Digital Repository Universitas Jember

STUDI KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI DI DESA SIDOMULYO KECAMATAN SILO KABUPATEN JEMBER

SKRIPSI

Oleh

Charisna Adinda
NIM 121710201061

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016

Digital Repository Universitas Jember

STUDI KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI DI DESA SIDOMULYO KECAMATAN SILO KABUOATEN JEMBER

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

Charisna Adinda
NIM 121710201061

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016

Digital Repository Universitas Jember

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang dan sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini untuk yang tercinta Ibunda Rr. Ani Herinia Warsiandari dan Ayahanda Budi Agus Widjajanto, aku menyayangi kalian.

Digital Repository Universitas Jember

MOTTO

"Jika kamu menjauhi dosa-dosa besar di antara dosa-dosa yang dilarang mengerjakannya, niscaya Kami hapus kesalahan-kesalahanmu dan akan Kami masukkan kamu ke tempat yang mulia (surga)."
(*QS.An-Nisa: 31*)*)

"Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah kami mohon pertolongan."
(*QS.Al-Fatihah: 5*)*)

"Aku berlindung kepada Allah dari ketidakpastian masa depan, dari keputusan yang salah, dari pahitnya kenyataan, dari hati yang terbolak-balik, dan dari teman yang berkhianat."

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

Digital Repository Universitas Jember

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Charisna Adinda

NIM : 121710201061

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "**Analisis Kelayakan Penerapan Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi (Studi Kasus di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember**" 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.

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, 10 Mei 2015

Yang menyatakan,

Charisna Adinda

NIM. 121710201061

Digital Repository Universitas Jember

SKRIPSI

STUDI KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR ENGOLAHAN KOPI DI DESA SIDOMULYO KECAMATAN SILO KABUPATEN JEMBER

Oleh

Charisna Adinda
NIM 121710201061

Pembimbing

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

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

Digital Repository Universitas Jember

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Studi Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember" telah di uji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 2 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama	Dosen Pembimbing Anggota
Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.	Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
NIP. 197311301999032001	NIP. 197211301999032001

Tim Penguji

Ketua	Anggota
Ir. Hamid Ahmad	Drs. Rudju Winarsa
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

Comparison Study on Phytoremediation Process of Coffee Processing Wastewater in Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember; Charisna Adinda; 2016; 72 pages; Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture Technology, Jember University.

Desa Sidomulyo is one of known as coffee producers villages in Kabupaten Jember where do not yet have the handling of coffee processing wastewater. During this time, river is a final place to throw away the coffee processing wastewater in Sidomulyo without any treatment first. It can be impact the decline of the river's water quality, so that the required handling of wastewater in Sidomulyo. Phytoremediation is one of alternative technologies that could be applied because of the availability of waste holding pond in Sidomulyo that potentially being pond of phytoremediation. Beside that phytoremediation is one of simple technologies that can reduce the concentration of coffee processing wastewater. This study aims to find out the feasibility of the application of phytoremediation process on coffee processing wastewater, case studied Sidomulyo, based on: social, technoecology, and cost.

The stages of this research include: surveys; secondary data retrieval; primary data retrieval; feasibility analysis of social, technoecology, and cost. Secondary data include: characteristics of coffee processing wastewater in Sidomulyo, the efficiency of phytoremediation process using aeration and circulation, and charge of coffee processing wastewater in Sidomulyo each day. Primary data include: dissemination of the questionnaire and the measurement of final concentration using *constructed wetland*.. This study assumes that charge of wastewater for processing coffee each day equal to output of wastewater each day. Three variation of phytoremediation method to compare based on technoecology and cost, are using: aeration, circulation, and constructed wetland systems. Social feasibility was based on: acceptance, understanding, and insight. Technoecology feasibility was based on: the efficiency of phytoremediation process, the

Digital Repository Universitas Jember

suitability of the final concentration of the parameters with wastewater quality for coffee industries (Permen LH No. 5 Tahun 2014), wastewater pollution load, ease, and sustainability. Cost feasibility was based on the amount of the cost which was smallest in its application in Sidomulyo.

The results showed that based on social, the application of phytoremediation process in Sidomulyo is feasible. Based on technoecology which was ease and sustainability, showed that phytoremediation using constructed wetland systems is feasible, while based on the efficiency of phytoremediation process; the suitability of the final consentration of the parameters with wastewater quality; and wastewater pollution load, the application of phytoremediation using circulation is feasible. Based on cost, phytoremediation using constructed wetland systems is feasible. Phytoremediation using constructed wetland systems economically is more feasible to apply than circulation and aeration, but on the other hand represent a shortage, i.e.: wastewater pollution load that do not meet wastewater quality; the end result parameters of BOD, COD, and pH that has not been in accordance with the wastewater quality; and the efficiency of phytoremediation process were still not able to lose up to parameter in accordance with wastewater quality.

Digital Repository Universitas Jember

RINGKASAN

Studi Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember; Charisna Adinda; 2016; 72 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Desa Sidomulyo merupakan salah satu desa penghasil kopi di Kecamatan Silo Kabupaten Jember, yang belum terdapat penanganan terhadap limbah cair pengolahan kopi. Selama ini tempat pembuangan limbah cair pengolahan kopi adalah sungai. Hal tersebut dapat berdampak pada penurunan kualitas air sungai, sehingga diperlukan penanganan limbah cair di Sidomulyo. Fitoremediasi merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat diterapkan karena tersedianya kolam penampung limbah di Sidomulyo yang berpotensi menjadi kolam untuk fitoremediasi. Selain itu, fitoremediasi merupakan salah satu teknologi sederhana dan mampu mereduksi konsentrasi dalam limbah cair pengolahan kopi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan penerapan proses fitoremediasi limbah cair pengolahan kopi studi kasus di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember.

Tahapan penelitian ini meliputi: survei; pengambilan data sekunder; pengambilan data primer; dan analisis kelayakan secara sosial, teknoekologi, dan biaya. Data sekunder meliputi: data karakteristik limbah cair pengolahan kopi di Sidomulyo, efisiensi proses fitoremediasi dengan aerasi dan sirkulasi, debit limbah cair pengolahan kopi di Sidomulyo perharinya. Data primer meliputi: penyebaran kuisioner dan pengukuran konsentrasi parameter akhir fitoremediasi dengan sistem CW. Penelitian ini mengasumsikan data debit air yang dibutuhkan untuk pengolahan kopi perharinya sama dengan limbah cair yang keluar perharinya. Tiga variasi metode fitoremediasi yang akan dibandingkan kelayakannya secara teknoekologi dan biaya, adalah: aerasi, sirkulasi, dan sistem *constructed wetland* (CW). Kelayakan sosial berdasarkan indikator: penerimaan, pemahaman, dan wawasan masyarakat Desa Sidomulyo terhadap penanganan

Digital Repository Universitas Jember

limbah cair pengolahan kopi khususnya fitoremediasi. Kelayakan teknoekologi berdasarkan indikator: efisiensi proses, kesesuaian konsentrasi parameter akhir dengan baku mutu, beban pencemaran air limbah, kemudahan, dan kontinyuitas. Kelayakan biaya berdasarkan jumlah kebutuhan biaya terkecil untuk penerapannya di Sidomulyo.

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui secara sosial penerapan fitoremediasi di Sidomulyo adalah layak. Berdasarkan aspek teknoekologi kemudahan dan kontinyuitas bahwa fitoremediasi dengan sistem CW adalah layak, sedangkan berdasarkan beban pencemaran air limbah; kesesuaian parameter akhir dengan baku mutu; dan efisiensi proses; fitoremediasi dengan sirkulasi adalah layak. Berdasarkan aspek biaya, fitoremediasi dengan sistem CW adalah layak. Fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* secara ekonomi lebih layak untuk diterapkan dibandingkan sirkulasi dan aerasi, namun disisi lain memiiki kekurangan yakni: beban pencemaran air limbah yang belum memenuhi baku mutu; hasil akhir parameter BOD, COD, dan pH yang belum sesuai dengan baku mutu; dan efisiensi proses yang masih belum dapat menurunkan konsentrasi parameter hingga sesuai dengan standar baku mutu.

Digital Repository Universitas Jember

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul "Analisis Kelayakan Penerapan Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi (Studi Kasus di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember)". 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. Elida Novita, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., 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. Hamid Ahmad dan Drs. Rudju Winarsa, M.Kes., selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, serta bimbingan yang membangun dalam perbaikan penulisan skripsi ini;
4. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember serta Askin, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan banyak semangat dan motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini;

Digital Repository Universitas Jember

6. orang tua, Rr. Ani Herinia Warsiandari dan Budi Agus Widjajanto tercinta untuk segala doa, kasih saying, nasihat, dukungan, semangat, dan pengorbanan;
7. kakak Charis Hernanto dan Charisma Andini, yang telah membantu memberikan dukungan, doa, dan semangat;
8. Fanny, Dita, Lidya, Lathifan, Jihan, Ami, Yuan, Ana, Sam, Rendi, Yudhi, Molyadi, Khafid, Ria, Edi, Ikfi, Embun yang selalu memberikan dukungan dari sempro, pengerjaan skripsi, hingga semhas, dan telah sukses mengubah masa lalu saya menjadi lebih baik lagi;
9. sahabat seperjuangan penelitian Shofa Tri Fatmawati, terima kasih buat kerjasamanya dan bantuan selama menyusun skripsi ini;
10. teman-teman TEP A 2012, terima kasih telah memberikan arti kebersamaan, kerjasama, kekompakan, kekeluargaan, kesederhanaan, kegilaan;
11. Pak Sunari, Pak Suwarno dan seluruh warga Desa Sidomulyo, terima kasih selama penelitian telah membimbing dan menerima saya;
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, 10 Mei 2016 Penulis

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSEMBAHAN ii
HALAMAN MOTTO iii
HALAMAN PERNYATAAN iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN v
HALAMAN PENGESAHAN vi
SUMMARY vii
RINGKASAN ix
PRAKATA xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR LAMPIRAN xx
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. Gambaran Umum Desa Sidomulyo 4
2.2. Proses Pengolahan Kopi di Sidomulyo 5
2.3. Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo 6
2.3.1 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 8
2.3.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD) 8
2.3.3 *Total Suspended Solid* (TSS) 8

Digital Repository Universitas Jember

2.4. Fitoremediasi dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok 9
2.5. Fitoremediasi dengan Pemberian Aerasi……..... 9
2.6. Fitoremediasi dengan Pemberian Sirkulasi 10
2.7. Fitoremediasi dengan Sistem *Constructed Wetland* 11
2.8. Analisis Kelayakan 11
2.9. Beban Pencemaran Air Limbah..... 12
2.11. Analisis Biaya..... 13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN..... 16
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian..... 16
3.2. Alat Dan Bahan..... 16
3.2.1. Alat……..... 16
3.2.2. Bahan……..... 16
3.3. Tahapan Penelitian..... 17
3.3.1. Survei Daerah Penelitian……..... 17
3.3.2. Metode Pengambilan Data……..... 18
3.3.3. Metode Analisis Data……..... 19
BAB 4. PEMBAHASAN..... 22
4.1. Analisis Sosial..... 22
4.1.1. Karakteristik Responden……..... 22
4.1.2. Pengelolaan Limbah Cair di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo 23
4.1.3 Respon terhadap Pengolahan Limbah Cair Kopi Sidomulyo dan Teknologi Fitoremediasi 27
4.1.4 Kelayakan Sosial..... 31
4.2. Analisis Teknoekologi……..... 33
4.2.1. Efisiensi Proses……..... 33
4.2.2. Perbandingan Hasil Konsentrasi dengan Baku Mutu……... 34
4.2.3. Beban Pencemaran Air Limbah Pengolahan Kopi Sidomulyo… ... 38
4.2.4. Kelayakan Teknoekologi……..... 43

Digital Repository Universitas Jember

4.3. Analisis Biaya 48
BAB 5. PENUTUP 51
5.1. Kesimpulan 51
5.2. Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 52
LAMPIRAN-LAMPIRAN 56

