



**PERLAKUAN HIDROLISIS BASA PADA CAMPURAN
ECENG GONDOK DAN KULIT KOPI TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS LIMBAH CAIR
PENGOLAHAN KOPI**

SKRIPSI

Oleh:

**Subdatul Widad
NIM 121710201050**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PERLAKUAN HIDROLISIS BASA PADA CAMPURAN
ECENG GONDOK DAN KULIT KOPI TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS 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

**Subdatul Widad
NIM 121710201050**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk ummi tercinta Hj. Hosniyati dan abah tercinta H. Hasyim Mahfud yang telah memberikan motivasi terbesar dalam hidup saya serta kasih sayang dan perhatiannya yang tak pernah henti, serta adik saya Tajul Arifin Hasyim yang telah memberikan inspirasi dan semangat belajar.

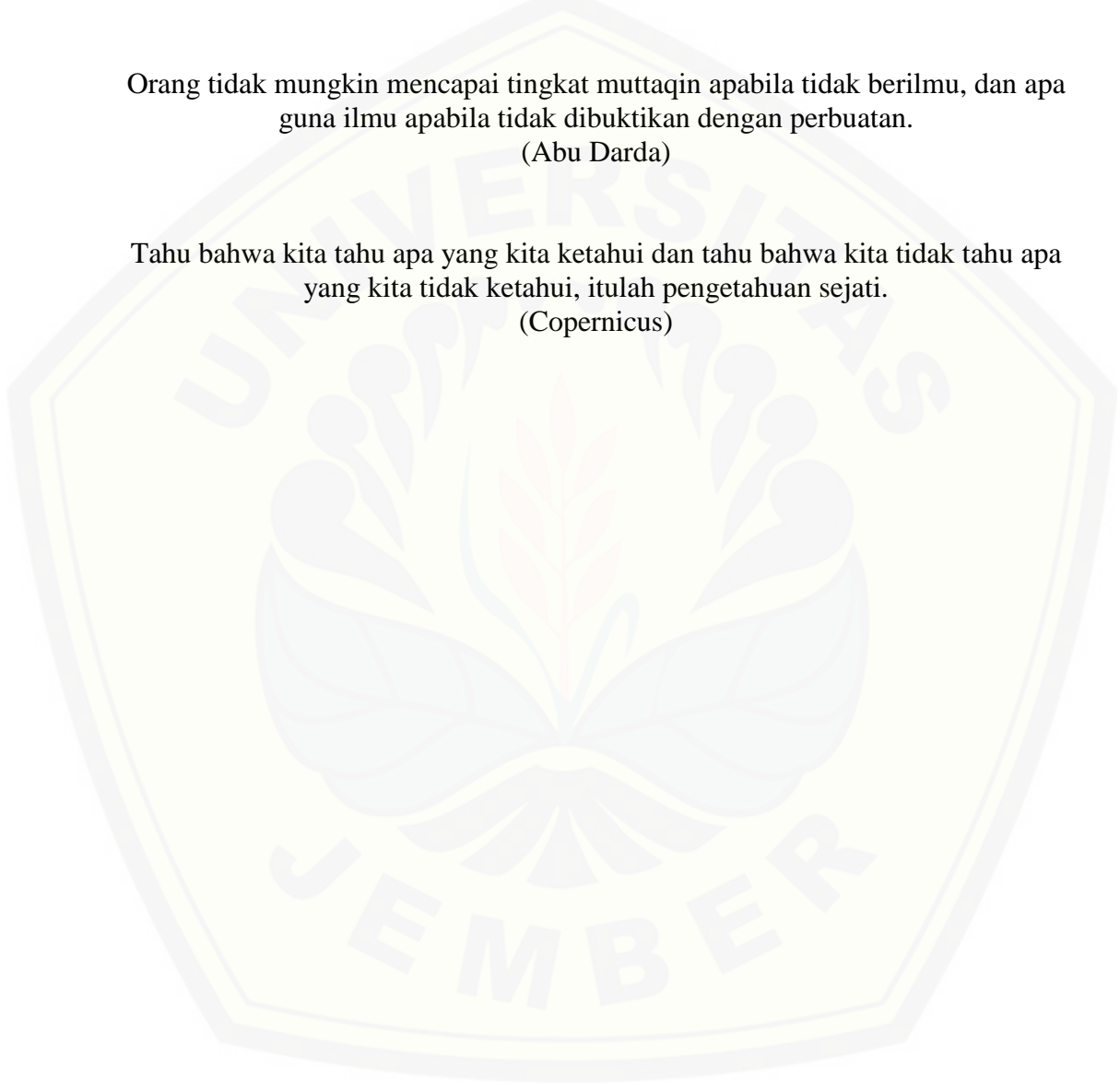


MOTTO

Allah mengangkat orang-orang beriman diantara kamu dan juga orang-orang yang dikaruniai ilmu pengetahuan hingga beberapa derajat.
(QS Al Mujadalah : 11)

Orang tidak mungkin mencapai tingkat muttaqin apabila tidak berilmu, dan apa guna ilmu apabila tidak dibuktikan dengan perbuatan.
(Abu Darda)

Tahu bahwa kita tahu apa yang kita ketahui dan tahu bahwa kita tidak tahu apa yang kita tidak ketahui, itulah pengetahuan sejati.
(Copernicus)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Subdatul Widad

NIM : 121710201050

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Perlakuan Hidrolisis Basa pada Campuran Eceng Gondok dan Kulit Kopi terhadap Produksi Biogas Limbah Cair Pengolahan Kopi**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Mei 2017

Yang menyatakan,

Subdatul Widad

NIM 121710201050

SKRIPSI

**PERLAKUAN HIDROLISIS BASA PADA CAMPURAN
ECENG GONDOK DAN KULIT KOPI TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS LIMBAH CAIR
PENGOLAHAN KOPI**

Oleh

**Subdatul Widad
NIM 121710201050**

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perlakuan Hidrolisis Basa pada Campuran Eceng Gondok dan Kulit Kopi terhadap Produksi Biogas Limbah Cair Pengolahan Kopi” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 27 Juli 2017

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

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

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

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Ir. Setiyo Harri, M.S.
NIP 195309241983031001

Drs. Rudju Winarsa, M.Kes.
NIP 196008161989021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember,

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP.,M.Eng.
NIP 196809231994031009

