



**VARIASI INPUT BAHAN ORGANIK REAKTOR ANAEROBIK
PADA PROSES PENANGANAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN
KOPI**

SKRIPSI

Oleh

**Avif Firdausy Septian
NIM 121710201066**

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



**VARIASI INPUT BAHAN ORGANIK REAKTOR ANAEROBIK
PADA PROSES PENANGANAN LIMBAH CAIR
PENGOLAHAN KOPI**

SKRIPSI

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

Oleh

Avif Firdausy Septian
NIM 121710201066

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

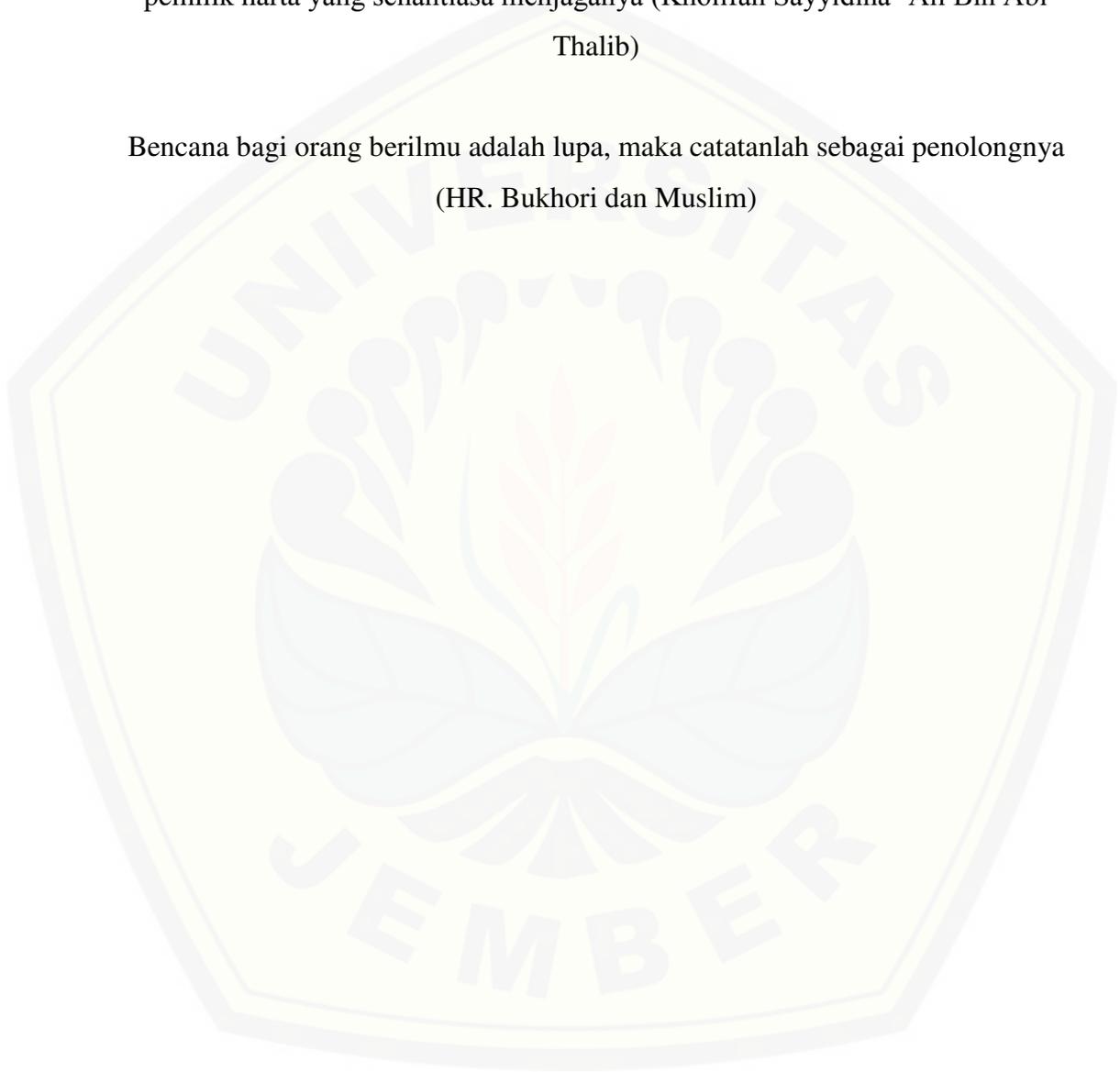
PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk kedua orang tuaku, Bapak (Soni Alfain) dan Ibu (Mujayanah) yang selalu menyambung butiran-butiran do'a kepadaku, yang selalu mengulurkan tangan saat terjatuh, memelukku dengan motivasi dan semangat baru, yang selalu sabar menanti terselesaikannya studiku walau telah melampaui batas waktu. Dalam setiap langkahku aku berusaha mewujudkan harapan-harapan yang panjenengan impikan dariku, meski semua itu belum kuraih insyaAllah atas dukungan dan do'a restu panjenengan semua mimpi itu akan terjawab di masa penuh kehangatan nanti.

MOTO

Perbedaan orang yang berilmu dan berharta adalah jika orang yang berilmu maka pemilik ilmu akan senantiasa dijaga olehnya, jika orang yang berharta maka pemilik harta yang senantiasa menjaganya (Kholifah Sayyidina ‘Ali Bin Abi Thalib)

Bencana bagi orang berilmu adalah lupa, maka catatlah sebagai penolongnya (HR. Bukhori dan Muslim)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Avif Firdausy Septian

NIM : 121710201066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Variasi Input Bahan Organik Reaktor Anaerobik pada Proses Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi” adalah benar-benar 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 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,

Yang menyatakan,

(Avif Firdausy Septian)

NIM 121710201066

SKRIPSI

**VARIASI INPUT BAHAN ORGANIK REAKTOR ANAEROBIK PADA
PROSES PENANGANAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI**

Oleh

Avif Firdausy Septian
NIM 121710201066

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Variasi Input Bahan Organik Reaktor Anaerobik pada Proses Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

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

(Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA)

(Dr. Retno Wimbaningrum, M.Si.)

197001011995121001

196605171993022001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

(Dr. Yuli Witono, S.TP., M.Eng.)

NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Variasi Input Bahan Organik Reaktor Anaerobik pada Proses Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi; Avif Firdausy Septian, 12710201066; 2016: 56 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pengolahan kopi dengan metode basah akan menghasilkan limbah cair dan limbah padat kulit kopi. Jika dibuang ke lingkungan akan menyebabkan pencemaran lingkungan karena mengandung bahan organik tinggi. Proses fitoremediasi menggunakan eceng gondok mampu menurunkan COD dan BOD sampai 97,50%. Tetapi proses tersebut tidak mampu mengolah limbah kulit kopi dan masih meninggalkan limbah eceng gondok. Pengolahan limbah secara anaerobik merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi bahan organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana perbedaan potensi produksi biogas dari variasi input reaktor anaerobik (kulit kopi dan eceng gondok) dan bagaimana pengaruh proses anaerobik pada penanganan limbah pengolahan kopi terhadap besarnya nilai efisiensi.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Teknologi Lingkungan dan Rekayasa Proses, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2015 sampai dengan bulan April 2016. Tahap pertama pembuatan inokulum adalah pengenceran 1:1 (kotoran sapi:air) dan difermentasi selama 12 hari. Tahap kedua persiapan bahan kulit kopi dan eceng gondok. Kulit kopi dan eceng gondok dipotong ± 1 cm. Komposisi bahan isian reaktor R1 kulit kopi, R2 adalah eceng gondok dan R3 campuran kulit kopi dan eceng gondok. Tahap ketiga penetralan pH limbah cair kopi pada masing – masing reaktor. Tahap keempat pengukuran parameter harian dan parameter awal-akhir. Pengukuran harian meliputi suhu dan tekanan biogas. Pengukuran parameter awal-akhir meliputi pH, COD, BOD, dan rasio C/N.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan rata – rata produksi biogas pada R1 (berisi kulit kopi), R2 (berisi eceng gondok), R3 (berisi campuran kulit