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1.	Estimasi Proses Pengolahan Kopi Semi Basah Sidomulyo	6
2.2.	Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi pada Kolam Penampungan Sementara di Sidomulyo	7
2.3.	Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo Tahun 2015	7
2.4.	Baku Mutu Limbah Cair Industri Kopi	7
4.1.	Perbandingan Efisiensi Konsentrasi Parameter	34
4.2.	Perbandingan Hasil Konsentrasi Parameter dengan Baku Mutu ...	36
4.3.	Beban Pencemaran Air Sungai di Sidomulyo pada Tahun 2012 dan 2016.....	39
4.4.	Debit Limbah Cair di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo..	40
4.5.	Beban Pencemaran Limbah Cair di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo	41
4.6.	Nilai Beban Pencemaran Air Limbah Tanpa Pengolahan dan Menggunakan Fitoremediasi dengan Aerasi	43
4.7.	Nilai Beban Pencemaran Air Limbah Tanpa Pengolahan dan Menggunakan Fitoremediasi dengan Sirkulasi.....	43
4.8.	Nilai Beban Pencemaran Air Limbah Tanpa Pengolahan dan Menggunakan Fitoremediasi dengan *Constructed Wetland* (CW)	43
4.9.	Perbandingan Besar Penurunan Beban Pencemaran Air Limbah pada Fitoremediasi dengan Aerasi, Sirkulasi, dan CW	44
4.10.	Perbandingan Kelayakan dari Fitoremediasi dengan Aerasi, Sirkulasi, dan CW secara Teknoekologi.....	46
4.11.	Sisa Kebutuhan Volume Kolam untuk Diterapkan di Unit Pengolahan Kopi Sidomulyo	47
4.12.	Perbandingan Sisa Kebutuhan Volume Kolam untuk Diterapkan di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo.....	48

Digital Repository Universitas Jember

4.13. Rincian Biaya Investasi (Pembuatan Kolam yang Telah Tersedia di Sidomulyo) 49
4.14. Rincian Biaya Penambahan Kolam di Sidomulyo..... 49
4.15. Perbandingan Biaya Penambahan Kolam dengan Aerasi, Sirkulasi, dan CW..... 50
4.16. Rincian Biaya Investasi Pembuatan Fitoremediasi dengan CW di Sidomulyo..... 50
4.17. Rincian Biaya Perbaikan dan Pemeliharaan Sistem CW 51

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1.	Peta Batas Wilayah Desa Sidomulyo	4
2.2.	Kolam Penampungan Limbah Cair Sementara	5
2.3.	Proses Pengolahan Kopi Semi Basah di Sidomulyo	5
2.4.	Fitoremediasi dengan Pemberian Aerasi	10
2.5.	Fitoremediasi dengan Pemberian Sirkulasi	10
2.6.	Fitoeremediasi dengan Sistem *Constructed Wetland* (CW).....	11
3.1.	Diagram Alir Penelitian	17
4.1.	Karakteristik Responden	23
4.2.	Pendapat Petani Sidomulyo Mengenai Limbah Cair Pengolahan Kopi	24
4.3.	Tanggapan Responden terhadap Gangguan akibat Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo.....	26
4.4.	Respon Gangguang yang Ditimbulkan akibat Pembuangan Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo ke Sungai.....	27
4.5.	Pilihan Cara Mengatasi Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo	28
4.6.	Pemahaman mengenai Pentingnya Pengolahan Limbah Cair Kopi…….....	28
4.7.	Ketertarikan terhadap Aplikasi Fitoremediasi di Sidomulyo	30
4.8.	Pengelolaan Fitoremediasi di Sidomulyo.....	31
4.9.	Manfaat menjadi Anggota Kelompok Tani.....	31
4.10	Akuarium CW Skala Laboratorium	38

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Kuisioner	56
B. Prosedur Pengukuran BOD, COD, TSS	61
C. Perhitungan Beban Pencemaran Air Limbah	63
D. Perhitungan Analisis Biaya	68
E. Perhitungan Efisiensi Parameter	70
F. Dokumentasi Penelitian	71

Digital Repository Universitas Jember

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desa Sidomulyo Kecamatan Silo merupakan salah satu tempat pembudidayaan kopi rakyat di Kabupaten Jember yang telah melaksanakan ekspor kopi. Permasalahan yang terjadi pada pengolahan kopi di Desa Sidomulyo yakni tidak terdapatnya penanganan limbah cair kopi. Padahal dengan penerapan sistem olah semi basah (*semi wet process*) pada pengolahan kopi di Desa Sidomulyo akan menghasilkan banyak limbah cair dibandingkan limbah padat. Hal tersebut dibuktikan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Adawiyah (2011) bahwa estimasi proses pengolahan kopi dengan sistem olah semi basah di Desa Sidomulyo dengan pengolahan buah kopi hingga 3000 kg akan menghasilkan limbah sebesar 15.355,2 kg. Limbah sebesar 15.355,2 kg tersebut terdiri atas komposisi limbah cair sebesar 13.819,68 kg dan limbah kulit kopi sebesar 1.535,52 kg. Selama ini sungai telah menjadi tempat pembuangan limbah cair pengolahan kopi di Sidomulyo. Padahal limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo memiliki karakteristik nilai COD sebesar 580-6400 mg/L O_2 (Rukmawati, 2015). Kandungan bahan organik yang tinggi tersebut akan berdampak pada penurunan kualitas air sungai sehingga diperlukan penanganan limbah cair pengolahan kopi di Desa Sidomulyo.

Salah satu teknologi untuk mereduksi konsentrasi dalam limbah cair adalah melalui fitoremediasi. Teknologi fitoremediasi dipilih karena membutuhkan tenaga kerja dan peralatan yang sedikit, lebih ramah lingkungan dan hemat energi karena menggunakan media tanaman (EPA, 2012). Hal tersebut membuat teknologi ini membutuhkan biaya operasional yang lebih ekonomis dibandingkan metode lainnya. Menurut Cunningham *et al.* (1996 dalam Siregar 2010), fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dan mikroorganisme terkait untuk mendegradasi, menyerap, atau mengubah zat kontaminan berbahaya menjadi tidak berbahaya dengan memanfaatkan inisiatif manusia. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setyorini (2015) menunjukkan bahwa fitoremediasi dengan menggunakan tanaman eceng gondok mampu bekerja pada

Digital Repository Universitas Jember

konsentrasi rendah yakni yang memiliki kandungan COD berkisar 880-3680 mg/L $O_{2.}$ Selain itu, berbagai macam penelitian metode fitoremediasi skala laboratorium menggunakan eceng gondok dan limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo yang telah dilakukan, menunjukkan hasil efisiensi proses diatas 50%, antara lain fitoremediasi menggunakan: aerasi, sirkulasi, dan sistem *constructed wetland* (CW). Berdasarkan uraian tersebut, dipandang perlu dilakukan penelitian mengenai "Studi Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember", sebelum penerapan teknologi pengolahan limbah cair tersebut diterapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimanakah hasil komparasi dari fitoremediasi limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo menggunakan: aerasi, sirkulasi, dan sistem c*onstructed wetland* (CW) jika diterapkan di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember berdasarkan aspek sosial, teknoekologi, dan biaya.

1.3 Batasan Masalah

Hasil komparasi proses fitoremediasi limbah cair kopi di Desa Sidomulyo berdasarkan dari tiga aspek, yakni: sosial, teknoekologi, dan biaya. Tiga variasi metode fitoremediasi yang akan dibandingkan secara teknoekologi dan biaya, adalah: aerasi, sirkulasi, dan sistem *constructed wetland* (CW). Aspek sosial dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif dengan indikator persentase: pemahaman, wawasan, dan penerimaan. Aspek teknoekologi dibatasi pada: efisiensi konsentrasi parameter (TSS, BOD, COD) pada fitoremediasi dengan aerasi, sirkulasi, dan CW; perbandingan hasil akhir parameter (TSS, BOD, COD, dan pH) dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014; serta perhitungan beban pencemaran air limbah. Aspek biaya berdasarkan jumlah kebutuhan biaya terkecil untuk penerapan antara fitoremediasi dengan sirkulasi, aerasi, dan CW di Sidomulyo.

Digital Repository Universitas Jember

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan proses fitoremediasi menggunakan: aerasi, sirkulasi, dan sistem *construsted wetland* (CW) yang paling layak untuk diterapkan di Desa Sidomulyo secara: sosial, teknoekologi, dan biaya.

1.5 Manfaat

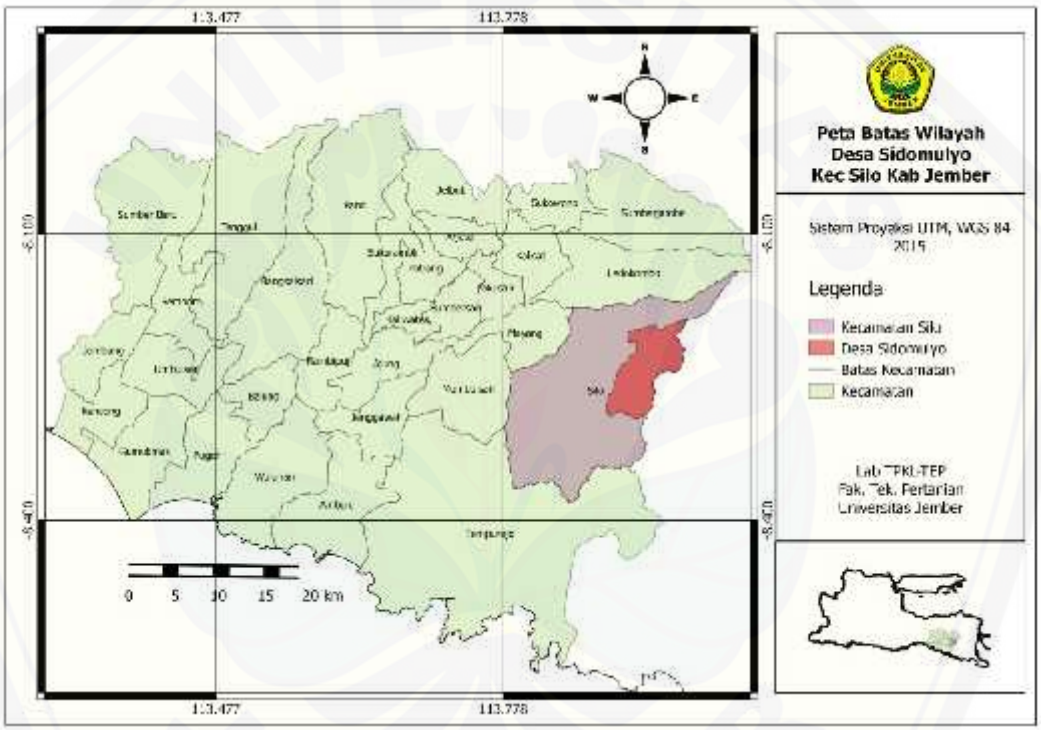
Dengan adanya studi komparasi proses fitoremediasi limbah cair pengolahan kopi, diharapkan dapat membantu petani kopi di Desa Sidomulyo dalam pengambilan keputusan untuk menerapkan salah satu alternatif teknologi pengolahan limbah cair sehingga mutu lingkungan di daerah tersebut terjaga.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Desa Sidomulyo

Desa Sidomulyo (Gambar 2.1) merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Silo Kabupaten Jember Provinsi JawaTimur. Desa Sidomulyo berada di area yang dikelilingi oleh pegunungan atau perbukitan, sehingga dilihat dari potensi alamnya, Desa Sidomulyo termasuk desa perkebunan.