RINGKASAN

Perlakuan Hidrolisis Basa pada Campuran Eceng Gondok dan Kulit Kopi terhadap Produksi Biogas Limbah Cair Pengolahan Kopi; Subdatul Widad, 121710201050; 2017: 43 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Limbah cair kopi menjadi masalah serius yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah padat kulit kopi dan eceng gondok merupakan bahan organik yang dapat diolah menjadi biogas. Hal ini mampu memaksimalkan nilai guna bahan yang ramah lingkungan. Namun kandungan lignin pada kulit kopi dan eceng gondok menghambat proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, sehingga menurunkan produksi biogas. Hidrolisis basa adalah salah satu penanganan yang dapat dilakukan untuk memecah stuktur lignin. Basa yang digunakan untuk menurunkan kandungan lignin adalah NaOH. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hidrolisis NaOH untuk memecah lignin yang ada pada bahan organik perlakuan limbah cair kopi dalam pembuatan biogas. Penelitian ini memiliki empat perlakuan, yaitu: (R1) campuran kulit kopi dan eceng gondok tanpa dihidrolisis NaOH, (R2) campuran kulit kopi dengan dihidrolisis NaOH dan eceng gondok tanpa hidrolisis NaOH, (R3) campuran eceng gondok dihidrolisis NaOH dan kulit kopi tanpa hidrolisis NaOH, dan (R4) campuran kulit kopi dan eceng gondok yang sama sama dihidrolisis NaOH. Konsentrasi terbaik larutan NaOH adalah 6% yang diperoleh dari pra penanganan sebelum penelitian utama. Pengumpulan data dilakukan pada awal dan akhir fermentasi serta data harian untuk tekanan gas. Parameter pengukuran meliputi: pH, COD, BOD, C/N rasio, dan tekanan gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terhadap limbah cair kopi yang dicampur dengan kulit kopi dan eceng gondok yang dilakukan pada semua perlakuan (R1, R2, R3, dan R4) dapat menghasilkan biogas. Hal ini dapat diketahui dari perbedaan tinggi muka air pada pipa U. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah R4 (campuran kulit kopi dan eceng gondok dengan hidrolisis NaOH) dengan tekanan gas sebesar 1,55 g/cm. Berdasarkan hasil tersebut, NaOH dapat memecah lignin pada bahan organik sehingga meningkatkan produksi biogas.

SUMMARY

The Treatment of Base Hydrolysis on Mix of Water Hyacinth and Coffee Pulp toward the Biogas Production of Waste Water Coffee Processing; Subdatul Widad, 121710201050; 2017: 43 pages; the Agriculture Engineering Department, the Faculty of Technology Agriculture, Jember University.

Coffee waste water is a serious problem that can cause environmental pollution. Coffee pulp as a solid waste and water hyacinth are organic materials that can be processed into biogas. It is able to maximize the use value of eco-friendly materials. However, lignin content in coffee pulp and water hyacinth inhibit the organic decompositions by microorganisms, so that it will reduce biogas yield. Base hydrolysis is one treatment that can break down the lignin structure. The base used for decreasing the lignin content is NaOH. The purpose of this research was to know the influence of NaOH hydrolysis in breaking down the lignin of organic material in coffee waste water treatment to produce biogas. There were four treatment, (R1) mix of coffee pulp and water hyacinth without NaOH hydrolysis, (R2) mix of coffee pulp with NaOH hydrolysis and water hyacinth without NaOH hydrolysis, (R3) mix of water hyacinth with NaOH hydrolysis and coffee pulp without NaOH hydrolysis, and (R4) mix of coffee pulp and water hyacinth with NaOH hydrolysis. The best concentration for NaOH solution was 6% obtained from pre treatment before main research. Data collection was done from the beginning until the end of fermentation as well as daily data for gas pressure. The measurement parameters include were : pH, COD, BOD, C/N ratio, and gas pressure. The results showed that the coffee wastewater treatment mix with coffee pulp and water hyacinth in all the treatments (R1, R2, R3, and R4) can produce biogas. This biogas presence can be measured from the difference of water level at U tube. The best treatment was R4 (mix of coffee pulp and water hyacinth with NaOH hydrolysis) with gas pressure 1,55 g/cm. Based on this result, it includes that breaking down the lignin of organic materials can improve the biogas production.

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perlakuan Hidrolisis Basa pada Campuran Eceng Gondok dan Kulit Kopi Terhadap Produksi Biogas 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 terima kasih kepada:

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Sri wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Ir. Setyo Harri, M.S., selaku Ketua Penguji dan Drs. Rudju Winarsa, M.Kes., selaku Penguji Anggota yang telah memberikan ilmu serta masukan yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP.,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan perhatian dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si; selaku Ketua Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
5. Seluruh dosen pengampu matakuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi;
6. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
7. Ahyan Shoefiqi yang sudah sabar menemani saya, memberikan dukungan, perhatian dan do'anya selama ini;
8. Sahabat-sahabat ku Mastuki, Amelia, Silvia, Ika, Salman, Riski, dan Wawan yang telah banyak membantu saya dan selalu ada, serta teman-teman Teknik Pertanian angkatan 2012 yang banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;

9. Saudara di tempat kos Halmahera 1 no 14 dan tak lupa Ibu Hajar selaku ibu kost yang telah memberikan apresiasi, dukungan serta do'a;
10. Teman-teman KKN Desa Calok, khususnya Dwi Oktavianti dan Gladiola Nadisha.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Mei 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
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 Biogas	3
2.1.1 Proses Pembentukan Biogas.....	3
2.1.2 Faktor Faktor yang mempengaruhi Pembentukan Biogas.....	4
2.2 Proses Respirasi Aerob dan Anaerob	6
2.3 Pengolahan Limbah Kopi	7
2.3.1 Limbah Cair Kopi.....	7
2.3.2 Kulit Kopi.....	7