kopi dan eceng gondok) berturut – turut adalah 1034,01 gr/cm², 1034,34 gr/cm² dan 1034, 92 gr/cm². Hal ini menunjukkan variasi input ada penelitian ini tidak berbeda nyata dan memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku biogas. Proses anaerobik pada R1 (berisi kulit kopi), R2 (berisi eceng gondok), R3 (berisi campuran kulit kopi dan eceng gondok mampu mampu menurunkan parameter beban pencemar diantaranya adalah pH, COD, BOD, C dan N (rasio C/N). Nilai efisiensi pH berturut-turut adalah 5,80%, 4,96% dan 5,67%. Nilai efisiensi COD berturut-turut adalah 39,23%, 40,52% dan 41,34%. Nilai efisiensi BOD berturut-turut adalah 16,95%, 13,80% dan 8,32%. Nilai efisiensi rasio C/N berturut-turut adalah 24,71%, 52,40% dan 13,63%.

SUMMARY

Organic Materials Input Variation of Anaerobic Reactor on Liquid Waste Handling Process Coffee Processing; Avif Firdausy Septian, 12710201066; 2016: 56 pages; Department of Agricultural Engineering Faculty of Agriculture University of Jember.

Wet Coffee Processing method will produce waste water and solid waste of coffee pulp. If they released into the environment would cause pollution because it contains high organic matter. Fitoremidiasi process using water hyacinth able to reduce COD and BOD up to 97.50%. But the process is not able to process waste pulp of coffee and still leaves hyacinth waste. Anaerobic wastewater treatment is one of the alternatives to reduce organic material. The purpose of this study was to analyze how the differences in potential production of biogas from the anaerobic reactor input variations (leather coffee and water hyacinth) and how to influence the process of anaerobic waste treatment processing of coffee against the value of efficiency.

The research conducted at the Water Quality-Control Laboratory of Engineering and Environmental Conservation Agricultural Engineering Department, Jember University Faculty of Agricultural Technology and Environmental Technology Laboratory and Process Engineering, Institute of Technology Surabaya. Implementation of this study began in August 2015 until April 2016. The first phase of making the inoculum is a dilution of 1: 1 (cow dung: water) and fermented for 12 days. Then of the preparation of pulp of coffee and water hyacinth. Its cuted ± 1 cm. The composition of the packing material in the reactor R1 is skin of coffee, R2 is water hyacinth and R3 is a mixture of coffee skin and water hyacinth. Then neutralization of pH in the wastewater of coffee. Then research daily parameters and parameter measurement front-end. Daily measurements include temperature and pressure biogas. Measurement parameters include crew-ahir pH, COD, BOD, and C/N ratio.

Based on research that has been obtained the average production of biogas at R1 (containing pulp of coffe), R2 (containing water hyacinth), R3 (mixture of pulp of coffee and water hyacinth) are respectively 1034.01 g/cm², 1034.34 g/cm²

and 1034, 92 g / cm². This shows the input variations exist this study did not differ significantly and have the same good potential as raw material for biogas. Anaerobic processes in R1 (containing pulp of coffee), R2 (containing water hyacinth), R3 (mixture of pulp of coffee and water hyacinth) capable of being able to lower the parameters the load of pollutants which are pH, COD, BOD, C and N (C / N ratio). pH efficiency value are respectively 5,80%, 4,96% and 5,67%. The efficiency value COD are respectively 39,23%, 40,52% and 41,34%. The efficiency value BOD row was 16,95%, 13,80% and 8,32%. The efficiency value C / N ratios are respectively 24,71%, 52,4% and 13,63%.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Variasi Input Bahan Organik Reaktor Anaerobik pada Proses Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Muharjo Pudjojo selaku Komisi Bimbingan yang selalu memberikan kritik, nasehat dan masukan yang membangun.
3. Askin S.TP., M.M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak Heri dan Bapak Suhardi selaku Teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian atas bantuannya selama melaksanakan penelitian di Fakultas Teknologi Pertanian;
5. Umi Mujayanah dan Abi Soni Alfain yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kekeluargaan.
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

28 September 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Proses Pengolahan Kopi	3
2.2 Penanganan Limbah Pengolahan Kopi	3
2.2.1 Proses Koagulasi dan Flokulasi	3
2.2.2 Limbah Kopi untuk Briket.....	4
2.2.3 Proses Anaerobik.....	4
2.2.4 Proses Pengomposan	5
2.3 Reaktor Anaerobik dan Proses Pembentukan Biogas	5
2.3.1 Reaktor Anaerobik.....	5

2.3.2 Proses Pembentukan Biogas.....	5
2.4 Potensi Bahan Organik	9
2.4.1 Eceng Gondok	9
2.4.2 Kulit Kopi.....	9
2.4.2 Kotoran Sapi.....	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2.1 Alat	11
3.2.2 Bahan	11
3.3 Tahapan Penelitian.....	12
3.3.1 Penelitian Pendahuluan.....	12
3.3.2 Persiapan Bahan Penelitian	14
3.3.3 Penelitian Utama.....	14
3.3.4 Analisis Data.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Penelitian Pendahuluan	17
4.2 Penelitian Utama	18
4.2.1 Suhu	18
4.2.2 Nilai Efisiensi Penurunan Derajat Keasaman (pH).....	19
4.2.3 Nilai Efisiensi Penurunan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	21
4.2.4 Nilai Efisiensi Penurunan Rasio C/N	23
4.2.5 Tekanan Gas	26
BAB 5. PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Hasil Penetralan pH pada Masing – Masing Reaktor	17
4.8 Nilai COD dan BOD pada Pengukuran Awal dan Akhir	22



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Siklus Hidup Mikroorganisme	8
3.1 Desain Reaktor Penelitian	12
4.1 Grafik Nilai Suhu	19
4.2 Grafik Nilai pH	20
4.3 Grafik Nilai Efisiensi pH	21
4.4 Grafik Nilai Efisiensi COD dan BOD	23
4.5 Grafik Penurunan Rasio C/N	24
4.6 Nilai Efisiensi Rasio C/N	25
4.7 Grafik Tekanan Biogas	26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. PENGUKURAN TINGGI MANOMETER DAN BESAR TEKANAN PADA REAKTOR	33
A1. Tabel Pengukuran pada Manometer (cm).....	33
A2. Tabel Pengukuran Tekanan pada Manometer	33
B. TABEL PENGUKURAN COD, BOD DAN RASIO C/N AWAL DAN AKHIR SERTA PENGUKURAN EFISIENSI	35
B1. Tabel Pengukuran COD, BOD, pH, Rasio C/N Awal.....	35
B2. Tabel Pengukuran COD, BOD, pH, Rasio C/N Akhir.....	35
B3. Tabel Pengukuran Efisiensi (%)	35
C. PROSEDUR PENGUKURAN PARAMETER COD, BOD, pH, SUHU, TEKANAN BIOGAS DAN RASIO C/N	36
C1. Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	36
C2. Pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	36
C3. Pengukuran <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	36
C4. Pengukuran pH	37
C5. Pengukuran Suhu.....	37
C6. Pengukuran Rasio C/N	38
D. DOKUMENTASI PENELITIAN	49

