolahan kopi tersebut aman ketika dibuang ke lingkungan.
2. a. Proses Fitoremediasi menggunakan eceng gondok pada ketiga jenis limbah pengolahan kopi proses pengupasan, pencucian dan campuran mampu menurunkan kandungan COD, BOD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, Kekeruhan lebih dari 57%.
b. Jenis limbah yang memiliki nilai persentase penurunan paling baik adalah limbah cair pengolahan kopi proses pencucian. Limbah cair pengolahan kopi proses pencucian memiliki nilai persentase penurunan sebesar 74,91%. Kemudian nilai persentase penurunan terbaik berikutnya adalah limbah campuran dan limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan adalah sebesar 74,49% dan 69,97%.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan limbah cair pengolahan kopi proses pengupasan dan proses pencucian yang sudah *ditreatment* menggunakan eceng gondok. Kemudian hasil dari *treatment* tersebut dicampur dan *ditreatment* kembali menggunakan eceng gondok. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan persentase penurunan parameter limbah cair pengolahan kopi sehingga mencapai baku mutu yang sudah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S. S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Bressani, R., Elias, L.G., dan Braham, J.E. 1979. *Coffee Pulp. Composition, Technology, and Utilization*. Canada: Institute of Nutrition of Central America and Panama.
- Brown, Chaney, Angle dan Baker. 1995. Zink and Cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal*, 59:125-133.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Enden, J.C. dan Calvert, K.C. 2002. *Review Of Coffee Waste Water Characteristics And Approaches To Treatment*. Vietnam: German Technical Cooperation Agency (GTZ).
- Gerbono, A. dan Djarijah, A. S. 2005. *Teknologi Tepat Guna Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta: Kasinius
- Hariyadi B. 2011. Eksplorasi Model Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Tol Dengan Teknik GLM. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 13(1):91-100.
- Hidayati. 2005. Fitoremediasi Dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati*, 12(1):35-40.
- Kodoatie, R. dan Sjarief, R. 2011. *Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kordi, K. 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 (*Echhornia Crassipes*) Dalam Penyerapan Kadmium (Cd) Pada *Leachate* Tpa Gunung Tugel. *Molekul*, 6 (1):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.

- McCutcheon, S. C. dan Schnoor, J. L. 2003. *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*. Amerika: Wiley Interscience.
- Nashlom, T., Kielland, K., dan Ganeteg, U. 2009. Uptake Of Organic Nitrogen By Plants. *Journal Compilation New Phytologist: Tansley Review*, 183: 31-48.
- Novita, E. 2012. "Desain Peoses Pengolaha Kopi Pada Agroindustri Kopi Robusta Menggunakan Modifikasi Teknologi Olah Basah Berbasis Produksi Bersih." Tidak Diterbitkan. Disertasi. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana – Institut Pertanian Bogor.
- Nur, Raharjo, Halupi, Abdoellah, Suprijadji, Odang, Saidi, Wiryadiputra, dan Ismayadi. 2010. *Pedoman Teknis Budidaya Tanaman Kopi (Coffea sp.)*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya. [Serial Online]. <http://ciptakarya.pu.go.id/plp/assets/DAK/PERATURAN/SANITASI/PERDA/SANITASI/PROVINSI/PERGUBJATIM Baku Mutu Air Limbah No 72 Th 2013.pdf>. [diakses pada tanggal 30 Maret 2015].
- Permentan. 2012. Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi. [Serial Online]. <https://ml.scribd.com/doc/159912503/Permentan-no-52-Th-2012-Ttg-pasca-panen-kopi>. [diakses pada tanggal 11 April 2015].
- Peraturan Pemerintah Nomor 82. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.
- Ridwansyah. 2003. *Pengolahan Kopi*. Sumatera Utara: Fakultas Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Hal 1-19 [Serial Online]. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/776/1/tekper-ridwansyah4.pdf>. [diakses pada tanggal 18 Mei 2015].
- Rukmi, D.P., Ellyke, dan Pujiati, R.S. 2013. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*.
- Sarwono, J. 2015. *Prosedur-Prosedur Populer Statistik Untuk Mempermudah Riset Skripsi*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