Gambar 2.1 Peta Batas Wilayah Desa Sidomulyo

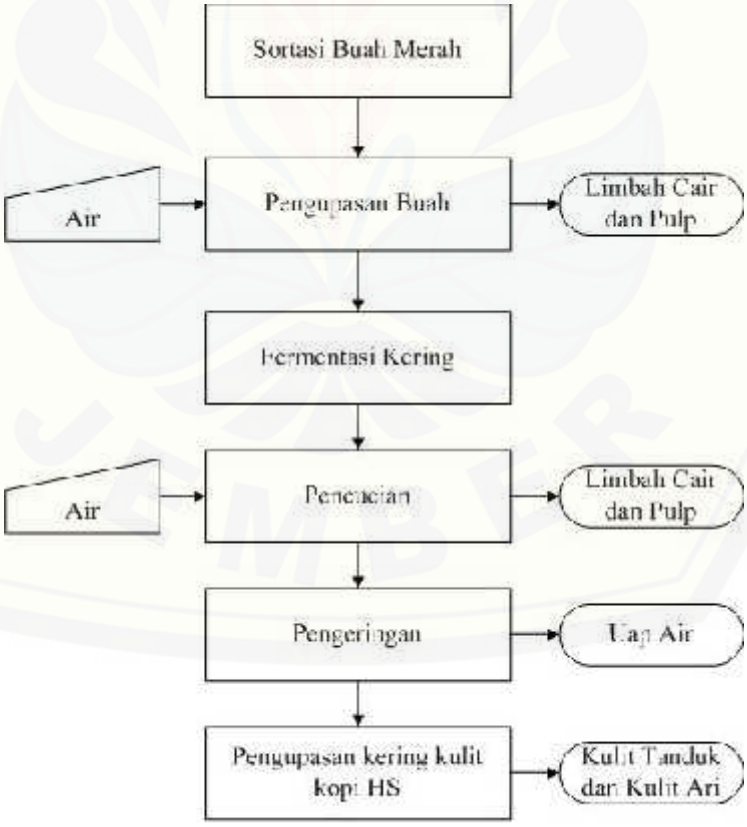
Unit pengolahan kopi semi basah di Desa Sidomulyo terletak di Dusun Krajan. Jenis tanaman kopi yang diolah adalah kopi robusta. Bahan baku kopi robusta didapatkan dari perkebunan rakyat yang berlokasi di sekitar pabrik (Bapemas, 2009). Bulan Mei hingga September dengan puncak panen antara Juli-Agustus merupakan bulan panen kopi. Metode pengolahan kopi rakyat di desa Sidomulyo adalah olah semi basah yang dimulai sejak tahun 2010. Pada areal pabrik pengolahan kopi Sidomulyo, terdapat kolam penampung limbah yang

Digital Repository Universitas Jember

berpotensi dapat digunakan sebagai kolam fitoremediasi. Dimensi *p x l x t* dari kolam tersebut adalah (10 x 1,5 x 1) meter seperti disajikan pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 Kolam Penampungan Limbah Cair Sementara

2.2 Proses Pengolahan Kopi di Desa Sidomulyo



Gambar 2.3 Proses Pengolahan Kopi Semi Basah di Sidomulyo

Digital Repository Universitas Jember

Sejak tahun 2010, pengolahan kopi rakyat di Sidomulyo diproses dengan semi basah. Unit proses dalam pengolahan pabrik di Sidomulyo terdiri atas: sortasi buah merah , pengupasan buah, fermentasi kering, pencucian (*washing*), pengeringan, pengupasan kering kulit kopi HS (Gambar 2.3). Output dari pengolahan kopi tersebut berupa biji kopi HS. Limbah cair yang dihasilkan selama proses pengolahan kopi berasal dari proses pengupasan buah dan pencucian biji kopi setelah fermentasi. Limbah cair terbesar terutama dihasilkan dari proses pencucian biji kopi setelah fermentasi (Novita, 2012). Limbah cair dari hasil pengolahan kopi di Sidomulyo langsung dibuang ke sungai tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan hasil penelitian Adawiyah (2011), estimasi proses pengolahan kopi semi basah di Sidomulyo seperti pada Tabel 2.1. Data terakhir menurut pihak pabrik, pabrik sudah mengolah buah kopi merah untuk olah semi basah sebanyak 10 sampai 15 ton kopi gelondong/ hari.

Tabel 2.1 Estimasi Proses Pengolahan Kopi Semi Basah

Volume		
Buah Kopi Merah (kg)	Air (kg)	Limbah Cair dan Padat (kg)
1201,7	6654,9	6150,8
3000	16613,7	15355,2
5000	27689,5	25592,1

Sumber: Adawiyah (2011)

2.3 Karakteristik Limbah Cair Kopi

Limbah cair pada pengolahan kopi di Sidomulyo dihasilkan dari proses pengupasan kulit buah (*pulping)* dan pencucian biji *(washing)* setelah fermentasi. Limbah cair dari proses pengupasan daging buah dan lendir di Sidomulyo mengandung konsentrasi pencemar tinggi karena kandungan bahan-bahan organik. Bahan organik tersebut antara lain protein, gula, dan lendir (Novita, 2012). Dengan kandungan bahan organik yang tinggi akan berdampak pada pencemaran lingkungan jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Menurut Sariadi (2015), limbah cair kopi memiliki komponen utama berupa bahan organik yang sangat resisten menaikkan beban pencemaran 80%. Tabel 2.2 menunjukkan

Digital Repository Universitas Jember

karakteristik limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo yang terletak pada kolam penampungan sementara sebelum dialirkan menuju ke sungai (Novita, 2012). Sedangkan baku mutu air limbah bagi industri menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tersaji pada Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi pada Kolam Penampungan Sementara di Sidomulyo

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	4,75	pHmeter
2	TSS	mg/L	290	Gravimetri
3	TDS	mg/L	236	Gravimetri
4	TS	mg/L	526	Gravimetri
5	COD	mg/L O_2	1.520	Refluks
6	BOD	mg/L O_2	790	Winkler
7	Pospat	mg/L PO_4-P	2,76	Spektrofotometri
8	Nitrat	mg/L NO_3-N	1,32	Spektrofotometri

Sumber: Novita (2012)

Tabel 2.3 Karakteristik Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo Tahun 2015

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Rata-rata
1	TSS	mg/L	100,54 – 210,6	155,57
2	COD	mg/L O_2	1070 - 4158	2614
3	BOD	mg/L O_2	1707 - 6400	4053,5

Sumber: Data Sekunder Diolah (2016)

Tabel 2.4. Baku Mutu Limbah Cair Industri Kopi

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton produk)
BOD	90	4,5
COD	200	2,7
TSS	150	6
pH	6-9	-
Kuantitas Air Limbah	30 m^3/ton produk	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

Berdasarkan Tabel 2.2 dapat disimpulkan bahwa limbah cair dari hasil pengolahan kopi di Sidomulyo bersifat asam. Menurut Baker *et al.*, 1990 dalam Sumantri (2013: 211), nilai pH berkisar 4,5 – 5 akan memberikan pengaruh

Digital Repository Universitas Jember

terhadap penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton. Jadi, nilai pH yang asam dapat mempengaruhi kehidupan biota akuatik jika limbah tersebut langsung dibuang pada badan air.

Dalam air limbah terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan kualitas dan karakteristiknya, antara lain yaitu sebagai berikut.

2.3.1 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD_5^{20})

BOD_5^{20} merupakan banyaknya oksigen dalam mg/L atau ppm yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri menjadi karbondioksida dan air pada suhu 20^oC selama 5 hari (Sumantri,2013: 89). Menurut Suprihatin dan Suparno (2013: 384), BOD berkaitan dengan bahan organik yang dapat dirombak oleh bakteri. Jadi, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair. Semakin besar nilai dari BOD menunjukkan semakin besar kandungan pencemar dalam limbah. Limbah cair kopi yang memiliki karakteristik nilai BOD yang berkisar ribuan mg/L menunjukkan bahwa limbah cair ini sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan karena dapat mencemari lingkungan.

2.3.2 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi (Sumantri, 2013: 213). Sama halnya dengan BOD, semakin besar nilai COD menunjukkan semakin besar kandungan pencemar dalam limbah karena mikroorganisme membutuhkan banyak oksigen untuk merombak bahan organik. Hal tersebut juga menunjukkan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut dalam air limbah tersebut sedikit. Berdasarkan Tabel 2.2 dan 2.3 bahwa nilai COD dari limbah cair kopi di Sidomulyo tergolong tinggi.

Digital Repository Universitas Jember

2.3.3 *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS menunjukkan jumlah padatan yang tidak dapat larut maupun mengendap dan menyebabkan kekeruhan air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan (Sumantri, 2013: 90). Nilai TSS pada limbah cair kopi yang dihasilkan dari proses pengupasan lebih kecil daripada yang dihasilkan dari proses pencucian biji setelah fermentasi.

2.4 Fitoremediasi dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

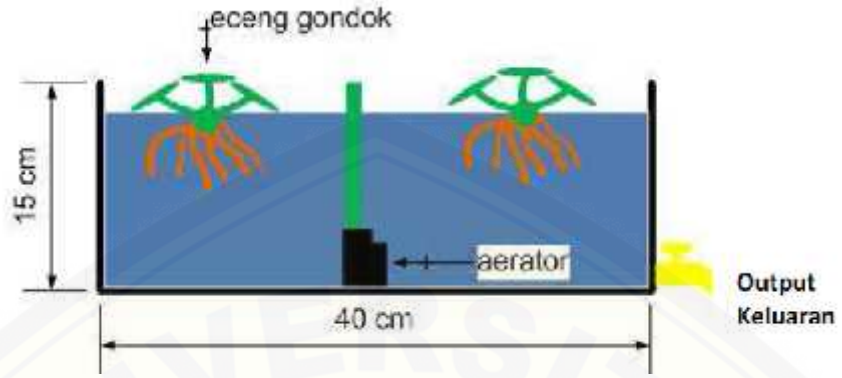
Fitoremediasi merupakan suatu teknologi untuk membersihkan lingkungan yang terkontaminasi dengan menggunakan tanaman. Tanaman tertentu dapat membantu menghapus bahan kimia berbahaya melalui akarnya yang diserap dalam akar, batang, dan daun, kemudian dilepas ke udara dalam bentuk uap (EPA, 2012). Salah satu tanaman yang dapat menurunkan kadar TSS, pH, konduktivitas, BOD, dan COD adalah eceng gondok (Mahmood *et al*., 2005a:87). Eceng gondok merupakan tanaman yang mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan terhadap perubahan ketinggian air, arus air, pH, temperatur, ketersediaan nutrien dan racun-racun dalam air (Ramey dan Piecel, 2001). Selain itu, eceng gondok dapat berkembang biak secara cepat. Eceng gondok mampu berkembang biak secara optimal pada perairan dangkal dan keruh, suhu berkisar 28^{o}C-30^{o}C, dan pH berkisar 4-12 (Gerbano dan Siregar, 2005). Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat bekerja secara optimal pada limbah kopi dengan COD berkisar 880-3680 mg/L O_2 (Setyorini, 2015).

2.5 Fitoremediasi dengan Pemberian Aerasi

Aerasi merupakan penambahan oksigen. Pemberian aerasi ini dimaksudkan untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dengan penambahan oksigen sehingga mikroorganisme aerob dapat lebih menguraikan kandungan organik dalam limbah cair. Teknis pemberian aerasi pada limbah cair adalah dengan penambahan aerator pada limbah cair yang telah diberi eceng gondok (Gambar 2.4). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Manasika (2015), fitoremediasi dengan pemberian aerasi selama 14 hari mampu menurunkan konsentrasi TSS, kekeruhan, COD, dan BOD, dan mampu meningkatkan nilai

Digital Repository Universitas Jember

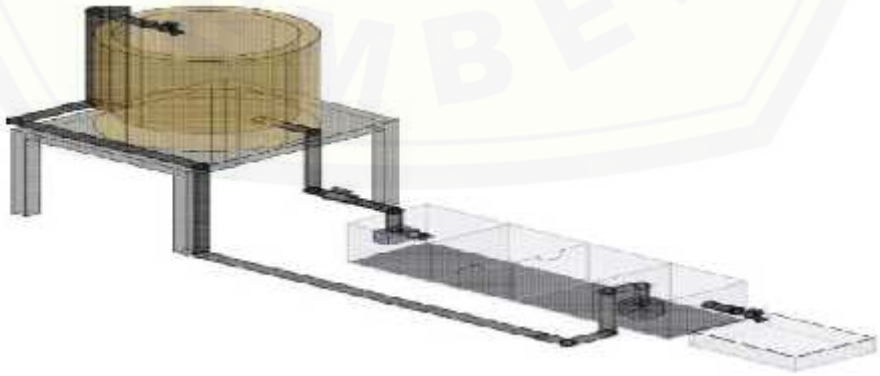
TDS dan pH. Rata-rata nilai efisiensi fitoremediasi dengan metode ini sebesar 69,07% dengan densitas 400 gram.



Gambar 2.4 Fitoremediasi dengan Pemberian Aerasi
(Sumber: Penelitian Manasika, 2015)

2.6 Fitoremediasi dengan Pemberian Sirkulasi

Tujuan fitoremediasi dengan pemberian sirkulasi adalah meminimumkan keragaman laju aliran dan mencegah stratifikasi termal dan kimia (Navaro, *et.al.*, 2011). Teknis pemberian sirkulasi adalah dengan pemberian sekat dan lubang sirkulasi pada bagian atas dan bawah sehingga limbah cair mengalir dari satu kotak ke kotak lainnya kemudian dialirkan kembali ke dalam bak penampung limbah sehingga terjadi sirkulasi (Gambar 2.5). Berdasarkan penelitian Rukmawati (2015), fitoremediasi dengan metode ini selama 7 hari mampu menurunkan konsentrasi parameter: COD dengan efisiensi 97,50%; BOD dengan efisiensi 97,55%; TSS dengan efisiensi 58,44%; kekeruhan dengan efisiensi 96,15%.