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan biji kopi mentah (kopi glondongan hasil petikan dari pohon) menjadi kopi setengah jadi dan kopi siap konsumsi memerlukan beberapa proses, salah satunya adalah pengolahan biji kopi mentah dengan cara basah. Pengupasan kopi dalam proses pengolahan basah umumnya dilakukan dalam silinder berputar dengan cara menyemprotkan air bersama buah yang akan dikupas. Proses pengolahan kopi secara basah menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat (*pulp* kopi) yang dihasilkan dari pengolahan kopi mencapai 57,2% dan limbah cair yang dihasilkan sebesar 7,46 m³/ton buah kopi. Air cucian limbah kopi mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 14.000 – 26.000 mg/L O₂, *Biochemical Oxygen Demand* sebesar (BOD) 6.000 – 13.000 mg/L O₂, dan nilai total N 300 – 400 mg/L NO₃-N (Novita, 2012:136). Berdasarkan uraian tersebut jika limbah cair kopi jika langsung dibuang tanpa ada pengolahan terlebih dahulu maka menimbulkan dampak bagi lingkungan. Salah satu pengolahan limbah cair kopi yang telah dilakukan adalah fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok.

Rukmawati (2015) menyatakan bahwa eceng gondok dalam proses fitoremediasi mampu menurunkan nilai COD dan BOD sampai 97,50%. Namun eceng gondok setelah proses fitoremediasi akan menjadi limbah baru sehingga diperlukan pengolahan limbah lanjutan. Salah satu metode pengolahan limbah kopi dan eceng gondok adalah menggunakan reaktor anaerobik.

Limbah pengolahan kopi dan eceng gondok merupakan biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi reaktor anaerobik. Saat proses fermentasi dalam reaktor berlangsung, bakteri anaerob membutuhkan nutrisi seperti karbon (C) dan nitrogen (N) untuk menghasilkan gas metan. Unsur C dan N tersebut dipenuhi oleh limbah pengolahan kopi dan eceng gondok. Kulit kopi dan eceng gondok merupakan jenis limbah yang berbeda dan memiliki kandungan rasio C/N yang berbeda pula. Kandungan nilai rasio C/N pada kulit kopi adalah sebesar 40,02 (Dzung *et al*, 2013) sedangkan rasio C/N eceng gondok adalah 10-

20 (Danuwikarsa, 2015). Perbedaan nilai rasio C/N pada kedua limbah tersebut akan mempengaruhi produksi biogas yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbedaan potensi dari variasi input reaktor anaerobik (kulit kopi dan eceng gondok) terhadap produksi biogas?
2. Bagaimana pengaruh proses anaerobik pada penanganan limbah pengolahan kopi terhadap besarnya nilai efisiensi reaktor anaerobik?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengukuran variasi input berupa kulit kopi, eceng gondok, limbah cair kopi pada proses penanganan limbah anaerobik.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menentukan perbedaan potensi produksi biogas pada variasi *input* reaktor anaerobik (kulit kopi dan eceng gondok).
2. Untuk menentukan efisiensi proses anaerobik pada penanganan limbah pengolahan kopi dan eceng gondok terhadap penurunan nilai reaktor anaerobik.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat digunakan sebagai metode pengolahan limbah pengolahan kopi dengan teknologi fermentasi.
2. Dapat mengurangi beban pencemaran limbah pengolahan kopi di lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pengolahan Kopi

Kopi merupakan produk perkebunan yang membutuhkan pengolahan lanjutan agar dapat dikonsumsi. Salah satu pengolahan kopi yang sering dilakukan adalah pengolahan secara basah. Pengolahan basah merupakan perbaikan dari proses pengolahan kering. Pengolahan basah membutuhkan sejumlah air untuk proses pembersihan biji kopi. Selain itu olah basah kopi sebagai media untuk mengklasifikasikan kualitas buah kopi melalui sortasi rambang. Olah basah buah kopi juga memudahkan proses pengupasan buah dan membersihkan biji kopi dari lendir yang terdegradasi dari proses fermentasi (Novita, 2012: 125-126)

Tahapan proses pengolahan kopi olah basah meliputi proses sortasi rambang untuk buah kopi merah, proses pengupasan kulit buah, fermentasi kering, pencucian biji kopi, pengeringan biji kopi secara mekanis, pengupasan kulit tanduk dan pengupasan kulit ari pada kopi HS. Potensi limbah cair terutama dihasilkan dari tahapan proses sortasi rambang, pengupasan buah dan pencucian biji kopi. Potensi limbah padat dihasilkan dari proses pengupasan buah, pencucian biji kopi dan pengupasan kulit kopi HS. Jumlah limbah cair yang dihasilkan dari proses pengupasan adalah $0,04 - 1,14 \text{ m}^3/\text{ton}$ buah kopi dan limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian adalah $1,34 - 2,57 \text{ m}^3/\text{ton}$ buah kopi. Jumlah limbah padat yang dihasilkan dari proses pengupasan adalah $0,33 - 0,57 \text{ ton/ton}$ buah kopi, limbah padat pada proses fermentasi adalah $0,01 - 0,51 \text{ ton/ton}$ buah kopi dan limbah kulit tanduk dan ari $0,03 - 0,05 \text{ ton/ton}$ buah kopi (Novita, 2012:126-137).

2.2 Penanganan Limbah Pengolahan Kopi

2.2.1 Proses Koagulasi dan Flokulasi

Alternatif penanganan limbah cair proses pengolahan kopi adalah proses kimia fisika. Proses kimia melalui koagulasi flokulasi merupakan salah satu

proses yang dianggap efektif, murah dan mudah dalam penanganan limbah cair. Koagulan yang digunakan merupakan jenis koagulan yang umum digunakan yaitu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang dikenal dengan nama alum, FeCl_3 , dan PAC. Efektifitas proses koagulasi hanya dapat terjadi pada kondisi optimum proses. Kondisi optimum proses di antaranya adalah pH larutan dan dosis koagulan yang menentukan keberhasilan penurunan konsentrasi limbah cair (Novita, 2012:192-193).

2.2.2 Limbah Kopi untuk Briket

Limbah padat kopi dapat dijadikan briket, terutama kulit kopi yang berasal dari pengolahan kering. Satu kilogram kulit kopi yang dihasilkan dari proses pengolahan biji kopi menghasilkan empat ons briket. Pengolahan itu dapat dilakukan dengan mengambil kulit kopi. Pada kulit kopi hasil pengolahan basah, perlu dilakukan pengeringan terlebih dahulu. Kemudian limbah dijadikan arang dan dicetak (Novita, 2012:199).