- Setyorini. 2015. "Kajian Proses Fitoremediasi Eceng gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FTP: Universitas Jember.
- Siswoyo,E., Kasam, dan Widyanti,D. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 1(1):68-78.
- Stefhany, C.A., Sutisna, M., dan Pharmawati, K. 2013. Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 11(1):1-11.
- Sulaeman dan Eviati. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Waluyo L. 2007. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press.
- Widyotomo, S. 2013. Potensi dan Teknologi Diversifikasi Limbah Kopi Menjadi Produk Bermutu dan Bernilai Tambah. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1):63-80.
- Yahmadi, M. 1991. *Bududaya dan Pengolaha Kopi*. Jember: Balai Penelitian Perkebunan Bogor Sub Balai Penelitian Budidaya Jember.
- Zubair A., Arsyad, A., dan Rosmiati. 2014. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Dengan Aliran Batch*. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

**LAMPIRAN A. TABEL NILAI PARAMETER KIMIA LIMBAH CAIR
PENGOLAHAN KOPI PROSES PENGUPASAN DAN
PENCUCIAN**

A.1 Nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

A.1.1 Nilai BOD Ulangan 1

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1150	980	1600
14	230	396	316
Efisiensi Penurunan (%)	80,00	59,59	80,25
Pengurangan	920	584	1284

A.1.2 Nilai BOD Ulangan 2

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1146	1186	948
14	640	490	542
Efisiensi Penurunan (%)	44,15	58,68	42,82
Pengurangan	506	696	406

A.1.3 Nilai BOD Ulangan 3

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1572	2065	2016
14	630	628	442
Efisiensi Penurunan (%)	59,92	69,59	78,08
Pengurangan	942	1437	1574

A.1.4 Rata-rata Nilai BOD

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1289,33	1410,33	1521,33
14	500,00	504,67	433,33
Efisiensi Penurunan (%)	61,22	64,22	71,52

A.2. Nilai Chemical Oxygen Demand (COD)**A.2.1 Nilai COD Ulangan 1**

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1832	1568	2548
14	565	628	502
Efisiensi Penurunan (%)	69,16	59,95	80,30
Pengurangan	1267	940	2046

A.2.2 Nilai COD Ulangan 2

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	1820	1882	1506
14	1015	780	860
Efisiensi Penurunan (%)	44,23	58,56	42,89
Pengurangan	805	1102	646

A.2.3 Nilai COD Ulangan 3

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	2498	3278	3200
14	1015	1015	702
Efisiensi Penurunan (%)	59,37	69,04	78,06
Pengurangan	1483	2263	2498

A.2.4 Rata-rata Nilai COD

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	2050,00	2242,67	2418,00
14	865,00	807,67	688,00
Efisiensi Penurunan (%)	57,80	63,99	71,55

A.3 Nilai pH

A.3.1 Nilai pH Ulangan 1

H	Akuarium		
	Pengupasan	Pencucian	Campuran
0	6,1	4,6	5,1
1	3,2	5,1	4
2	3,7	2,5	4,1
3	3,8	5,6	4,3
4	4,5	5,9	4
5	4	5,8	4,8
6	4,2	6	5,1
7	4,3	5,9	5,4
8	4,7	6	5,4
9	4,7	6,2	5,4
10	5,3	6,5	6
11	5,4	6,6	6,3
12	5,6	6	6,7
13	5,8	6,7	7
14	6	6,8	7,1

A.3.2 Nilai pH Ulangan 2

H	Akuarium		
	Pengupasan	Pencucian	Campuran
0	4,3	4	4,2
1	4,4	4,3	4,3
2	4,5	4,1	4,4
3	4,7	4,4	4,6
4	4,8	4,5	4,8
5	4,8	4,5	4,8
6	5,2	4,7	4,9
7	5,3	4,8	5,2
8	5,5	5,3	5,4
9	5,5	5,4	5,6
10	6	5,6	5,6
11	5,7	5,7	5,6
12	6,2	5,9	5,9
13	6,2	6,1	6,1
14	6,5	6,4	6,4

A.3.3 Nilai pH Ulangan 3

H	Akuarium		
	Pengupasan	Pencucian	Campuran
0	4,1	4,4	4,4
1	4,1	4,4	3,9
2	4,4	4,6	4,3
3	4,5	4,6	4,4
4	4,6	4,7	4,7
5	4,9	4,9	5
6	5,2	5,2	5,4
7	5,4	5,4	5,7
8	5,6	6,1	6,2
9	5,9	6,5	6,6
10	6,2	7,3	7,4
11	7,2	7,4	7,5
12	7,3	7,4	7,4
13	7,3	7,4	7,4
14	7,5	7,4	7,4