2.4	Eceng Gondok.....	8
2.5	Reaksi Hidrolisis.....	9
2.6	Natrium Hidroksida.....	9
BAB 3.	METODOLOGI.....	11
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	11
3.2.1	Alat.....	11
3.2.2	Bahan.....	11
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	12
3.4	Tahapan Penelitian.....	12
3.4.1	Persiapan Bahan.....	12
3.4.2	Perancangan Reaktor Anaerobik.....	14
3.4.3	Perbandingan Pengisian Input ke dalam Reaktor.....	14
3.4.3	Pengukuran Produksi Biogas.....	15
3.5	Analisis Data.....	16
3.5.1	Analisis Efisiensi.....	16
3.5.2	Uji Anova.....	17
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1	Hidrolisis Eceng Gondok dengan Konsentrasi NaOH yang Berbeda.....	19
4.2	Efisiensi Penanganan Limbah.....	21
4.2.1	Pengukuran pH.....	21
4.2.2	Pengukuran COD dan BOD.....	23
4.2.3	Pengukuran C/N Ratio.....	25
4.3	Produksi Biogas.....	27
4.2.4	Tekanan Gas.....	27
4.2.4	Uji Anova.....	30
BAB 5.	PENUTUP.....	31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
	DAFTAR PUSTAKA.....	32
	LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

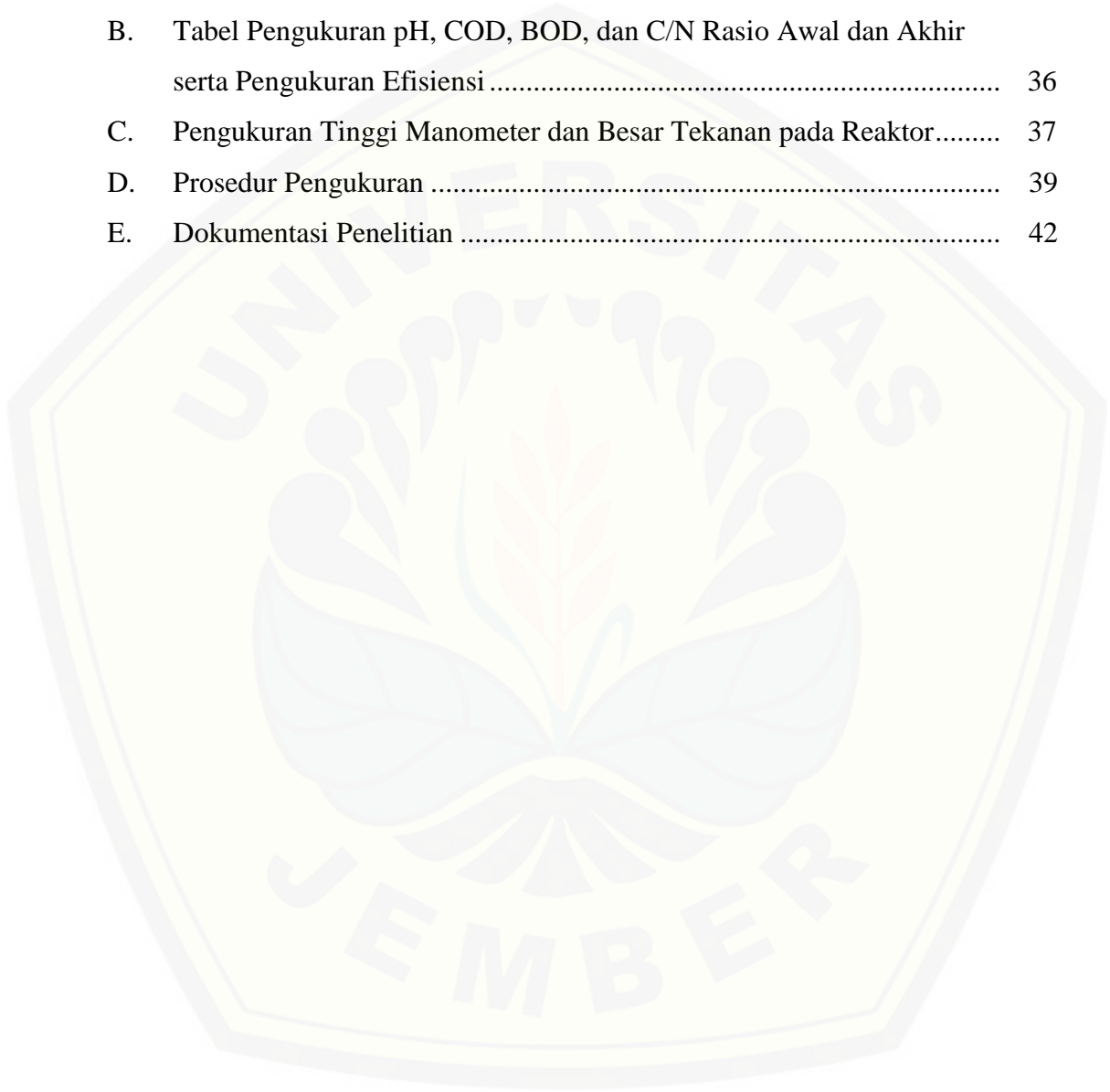
Tabel	Halaman
2.1 Komposisi biogas	3
2.2 Kandungan kimia limbah kulit kopi	8
2.3 Kandungan kimia serat eceng gondok.....	9
3.1 Komposisi bahan isian digester anaerobik	15
4.1 Hidrolisis eceng gondok dengan konsentrasi NaOH yang berbeda.....	19
4.2 Nilai COD dan BOD pada pengukuran awal dan akhir.....	24
4.3 Uji Anova satu arah yang didasarkan pada tekanan gas.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1 Diagram alir penelitian.....	12
3.2 Rancangan reactor penelitian skala laboratorium	14
3.3 Manometer terbuka	16
4.1 Reaktor anaerob	18
4.2 Reaksi pemutusan ikatan lignoselulosa menggunakan NaOH.....	20
4.3 Penurunan kadar lignin dengan hidrolisis eceng gondok menggunakan NaOH.....	20
4.4 Pengukuran pH awal dan akhir	22
4.5 Nilai efisiensi COD dan BOD	25
4.6 Pengukuran C/N ratio awal dan akhir.....	26
4.7 Nilai efisiensi C/N ratio	26
4.8 Tekanan gas pada reaktor	28
4.9 Perbandingan jumlah tekanan gas pada reaktor.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Pengukuran Penurunan Kadar Lignin dengan Metode Kappa.....	34
B. Tabel Pengukuran pH, COD, BOD, dan C/N Rasio Awal dan Akhir serta Pengukuran Efisiensi	36
C. Pengukuran Tinggi Manometer dan Besar Tekanan pada Reaktor.....	37
D. Prosedur Pengukuran	39
E. Dokumentasi Penelitian	42



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah cair kopi menjadi masalah serius yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah padat kulit kopi dan eceng gondok merupakan bahan organik yang dapat diolah menjadi biogas. Hal ini mampu memaksimalkan nilai gunanya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Namun kandungan lignin pada kulit kopi dan eceng gondok menghambat proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, sehingga menurunkan produksi biogas (Kumar dan Wyman, 2013).