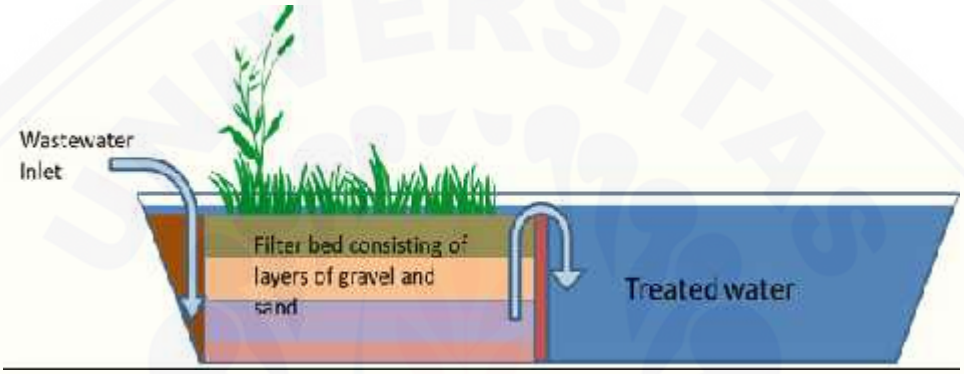


Gambar 2.5 Fitoremediasi dengan Pemberian Sirkulasi
(Sumber: Penelitian Rukmawati, 2015)

Digital Repository Universitas Jember

2.7 Fitoremediasi dengan Sistem *Constructed Wetland*

Fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* merupakan proses pengolahan limbah yang meniru aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi di lahan basah atau rawa (Gambar 2.6). Tumbuhan air pada sistem ini memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah. Berdasarkan penelitian Setyorini (2011) dan Setiarini (2013), reaktor *wetland* dengan eceng gondok mampu menurunkan konsentrasi BOD hingga sebesar 17-90% dan COD hingga sebesar 13-75%.



Gambar 2.6 Fitoremediasi dengan Sistem *Wetland*
(Sumber: www.water4crops.org, 2014)

2.8 Beban Pencemaran Air Limbah

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang tata laksana pengendalian pencemaran air, beban pencemaran air adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air limbah yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan. Zat pencemar yang diukur adalah mengandung bahan organik yang diwakili oleh BOD, COD, dan TSS. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan beban pencemaran air limbah kopi sebagaimana menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014 antara lain: kualitas air limbah pada outlet terakhir saluran pembuangan limbah dan debit air limbah yang keluar. Perhitungan debit limbah cair sebenarnya dan maksimum adalah sebagai berikut.

Digital Repository Universitas Jember

$$DM = Dm \times Pb \quad \text{..... (2.1)}$$

Keterangan:
DM = debit limbah cair maksimum yang diperbolehkan bagi industri bersangkutan (m^3/hari);
Dm = kuantitas limbah cair maksimum sebagaimana yang tercantum dalam baku mutu (m^3/satuan produksi);
Pb = produksi sebenarnya dalam sehari (satuan produksi/hari).

$$DA = Dp \times Pb \quad \text{..... (2.2)}$$

Keterangan:
DA = debit limbah cair sebenarnya (m^3/hari);
Dp = hasil pengukuran kuantitas limbah cair sebenarnya (m^3/satuan produksi);
Pb = produksi sebenarnya dalam sehari (satuan produksi/hari).

Beban pencemaran maksimum menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 adalah hasil perkalian dari volume air limbah dan kadar zat pencemar maksimum. Perhitungan beban pencemaran maksimum dan sebenarnya (harian) dapat dihitung melalui persamaan 2.3 hingga 2.5.

$$BPM_i = BPM \times Pb \quad \text{..... (2.3)}$$

Keterangan:
BPM_i = beban pencemaran maksimum harian (kgparameter/hari);
BPM = beban pencemaran maksimum (kg/ton produk);
Pb = produksi dalam sebulan (ton produk/hari).

$$BPM = (CM)_j \times DM \times f \quad \text{..... (2.4)}$$

Keterangan:
BPM = beban pencemaran maksimum (kg/ton produk);
$(CM)_j$ = kadar maksimum unsur pencemar-j sesuai baku mutu (mg/l);
DM = kuantitas limbah cair maksimum sesuai baku mutu (m^3/ton produk);
f = faktor konversi = $((10^{-6}\ kg/10^{-3}m^3) \times (m^3/\text{ton produk})) = 10^{-3}$.

$$BPA_i = (CA)_i \times DA \times f \quad \text{.....(2.5)}$$

Keterangan:
BPA_i = beban pencemaran maksimum sebenarnya (kgparameter/hari);
$(CA)_i$ = kadar sebenarnya unsur pencemar-i (mg/l);
DA = debit limbah cair sebenarnya (m^3/hari);
f = faktor konversi = $((10^{-6}\ kg/10^{-3}m^3) \times (m^3/\text{hari})) = 10^{-3}$.

Digital Repository Universitas Jember

2.9 Analisis Biaya

Analisis biaya digunakan untuk mengetahui total seluruh pengeluaran atau pengorbanan untuk penerapan fitoremediasi. Biaya yang akan dianalisis adalah biaya investasi dan biaya operasional. Biaya investasi merupakan biaya awal pada tahun dasar atau sebelum kegiatan operasional dilakukan. Biaya operasional meliputi semua pengorbanan (*input*), termasuk dana yang digunakan untuk menghasilkan produk (*output*) dalam kurun waktu tertentu. Biaya dalam input terbagi atas biaya tetap dan tidak tetap. Jadi, nilai seluruh biaya merupakan penjumlahan dari biaya tetap dan tidak tetap, yang dibuat persamaan seperti berikut (Suryaningrat, 2011: 14).

$$TC = TFC + TVC \quad \text{..... (2.6)}$$

Keterangan:
TC = *Total Cost* (Rp.)
TFC = *Total Fixed Cost* (Rp.)
TVC = *Total Variable Cost* (Rp.)

2.9.1 Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap merupakan biaya yang jumlahnya tidak tergantung pada besar kecilnya kuantitas produksi. Biaya tetap bersifat konstan terhadap *output*nya, artinya biaya tersebut harus dikeluarkan meskipun tidak berlangsung proses produksi (Suryaningrat, 2011: 14). Biaya tetap terdiri atas biaya penyusutan dan biaya perbaikan dan pemeliharaan.

a. Biaya Penyusutan

Menurut Suryaningrat (2011: 65-66), penyusutan merupakan pengurangan nilai suatu alat atau mesin yang disebabkan oleh *obsolescene* (ketinggalan zaman), pelapukan, pemakaian, kerusakan, dll. Metode yang digunakan untuk menghitung penyusutan adalah metode garis lurus dengan asumsi bahwa besar nilai penyusutan setiap tahunnya adalah konstan (Suryaningrat, 2011: 68). Nilai sisa biasanya diperkirakan 10% dari harga pokok sehingga persamaannya sebagai berikut seperti pada Persamaan 2.9.

Digital Repository Universitas Jember

$$D = \frac{P-S}{N} = \frac{0,9P}{N} \quad \text{..... (2.7)}$$

Keterangan:
D = biaya penyusustan (Rp/tahun);
P = harga pokok (Rp) ;
S = nilai sisa (Rp);
N = umur ekonomis alat/mesin (tahun).

2.9.2 Biaya Tidak Tetap (*Variable Cost*)

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang jumlahnya tergantung pada besar kecilnya kuantitas produksi. Biaya tidak tetap meliputi biaya bahan baku dan tenaga kerja.

a. Biaya Bahan Baku

Biaya bahan baku merupakan biaya yang dibutuhkan dalam penerapan fitoremediasi di Sidomulyo. Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari biaya bahan baku.

$$BBK = W \times H_I \quad \text{..... (2.8)}$$

Keterangan:
BBK = biaya bahan baku (Rp);
W = kebutuhan bahan baku (kg);
H_I = harga bahan baku (Rp/kg).

b. Upah Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja disesuaikan dengan kondisi lapang. Perhitungan biaya tenaga kerja adalah sebagai berikut.

$$\text{Biaya Tenaga Kerja per tahun (Rp/tahun)} = n \times R \quad \text{..... (2.9)}$$

Keterangan:
n = jumlah tenaga kerja (orang);
R = upah tenaga kerja (Rp/hari).

Digital Repository Universitas Jember

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dan Laboratorium Kualitas Air-Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2015 hingga Maret 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

a. Peralatan survei meliputi: peralatan tulis, kuisioner, dan kamera.
b. Bioreaktor *Constructed Wetland.*
c. Peralatan pengukuran BOD: botol winkler, buret, pipet, erlenmeyer.
d. Peralatan pengukuran COD: reagent COD HR, COD reaktor HI 93754 C, spektofotometer HI 83099, pipet.
e. Peralatan pengukuran pH: pH meter Tranz.
f. Peralatan pengukuran TSS: oven, desikator, kertas saring 0,45 µ, cawan aluminium, neraca analitis.

3.2.2 Bahan

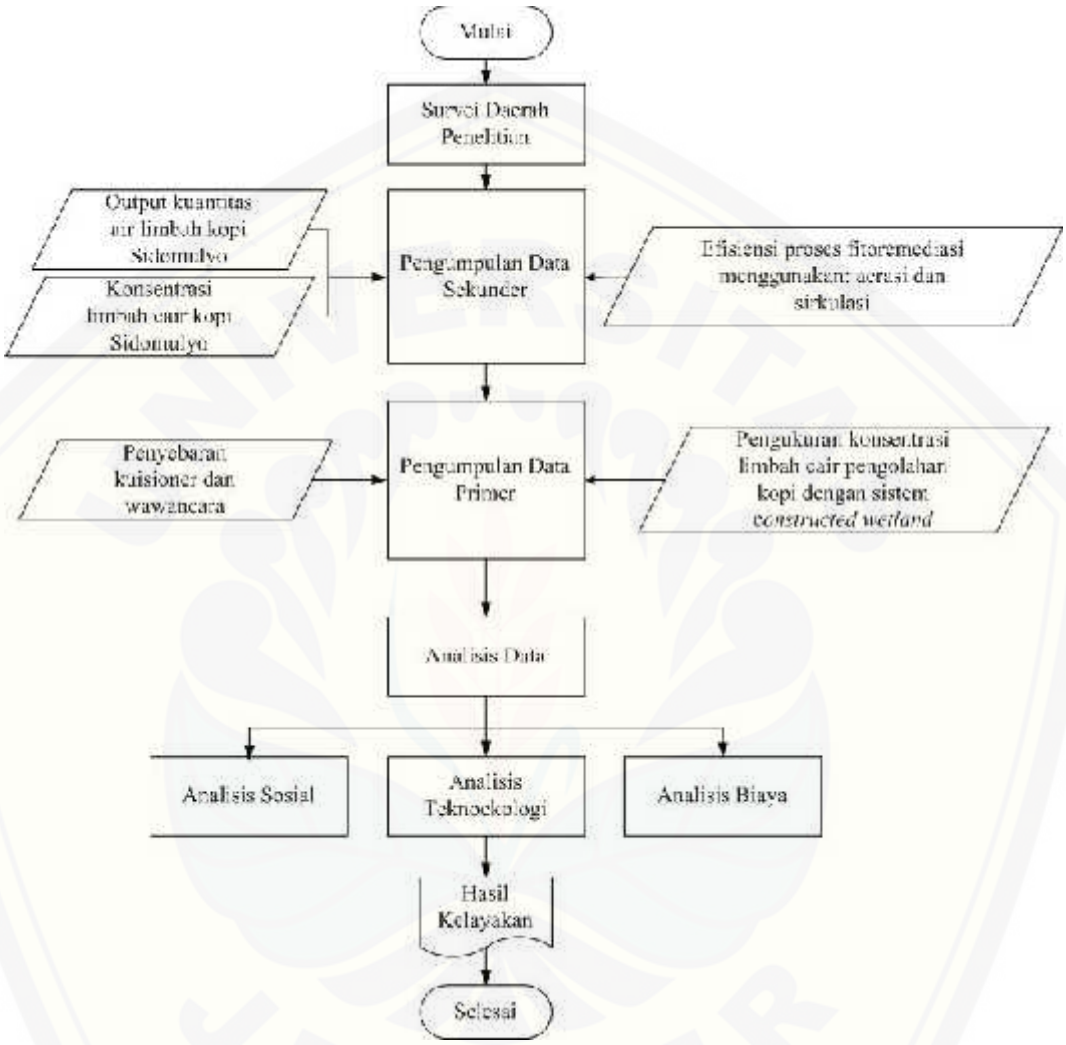
Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

a. Hasil-hasil penelitian mengenai metode fitormediasi dengan pemberian aerasi, sirkulasi, dan sistem *constructed wetland* (CW) menggunakan limbah cair kopi di unit pengolahan kopi desa Sidomulyo Kabupaten Jember.
b. Limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo.
c. Eceng gondok.
d. Aquades.
e. Bahan pengukuran BOD: larutan $MnSO_4$, larutan alkali iodida azida, H_2SO_4 pekat, larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N.