A.3.4 Rata-rata Nilai pH

H	Akuarium		
	Pengupasan	Pencucian	Campuran
0	4,83	4,33	4,57
1	3,90	4,60	4,07
2	4,20	3,73	4,27
3	4,33	4,87	4,43
4	4,63	5,03	4,50
5	4,57	5,07	4,87
6	4,87	5,30	5,13
7	5,00	5,37	5,43
8	5,27	5,80	5,67
9	5,37	6,03	5,87
10	5,83	6,47	6,33
11	6,10	6,57	6,47
12	6,37	6,43	6,67
13	6,43	6,73	6,83
14	6,67	6,87	6,97

A.4 Nilai PO₄ pada Phospor (PO₄-P)

A.4.1 Nilai PO₄-P Ulangan 1

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	28,57	20,56	19,93
14	7,34	7,57	4,28
Efisiensi Penurunan (%)	74,31	63,18	78,52
Pengurangan	21,23	12,99	15,65

A.4.2 Nilai PO₄-P Ulangan 2

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	44,79	219,14	67,59
14	5,73	7,3	5,26
Efisiensi Penurunan (%)	87,21	96,67	92,22
Pengurangan	39,06	211,84	62,33

A.4.3 Nilai PO₄-P Ulangan 3

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	10,87	17,19	13,47
14	7,50	12,67	12,98
Efisiensi Penurunan (%)	31,00	26,29	3,64
Pengurangan	3,37	4,52	0,49

A.4.4 Rata-rata Nilai PO₄-P

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	28,08	85,63	33,66
14	6,86	9,18	7,51
Efisiensi Penurunan (%)	75,58	89,28	77,70

A.5 Nilai NH₃ pada Nitrogen (NH₃-N)**A.5.1 Nilai NH₃-N Ulangan 1**

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	28,57	20,56	19,93
14	7,34	7,57	4,28
Efisiensi Penurunan (%)	74,31	63,18	78,52
Pengurangan	21,23	12,99	15,65

A.5.2 Nilai NH₃-N Ulangan 2

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	44,79	219,14	67,59
14	5,73	7,3	5,26
Efisiensi Penurunan (%)	87,21	96,67	92,22
Pengurangan	39,06	211,84	62,33

A.5.3 Nilai NH₃-N Ulangan 3

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	10,87	17,19	13,47
14	7,50	12,67	12,98
Efisiensi Penurunan (%)	31,00	26,29	3,64
Pengurangan	3,37	4,52	0,49

A.5.4 Rata-rata Nilai NH₃-N

Hari ke	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	28,08	85,63	33,66
14	6,86	9,18	7,51
Efisiensi Penurunan (%)	75,58	89,28	77,70

**LAMPIRAN B. TABEL NILAI PARAMETER FISIK LIMBAH CAIR
PENGOLAHAN KOPI PROSES PENGUPASAN DAN
PENCUCIAN**

B.1 Nilai *Total Dissolved Solid* (TDS)

B.1.1 Nilai TDS Ulangan 1

H	Akuarium		
	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	134	269	227
1	250	258	254
2	242	273	245
3	257	320	256
4	262	324	261
5	273	339	314
6	272	327	304
7	278	320	325
8	283	331	337
9	283	335	337
10	291	377	345
11	292	324	353
12	297	344	354
13	281	339	356
14	304	339	362

B.1.2 Nilai TDS Ulangan 2

H	Akuarium		
	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	335	290	233
1	350	301	287
2	362	309	402
3	379	316	335
4	392	327	385
5	406	341	380
6	427	355	392
7	436	366	394
8	446	387	418
9	441	388	422
10	406	403	430
11	421	402	432
12	394	368	357
13	366	340	329
14	343	333	311

B.1.3 Nilai TDS Ulangan 3

H	Akuarium		
	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	341	358	341
1	406	445	409
2	440	471	442
3	467	492	459
4	429	510	472
5	466	545	511
6	503	553	513
7	537	560	490
8	488	545	523
9	488	551	496
10	494	546	518
11	501	582	544
12	510	578	573
13	496	578	573
14	493	587	559