2.2.3 Proses Anaerobik

Penanganan anaerobik merupakan proses biologi yang mampu menghasilkan energi (biogas) dengan teknologi yang sederhana dan biaya relatif murah. Selain itu proses anaerobik tidak membutuhkan lahan yang luas dan tidak menghasilkan lumpur dalam jumlah yang besar dibandingkan dengan proses aerobik. Penanganan anaerobik mampu mengurangi pencemaran dari proses pengolahan kopi sekaligus menghasilkan bahan bakar. Selama ini proses anaerobik telah banyak diterapkan untuk menangani limbah cair organik dari industri termasuk limbah pengolahan sayuran dan buah. Penanganan anaerobik yang menghasilkan biogas membutuhkan reaktor untuk menangkap gas metana yang dihasilkan sehingga tidak terbuang kelingkungan dan menyebabkan dampak rumah kaca. Gas metana memiliki dampak rumah kaca 21 kali lebih tinggi dibandingkan gas karbondioksida (Novita, 2012:184).

2.2.4 Proses Pengomposan

Penanganan limbah padat kopi dan limbah cair kopi berikutnya adalah proses pengomposan. Kompos merupakan sumber hara bagi tanaman, bahan pembenah kesuburan fisik dan biologi tanah. Proses pengomposan dipengaruhi oleh kandungan rasio C/N pada suatu bahan. Jika rasio C/N terlalu tinggi maka proses pengomposan akan berjalan lebih lama. Proses pengomposan akan berlangsung lebih cepat jika memiliki rasio C/N yang seimbang, yaitu 10:12 (Novita, 2012:201)

2.3 Reaktor Anaerobik dan Proses Pembentukan Biogas

2.3.1 Reaktor anaerobik

Pencernaan anaerobik atau digunakan untuk memproduksi gas-gas seperti metana dan karbondioksida dengan cara memasukkan limbah organik ke tabung digester yang berisi air dan ditutup tanpa ada udara (anaerobik). Pada proses anaerobik ditambahkan perlakuan pengaturan suhu karena proses pembusukan yang menghasilkan biogas bergantung pada suhu. Bahan – bahan yang dimasukkan ke dalam reaktor anaerobik adalah bahan – bahan yang telah dipotong kemudian dilakukan proses fermentasi selama 10-20 hari. Pada proses anaerobik bahan-bahan organik akan terdegradasi menjadi asam organik oleh bakteri anaerobik pembentuk asam (Murtadho dan Sa'id, 1988:46-80).

2.3.2 Proses Pembentukan Biogas

Sahidu (1983:24-28) menyatakan bahwa pembentukan biogas yang dilakukan oleh mikroba pada situasi anaerob meliputi tiga tahap yaitu tahap pelarutan bahan organik, pengasaman, dan tahap metanogenik. Pada tahap pertama (hidrolisis), bahan organik didegradasi secara eksternal oleh enzim ekstraseluler. Bakteri memutuskan senyawa rantai panjang karbohidrat, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Contoh dari pemutusan senyawa rantai panjang adalah polisakarida diubah menjadi monosakarida, protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

Proses selanjutnya adalah asidifikasi (pengasaman). Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses hidrolisis menjadi asam asetat (CH_3COOH), hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2). Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dari oksigen terlarut dalam larutan dan karbon yang diperoleh dari senyawa organik yang ada di dalam bahan organik.

Pembentukan asam pada kondisi anaerob penting untuk membentuk gas metana oleh bakteri pada proses selanjutnya. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida, hidrogen sulfida, dan sedikit gas metana.

Tahap terakhir adalah pembentukan gas metana. Pada tahap ini, bakteri metanogen mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh, bakteri ini menggunakan hidrogen, karbondioksida dan asam asetat untuk membentuk metana dan karbondioksida. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerja sama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk penghasil bakteri metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik (bersifat racun) bagi bakteri penghasil asam.

Simanora *et al.* (2011:28-29) menyatakan, pada proses pembentukan biogas faktor lingkungan berperan penting dalam mendukung terbentuknya biogas. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan diantaranya adalah sebagai berikut.

a. Kondisi anaerob atau kedap udara

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Oleh karena itu instalasi pengolah biogas harus kedap udara (dalam keadaan anaerob). Tanpa kondisi tersebut maka proses pembentukan gas metan tidak akan terjadi.

b. Bahan baku isian

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sisa dapur dan sampah organik. Bahan baku isian ini harus terhindar dari bahan anorganik seperti kaca, plastik dan beling. Bahan isian harus mengandung bahan kering sekitar 7-9%. Keadaan ini dapat dicapai dengan melakukan pengenceran menggunakan air dengan perbandingan 1:1-2 (kotoran sapi : air).

c. Rasio C/N

Rasio karbon (C) dan nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme. Rasio C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak adalah 20-30. Kotoran (feses urine) sapi perah mempunyai kandungan rasio C/N sebesar 18. Karena itu perlu ditambahkan dengan limbah lain yang mempunyai kandungan rasio C/N lebih besar.

d. Derajat keasamaan (pH)

Derajat keasamaan sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme. Derajat keasamaan yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8. Pada tahap awal fermentasi bahan organik akan terbentuk asam (asam organik) yang akan menurunkan pH. Agar pH tidak mengalami penurunan maka ditambahkan larutan kapur atau NaOH.

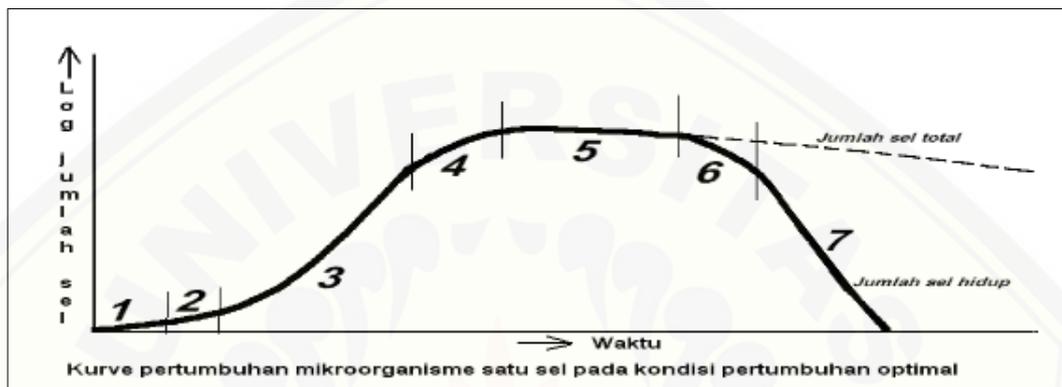
e. Temperatur

Produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam instalasi pengolahan biogas. Upaya praktis untuk menstabilkan temperatur adalah dengan menempatkan instalasi biogas di dalam tanah. Suhu yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme dalam reaktor adalah 25 -35 °C.

f. Starter

Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. Starter merupakan mikroorganisme perombak yang dijual komersial. Starter dapat diperoleh melalui lumpur aktif organik atau cairan isi rumen hewan.

Winarsih *et al.* (2011) menyatakan, pertumbuhan mikroorganisme dimulai dari awal pertumbuhan sampai dengan berakhirnya aktivitas merupakan proses bertahap yang dapat digambarkan dengan kurva pertumbuhan. Mikroorganisme umumnya mengalami tujuh fase pertumbuhan tetapi yang utama hanya empat fase yaitu, lag, eksponensial, stasioner dan kematian. Berikut ini adalah kurva pertumbuhan mikroorganisme yang disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus hidup mikroorganisme (Sumber: Winarsih *et al.* 2011)

Berikut ini merupakan penjelasan dari siklus hidup mikroorganisme di atas.