Digital Repository Universitas Jember

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan disajikan pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3.1 Survei Daerah Penelitian

Survei daerah penelitian dilakukan dengan cara mengadakan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Tujuannya adalah untuk memeroleh gambaran dan keterangan mengenai hal-hal yang akan diteliti. Survei juga dilakukan guna mengumpulkan data terkait siapa saja masyarakat atau petani kopi yang akan dijadikan sebagai responden dalam penyebaran kuisioner dan wawancara.

Digital Repository Universitas Jember

3.3.2 Metode Pengambilan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data primer dan sekunder. Berikut metode yang digunakan untuk mendapatkan informasi dan data yang bersangkutan.

a. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh berdasarkan teknik studi pustaka. Teknik studi pustaka merupakan proses pengumpulan data yang berasal dari literatur yang berkaitan dengan penelitian. Data sekunder meliputi: output kuantitas air limbah kopi Sidomulyo, konsentrasi limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo serta efisiensi konsentrasi parameter fitoremediasi dengan pemberian aerasi dan sirkulasi.

b. Data Primer

Data primer berupa penyebaran kuisioner, wawancara, dan pengukuran konsentrasi limbah cair pengolahan kopi dengan sistem *Constructed Wetland*. Berikut penjelasan mengenai pengambilan data primer dalam penelitian ini.

1) Penyebaran kuisioner dan wawancara ditujukan kepada petani kopi desa Sidomulyo untuk memperoleh informasi tentang data-data yang berkaitan dengan analisis sosial mapun ekonomi. Penentuan sampel penelitian adalah dengan *Purposive Sampling Method.* Penentuan sampel dengan metode ini dipilih secara sengaja berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian (Singarimbun *et al.*, 2003: 169). Penentuan responden adalah para petani kopi di Desa Sidomulyo yang terlibat langsung atau mempunyai kemampuan dan mengerti permasalahan yang terkait pengolahan kopi. Para petani tersebut merupakan anggota dari kelompok tani Sidomulyo I yang membudidayakan tanaman kopi yang berada di sekitar unit pengolahan kopi Sidomulyo. Jumlah responden yang diambil adalah sebanyak 30 petani kopi. Menurut Gay yang dikutip Sumanto (1995: 47), acuan umum untuk menentukan jumlah responden untuk tingkat pemula atau mahasiswa adalah 30 yang dianggap sudah mewakili populasi yang ada. Contoh kuisioner yang dibagikan tersaji pada lampiran A.

Digital Repository Universitas Jember

2) Parameter konsentrasi yang diukur dalam teknologi fitoremediasi menggunakan sistem *Constructed Wetland* limbah cair pengolahan kopi adalah: BOD, COD,TSS, dan pH. Pengukuran pH menggunakan alat pHmeter. Pengukuran COD dan BOD dilakukan di Laboratorium Analisa Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Pengukuran TSS dilakukan di Laboratorium Kualitas Air-Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.Prosedur pengujian BOD, COD, dan TSS terlampir dalam lampiran B.1, B.2, dan B.3.

3.3.3 Metode Analisis Data

a. Analisis Sosial

Analisis sosial digunakan untuk mengetahui dampak sosial yang ditimbulkan jika dalam proses pengolahan kopi ditambahkan teknologi fitoremediasi sebagai teknologi pengolahan limbah cair, yang masih belum terdapat di unit pengolahan kopi di Desa Sidomulyo. Kelayakan aspek sosial dilakukan melalui metode deskriptif kualitatif dengan indikator persentase: pemahaman, wawasan, dan penerimaan petani kopi Sidomulyo terhadap: dampak limbah cair pengolahan kopi Sidomulyo, dampak pembuangan limbah cair pengolahan kopi ke sungai, dan pentingnya pengolahan limbah cair pengolahan kopi, wawasan mengenai teknologi pengolahan limbah cair pengolahan kopi (fitoremediasi), penerimaan terhadap aplikasi teknologi fitoremediasi ini di Sidomulyo. Analisis dilakukan dengan melakukan wawancara melalui kuisioner kepada para petani kopi di Desa Sidomulyo.

b. Analisis Teknoekologi

Analisis teknoekologi pada penelitian ini terdiri atas perbandingan efisiensi proses fitoremediasi dengan: pemberian aerasi, sirkulasi, dan sistem CW, perbandingan hasil konsentrasi dari tiga variasi metode fitoremediasi tersebut dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi kegiatan industri dan/atau kegiatan usaha lainnya, dan perhitungan beban pencemaran air limbah.

Digital Repository Universitas Jember

1) Efisiensi Proses

Analisis secara teknologi dapat dilakukan dengan mengetahui efisiensi konsentrasi yang dihasilkan melalui proses fitoremediasi dan memilih teknologi mana yang paling efisien dalam menurunkan besar konsentrasi (BOD_5, COD, TSS) dari limbah cair kopi. Besarnya nilai efisiensi proses dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$Eff = \frac{AC - AB}{AC} \times 100\% \quad \text{..... (3.1)}$$

Keterangan:
Eff = nilai efisiensi (100%);
AC = nilai parameter pada awal limbah;
AB = nilai parameter pada akhir limbah.

2) Perbandingan Hasil Konsentrasi Akhir dengan Baku Mutu Limbah Cair

Hasil konsentrasi parameter kualitas air (BOD_5, COD, TSS, pH) dari proses fitoremediasi akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah bagi kegiatan industri sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 (Tabel 2.4).

3) Perhitungan Beban Pencemaran Air Limbah

Tujuan perhitungan beban pencemaran air limbah untuk mengetahui nilai beban pencemaran yang diperoleh dari kegiatan pengolahan kopi semi basah di unit pabrik pengolahan kopi rakyat desa Sidomulyo. Perhitungan beban pencemaran menggunakan persamaan 2.1 hingga 2.5.

c. Analisis Biaya

Analisis biaya bertujuan untuk menghitung besarnya pengeluaran penambahan kolam pada fitoremediasi dengan: aerasi, sirkulasi, dan CW, jika diterapkan di unit pengolahan kopi rakyat Sidomulyo. Analisis biaya yang digunakan untuk membandingkan ketiga metode fitoremediasi tersebut adalah biaya investasi. Perhitungan menggunakan persamaan 2.6. Analisis biaya terdiri atas biaya tetap dan tidak tetap.

Digital Repository Universitas Jember

Biaya tetap yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1) Biaya penyusutan bertujuan untuk mengurangi nilai ekonomis secara berangsur-angsur pada suatu periode sehingga dapat diketahui nilai akhir suatu teknologi fitoremediasi pada periode tertentu. Perhitungan biaya penyusutan menggunakan persamaan 2.7.

Biaya tidak tetap yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1) Biaya bahan baku dihitung untuk mengetahui banyaknya biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan teknologi fitoremediasi pengolahan limbah cair hasil pengolahan kopi di unit pabrik pengolahan kopi rakyat Sidomulyo. Perhitungan biaya bahan baku menggunakan persamaan 2.8.
2) Upah tenaga kerja dihitung untuk mengetahui besarnya biaya yang harus dikeluarkan terkait tenaga kerja yang dibutuhkan. Perhitungan upah tenaga kerja menggunakan persamaan 2.9.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penerapan fitoremediasi limbah cair pengolahan kopi di Sidomulyo adalah layak ditinjau dari aspek sosial.
2. Penerapan fitoremediasi dengan menggunakan sistem *constructed wetland* adalah layak untuk diterapkan di Sidomulyo ditinjau dari aspek teknoekologi, yakni: kemudahan dan kontinyuitas; sedangkan penerapan fitoremediasi dengan sirkulasi adalah layak untuk diterapkan di Sidomulyo ditinjau dari aspek teknoekologi yakni: beban pencemaran air limbah, kesesuaian parameter akhir dengan baku mutu, dan efisiensi parameter.
3. Penerapan fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* membutuhkan biaya yang lebih sedikit dibanding aerasi dan sirkulasi sehingga layak untukditerapkan di Sidomulyoditinjau dari aspek biaya.

5.2 Saran

1. Jika di Sidomulyo ingin menerapkan fitoremediasi, maka fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* secara ekonomi lebih layak untuk diterapkan dibandingkan sirkulasi dan aerasi, namun disisi lain memiliki kekurangan yakni: beban pencemaran air limbah yang belum memenuhi baku mutu; hasil akhir parameter BOD, COD, dan pH yang belum sesuai dengan baku mutu; dan efisiensi parameternya yang masih belum dapat menurunkan parameter hingga sesuai dengan standar baku mutu.
2. Perlu adanya sosialisasi dengan masyarakat Sidomulyo mengenai teknologi fitoremediasi beserta operasionalnya di lapang sebelum teknologi ini benar-benar diterapkan.
3. Apabila terjadi peningkatan produksi yang berakibat pada peningkatan volume limbah cair diperlukan pembangunan penambahan kolam.

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, Q.R. 2011. *Evaluasi Neraca Massa pada Proses Pengolahan Kopi Rakyat di Desa Sidomulyo*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

[Bapemas] Badan Pemberdayaan Masyarakat Kabupaten Jember. 2009. *Profil Desa Sidomulyo.* Jember: Bapemas.

[Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. *Kopi Berkelanjutan*. http://ditjenbun.pertanian.go.id/pascapanen/berita-203-kopi-berkelanjutan-.html [20 Mei 2015].

[EPA] Environmental Protection Agency. 2012. *A Citizen's Guide to Phytoremediation*. www.clu-in.org/download/citizens/citphyto.pdf [20Mei 2015].

Gerbano, A. dan Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok.* Yogyakarta: Kanisius.

Grady, Daigger, Love, dan Filipe. 2011. *Biological Wastewater TreatmentThird Edition*. USA: CRC Press.

Hartanti, P. I., Haji, A.T.S. dan Wirosudarmo, R. 2013. *Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes (Mart.) Solm) terhadap Penurunan Logam Chromuim pada Limbah Cair Penyamakan Kulit.* Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Vol. 1 (1) : 31-37.

.

Hartono. 2013. *SiaranPers Produksi Kopi Nusantara Ketiga Terbesar Di Dunia*. http://www.kemenperin.go.id/artikel/6611/Produksi-Kopi-Nusantara-Ketiga-Terbesar-Di-Dunia [19 Mei 2015].

Kadlec, R.H. dan Knight, R.L. 1996. *Treatment Wetlands.* Florida: CRC Press.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Negara Ligkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Kordi, K., Ghufran, K., dan Tacung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Rhineke Cipta.

Digital Repository Universitas Jember

Kristanto, E. 2013. *Perencanaan dan Desain Unit Pengolahan Limbah Kopi Hasil Proses Semi Basah (Studi Kasus Di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember).* Jember: Fakultas Teknologi Pertanian.

Laksmi, B.S., Winiati, J. Dan Rahayu, P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Mahmood, Ping, Islam, Hayat, Hassan, Jilani,dan Jin. 2005a. *Research : Lab Scale Studies on Water Hyacinth (Eichorniacrassipes Marts Solms) for Biotreatment of Textile Wastewater.* Caspian J. Env. Sci. 2005, Vol. 3 (2): 83-88.

Manasika, A.P. 2015. *Analisis Pengaruh Variasi Densitas Eceng Gondok (Eichornia Crasspies (Mert.) Solm pada Fitoremediasi Limbah Cair Kopi.* Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Navaro, A.R., Rubio, M.C., dan Maldonado M.C. 2011. *A Combined Process to Treat Lemon Industry Wastewater and Produce Biogas*. Argentina: JurnalClean Teachnology Environ Policy.

Novita, E. 2012. *Desain Pengolahan pada Agroindustri Kopi Robusta Menggunakan Modifikasi Teknologi Olah Basah Berbasis Produksi Bersih*. Disertasi. Bogor: Program Studi Pengolahan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor.

[Pamsimas] Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat. 2011. *Manual Teknis Sanitasi Komunal Peri Urban.* http://pamsimas.org [20 Oktober 2015].

Ramey dan Peicel. 2001. *Center for Aquatic and Invasive Plants, Water Hyacint Echornia Crassipes.* http://plants.ifas.ufas.ufl.edu/node/141. [20 Oktober 2015].

Rukmawati, B.S. 2015. *Perbaikan Kualitas Limbah Cair Pengolahan Kopi Menggunakan Sistem Sirkulasi pada Proses Fitoremediasi*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Sadimin. 2007. *Proses Pembuatan Tahu*. Semarang: Aneka Ilmu.