B.1.4 Rata-rat Nilai TDS

H	Akuarium		
	Pengupasan (mg/L)	Pencucian (mg/L)	Campuran (mg/L)
0	270	306	267
1	335	335	317
2	348	351	363
3	368	376	350
4	361	387	373
5	382	408	402
6	401	412	403
7	417	415	403
8	406	421	426
9	404	425	418
10	397	442	431
11	405	436	443
12	400	430	428
13	381	419	419
14	380	420	411

B.2 Nilai Kekерuhan

B.2.1 Nilai Kekерuhan Ulangan 1

H	Akuarium		
	Pengupasan (NTU)	Pencucian (NTU)	Campuran (NTU)
0	111	444	331
1	99,1	952	934,5
2	95,2	438,5	228,5
3	76,1	235	174
4	69,6	149,5	91,4
5	68,45	109,5	64,75
6	62,35	109	60,65
7	47,45	97,2	77,9
8	30	88,85	54,45
9	30	88,85	54,45
10	29,35	81,1	43,6
11	27,35	75,1	38,95
12	29,35	71,1	38,1
13	25,95	34,65	17,4
14	29,05	27,85	17,16

B.2.2 Nilai Kekерuhan Ulangan 2

H	Akuarium		
	Pengupasan (NTU)	Pencucian (NTU)	Campuran (NTU)
0	215,75	100,55	269,3
1	186	85,5	129
2	176	101	159,5
3	176	101	159,5
4	155,5	83,45	84,8
5	119,5	170,5	77,85
6	92,6	80,5	95,25
7	94,7	60,95	100,3
8	83,5	85,35	98,05
9	77,4	56,15	91,15
10	72,9	40,4	86,5
11	84,35	59,05	78,85
12	69	39,55	70,6
13	62,45	38,65	71,8
14	62,5	35,6	69,1

B.2.3 Nilai Kekeruhan Ulangan 3

H	Akuarium		
	Pengupasan (NTU)	Pencucian (NTU)	Campuran (NTU)
0	195,35	140,45	523,5
1	176	170	277,5
2	242	185,95	166,95
3	177,5	148	142,5
4	160	123,5	120
5	160	123,5	120
6	138,5	97,5	100,3
7	112,95	181	150,5
8	146,5	146,5	122
9	122	63,15	53,15
10	105,5	62,45	60,1
11	54,75	31,05	38,95
12	42,3	38,85	35,75
13	28,5	38,85	35,75
14	24,5	34,9	24,1

B.2.4 Rata-rata Nilai Kekeruhan

H	Akuarium		
	Pengupasan (NTU)	Pencucian (NTU)	Campuran (NTU)
0	174,03	228,33	374,60
1	153,70	402,50	447,00
2	171,07	241,82	184,98
3	143,20	161,33	158,67
4	128,37	118,82	98,73
5	115,98	134,50	87,53
6	97,82	95,67	85,40
7	85,03	113,05	109,57
8	86,67	106,90	91,50
9	76,47	69,38	66,25
10	69,25	61,32	63,40
11	55,48	55,07	52,25
12	46,88	49,83	48,15
13	38,97	37,38	41,65
14	38,68	32,78	36,79

LAMPIRAN C. ANALISIS *GENERAL LINEAR MODEL* (GLM)

Descriptive Statistics

	JenisL imbah	Mean	Std. Deviation	N
COD	1	57.0000	.	1
	2	63.0000	.	1
	3	71.0000	.	1
	Total	63.6667	7.02377	3
BOD	1	61.0000	.	1
	2	64.0000	.	1
	3	71.0000	.	1
	Total	65.3333	5.13160	3
NH3	1	77.0000	.	1
	2	71.0000	.	1
	3	61.0000	.	1
	Total	69.6667	8.08290	3
PO4	1	75.0000	.	1
	2	89.0000	.	1
	3	77.0000	.	1
	Total	80.3333	7.57188	3
Kekeruhan	1	77.0000	.	1
	2	85.0000	.	1
	3	90.0000	.	1
	Total	84.0000	6.55744	3