- 1) Fase lag disebut juga fase persiapan, fase permulaan, fase adaptasi atau fase penyesuaian yang merupakan fase pengaturan suatu aktivitas dalam lingkungan. Lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan suatu akan mikroorganisme akan mempercepat selang waktu yang dibutuhkan.
- 2) Fase eksponensial atau logaritmik merupakan fase peningkatan aktivitas perubahan bentuk maupun pertambahan jumlah mencapai kecepatan maksimum sehingga kurvanya dalam bentuk eksponensial. Peningkatan aktivitas ini harus diimbangi oleh banyak faktor yaitu, faktor biologis dan non biologis. Faktor biologis misalnya adalah bentuk dan sifat mikroorganisme terhadap lingkungan dan asosiasi kehidupan diantara organisme yang bersangkutan. Faktor non biologis misalnya adalah kandungan hara dalam medium kultur, suhu, kadar oksigen, cahaya dan bahan kimia.
- 3) Fase stasioner merupakan fase terjadinya keseimbangan penambahan aktivitas dan penurunan aktivitas atau dalam pertumbuhan koloni terjadi keseimbangan antara yang mati dengan penambahan individu. Oleh karena itu, fase ini

membentuk kurva datar. Fase ini juga diakibatkan karena sumber hara yang semakin berkurang, terbentuknya senyawa penghambat, dan faktor lingkungan yang mulai tidak menguntungkan.

- 4) Fase kematian merupakan fase mulai terhentinya aktivitas atau dalam pertumbuhan koloni terjadi kematian yang mulai melebihi penambahan individu.

2.4 Potensi Bahan Organik

2.4.1 Eceng Gondok

Eceng gondok adalah sejenis tumbuhan air yang hidup terapung di permukaan air. Tumbuhan menjadi tanaman pengganggu bagi tanaman lain dan hewan disekitarnya. Meskipun memiliki sifat pengganggu, eceng gondok ternyata berperan penting dalam mengurangi kadar logam berat di perairan seperti Fe dan Zn (Wahyuni, 2013:69).

Eceng gondok dapat menghasilkan energi alternatif berupa biogas dengan terlebih dahulu melalui proses fermentasi (Wahyuni, 2013:69). Fermentasi atau perombakan tersebut adalah proses mikrobiologi yang merupakan himpunan proses metabolisme sel. Biogas yang dihasilkan, merupakan campuran beberapa gas. Biogas yang terbentuk paling banyak adalah gas metana sedangkan gas-gas lainnya dalam proporsi yang relatif sedikit (Sahidu, 1983:23-24).

2.4.2 Kulit Kopi

Novita (2012) menyatakan, kulit kopi merupakan bahan sampingan dari pengolahan kopi yang sering disebut sebagai limbah. Limbah padat berupa kulit kopi terdiri dari daging buah, kulit tanduk dan kulit ari. Limbah padat pengolahan kopi dapat mencapai 50-60% dari total produksi. Limbah padat pengolahan kopi merupakan biomassa yang mengandung bahan organik tinggi. Dzung (2013) menyatakan, kulit kopi merupakan biomassa yang kaya bahan organik. Kandungan bahan organik pada kulit kopi mencapai 50,83% yang terdiri dari lignin 20%, nitrogen 1,27%, kalium 2,46%, dan rasio C/N 40,02:1.

2.4.3 Kotoran sapi

Setiawan (2002:29-31) menyatakan, kotoran sapi merupakan salah satu limbah peternakan yang memiliki potensi sebagai sumber energi terbarukan. Kotoran sapi yang dicampur dengan air jika dimasukkan ke dalam reaktor maka akan terjadi proses pembusukan yang terdiri dari dua tahap, yaitu proses anaerobik dan aerobik. Keuntungan penggunaan kotoran ternak sebagai penghasil biogas adalah sebagai berikut.

- a. Mampu mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap ketergantungan minyak yang berlebihan.
- b. Mampu mengurangi konsumsi bahan bakar kayu.
- c. Mampu mengurangi pencemaran lingkungan.
- d. Hasil buangan biogas dapat dijadikan pupuk organik.

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan Laboratorium Analisis Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Waktu penelitian ini dilakukan mulai Bulan Agustus 2015 – April 2016.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| a. pH meter (HANNA) | h. Erlenmeyer (IWAKI) |
| b. Heater (HANNA) | i. Lemari es (CALSCIO) |
| c. Spektrofotometer (HANNA) | j. Beaker glass (IWAKI) |
| d. Pipet ukur (IWAKI) | k. Pipa, penggaris |
| e. Pipet tetes | l. Thermometer |
| f. Labu ukur (IWAKI) | m. Pipet volume (IWAKI) |
| g. Buret (IWAKI) | n. Gelas ukur (IWAKI). |

3.2.2 Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|---|-----------------------------|
| a. Reaktor COD | h. Larutan $MnSO_4$ |
| b. H_2SO_4 Pekat | i. Alkali-Iodida-Azida |
| c. Indikator Amilum | j. Larutan $KF \cdot 2H_2O$ |
| d. Larutan $Na_2S_2O_3$, 0,025 N | k. Aquades |
| e. Kotoran sapi | |
| f. Limbah cair kopi Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. | |
| g. Tanaman eceng gondok. | |

3.3 Tahap – Tahap Penelitian

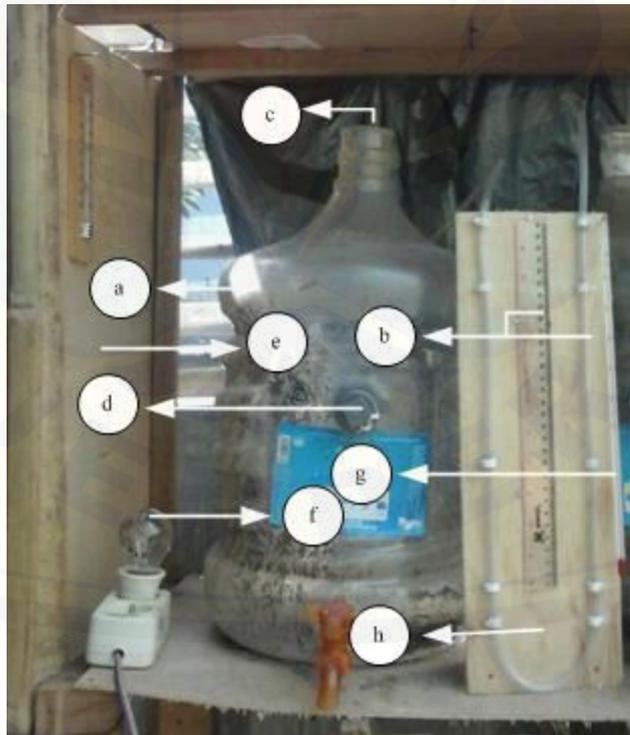
Penelitian ini merupakan penelitian tiga perlakuan yang dilakukan dalam tahap utama. Tahap – tahap tersebut adalah penelitian pendahuluan, persiapan bahan dan penelitian utama.

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Ada dua kegiatan yang dilakukan dalam penelitian pendahuluan. Dua kegiatan tersebut adalah perancangan reaktor anaerobik dan penetralan pH bahan isian reaktor.

a. Perancangan Reaktor Anaerobik

Rancangan reaktor anaerobik untuk penanganan limbah pengolahan kopi menggunakan bahan galon plastik berwarna putih, dengan tebal ± 2 mm, tinggi 50 cm, diameter 36 cm, dan volume 19 L. Desain reaktor anaerobik pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Desain reaktor penelitian. Keterangan : a = tabung reaktor; b = manometer; c = inlet; d = outlet; e = dinding ruang reaktor; f = lampu pemanas 5 watt; g = thermometer; h = papan manometer.