Sahubawa, L. 2004. *Pengendalian Pencemaran di Kawasan Budidaya Perikanan.* Jakarta: Subdit Pengendalian Pencemaran Pesisir dan Laut Direktorat Bina Pesisir Ditjen KP3K DKP RI.

Sariadi. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Kopi dengan Metode Elektrokoagulasi secara batch.* Aceh: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Digital Repository Universitas Jember

Setiarini, D.W. 2013. *Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi Subsurface-Flow Wetland dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana (Canna Indica).* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).

Setyorini. 2015. *Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok pada Berbagai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi.* Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Setyorini, D. 2011. *Integrasi Pengolahan Limbah Industri Benang dan Tekstil melalui Proses ABR dan Fitoremoval Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes).*digilib.its.ac.id/.../ITS-Master [20 November 2015].

Singarimbun, Effendi, M., Sofian. 2003. *Metode Penelitian Survei.* Jakarta: LP3ES.

Siregar, U.J., dan Siregar C.A. 2010. *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia.* Bogor: SEAMEO BIOTROP.

Sumanto. 1995. *Metodologi Penelitian Sosial dan Pendidikan.* Yogyakarta: Andi Offset.

Sumantri, A. 2013. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.

Suprihatin dan Suparno, O. 2013. *Teknologi Proses Pengolahan Air*. Bogor: IPB Press.

Suryaningrat, I.B. 2011. *Ekonomi Teknik Teori dan Aplikasi untuk Agroindustri.* Jember: Jember University Press.

Tamadjoe, A. 1995. *Pengaruh Pembukaan Lahan terhadap Sifat Tanah dan Produktivitas Tanaman Jati di Areal HTI Laiwoi Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.* Bogor: Program Pascasarjana Intitut Pertanian Bogor.

Tohir, K. A. 1991. *Seuntai Pengetahuan Usaha Tani Indonesia.* Jakarta: PT Rineka Cipta.

[UNEP] United Nations Environment Programme. 2012. *Green Economy: Towards Greener and More Inclusive Economies.*http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/GEI%20Highlights/GE_flyer_October27_web-ready.pdf [20 Mei 2015].

Digital Repository Universitas Jember

Water4Crops. 2014. *Developing Decentralized Wastewater Treatment System as a Rural Business Model-ICRISAT India*. http://www.water4crops.org [21 Desember 2015].

Wood, A. 1990. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment Engineering and Design Consideration.* UK: Pergamon Press.

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN

Lampiran A. Kuisioner

ANALISIS KELAYAKAN PENERAPAN PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PENNGOLAHAN KOPI (STUDI KASUS DI DESA SIDOMULYO KECAMATAN SILO KABUPATEN JEMBER)

PEWAWANCARA

Nama : Charisna Adinda

NIM : 121710201061

IDENTITAS RESPONDEN

Nama :

Alamat :

Umur : tahun

Pendidikan terakhir : a.<SD b.SD c.SMP d.SMA e.Diploma f.Sarjana g. lainnya

Pekerjaan :

Jumlah anggota keluarga : orang

Kepemilikan lahan : a. Milik sendiri b. Sewa c. Lainnya .....

Luas lahan : ha/m^2

A. Profil Kelompok Tani

1. Sejak tahun berapa mulai mengusahakan tanaman kopi?
2. Tahun berapa menjadi anggota kelompok tani?
3. Berapa rata-rata jumlah tenaga kerja/lahan? orang
4. Berapa rata-rata upah tenaga kerja/hari? Rp.
5. Nama ketua kelompok tani?

Digital Repository Universitas Jember

6. Apakah manfaat yang selama ini Bapak/Ibu dapatkan dengan menjadi anggota kelompok tani ini (jawaban boleh lebih dari satu)
   a. Sarana menyelesaikan permasalahan bersama
   b. Wujud solidaritas sesama teman
   c. Sarana bergaul dengan warga lain
   d. Wadah mendapatkan ilmu dan teknologi
   e. .....
   f. .....
7. Tahun berapa Bapak/Ibu mulai menerapkan olah basah?
8. Bagaimana menurut Bapak/Ibu tentang kopi olah basah? (jawaban boleh lebih dari satu)
   a. Kualitas kopi olah basah lebih baik dari kopi olah kering
   b. Kualitas kopi olah basah sama dengan kopi olah kering
   c. Pengolahan kopi olah basah lebih sulit dari kopi olah kering
   d. Harga kopi olah basah lebih mahal dari kopi olah kering
   e. Harga kopi olah basah sama dengan harga kopi olah kering
   f. Lainnya.....
   g. Lainnya.....
   h. .....
9. Menurut Bapak/Ibu, limbah apa saja yang dihasilkan dari pengolahan kopi olah basah? (jawaban bisa lebih dari satu)
   a. Kulit kopi gelondong
   b. Air limbah
   c. Kulit ari kopi
   d. .....
10. Bagaimana menurut Bapak/Ibu tentang air limbah dari pengolahan kopi olah basah? (jawaban bisa lebih dari satu)
   a. Tidak mengganggu lingkungan
   b. Mengganggu lingkungan
   c. Bisa dibuang ke sungai
   d. Bisa dibuang ke kebun

Digital Repository Universitas Jember

e. Bisa dimanfaatkan menjadi.....
f. .....

11. Bagaimana menurut Bapak/Ibu tentang limbah kulit kopi yang dihasilkan?
    a. Tidak mengganggu
    b. Mengganggu
    c. Bisa dbuang ke kebun
    d. Bisa dimanfaatkan menjadi.....
    e. Lainnya.....
12. Apakah Bapak/Ibu pernah merasakan masalah karena keberadaan limbah pengolahan kopi?
    a. Tidak
    b. Jika pernah, masalah apa yang dirasakan.....
       .....
    c. Selalu mendapat masalah.
13. Menurut Bapak/Ibu, bagaimana cara mengatasi limbah pengolahan kopi?
    a. Dibiarkan di kebun, karena akan menjadi pupuk tanah
    b. Dialirkan ke sungai dan akan terbawa air sungai
    c. Diolah kembali agar lebih bermanfaat
    d. Lainnya.....
14. Jika menurut Bapak/Ibu, limbah pengolahan kopi dapat dibiarkan di kebun, berapa lama limbah dapat dimanfaatkan menjadi pupuk tanah?
    a. <1 minggu b. 1-2 minggu c. >2minggu d. >1 bulan
15. Jika menurut Bapak/Ibu, air limbah dapat dialirkan ke sungai, apakah pernah mendapat masalah dari air sungai?
    a. Tidak
    b. Pernah
    c. Selalu
16. Jika menurut Bapak/Ibu, air limbah dapat diolah kembali, apakah saran Bapak/Ibu untuk pengolahan air limbah ini?
    .....
    .....

Digital Repository Universitas Jember

.....

.....

17. Menurut Bapak/Ibu, apakah perlu melakukan pengolahan limbah cair kopi?
    a. Tidak perlu b. Perlu c. Ragu-ragu
18. Apakah Bapak/Ibu pernah mengetahui pengolahan limbah dengan menggunakan tanaman eceng gondok?
    a. Belum pernah b. Pernah c. Lainnya.....
19. Jika pernah, darimana Bapak/Ibu mendapatkan informasi tersebut?

    .....

    .....
20. Apakah Bapak/Ibu tertarik terhadap teknologi penerapan limbah dengan menggunakan tanaman eceng gondok?
    a. Tidak tertarik b. Biasa saja c. Tertarik d. .....
21. Bagaimana saran Bapak/Ibu untuk penerapan teknologi limbah dengan menggunakan tanaman? (jawaban bisa lebih dari satu atau menambahkan jawaban)
    a. Tidak perlu diolah
    b. Dikelola kelompok tani
    c. Dikelola koperasi
    d. Dikelola perorangan
    e. Memilih teknologi lain untuk mengolah limbah
    f. .....
    g. .....
    h. .....

B. Penyampaian Materi Fitoremediasi

22. Bagaimana materi yang telah disampaikan?
    a. Tidak paham b. Sedikit paham c. Dapat dipahami
23. Apakah Bapak/Ibu pernah mendapatkan materi yang sama?
    a. Belum pernah b. Pernah c. Lupa

Digital Repository Universitas Jember

24. Apakah Bapak/Ibu merasakan manfaat kegiatan ini?
    a. Tidak b. Biasa saja c. Ya, bermanfaat

25. Menurut Bapak/Ibu, kendala apa yang mungkin akan dihadapi dalam penerapan teknologi pengolahan limbah cair pengolahan kopi menggunakan tanaman eceng gondok?
    .....
    .....
    .....
26. Menurut Bapak/Ibu, lebih tertarik menggunakan teknologi pengolahan limbah menggunakan tanaman eceng gondok atau biogas?
    a. Teknologi pengolahan limbah cair dengan tanaman eceng gondok
    b. Biogas
    c. Keduanya

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran B.

B.1 Prosedur Kerja Pengukuran BOD

1) Masukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa gelembung hingga penuh.
2) Tambahkan 2 mL larutan $MnSO_4$ 40%, dan diamkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
3) Tambahkan 2 mL alkali iodide azida, kemudian diamkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok
4) Tambahkan 2 mL H_2SO_4pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan pindahkan larutan kedalam erlenmeyer
5) Larutan yang berada di dalam Erlenmeyer siap untuk dititrasi dengan larutan $Na_2\ S_2\ O_3$ 0,025N.
6) Tambahkan indicator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

   Perhitungan : $BOD_5 = \frac{(X_0 - X_1) - (B_0 - B_5)\ (1 - P)}{P}$

   Keterangan *:*

   BOD_5 = mg O_2/liter

   X0 = DO (oksigen terlarut) sampel pada saat t = 0 (mg O2 /l)

   X5 = DO sampel pada saat t = 5 hari (mg O2 /l)

   B0 = DO blanko pada saat t = 0 (mg O2 /l)

   B5 = DO blanko pada saat t = 5 hari (mg O2 /l)

   P = derajat pengenceran

B.2 Prosedur Kerja Pengukuran COD

1) Buat blanko dengan cara menambahkan 2 mL aquades kedalam tabung reagent HR *(Hard Range)* kemudian ditutup rapat dan dikocok.
2) Kemudian untuk membuat sampel, 2 mL limbah cair kopi ditambahkan kedalam tabung reagent HR *(Hard Range)* kemudian ditutup rapat dan dikocok.

Digital Repository Universitas Jember

3) Memanaskan tabung blanko dan sample tersebut selama 2 jam dengan menggunakan COD reactor pada suhu 150^0 C.
4) Kemudian setelah pemanasan selesai, tabung sample tersebut didinginkan dalam suhu ruangan hingga mencapai suhu ruangan.
5) Tuangkan sample tersebut kedalam kuvet dan kemudian melakukan pembacaan dengan spektrofotometri.