Hemiselulosa dan selulosa pada struktur bahan lignoselulosa terikat (diselubungi) oleh lignin. Kandungan lignin merupakan salahsatu penghambat utama biokonversi lignoselulosamenjadi etanol. Lignin melindungi selulosa, sehinggaselulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Untuk membantu kerja enzim, maka terlebih dulu harus dilakukan pra penanganan untuk memecah atau melonggarkan struktur lignin sehingga enzim dapat masuk ke dalam untuk memecah hemiselulosa dan selulosa (Ileana, 2014). Proses pra penanganan saat ini banyak dilakukan untuk memecah pelindung ini sehingga selulosa menjadi mudah dihidrolisis tanpa banyak kehilangan polisakaridanya. Salah satunya dengan pra penanganan hidrolisis basa.

Pra penanganan dengan hidrolisis basa ini bertujuan untuk merenggangkan ikatan kuat yang terdapat pada lignin dan hemiselulosa. Basa yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida. Natrium hidroksida merupakan salah satu basa kuat yang sering digunakan dalam menurunkan kadar lignin. Menurut Millet *et al.* (1976) perenggangan lignin pada kayu yang telah dilakukan pra penanganan dengan NaOH mengalami peningkatan 14%-15 % dan menurunnya kandungan lignin dari 24%-55% menjadi 20%. Dengan demikian, perlakuan hidrolisis basa ini diharapkan mampu menurunkan kadar lignin dalam jumlah besar sehingga dapat menghasilkan biogas yang besar pula.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahannya yaitu bagaimana pengaruh penambahan natrium hidroksida (NaOH) sebagai hidrolisis basa pada pra penanganan produksi biogas dengan eceng gondok dan kulit kopi.

1.3 Batasan Masalah

Penggunaan konsentrasi NaOH sebagai pra penanganan untuk eceng gondok dan limbah kulit kopi sebagai bahan baku produksi biogas.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui pengaruh natrium hidroksida (NaOH) dalam menurunkan kadar lignin pada eceng gondok dan kulit kopi.
- b. Mengetahui pengaruh hidrolisis basa dari kombinasi perlakuan eceng gondok dan kulit kopi terhadap efisiensi penanganan limbah.
- c. Mengetahui produksi biogas terbaik dari kombinasi eceng gondok dan kulit kopi dengan dihidrolisis basa dan tanpa hidrolisis basa.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah mampu memberikan informasi tentang pengaruh Natrium Hidroksida (NaOH) sebagai hidrolisis basa pada pembuatan biogas dengan eceng gondok dan kulit kopi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktifitas bakteri anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik. Biogas secara karakter fisik merupakan gas. Proses pembentukannya membutuhkan ruangan dalam kondisi kedap atau tertutup agar stabil (Wahyuni, 2013:17). Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

No	Penjelasan	Rumus	Persentase
1	Methan	CH ₄	55 – 65%
2	Karbondioksida	CO ₂	36 – 45%
3	Nitrogen	N ₂	0 – 3%
4	Hidrogen	H ₂	0 – 1%
5	Oksigen	O ₂	0 – 1%
6	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	0 – 1%

(Sumber : Wahyuni, 2013:17)

Dari campuran gas-gas tersebut, gas methan (CH₄) merupakan komponen yang paling banyak, sedangkan gas-gas yang lainnya dalam proporsi yang relatif sedikit.

2.1.1 Proses Pembentukan Biogas

Penguraian senyawa organik berlangsung secara bertahap dan pada setiap tahapan ada aktivitas jenis bakteri tertentu yang dominan, dan setiap jenis bakteri mempunyai kondisi lingkungan optimum yang menjadi salah satu parameter penting. Tahapan tahapan yang terjadi dalam proses pembentukan biogas adalah sebagai berikut.

a. Proses Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Tahap ini merupakan penguraian bahan organik dengan senyawa kompleks yang memiliki sifat mudah larut seperti lemak, protein dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Tahap ini juga dapat diartikan sebagai perubahan struktur dari bentuk polimer menjadi monomer (Wahyuni, 2013:17-18).

b. Proses Asidogenesis

Senyawa senyawa yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan dijadikan sumber energi bagi mikroorganisme untuk tahap selanjutnya, yaitu pengasaman atau asidifikasi. Pada tahap ini bakteri akan menghasilkan senyawa senyawa asam organik seperti asam asetat, asam propionate, asam butirat, dan asam laktat beserta produk sampingan berupa alkohol, CO₂, hydrogen, dan zat amonia (Wahyuni, 2013:18).

c. Proses Metanogenesis

Proses metanogenesis adalah proses dimana bakteri metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Bakteri metanogen seperti methanococcus, methanosarcina, dan methanobacterium akan mengubah produk lanjutan dari tahap pengasaman menjadi gas metan, karbondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas (Wahyuni, 2013:19).

2.1.2 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Lingkungan besar pengaruhnya pada laju pertumbuhan mikroorganisme baik pada proses aerobik maupun anaerobik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembentukan biogas antara lain substrat bahan organik, derajat keasaman (pH), nisbah C/N, suhu, starter, dan waktu retensi.

a. Substrat Bahan Organik

Jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini berpengaruh terhadap lamanya dekomposisi bahan hingga menghasilkan gas metana yang diperlukan. Secara umum, kandungan bahan organik berdasarkan urutan lamanya dekomposisi terdiri dari gula, protein, lemak hemiselulosa, dan lignin (Wahyuni, 2013:52).

b. pH (keasaman)

Bakteri penghasil metana sangat sensitif terhadap perubahan pH. Rentang pH optimum untuk jenis bakteri penghasil metana antara 6,4 - 7,4. Bakteri yang tidak menghasilkan metana tidak begitu sensitif terhadap perubahan pH, dan dapat bekerja pada pH antara 5 hingga 8,5. Karena proses anaerobik terdiri dari dua

tahap yaitu tahap pembentukan asam dan tahap pembentukan metana, maka pengaturan pH awal proses sangat penting. Tahap pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Jika penurunan ini cukup besar akan dapat menghambat aktivitas mikroorganisme penghasil metana. Untuk meningkatkan pH dapat dilakukan dengan penambahan kapur (Wahyuni, 2013:52).