Tests of Between-Subjects Effects

Measure:Parameter

Transformed Variable:Average

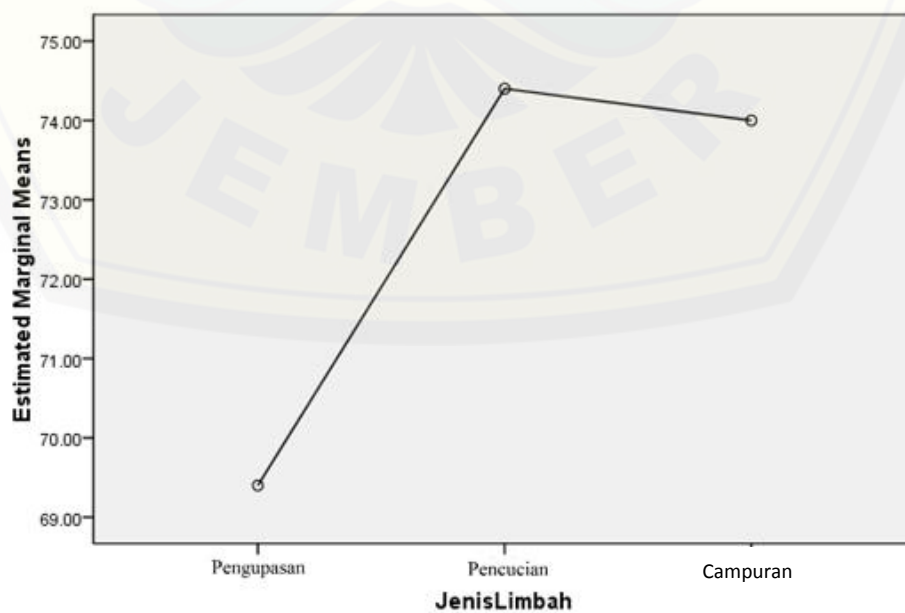
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	79061.400	1	79061.400	.	.
JenisLimbah	77.200	2	38.600	.	.
Error	.000	0	.	.	.