B.3 Prosedur Kerja Pengukuran TSS

1) Kertas saring dipanaskan di dalam oven padasuhu 105^0 C selama 1 jam.
2) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang.
3) Ulangi prosedur a) dan b) untuk mendapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurangdari 0,5 mg.
4) 20 ml limbah cair kopi disaring dengan menggunakan kertas saring yang sudah dipanaskan tersebut.
5) Masukkan kertas saring yang sudah digunakan kedalam oven untuk dipanaskan pada suhu 105^o C selama 1 jam.
6) Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang.
7) Ulangi prosedur e) dan f) untuk mendapatkan berat yang konstan atau berkurangnya berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
8) Hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A-B) \times 100}{C}$$

Keterangan:

TSS : Total padatan terendap (mg/l)

A : Berat kertas saring + residu (mg)

B : Berat kertas saring (mg)

C : Volume sampel air (l)

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran C. Perhitungan Beban Pencemaran

C.1 Perhitungan Debit Limbah Cair

a. Perhitungan Debit Limbah Cair Maksimum (DM)

DM = Dm x Pb

= 30 m^3/ ton produk x 15 ton kopi gelondong/hari

= 450 m^3/hari

b. Perhitungan Debit Limbah Cair Sebenarnya (DA)

DA = Dp x Pb

= 5,5 m^3/ ton produk x 15 ton kopi gelondong/hari

= 82,5 m^3/hari

Kesimpulan DM > DA

C.2 Perhitungan Beban Pencemaran Maksimum Air Limbah (BPM_i)

a. Perhitungan Beban Pencemaran Maksimum BOD (BPM_i. BOD)

BPM_i. BOD = BPM x Pb

= 2,7 kg/ ton produk x 15 ton kopi gelondong/hari

= 40 kg/hari

b. Perhitungan Beban Pencemaran Maksimum COD (BPM_i. COD)

BPM_i. COD = BPM x Pb

= 6 kg/ ton produk x 15 ton kopi gelondong/hari

= 90 kg/hari

c. Perhitungan Beban Pencemaran Maksimum TSS (BPM_i. TSS)

BPM_i. TSS = BPM x Pb

= 4,5 kg/ ton produk x 15 ton kopi gelondong/hari

= 67,5 kg/hari

C.3 Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya Air Limbah (BPA_i)

a. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya BOD (BPA_i. BOD) Tahun 2012

BPA_i. BOD = CA.x DAx f

= 790 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 65,175 kg/hari

Digital Repository Universitas Jember

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

b. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya BOD (BPA_i. BOD) Tahun 2015

BPA_i. BOD = CA.x DAx f

= 2614 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 215,65 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

c. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya COD (BPA_i. COD) Tahun 2012

BPA_i. COD = CA.x DA x f

= 1520 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 125,4 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

d. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya COD (BPA_i. COD) Tahun 2015

BPA_i. COD = CA.x DA x f

= 4053,5 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 334,41 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

e. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya TSS (BPA_i. TSS) Tahun 2012

BPA_i. TSS = CA.x DA x f

= 290 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 23,925 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

f. Perhitungan Beban Pencemaran Sebenarnya TSS (BPA_i. TSS) Tahun 2015

BPA_i. TSS = CA.x DA x f

= 155,57 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 12,83 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

Digital Repository Universitas Jember

C.4 Perhitungan Beban Pencemaran Air Limbah (BPA_i) Menggunakan Fitoremediasi

a. Aerasi

BPA_i. TSS = CA.x DA x f
= 99,94 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 8,25 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

BPA_i. BOD = CA.x DA x f
= 634,94 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 52,38 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

BPA_i. COD = CA.x DA x f
= 818 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 67,49 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

b. Sirkulasi

BPA_i. TSS = CA.x DA x f
= 64,65 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 5,33 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

BPA_i. BOD = CA.x DA x f
= 64,04 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 5,28 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

BPA_i. COD = CA.x DA x f
= 401,34 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001
= 33,11 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

Digital Repository Universitas Jember

c. CW

BPA_i. TSS = CA.x DA x f

= 109,21 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 9 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i > BPA_i$

BPA_i. BOD = CA.x DA x f

= 947,58 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 78,2 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

BPA_i. COD = CA.x DA x f

= 1.471,4 mg/l x 82,5 m^3/hari x 0,001

= 121,4 kg/hari

Kesimpulan $BPM_i < BPA_i$

C.5 Perhitungan BesarPenurunan Beban Pencemaran Air Limbah Menggunakan Fitoremediasi

Besar Penurunan = Beban Pencemaran Air Limbah Tanpa Pengolahan - Beban Pencemaran Air Limbah Sesudah Pengolahan

a. Aerasi

Besar Penurunan TSS = (12,83-8,25) kg/hari = 4,58 kg/hari

Besar Penurunan BOD = (215,65-52,38) kg/hari = 163,27 kg/hari

Besar Penurunan COD = (334,41-67,49) kg/hari = 266,92 kg/hari

b.Sirkulasi

Besar Penurunan TSS = (12,83-5,33) kg/hari = 7,5 kg/hari

Besar Penurunan BOD = (215,65-5,28) kg/hari = 210,37 kg/hari

Besar Penurunan COD = (334,41-33,11) kg/hari = 301,3 kg/hari

Digital Repository Universitas Jember

c. CW

Besar Penurunan TSS = (12,83-9) kg/hari = 3,83 kg/hari

Besar Penurunan BOD = (215,65-78,2) kg/hari = 137,45 kg/hari

Besar Penurunan COD = (334,41-121,4) kg/hari = 213,01 kg/hari

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran D. Perhitungan Analisis Biaya

1 kolam = memiliki volume 15 m^3 = biaya yang dibutuhkan Rp. 2.000.000
Jika volume yang dibutuhkan adalah 67,5 m^3 maka membutuhkan penambahan kolam sejumlah = $\frac{67,5}{15}$ m^3= 4,5 kolam atau dibulatkan 5 kolam. Total biaya 5 kolam adalah = 5 kolam x Rp. 2.190.0000 = RP. 10.950.000

Kebutuhan kolam untuk aerasi
Waktu tinggal = 9 hari, sehingga sisa waktu tinggal 8 hari = 8 hari x 82,5 m^3/hari
Kekurangan kebutuhan kolam = 660 m^3
Membutuhkan penambahan kolam sejumlah == $\frac{660}{15}$ m^3 = 44 kolam
Total biaya 5 kolam adalah = 44 kolam x Rp. 2.190.0000 = RP. 93.360.000

Kebutuhan kolam untuk sirkulasi
Waktu tinggal = 7 hari, sehingga sisa waktu tinggal 6 hari = 6 hari x 82,5 m^3/hari
Kekurangan kebutuhan kolam = 495 m^3
Membutuhkan penambahan kolam sejumlah == $\frac{495}{15}$ m^3 = 33 kolam
Total biaya 5 kolam adalah = 33 kolam x Rp. 2.190.0000 = RP. 72.270.000

Pasir silika sesuai penelitian fitoremediasi dengan sistem *constructed wetland* skala lab dengan volume 0,0666 m^3 membutuhkan 22,2 kg. Kolam yang tersedia di Sidomulyo memiliki volume 15 m^3 sehingga skala lapang : lab = 1 : 225, artinya pasir silika yang dibutuhkan 5.000 kg pada skala lapang.
1 sak pasir silika = 50 kg.
100 sak pasir silika = 5.000 kg.

Batu kerikil pada skala lapang asumsi membutuhkan 1,5 m^3 x 2 = 3 m^3, pada kolam yang telah tersedia di Sidomulyo memiliki lebar 1,5 m dan tinggi 1 m. Panjang yang dibutuhkan pada skala lapang diasumsikan 1 m, sehingga volume batu kerikil 1,5 m^3.

Digital Repository Universitas Jember

Dikalikan dua dikarenakan sesuai konstruksi sistem *contructed wetland* skala lab, terdapat 2 zona yang terletak di awal dan akhir kolam yang berisi batu kerikil.

Densitas eceng gondok terbaik sesuai penelitian Manasika (2015), adalah 40 g/L. volume kolam yang tersedia di Sidomulyo adalah p x l x t = (10 x 1,5 x 1) m. panjang 10 meter dikurangi 2 meter (panjang 2 meter digunakan untuk batu kerikil), sehingga volumenya (8 x 1,5 x 1) m sebesar 12 m^3= 12.000 L. Jadi, total berat eceng gondok yang dibutuhkan 480 kg.

Saringan kain yang dibutuhkan sesuai dengan dimensi kolam yakni 12 m^3.

Fitoremediasi sistem *constructed wetland* membutuhkan 3 zona, sehingga antar zona perlu diberikan skat. Dimensi batu bata merah yakni p x l x t = (0,24 x 0,1 x 0,05) m. Batu bata ditata vertical dan disesuaikan dengan dimensi kolam.
(1/0,24) m = 4 batu bata x 2 = 8 batu bata
(1,5/0,1) m = 15 batu bata x 2 = 30 batu bata. Total batu bata 38 x 2 = 76 batu bata.

Biaya untuk pengurasan kolam fitoremediasi sistem *constructed wetland* menurut Pamsimas (2011), dengan asumsi sekitar Rp. 350.000/2 tahun. Menurut Pamsimas (2011) umur pakai untuk *constructed wetland* adalah 20 tahun.

Biaya penyusutan $= D = \frac{P-S}{N} = \frac{0{,}9P}{N} = \frac{0{,}9 \times (64.050.000+2.190.000)}{20}$

$= \frac{59.616.000}{20}$ = Rp. 2.980.800/tahun

Pembangunan kolam aklimatisasi eceng gondok dengan dimensi p x l x t = (2x1x1) m Sehingga total voume 2 m^3. Jika 15 m^3 memerlukan batu bata merah sebanyak 2000 buah, maka jika 2 m^3 memerlukan kurang lebih 267 buah. Jika 15 m^3 memerlukan semen sebanyak 10 sak, maka jika 2 m^3 memerlukan semen sebanyak 2 sak.

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran E. Perhitungan Efisiensi Fitoremediasi Sistem CW

Eff=$\frac{AC-AB}{AC}$x 100%

Eff TSS perlakuan 1 = $\frac{135-85}{135}$ x 100% = 37%

Eff TSS perlakuan 2 = $\frac{155-120}{155}$ x 100% = 22,6%

Rata-rata Eff COD = 29,8%%

Eff COD perlakuan 1 = $\frac{1850-533}{1850}$ x 100% = 71,19%

Eff COD perlakuan 2 = $\frac{1707-747}{1707}$ x 100% = 56,24%

Rata-rata Eff COD = 63,7%

Eff BOD perlakuan 1 = $\frac{1160-330}{1160}$ x 100% = 71,55%

Eff BOD perlakuan 2 = $\frac{1070-470}{1070}$ x 100% = 56,07%

Rata-rata Eff BOD = 63,75%

No	Parameter	Rata-rata Parameter Awal (mg/l)	Efisiensi (%)			Hasil Akhir Parameter (mg/l)		
			Aerasi	Sirkulasi	CW	Aerasi	Sirkulasi	CW
1	TSS	155.57	35,76	58,44	29,8	99,94	64,65	109,21
2	BOD	2614	75,71	97,55	63,75	634,94	64,04	947,58
3	COD	4053,5	79,82	97,5	63,7	818	401,34	1.471,4

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran F. Dokumentasi Penelitian

Gambar 1. Sungai Tempat Pembuangan Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo

Gambar 2. Unit Pengolahan Kopi rakyat Sidomulyo

Digital Repository Universitas Jember

(a) (b)

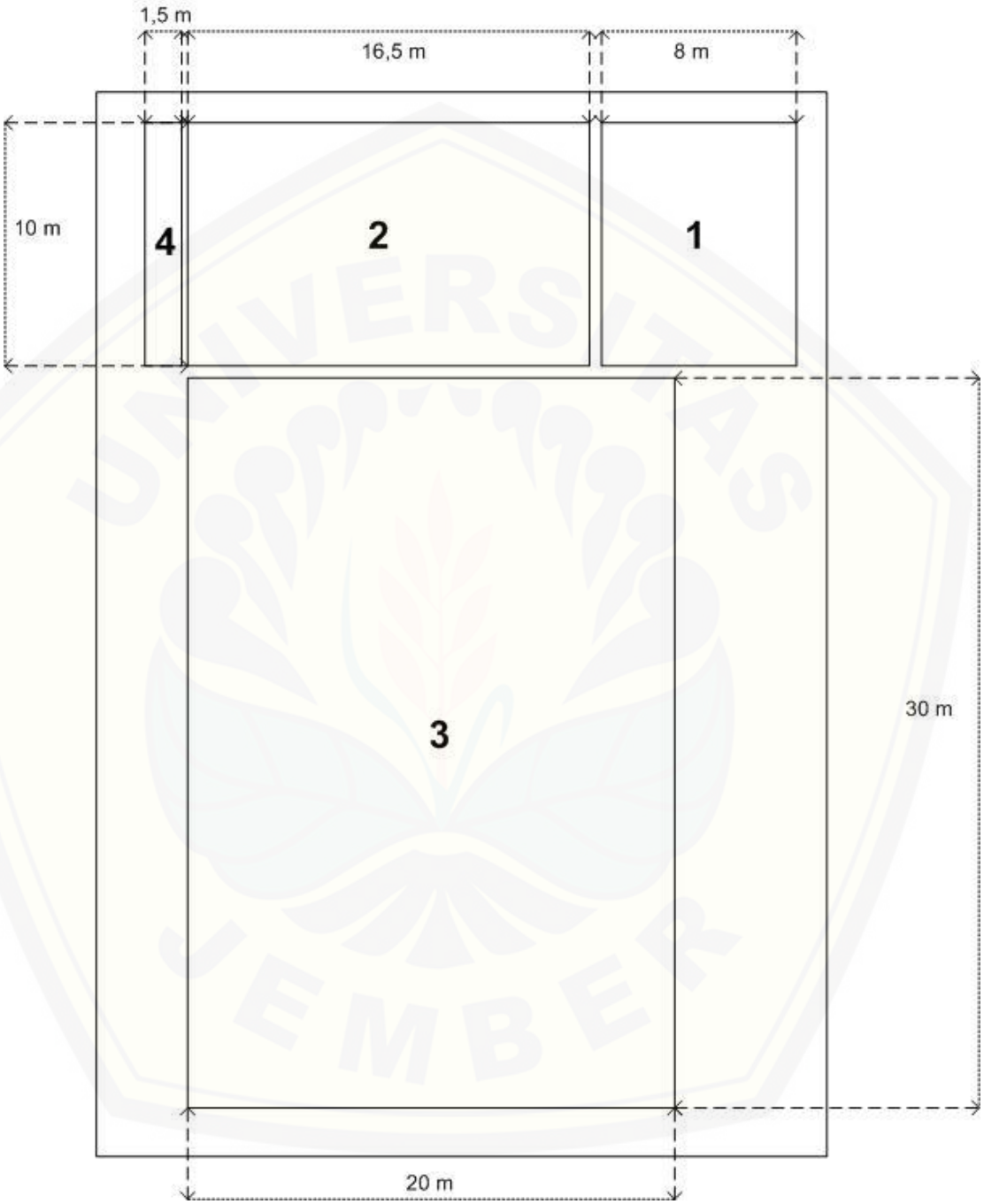
Gambar 3. (a) Pipa Pembuangan Limbah Cair Menuju ke Sungai; (b) Kolam Penampungan Sementara Limbah Cair Pengolahan Kopi Sidomulyo