c. Nisbah C/N

Nisbah C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Keduanya diperlukan sebagai sumber energy mikroorganisme dalam melakukan aktivitas perombakan. Mikroorganisme perombak akan beraktivitas optimal pada tingkat nisbah C/N sebesar 25-30. Bahan yang memiliki kadar C/N awal yang tinggi seperti bahan hijauan, ada baiknya sebelum digunakan bahan tersebut dicacah atau dipotong terlebih dahulu agar bakteri metanogenik lebih mudah melakukan dekomposisi dan tidak menimbulkan bau busuk berlebih.

d. Suhu

Mikroorganisme seperti halnya sistem biologis lain mempunyai respon terhadap perubahan suhu yang mempengaruhi perubahan laju reaksi atau 19 perubahan populasi. Kecepatan fermentasi akan menurun pada suhu di bawah 20° C, sedangkan suhu 40° C untuk kebanyakan bakteri mesofilik merupakan suhu optimum, tetapi untuk bakteri termofilik kondisi optimum dicapai pada suhu 60° C. Temperatur efektif pada pengoperasian digester ditentukan pula oleh berbagai faktor antara lain iklim, kecepatan konversi, konversi nutrien dan pembentukan substrat tertentu dari pemecahan substrat asal. Temperatur optimum pertumbuhan bakteri anaerobik berkisar antara 30-35° C.

e. Starter

Starter merupakan bahan tambahan berupa mikroorganisme perombak yang berguna untuk mempercepat proses perombakan. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami atau buatan. Starter alami merupakan bahan yang berasal dari alam berupa lumpur organik aktif atau cairan rumen. Sementara itu, starter buatan diperoleh dengan cara pembiakan di laboratorium.

f. Waktu Retensi

Waktu retensi merupakan waktu rata-rata saat bahan dimasukkan ke dalam digester dan selama bahan mengalami proses fermentasi oleh bakteri metanogenik. Waktu retensi biasanya berkisar 26-60 hari, bergantung pada jenis bahan organik yang digunakan.

2.2 Proses Respirasi Aerob dan Anaerob

Respirasi aerob merupakan sebuah proses yang menggunakan oksigen, sedangkan respirasi anaerob adalah sebuah proses yang tidak menggunakan oksigen, dua bentuk respirasi selular. Meskipun beberapa sel mungkin terlibat dalam hanya satu jenis respirasi, sebagian besar sel menggunakan kedua jenis, tergantung pada kebutuhan suatu organisme. Respirasi sel juga terjadi di luar makroorganisme, seperti proses kimia, misalnya dalam fermentasi. Secara umum, respirasi digunakan untuk menghilangkan produk-produk limbah dan menghasilkan energi.

Proses aerobik dalam respirasi seluler hanya bisa terjadi jika ada oksigen. Ketika sel perlu melepaskan energi, sitoplasma (zat antara inti sel dan membran) dan mitokondria (organel dalam sitoplasma yang membantu dengan proses metabolisme) memulai pertukaran kimia yang meluncurkan pemecahan glukosa. Gula ini dilakukan melalui darah dan disimpan dalam tubuh sebagai sumber energi yang cepat.

Pemecahan glukosa menjadi adenosin trifosfat (ATP) melepaskan karbon dioksida (CO_2), produk sampingan yang perlu dikeluarkan dari tubuh. Pada tumbuhan, proses pelepasan energi dari fotosintesis menggunakan CO_2 dan melepaskan oksigen sebagai produk sampingannya.

Proses anaerobik tidak menggunakan oksigen, sehingga produk piruvat tetap di tempat untuk dipecah atau dikatalisis oleh reaksi lainnya, seperti yang terjadi pada jaringan otot atau fermentasi.

2.3 Pengolahan Limbah Kopi

Proses pengolahan kopi dibagi menjadi dua yaitu proses pengolahan kopi kering dan proses pengolahan kopi basah. Proses pengolahan kopi basah merupakan perbaikan proses pengolahan kering. Potensi limbah cair terbesar terutama dihasilkan dari proses pencucian biji kopi secara fermentasi (Novita, 2012). Dari hasil pengolahan tersebut menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah dari pengolahan kopi dapat berupa limbah cair dan padat.

2.3.1 Limbah Cair Kopi

Limbah cair biasanya bersumber dari industri yang dalam produksi dan pengolahannya menggunakan air dalam produksi. Limbah cair kopi merupakan limbah yang dihasilkan dari hasil proses pengolahan kopi, salah satunya pengolahan kopi cara basah. Limbah cair ini dihasilkan dari proses pengupasan (*pulping*) dan proses pencucian (*washing*) sehingga sangat berdampak untuk mencemari lingkungan. Proses basah menghasilkan mutu biji lebih baik daripada proses kering, namun membutuhkan pengolahan yang lebih kompleks dan biaya yang lebih besar (Rahardjo, 2003:1).

Menurut Sariadi (2011) menyatakan bahwa komponen utama dalam limbah cair kopi adalah bahan organik yang memiliki nilai COD hingga 50.000 mg/l dan nilai BOD hingga 20.000 mg/l. Limbah cair tersebut dapat mengakibatkan tingkat polusi yang tinggi seperti pengurangan oksigen karena nilai COD dan BOD yang tinggi.

2.3.2 Kulit Kopi

Limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kopi berasal dari kulit buah kopi, daging buah, serta kulit ari dan kulit tanduk biji kopi tersebut. Limbah padat yang dihasilkan mengandung kadar air yang cukup tinggi karena pada proses pengolahan kopi adanya pencampuran dengan air, sehingga jumlah limbah padat dapat mencapai 630 kg/ha (Ridwansyah, 2003). Komposisi kimia kulit kopi ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Limbah Kulit Kopi

Komponen Kimia	Kadar (%) Pulp	Kadar (%) Cangkang
Abu	4	1
Lignin	32	53
Selulosa	22	20
Hemiselulosa	14	16
<i>Hot Water Solube</i>	28	10
Kadar air	84	12

(Sumber : Ummatin dan Alfiarty, 2015)

2.4 Eceng Gondok

Eceng gondok merupakan salah satu tumbuhan air yang hidupnya mengapung dan tergolong pada famili *Pontederiaceae*. Klasifikasi dari tanaman eceng gondok adalah sebagai berikut.