Masing – masing komponen reactor memiliki fungsi khusus. Fungsi masing – masing komponen reaktor tersebut adalah sebagai berikut.

- a) Tabung reaktor terbuat dari galon plastik dengan volume 19 liter yang berfungsi sebagai tempat fermentasi limbah cair kopi, limbah padat kopi dan limbah eceng gondok.
- b) Manometer yang terbuat dari selang plastik dibentuk seperti huruf U ditempelkan pada sebuah papan kecil dan ditambahkan penggaris sebagai pengukur yang berfungsi sebagai pengukur tekanan gas.
- c) *Inlet* memanfaatkan lubang yang sudah tersedia tanpa harus menambahi bahan lain seperti pipa PVC atau yang lain yang berfungsi sebagai lubang masukan bahan.
- d) *Outlet* terbuat dari pipa PVC berfungsi sebagai kran pengambilan sampel.
- e) Dinding ruang reaktor terbuat dari triplek kayu dan mulsa yang berfungsi sebagai rumah reaktor.
- f) Lampu pemanas 5 Watt berwarna kuning untuk mempertahankan suhu tetap pada kondisi 25 °C – 35 °C
- g) Thermometer berfungsi sebagai pengukur suhu
- h) Papan manometer dan *thermometer* berfungsi sebagai tempat menempelnya manometer dan *thermometer*.

b. Penetralan pH Kotoran Sapi

Bakteri anaerob membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi. Jika nutrisi yang dibutuhkan bakteri tidak terpenuhi maka akan menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam penelitian ini digunakan kotoran sapi sebagai sumber nutrisi sekaligus sebagai inokulan. Kotoran sapi yang digunakan sebagai inokulan diencerkan terlebih dahulu menggunakan air. Perbandingan kotoran sapi dengan air adalah 1:1. Perlakuan ini sesuai dengan pernyataan Sahidu (1983:31) yang menyatakan kotoran sapi yang akan diisikan ke dalam tangki pencernaan masing – masing adalah 25 Kg kotoran sapi dan 25 Kg air. Setelah homogen selanjutnya dilakukan penetralan pH. Kotoran sapi yang telah netral difermentasi dalam reaktor untuk penumbuhan inokulan. Fermentasi penumbuhan inokulan

dilakukan selama 12 hari yaitu sampai terdapat tekanan gas yang terukur pada manometer dan akan mengeluarkan nyala api jika diuji bakar.

3.3.2 Persiapan Bahan Penelitian

a. Eceng Gondok dan Kulit Kopi

Eceng gondok yang digunakan diperoleh dari proses fitoremediasi. Eceng gondok dipotong – potong dengan ukuran 1 – 4 cm. Perlakuan pengecilan ukuran ini hanya dilakukan pada eceng gondok karena ukurannya terlalu besar jika langsung difermentasi sedangkan kulit kopi tidak perlu dilakukan pengecilan ukuran karena telah memenuhi ukuran yang standar. Sahidu (1983:30) menyatakan eceng gondok yang digunakan untuk proses anaerobik harus mempunyai panjang 1 – 4 cm.

b. Limbah Cair Kopi

Pada persiapan ini limbah yang digunakan adalah limbah pengolahan kopi dari Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. Limbah pengolahan kopi ada dua macam yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair berasal dari air proses pencucian dan pengupasan, sedangkan limbah padat berupa kulit kopi. Novita (2012:164) menyatakan, bahwa limbah cair pengolahan kopi memiliki pH antara 4,00 - 5,50 pada proses pengupasan dan 3,84 – 4,28 pada proses pencucian. Untuk mencapai nilai pH netral (6,5 – 7,5) limbah cair kopi dinetralkan terlebih dahulu menggunakan larutan basa. Pada penelitian ini digunakan larutan basa berupa NaOH sebagai bahan penetral limbah cair kopi.

3.3.3 Penelitian Utama

Tujuan penelitian utama ini adalah untuk mengetahui potensi eceng gondok dan limbah pengolahan kopi dalam menghasilkan biogas. Produksi biogas menggunakan reaktor anaerobik dengan metode *batch*. Fermentasi pada reaktor anaerobik dilakukan selama 18 hari dengan menggunakan inokulan kotoran sapi.

Pengukuran parameter awal dilakukan sebelum proses anaerobik dilakukan sedangkan pengukuran parameter akhir dilakukan setelah proses anaerobik berakhir. Parameter yang diukur pada awal dan akhir penelitian adalah

pH, COD, BOD dan rasio C/N sedangkan pengukuran parameter harian adalah suhu dan tekanan biogas. Langkah – langkah penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Reaktor anaerobik R1, R2 dan R3 (pada ulangan 1 dan 2) masing – masing secara berturut – turut diisi dengan bahan isian utama yaitu kulit kopi, eceng gondok dan campuran (kulit kopi ditambah eceng gondok) masing-masing sebanyak dua liter menggunakan gelas ukur.
- b. Pada masing – masing reaktor anaerobik ditambah inokulan sebanyak dua liter dan limbah cair kopi sebanyak dua liter sehingga R1, R2 dan R3 (pada ulangan 1 dan 2) masing – masing terisi dengan komponen tersebut di atas sebanyak enam liter dan diaduk sampai homogen.
- c. Pada R1, R2 dan R3 (pada ulangan 1 dan 2) diambil sampel sebanyak 100 ml untuk ditentukan konsentrasi COD, BOD dan rasio C/N di Laboratorium Teknologi Lingkungan dan Rekayasa Proses, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Analisis pH ditentukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Universitas Jember. Analisis pH ditentukan menggunakan pH meter. Analisis kadar COD ditentukan menggunakan metode spektrofotometer, analisis kadar BOD ditentukan menggunakan metode volumetri, dan analisis kadar C ditentukan melalui kadar C-Organik menggunakan metode volumetri dan analisis kadar N diperoleh melalui analisis N total menggunakan metode Kjeldahl. Analisis tersebut merupakan analisis pada awal fermentasi.
- d. Semua reaktor ditutup rapat, diletakkan di dalam rumah reaktor kemudian dilakukan pengukuran suhu dan biogas yang terhitung hari pertama. Pengukuran tersebut dilakukan setiap hari sebagai parameter harian sampai fermentasi hari ke – 18. Pengukuran suhu ditentukan menggunakan *thermometer* dan pengukuran tekanan biogas ditentukan menggunakan manometer. Selisih tinggi permukaan air yang terlihat pada manometer dihitung sebagai tekanan yang dihasilkan dari proses anaerobik. Pengukuran nilai tekanan biogas pada manometer menggunakan persamaan yang disajikan pada 3.1 berikut ini.

$$P = (P_0) + (\rho \times g \times h) \dots\dots\dots 3.1$$

P_o = tekanan atmosfer (1 atm)

P = tekanan gas (gr/cm^2)

ρ = masa jenis zat cair (g/cm^3)

g = gaya gravitasi bumi (m/s^2)

h = selisih permukaan air pada manometer (cm).

- e. Pada fermentasi hari ke – 18, reaktor dibuka dan dilakukan pengukuran pH, COD, BOD dan rasio C/N sebagai analisis parameter akhir. Alat, metode dan tempat yang digunakan seperti yang telah disebut.