(c) (d)

Gambar 4. (c) dan (d) Pembagian Kuisioner dan Wawancara pada Petani Kopi Sidomulyo

Digital Repository Universitas Jember

G.1 Tata Letak Kolam Fitoremediasi di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo Skala 1:250



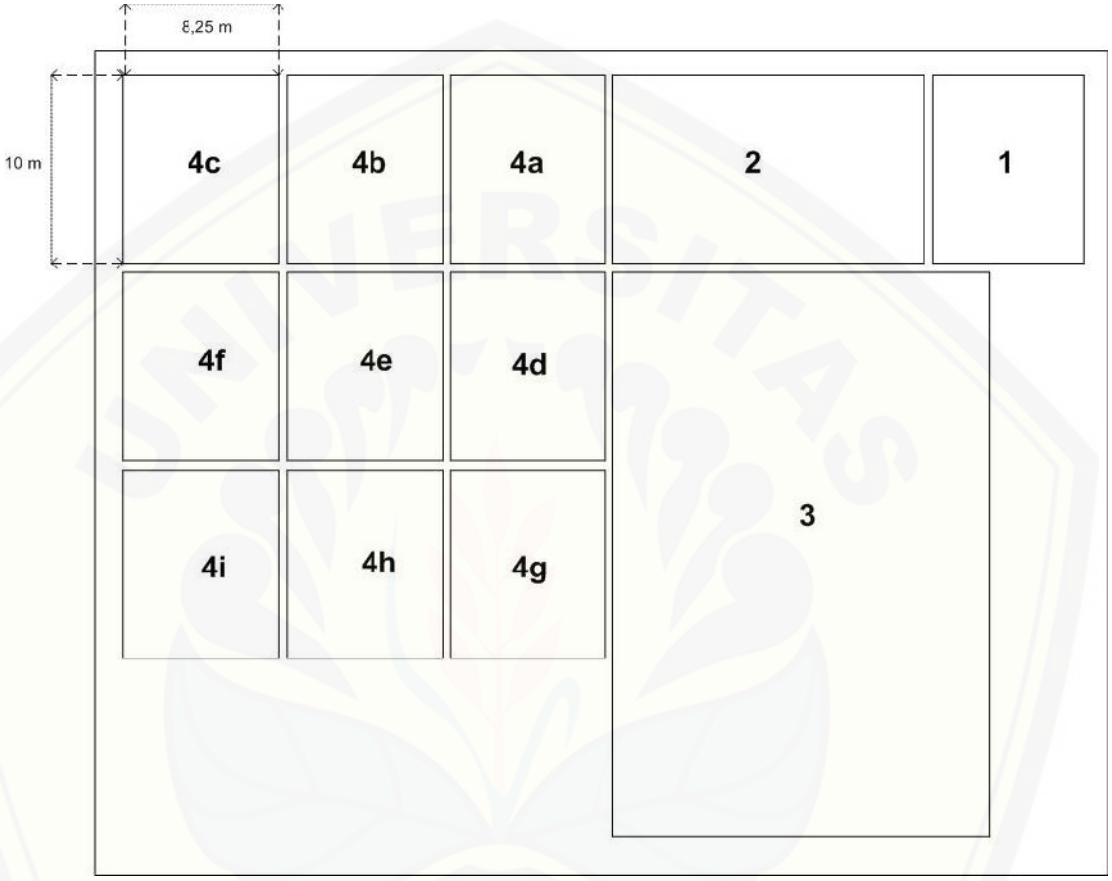
Keterangan:

1 = Unit Pengolahan Kopi Bubuk Sidomulyo
2 = Unit Pengolahan Biji Kopi Semi Basah Sidomulyo

Digital Repository Universitas Jember

3 = Tempat Pengeringan Biji Kopi
4 = Kolam Penampungan Sementara Limbah Cair Pengolahan Kopi

G.2 Tata Letak Kolam Fitoremediasi dengan Aerasi di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo Skala 1:250

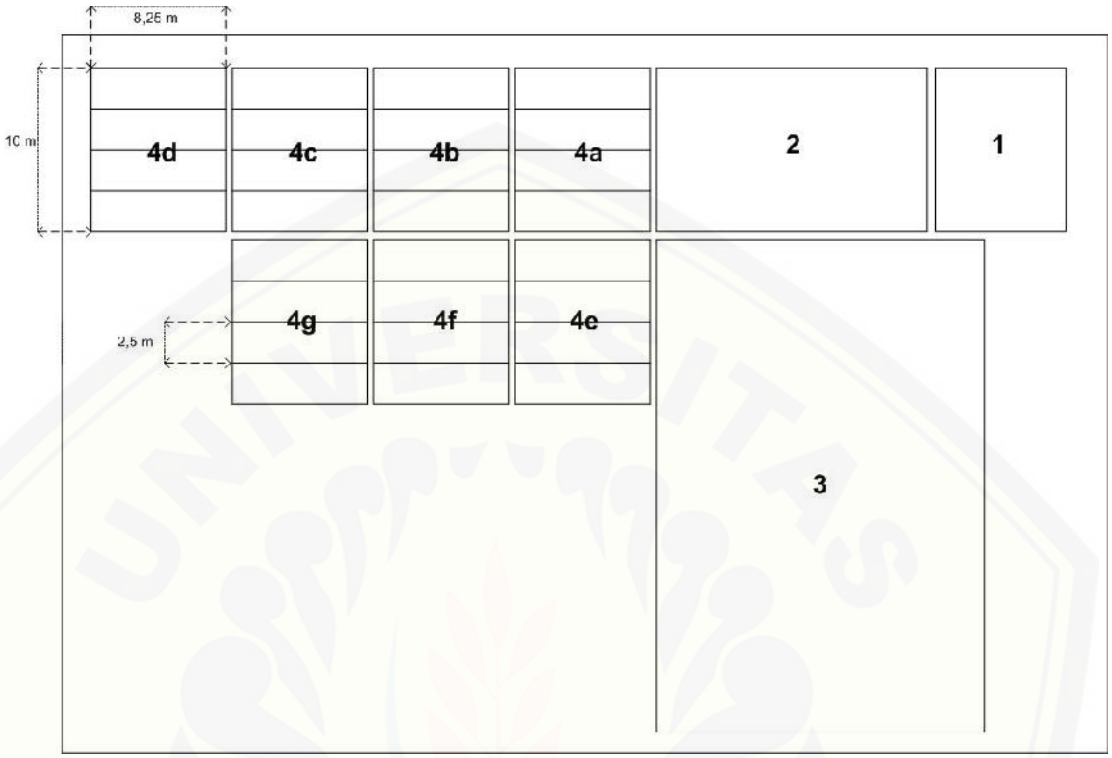


Keterangan:

1 = Unit Pengolahan Kopi Bubuk Sidomulyo
2 = Unit Pengolahan Biji Kopi Semi Basah Sidomulyo
3 = Tempat Pengeringan Biji Kopi
4 a,b,c,d,e,f,g,h,i = Kolam Aerasi

Digital Repository Universitas Jember

G.3 Tata Letak Kolam Fitoremediasi dengan Sirkulasi di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo

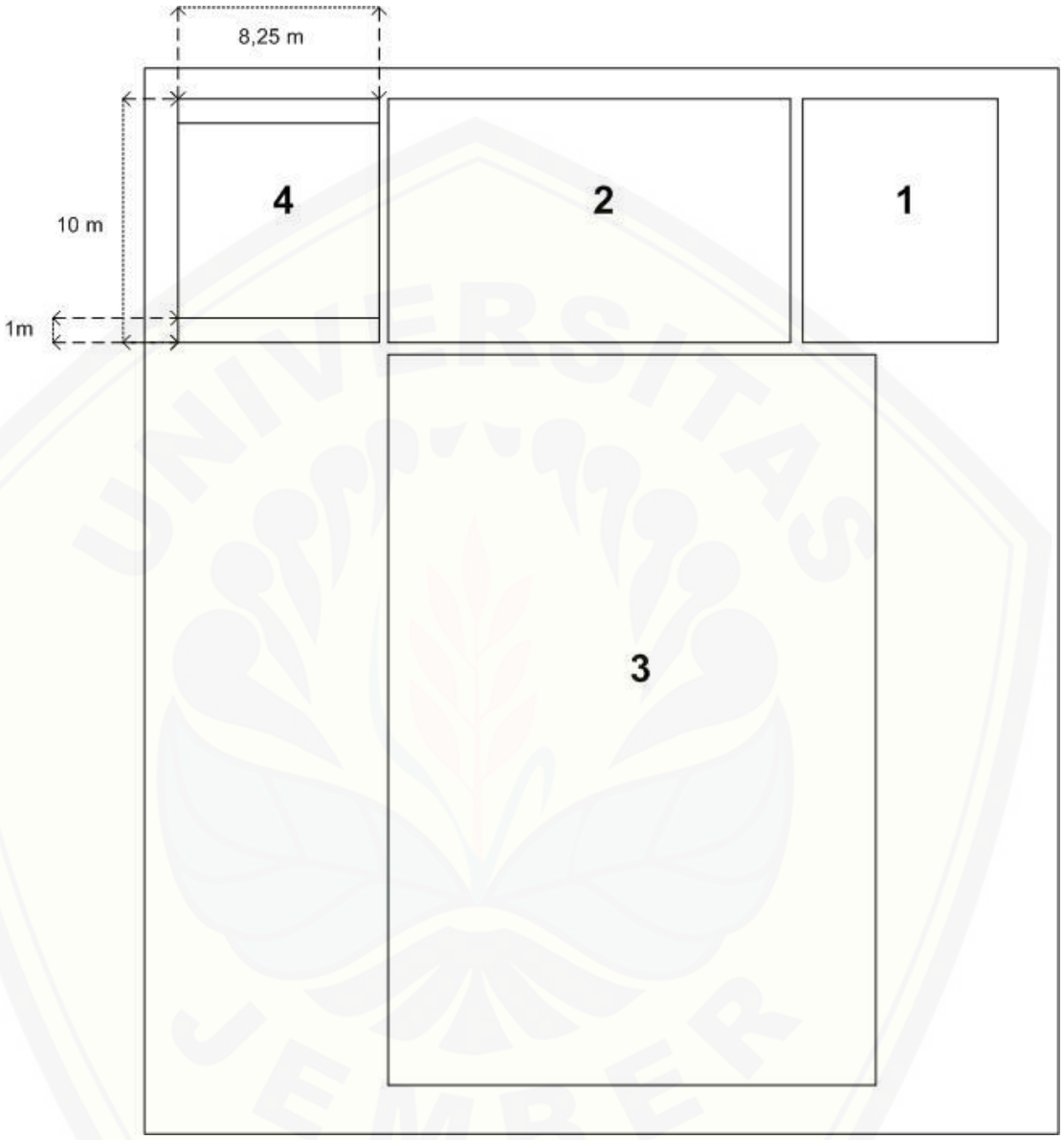


Keterangan:

1 = Unit Pengolahan Kopi Bubuk Sidomulyo
2 = Unit Pengolahan Biji Kopi Semi Basah Sidomulyo
3 = Tempat Pengeringan Biji Kopi
4 a,b,c,d,e,f,g = Kolam Aerasi

Digital Repository Universitas Jember

G.4 Tata Letak Kolam FItoremediasi dengan CW di Unit Pengolahan Kopi Rakyat Sidomulyo



Keterangan:

1 = Unit Pengolahan Kopi Bubuk Sidomulyo
2 = Unit Pengolahan Biji Kopi Semi Basah Sidomulyo
3 = Tempat Pengeringan Biji Kopi
4 = Kolam CW