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Monocotyledons
Family	: Pontederiaceae
Genus	: Eichornia
Spesies	: <i>Eichorniacrassipes</i>

Eceng gondok merupakan salah satu gulma air yang mampu berkembang biak secara generatif dan vegetatif. Tempat tumbuh yang ideal bagi tanaman eceng gondok adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28-30 °C dan kondisi pH berkisar 4-12. Eceng gondok mampu menghisap air dan menguapkannya ke udara melalui proses evaporasi. Eceng gondok tumbuh di atas perairan atau rawa yang dapat tumbuh dengan cepat (3% per hari). Eceng gondok merupakan satu-satunya tumbuhan air yang mampu untuk dimanfaatkan dalam teknologi bersih pengolahan limbah karena sifat akarnya yang mampu menyerap zat-zat yang berbahaya sehingga dapat digunakan untuk teknologi pengolahan limbah bersih dan ramah lingkungan. Di Indonesia eceng gondok biasanya tumbuh di sekitar sungai dan daerah rawa-rawa serta bisa digunakan untuk pengolahan limbah tradisional (Gerbano dan Siregar, 2005). Kandungan kimia serat eceng gondok ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kandungan Kimia Serat Eceng Gondok

Komponen	Kadar (%)
Lignin	17
Selulosa	60
Hemiselulosa	8

(Sumber : Putera, 2012).

2.5 Reaksi Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu, terutama yang dibuat melalui polimerisasi tumbuh bertahap.

Reaksi hidrolisis berjalan cukup lambat, tetapi dengan adanya asam atau basa, laju reaksi meningkat dan dapat terjadi dekomposisi yang signifikan. Garam garam basa lemah dan asam mineral kuat bersifat asam melalui hidrolisis parsial dan H^+ yang terbentuk melalui hidrolisa garam dapat mengkatalis reaksi hidrolisis di dalam suatu bahan (Cairns, 186). Dalam penguraian garam dapat terjadi beberapa kemungkinan :

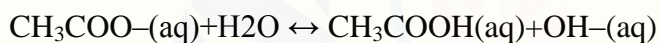
- Ion garam bereaksi dengan air menghasilkan ion H^+ , sehingga menyebabkan $[H^+] > [OH^-]$ dalam air bertambah mengakibatkan $[H^+] > [OH^-]$ dan larutan bersifat asam
- Ion garam bereaksi dengan air menghasilkan ion OH^- , sehingga menyebabkan $[H^+] < [OH^-]$ dan larutan bersifat basa
- Ion garam tidak dengan air sehingga $[H^+] > [OH^-]$ dalam air akan tetap sama dengan $[OH^-]$ dan air akan tetap netral ($pH=7$).

2.6 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan salah satu senyawa ion yang bersifat basa kuat, dan memiliki sifat korosif dan higroskopik. Senyawa NaOH merupakan salah satu senyawa paling umum dan paling kita kenal dalam reaksi asam basa seperti reaksi penetralan. Senyawa ini dapat bereaksi dengan asam kuat dan asam lemah untuk membentuk garam (Ramadhan, 2016).

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida merupakan jenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida digunakan di dalam berbagai macam bidang industri. Kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses industri bubur kayu, kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen. Selain itu natrium hidroksida juga merupakan basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Fungsi umum penggunaan dalam proses pembuatan kertas NaOH ada pada proses pendegradasian lignin (Wiratmaja *et al.*, 2011).

Garam akan terbentuk dari asam lemah dan basa kuat jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan anion yang berasal dari asam lemah yang akan bereaksi dengan air menghasilkan OH⁻ yang menyebabkan larutan bersifat basa. Berikut merupakan salah satu reaksi asam lemah dan basa kuat.



Dari reaksi di atas, hanya ion CH₃COO⁻ yang mengalami hidrolisis sedang Na⁺ tidak bereaksi dengan air sebab NaOH yang terjadi akan segera terionisasi menghasilkan Na⁺ kembali. Jadi garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat akan terhidrolisis sebagian (parsial) dan bersifat basa.

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember mulai bulan Agustus 2015 – September 2016. Analisis COD, BOD, C dan N dilakukan di Laboratorium Analisis Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|----------------------------------|--------------------|
| a. 8 Reaktor biogas (Botol kaca) | k. Termometer |
| b. Aluminium foil | l. Turbidimeter |
| c. Reaktor COD | m. Selang |
| d. Oven | n. Jirigen |
| e. Lemari es | o. Penggaris |
| f. 8 labu erlemeyer | p. Gunting |
| g. Erlemeyer | q. Pemanas air |
| h. Pipet | r. Tutup karet |
| i. Gelas ukur | s. Magnetic Stirer |
| j. pH meter | t. lem |

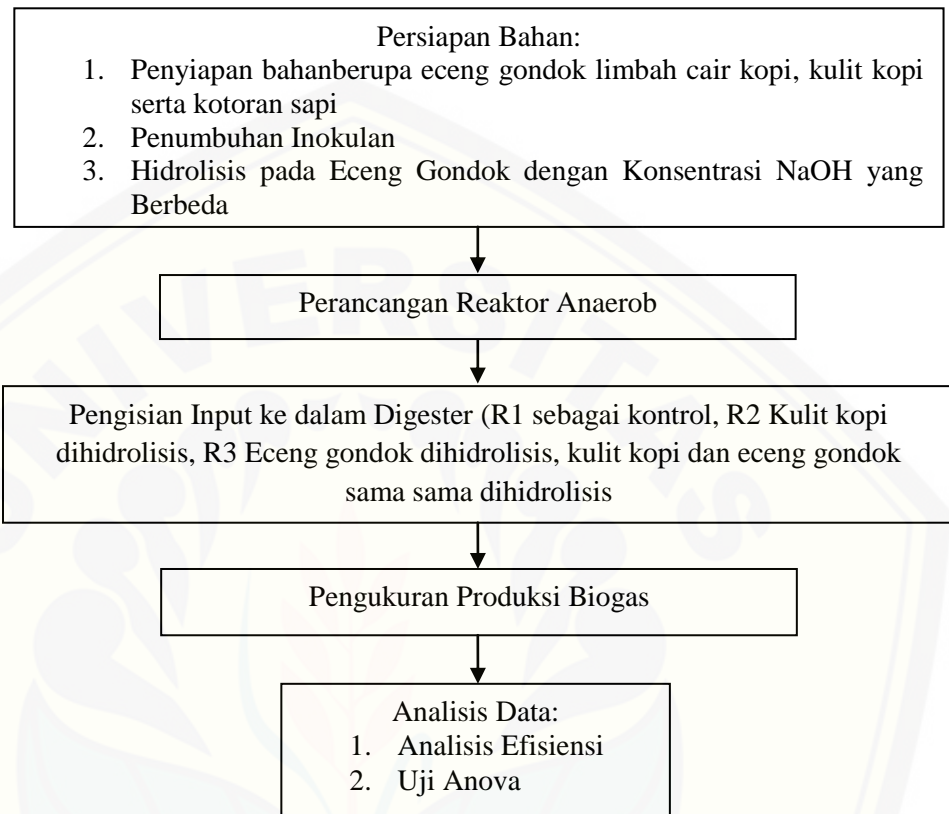
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|--|------------------------------------|
| a. Limbah kulit kopi | g. H_2SO_4 (4,0 N) |
| b. Eceng gondok | h. Larutan Amilum |
| c. NaOH | i. Aquades |
| d. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,2 N) | j. Kotoran sapi |
| e. KI (0,1 N) | k. Limbah cair kulit kopi |
| f. KMnO_4 (0,1 N) | l. Air. |