3.3.4 Analisis Data

Parameter yang dianalisis untuk menentukan efisiensi reaktor anaerobik dilakukan meliputi pH, COD, BOD dan rasio C/N . Menurut Marsono (1996), untuk menghitung nilai efisiensi digunakan persamaan yang disajikan pada 3.2 berikut ini.

$$\text{Nilai Efisiensi} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan:

C_0 = Nilai parameter awal perlakuan

C_1 = Nilai parameter akhir perlakuan.

Sedangkan untuk menghitung nilai efisiensi rasio C/N digunakan persamaan 3.3 berikut ini.

Rasio C/N=	$\frac{(\%C \text{ Limbah} \times \text{bobot}) + (\%C \text{ kotoran sapi} \times \text{bobot})}{(\%N \text{ Limbah} \times \text{bobot}) + (\%N \text{ kotoran sapi} \times \text{bobot})}$ 3.3
------------	---	-----------

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Variasi input bahan organik reaktor anaerobik sama – sama memiliki potensi yang baik sebagai bahan isian reaktor anaerobik karena selisih tekanan biogas kurang dari 1 atm (1033 gr/cm^2).
2. Proses anaerobik pada perlakuan R1, R2 dan R3 mampu menurunkan parameter beban pencemar pH, COD, BOD, C dan N (rasio C/N). Nilai efisiensi pH berturut-turut adalah 5,80%, 4,96% dan 5,67%. Nilai efisiensi COD berturut-turut adalah 39,23%, 40,52% dan 41,34%. Nilai efisiensi BOD berturut-turut adalah 16,95%, 13,80% dan 8,32%. Nilai efisiensi rasio C/N berturut-turut adalah 24,71%, 52,40% dan 13,63%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut ini merupakan saran yang perlu dilakukan agar hasil penelitian yang dicapai lebih baik.

1. Diperlukan alat pengukur volume biogas yang akurat karena pada penelitian ini hanya melakukan pengukuran biogas dengan tekanan.
2. Diperlukan adanya pemanfaatan *slurry* atau keluaran limbah anaerobik sebagai pupuk organik tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif. A. 2001. *Hutan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Kasinus
- Budiyono, Khaerunisa, G., dan Rahmawai, I. 2013."Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Ninase)". *Jurusan Teknik Kima*. Volume 11, Nomor 1, Juni 2013.
- Danuwikarsa, I. 2015."Composting Process and Nutrient Levels of C, N, P, K in Compost of Rice Straw and Water Hyacinth (*Eichonia Crassipes*) Using activator Agri Simba, EM4 and IMO Banana Corm". *International Journal of Basic and Applied Sciences*. E-ISSN-4458;P-ISSN:2301-8038.
- Darmanto, A., Soeparman, S., dan Widhiyanuriawan D. 2012."Pengaruh Kondisi Temperatur *Mesophilic* (35 °C) dan *Termophilic* (55 °C) Anaerob Reaktor Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas". *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol.3, No.2 Tahun 2012: 317-326. ISSN 0216-468X.
- Dzung, N. A., Dzung, T. T., dan Khanh, P. T. V. 2013."Evaluation of Coffee Husk Compost for Improving soil Fertility and Sustainable Coffee Production in Rural Cental Highland of Vietnam". *Resources and Environment*. DOI:10.5923/j.re.20130304.03.
- Haryati, T. 2006."Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif". *Balai Penelitian Ternak*, PO Box 221, Bogor 16002. Watazorla. Vol. 16. No.3. Th. 2006.
- Indriyati, 2002."Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Industri Permen dengan Variasi Waktu Tinggal". *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.3 No.1 Januari 2002.
- Marlina, Hidayati, Benito, dan Juanda. 2013."Analisis Kualitas Kompos dari Sludge Biogas Feses Kerbau". *Jurnal Ilmu Ternak*. Juni 2013. Vol. 13, No.1.
- Marsono, B. D. 1996. *Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*. Surabaya: Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan ITS.
- Murtadho, E dan Sa'id, G. 1988. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*. Jakarta: Melton Putra.

- Novita, E. 2012."Desain Proses Pengolahan Kopi pada Agroindustri Kopi Robusta Menggunakan Modifikasi Teknologi Olah Basah Berbasis Produksi Bersih". Tidak Diterbitkan. *Disertasi*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana – Institut Pertanian Bogor.
- Padmono, D. dan Susanto, J. P. 2007."Biogas Sebagai Energi Alternatif Atara Mitos dan Fakta Ilmiah". *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.8 No.1. Jakarta. ISSN 1441-318
- Prawirodigdo, S. dan Utomo, B. 2011."Inovasi Teknologi Dekomposisi Limbah dalam Penyediaan Pakan". *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian*.Wartazoa. Vol. 21 No. 2 Th. 2001.
- Rukmawati, B. S. 2015."Perbaikan Kualitas Limbah Cair Pengolahan Limbah Pengolahan Kopi Menggunakan Sistem Sirkulasi pada Proses Fitoremediasi". Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press
- Said, N. I. dan Firly. 2005."Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam". *Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair*. JAI Vol.1, No.3.
- Saputra, M. R. 2014. *Ekologi Tumbuhan Produksi Serasah dan Dekomposisi*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Setiawan, A. I. 2002. *Memfaatkan Kotoran Ternak*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sholeh, A., Sunyoto., dan Al-Janani, D., H. 2012."Analisis Komposisi Campuran Air dengan Limbah Kotoran Sapi dan Peletakan Posisi Reaktor Terhadap Tekanan Gas yang Dihasilkan". *Journal of Mechanical Engineering Learning*. ISSN 2252-651X.
- Simanora, Salundik, Wahyuni, Surajudin. 2011. *Membuat Biogas*. Jakarta: Agromedia Pustaka
- Surthikunthi, D., Suranto, dan Susilowati, A. 2005."Bio Konversi Kompleks Lignin Selulosa Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes* (Martz) Solms) Menjadi Gula Pereduksi oleh *Phanerochaete chrysosporium*". *Bio Smart*. ISSN: 1411-32IX. Volume7, Nomor 1.
- Wahyuni, S. 2013. *Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas dan Listrik*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Winarsih, S., Nusan. T., dan Citerawati, Y. W. S. Y. 2011. *Reproduksi dan Pertumbuhan Mikroorganismen*. Palangkaraya: Universitas Palangkaraya.

Wirawan A., Retnowati, R., dan Sabarudin, A. 2008. *Kimia Analitik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.



**LAMPIRAN A. PENGUKURAN TINGGI MANOMETER DAN BESAR
TEKANAN PADA REAKTOR**

A1. Tabel Pengukuran pada Manometer (cm)

Hari	Reaktor (tinggi manometer => cm)					
	Pengulangan 1			Pengulangan 2		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Jumat	0	0	0	0	0	0
Sabtu	0	0	0	0	0	0
Minggu	0	0	0	0	0	0
Senin	0	0	0	0	0	0
Selasa	0	0,3	0	0	0,1	0
Rabu	0	0,1	0	0	0,3	0
Kamis	0	0,1	0,5	0	0,3	0,1
Jumat	0,2	0,1	0,3	0,25	0,1	0,2
Sabtu	0,1	0,1	0,7	0,15	0,1	0,1
Minggu	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Senin	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Selasa	0,2	0,05	0,1	0,3	0,1	0,1
Rabu	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Kamis	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,3
Jumat	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sabtu	0	0	0	0	0	0
Minggu	0	0	0	0	0	0
Senin	0	0	0	0	0	0

A2. Tabel Pengukuran Tekanan pada Manometer

$$P = P_0 + (\rho \times g \times h) \quad 1 \text{ atm} = 1033 \text{ gr/cm}^2$$

P_0 = tekanan atmosfer (1 atm)

P = tekanan gas (gr/cm^2)

ρ = masa jenis zat cair (g/cm^3)

g = gaya grafitasi bumi (m/s^2)

h = selisih permukaan air pada manometer (cm).