Within-Subjects Factors

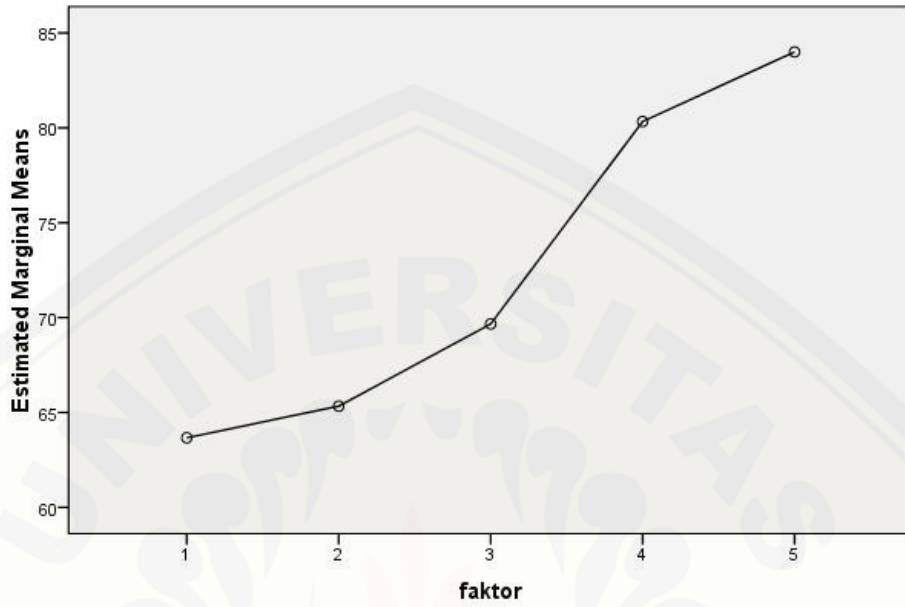
Measure:Parameter

faktor	Dependent Variable
1	COD
2	BOD
3	NH3
4	PO4
5	Kekeruhan

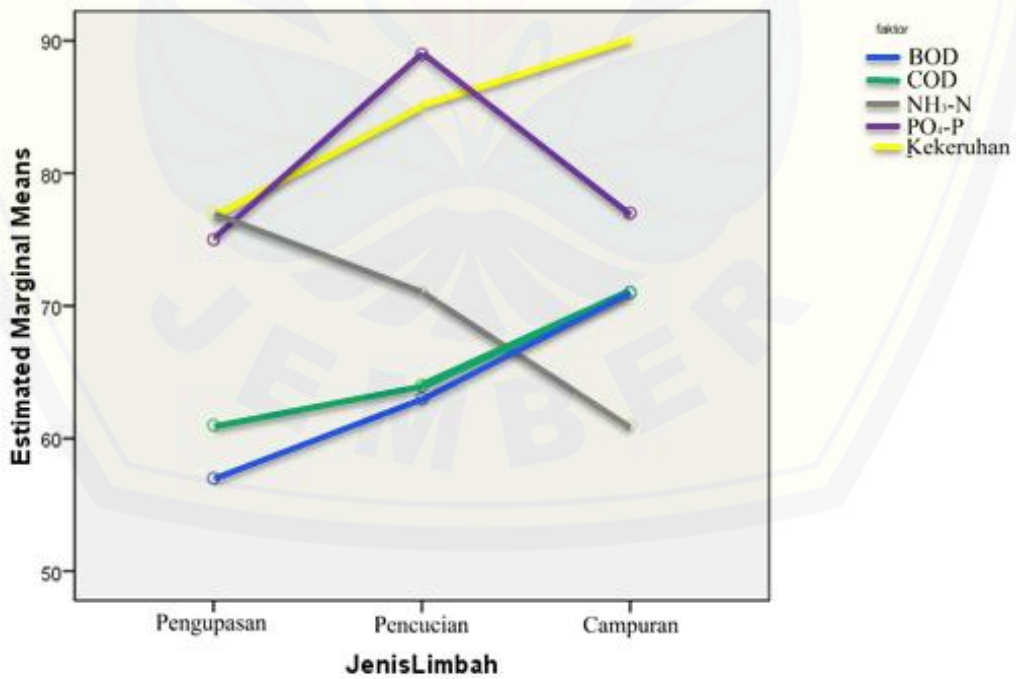
Estimated Marginal Means of Parameter



Estimated Marginal Means of Parameter



Estimated Marginal Means of Parameter



LAMPIRAN D. PROSEDUR PENGUKURAN COD, BOD, NH₃ DAN PO₄

D.1 Prosedur Pengukuran BOD

Prosedur kerja untuk pengukuran nilai BOD adalah sebagai berikut.

- Memasukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa udara hingga penuh.
- Menambahkan 2 ml larutan MnSO₄ 40%, dan diamkan selama beberapa menit untuk menghomogenkan larutan tersebut.
- Menambahkan 2 ml alkali iodida azida, kemudian diamkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan pindahkan larutan ke gelas kimia kemudian kocok.
- Menambahkan 2 ml H₂SO₄ pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan pindahkan larutan ke dalam erlenmeyer
- Menitrasi larutan yang terdapat di dalam erlenmeyer dengan larutan Na₂ S₂ O₃ 0,025 N.
- Menambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

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

Keterangan: BOD_5 = mg O₂/liter

X_0 = DO (oksigen terlarut) sampel pada saat t = 0 (mg O₂ /l)

X_5 = DO sampel pada saat t = 5 hari (mg O₂ /l)

B_0 = DO blanko pada saat t = 0 (mg O₂ /l)

B_5 = DO blanko pada saat t = 5 hari (mg O₂ /l)

P = derajat pengenceran

D.2 Prosedur Pengukuran COD

Prosedur kerja untuk pengukuran nilai COD adalah sebagai berikut.

- a. Membuat blanko dengan cara menambahkan 2 ml aquades ke dalam tabung reagent HR (*Hard Range*) kemudian tutup rapat dan kocok.
- b. Kemudian untuk membuat sampel, 2 ml limbah cair kopi ditambahkan ke dalam tabung reagent HR (*Hard Range*) kemudian tutup rapat dan dikocok.
- c. Memanaskan tabung blanko dan sampel tersebut selama 2 jam dengan menggunakan COD reaktor pada suhu 150°C .
- d. Kemudian setelah pemanasan selesai, tabung sampel tersebut didinginkan dalam suhu ruangan hingga mencapai suhu ruangan.
- e. Menuangkan sampel tersebut ke dalam kuvet dan kemudian melakukan pembacaan dengan spektrofotometri.

D.3 Prosedur Pengukuran N

Prosedur kerja yang digunakan dalam pengukuran N total adalah sebagai berikut.

Menurut (Alaerts dan Santika, 1984:), metode yang digunakan dalam pengukuran N total (N-Kjeldahl) adalah sebagai berikut.