3.3 Diagram Alir Penelitian

Seluruh kegiatan penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan seperti pada diagram alir berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah tahapan penelitian yang dilakukan, antara lain:

3.4.1 Persiapan Bahan

a. Penyiapan Bahan

Bahan baku untuk membuat biogas berasal dari substrat bahan organik atau sisa jasad renik, baik yang sudah mengalami dekomposisi maupun yang masih segar. Sebagian besar bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biogas merupakan limbah sisa aktivitas manusia. Seperti limbah industri, limbah peternakan, limbah pertanian, limbah perairan, hingga sampah organik (Wahyuni, 2013 : 22).

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah perairan eceng gondok dan limbah industri limbah cair kopi dan kulit kopi serta limbah peternakan kotoran sapi sebagai starter.

b. Penumbuhan Inokulan

Efektifitas biodegradasi limbah organik menjadi metana membutuhkan aktifitas metabolik yang terkoordinasi dari populasi mikrobial yang berbeda-beda. Populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi disebut sebagai starter. Inokulan atau Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi biogas.

Penumbuhan inokulan dapat dilakukan dengan mengencerkan kotoran ternak. Kadar air, kandungan total padatan dan ukuran ternak perlu diperhatikan sehingga produksi bias optimal, pengenceran dilakukan dengan 1:1. Kotoran ternak yang digunakan dalam penumbuhan starter adalah kotoran ternak sapi. Sapi merupakan ternak ruminansia yang mempunyai sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam sistem pencernaannya yang berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput atau hijauan berserat tinggi. Oleh karena itu pada kotoran ternak ruminansia, khususnya sapi mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi.

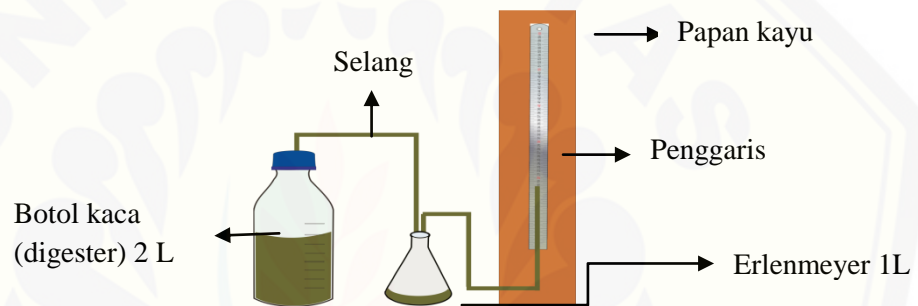
c. Hidrolisis Eceng Gondok dengan Konsentrasi NaOH yang Berbeda

Eceng gondok dipotong kurang lebih 1-2 cm, kemudian dikeringkan pada 103°C dalam oven selama 3 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada bahan baku. Sebanyak 20 gram sampel eceng gondok yang sudah dipotong ditambahkan 20 ml aquades dan 20 gram eceng gondok ditambahkan 20 ml larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, dan 6%. Selanjutnya dipanaskan di oven dengan suhu 121°C selama 30 menit, kemudian pH dikondisikan netral dan dikeringkan kembali pada suhu 50°C selama 2 hari.

Konsentrasi NaOH yang optimal dapat diketahui dengan banyaknya kadar lignin terurai pada masing-masing konsentrasi NaOH. Kadar lignin yang dihasilkan adalah kadar lignin sisa yang selanjutnya dicari lignin terurainya. Penentuan kadar lignin terurai dilakukan dengan menggunakan metode KAPPA (SNI 0494).

3.4.2 Perancangan Reaktor Anaerobik

Pengolahan anaerobik membutuhkan media dalam penjagaan kondisi kedap oksigen bebas yang cukup ketat. Oleh sebab itu, pembuatan digester sangat diperlukan dalam pembuatan biogas skala laboratorium ini. Perancangan digester anaerobik menggunakan digester batch dengan kapasitas 2 L. Digester berupa botol kaca 2 L yang ditutup dengan karet berselang yang dihubungkan pada labu erlenmeyer 1 L yang berfungsi sebagai penampung *slurry* yang ikut terbawa saat menuju ke manometer. Kemudian selang dari labu erlenmeyer dihubungkan lagi ke manometer untuk mengetahui terbentuknya gas. Rancangan reaktor yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Rancangan Reaktor Penelitian skala laboratorium

Penguraian anaerobik akan terjadi maksimal apabila limbah yang berada dalam digester berada pada kondisi tertentu seperti tingkat suhu, kelembaban dan pH yang sesuai. Oleh sebab itu, botol kaca dan labu erlenmeyer dilapisi dengan aluminium foil yang bertujuan menjaga kondisi limbah dalam reaktor.