Hari	Tekanan Rata – Rata (gr/cm ²)		
	R1	R2	R3
Jumat	0	0	0
Sabtu	0	0	0
Minggu	0	0	0
Senin	0	0	0
Selasa	0	1,962	0
Rabu	0	1,962	0
Kamis	0	1,962	2,943
Jumat	2,207	0,4905	2,4525
Sabtu	1,226	0,4905	3,924
Minggu	2,453	0,4905	0,981
Senin	1,962	0,981	0,4905
Selasa	2,453	0,73575	0,4905
Rabu	1,962	1,4715	0,981
Kamis	0,981	0,73575	1,962
Jumat	0,981	0,981	0,981
Sabtu	0	0	0
Minggu	0	0	0
Senin	0	0	0
Jumlah	14,22	12,2625	15,2055

LAMPIRAN B. TABEL PENGUKURAN COD, BOD DAN RASIO C/N**B1. Tabel Pengukuran COD, BOD, pH, Rasio C/N Awal**

Reaktor	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Rasio C/N	pH
R1	21458,50	13040,00	30,33	6,9
R2	17057,00	10145,00	22,33	7,05
R3	22242,50	13047,50	21,66	7,05

B2. Tabel Pengukuran COD, BOD, pH, Rasio C/N Akhir

Reaktor	COD	BOD	Rasio C/N	pH
R1	19672,00	12390,00	21,99	6,5
R2	14755,00	9295,00	11,70	6,7
R3	16782,50	10575,00	20,04	6,7

B3. Tabel Pengukuran Efisiensi (%)

Reaktor	COD	BOD	Rasio C/N	pH
R1	39,23	16,95	24,71	5,80
R2	40,52	13,80	28,42	4,96
R3	41,34	8,32	13,63	5,67

LAMPIRAN C. PROSEDUR PENGUKURAN PARAMETER COD, BOD, pH, SUHU, TEKANAN BIOGAS DAN RASIO C/N

C1. Pengukuran COD

COD merupakan salah satu parameter pengukuran air untuk menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimia. COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang ada dalam satu liter air (Alaerts dan Santika, 1984). Pengukuran COD dilakukan menggunakan alat spektrofotometer.

C2. Pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO)

DO adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen berpotensi terkandung dalam setiap bahan yang memiliki kadar air. Bahan yang digunakan untuk pembuatan biogas harus dihitung berapa oksigen yang terlarut didalamnya. Jumlah DO yang terukur dinyatakan dalam satuan miligram oksigen per liter. Untuk menghitung DO dalam bahan digunakan persamaan sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1984).

$$DO = \frac{a \times N \times 8000}{v - 4}$$

DO = Dissolved Oxygen (mg/L)

a = Volume titrasi Na₂SO₄ (ml)

N = Normalitas larutan Na₂SO₄ (N)

V = Volume botol winkler (ml)

C3. Pengukuran BOD

BOD atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses – proses mikrobiologis yang terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh

bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat – zat organik yang tersuspensi dalam air. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran jumlah BOD yang terkandung dalam bahan yang digunakan untuk pembuatan biogas. Angka BOD yang akan didapatkan adalah jumlah BOD yang akan digunakan oleh bakteri aerobik untuk proses oksidasi selama proses pembuatan biogas. Untuk menentukan jumlah BOD yang terkandung dalam bahan pembuatan biogas, dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1984).

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

BOD = *Biological Oxygen Demand* (mg/L)

X_0 = DO pada saat $t = 0$ (mg/L)

X_5 = DO pada saat $t = 5$ hari (mg/L)

B_0 = DO blanko saat $t = 0$ (mg /L)

B_5 = DO blanko saat $t = 5$ hari (mg/L)

P = derajat pengenceran.

C4. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan setelah bahan tercampur rata. Pengukuran pH dilakukan pada awal proses sebelum pembuatan biogas, selama pembuatan biogas. Pengontrolan pH dilakukan setiap hari untuk mengkondisikan pH selalu dalam konsentrasi 6,5 – 7,5. Tindakan ini dilakukan untuk mengoptimalkan bakteri metanogenik yang bekerja memproduksi biogas dalam reaktor.

C5. Pengukuran Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap perkembangbiakan bakteri metanogenik dalam reaktor. Untuk itu perlu dilakukan control agar suhu yang diinginkan antara 20 °C – 40 °C dapat tercapai. Agar suhu reaktor dalam keadaan stabil, maka diperlukan heater dengan control suhu otomatis (Khasristya, 2004).

C6. Pengukuran Rasio C/N

Menurut Marlin *et al.* (2013) rasio C/N merupakan faktor yang penting dalam menyediakan nutrisi mikroorganisme yang berperan dalam mendegradasi bahan organik substrat menjadi senyawa organik. Surya dan Suryono (2013) menyatakan, untuk menghitung rasio C/N dapat dilakukan dengan cara menimbang satu gram sampel dan memasukkan ke dalam Erlenmeyer. Menambahkan 10 mL larutan $K_2Cr_2O_7$, 1 N dan menambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat secara perlahan-lahan. Mengocok selama satu menit, kemudian mendinginkan selama 30 menit. Tambahkan 20 mL aquades dan lima tetes larutan phenantrolin. Selanjutnya mentitrasi dengan larutan $FeSO_4$ 0,5 N hingga timbul warna hijau. Untuk mencari nilai C maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% C - Organik = \frac{(B - S) \times N \times 3 \times 11,4}{\text{berat sampel kering}} \times 100\%$$

Surya dan Suryono (2013) menyatakan, untuk mengetahui kadar N dapat dilakukan dengan cara menimbang 0,5 gram sampel kemudian memasukkan ke dalam *Kjeldhal destruction*. Menambahkan satu buah tablet Kjeldahl, 7,5 mL H_2SO_4 pekat lalu panaskan secara perlahan hingga suhu 300 °C. Setelah terbentuk suspensi berwarna hijau, tabung diangkat dan dinginkan, kemudian dindiah ke dalam labu destilasi dan menambahkan 50 mL aquades dan 25 mL NaOH 40%, kemudian didestilasi. Hasil destilasi ditampung dalam 25 mL HCl 0,1 N, dan 5 tetes indikator metil merah. Selanjutnya dititrasi dengan NaOH 0,5 N hingga tidak berwarna. Untuk mencari nilai N menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% N - Total = \frac{(B - S) \times N \times 14,008}{\text{berat sampel kering}(mg)} \times 100\%$$

Dari uraian diatas maka untuk mencari Rasio C/N adalah dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{C}{N} \text{ rasio} = \frac{\frac{(B - S) \times N \times 3 \times 11,4}{\text{berat sampel kering}} \times 100\%}{\frac{(B - S) \times N \times 14,008}{\text{berat sampel kering}} \times 100\%}$$

LAMPIRAN D. DOKUMENTASI PENELITIAN



Limbah cair kopi sebagai bahan pengisi reaktor R1, R2 dan R3



Eceng gondok dari proses fitoremediasi sebagai bahan pengisi R2 dan R3



Potongan kulit kopi sebagai bahan pengisi R1 dan R3