- a. Persiapan volum sampel. Pilihlah volum sampel yang sesuai dengan kadar N-organik yang ditaksir dan sesuai dengan volum labu k-jeldahl yang tersedia.
- b. Peleburan zat organik yang mengandung nitrogen.
 1. Tuangkan volum sampel asli atau residu dari sampel dari alat destilasi ke labu k-jeldahl 0,8 liter atau 0,25 liter.
 2. Encerkan sampel dengan air suling.
 3. Tambahkan reagen peleburan dengan hati-hati.
 4. Masukkan ke dalam labu k-jeldahl beberapa batu didih dan kocoklah campuran sampel tersebut.
 5. Panaskan campuran sampel tersebut pada alat peleburan k-jeldahl sampai uap SO_3 keluar; lanjutkan pendidihan sampai larutan berwarna kuning muda dan jernih. Teruskan digesti selama 30 menit. Kemudian dinginkan dan encerkan.

6. Tambahkan 10 tetes indikator fenolftalein dan campurkan.
- c. Destilasi. Bila semua N-organik telah dirubah menjadi NH_3 maka destilasi siap dilaksanakan.
- d. Persiapan larutan blanko. Larutan blanko terdiri dari air suling bebas amoniak yang diberi reagen dan langkah pengolahan sama dengan sampel asli.
- e. Agar hasil analisa teliti, harap dibuat duplikat analisa termasuk peleburan.

D.4 Prosedur Pengukuran P

Fosfat dalam filtrat air dapat diukur langsung secara kolorimetri dengan spektrofotometer. Prosedur kerja yang digunakan dalam pengukuran fosfat menurut Sulaeman dan Eviati (2xxx: 129-130) adalah sebagai berikut.

a. Alat-alat

1. Spektrofotometer
2. Pipet otomatis 0,5 ml
3. Pipet ukur 5 ml
4. Pipet isi 5 ml
5. Tabung kimia

b. Pereaksi

1. Pereaksi P pekat

Larutkan 12 g amonium molibdat, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 ml air. Tambahkan 140 ml H_2SO_4 pekat dan 0,277 g kalium antimonil tartrat, $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$. Tambahkan H_2O hingga 1 l, kocok.

2. Pereaksi pewarna P pekat

Campurkan 0,53 g asam askorbat dan 50 ml pereaksi P pekat, kocok. Pereaksi P ini harus selalu dibuat baru.

3. Standar pokok 1.000 ppm PO_4^{3-} (Titrisol)

Pindahkan secara kuantitatif larutan standar induk PO_4 Titrisol di dalam ampul ke dalam labu ukur 1.000 ml. Impitkan dengan air bebas P/bebas ion sampai dengan tanda garis, kocok.

4. Standar 50 ppm PO_4^{3-}

Pipet 5 ml standar pokok 1.000 ppm PO₄ ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan air bebas ion hingga tanda garis, kocok.

5. Standar 2,5 ppm PO₄

Pipet 5 ml standar 50 ppm PO₄ ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan air bebas ion hingga tanda garis, kocok.

6. Deret standar PO₄ (0-2,5 ppm)

Pipet berturut turut 0; 0,5; 1; 2; 3; 4; dan 5 ml standar 2,5 ppm PO₄ ke dalam tabung reaksi. Tambahkan air bebas ion sehingga volume masing-masing menjadi 5 ml, kocok. Kepekatan deret standar yang dihasilkan adalah: 0; 0,25; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; dan 2,50 ppm PO₄.

c. Cara kerja

Pipet 5,0 ml contoh ke dalam tabung reaksi. Tambahkan 0,5 ml pereaksi P pekat ke dalam contoh dan deret standar, kocok dan biarkan selama minimal 15 menit. Ukur PO₄ dalam larutan dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm. Mula-mula ukur deret standar kemudian contoh.

d. Perhitungan

$$\text{Kadar fosfat m.e. l}^{-1} = \text{ppm kurva/bst kation} \times \text{fp}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

Fp = faktor pengenceran

bst PO₄ = 95/31

LAMPIRAN E. DOKUMENTASI



Pengambilan Limbah



Pengamatan Harian



Eceng Gondok



Akuarium



TDS meter



Kuvet



Eceng Gondok



pH meter



Pertemuan Rutin



Kondisi Awal Perlakuan



Kondisi Akhir Perlakuan