3.4.3 Perbandingan Pengisian Input ke dalam Digester

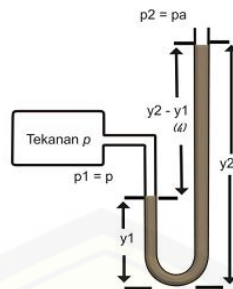
Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian adalah limbah cair dan padat kopi, starter, serta larutan NaOH. Perbandingan komposisi ruang penampung gas dan ruang bahan baku adalah 1:3 (Sunaryo, 2014). Jadi perbandingan bahan baku dan ruang biogas adalah 1,5 L : 0,5 L. Perbandingan komposisi pada masing masing digester disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Isian Digester Anaerobik

No	Perlakuan	Bahan Baku	Komposisi	Keterangan
1	R1	Limbah cair kopi	250 ml	Kontrol
		Kulit kopi	250 ml	
		Eceng gondok	250 ml	
		Starter	750 ml	
2	R2	Limbah cair kopi	250 ml	Kulit Kopi dihidrolisis
		Kulit kopi	250 ml	
		Eceng gondok	250 ml	
		Starter	750 ml	
3	R3	Limbah cair kopi	250 ml	Eceng gondok dihidrolisis
		Kulit kopi	250 ml	
		Eceng gondok	250 ml	
		Starter	750 ml	
4	R4	Limbah cair kopi	250 ml	Kulit kopi dan eceng gondok dihidrolisis
		Kulit kopi	250 ml	
		Eceng gondok	250 ml	
		Starter	750 ml	

3.4.4 Pengukuran Produksi Biogas

Pada pengukuran produksi biogas dasar pengukuran yang menjadi acuan adalah dengan mengamati perubahan tinggi muka air pada pipa U. Pipa pengukur tersebut terbuat dari selang berisi air yang dilengkungkan membentuk huruf U. Air yang ada dalam selang tersebut berfungsi untuk memudahkan identifikasi adanya produksi biogas yang terbentuk dimana ujung pipa satu menerima tekanan dari dalam galon dan ujung yang satu dibiarkan terbuka atau berhubungan langsung dengan atmosfer. Desain alat ukur pipa U ditunjukkan oleh Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Manometer terbuka

Tekanan pada dasar kolom sebelah kiri ialah

$$P + \rho g y_1 \dots\dots\dots (3.3)$$

Tekanan pada kolom sebelah kanan

$$P + \rho g y_2 \dots\dots\dots (3.4)$$

Tekanan pada kolom kanan dan kiri bekerja dalam satu titik, sehingga:

Tekanan kolom kiri = Tekanan kolom kanan

$$P + \rho g y_1 = P a + \rho g y_2$$

$$P - P a = \rho g y_2 - \rho g y_1$$

$$P - P a = \rho g (y_2 - y_1)$$

$$\Delta P = \rho g \Delta y \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

P = Tekanan mutlak (N/m²)

$P a$ = Tekanan atmosfer (1 atm = 76 cmHg = 1,033 kg/cm²)

ρ = Massa jenis zat cair (Kg/m³)

g = Gravitasi (9,8 m/s²)

y = Ketinggian (m)

Dari persamaan 3.5 dapat di lihat bahwa perubahan tekanan adalah sebanding dengan perubahan ketinggian air.

3.5 Analisa Data

3.5.2 Analisis Efisiensi

Analisis data dilakukan dalam bentuk grafik yang menggambarkan nilai efisiensi setelah proses anaerobik. Analisis data efisiensi yang dilakukan meliputi

pH, COD, BOD dan C/N rasio. Menurut Marsono (1996), untuk menghitung nilai efisiensi digunakan persamaan yang disajikan pada 3.6 berikut ini.

$$\text{—} \quad 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

C0 = Nilai parameter awal perlakuan

C1 = Nilai parameter akhir perlakuan.

3.5.3 Uji Anova

Uji anova dilakukan untuk menguji hubungan setiap variabel input reaktor anaerobik (kulit kopi dan eceng gondok) dan tekanan biogas yang dihasilkan menggunakan analisis satu arah *one-way* anova. Analisis satu arah merupakan metode untuk mengetahui perbedaan nyata rata – rata antar varian lebih dari dua kelompok sampel akibat adanya satu faktor perlakuan. Uji anova dilakukan untuk mengetahui apakah ada data yang dihasilkan mempunyai rata-rata yang sama atau tidak. H_0 diterima jika $\alpha > 0,05$, maka tidak ada perbedaan rata-rata pada masing masing reaktor yang diuji dan H_0 ditolak jika $\alpha < 0,05$ yang berarti ada perbedaan rata-rata minimal satu reaktor yang diuji.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. NaOH mampu menghidrolisis eceng gondok dan kulit kopi. Semakin tinggi konsentrasi NaOH, maka semakin besar pula proses perenggangan ikatan kuat pada lignin, sehingga proses hidrolisis pada biogas lebih mudah.
2. Kombinasi terbaik berdasarkan 4 perlakuan adalah pada eceng gondok dan kulit kopi yang dihidrolisis, yang menghasilkan nilai terbaik berdasarkan efisiensi penanganan limbah.
3. Produksi biogas yang terbaik terjadi pada R4 dengan bahan isian campuran kulit kopi dan eceng gondok yang sama sama dihidrolisis yaitu dengan tekanan gas sebesar 1,55 g/cm.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan saran penulis yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kekurangan penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan pra penanganan hidrolisis pada kulit kopi, karena hasil biogas pada kulit kopi yang dihidrolisis lebih besar dibandingkan dengan eceng gondok.
2. Setelah digester ditutup, sebaiknya gas didalamnya di sedot dahulu agar terjadi proses anaerob.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, J. dan Mahadin, R. W. 2013. Natrium Hidroksida (NaOH) sebagai Hidrolisa Basa dalam Pre-Treatment Produksi Biogas dengan Bahan Baku Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). <http://digilib.its.ac.id>. [Diakses pada 25 januari 2016].
- Budiyono, M. E. Pratiwidan I. N. Sinar. 2013. Pengaruh Metode Fermentasi, Komposisi Umpan, pH Awal, dan Variasi Pengenceran terhadap produksi Biogas dari Vinasse. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 9 (2): 1-12.
- Cairns, D. 2004. *Intisari Kimia Farmasi*. Jakarta. Penerbit Buku Kedokteran EGC. https://books.google.co.id/books/about/Intisari_Kimia_Farmasi.html. [Diakses pada 20 januari 2017].
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Gerbano, A. dan A. S. Djariyah. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius. https://books.google.co.id/books/about/Kerajinan_Eceng_Gondok.html. [Diakses pada 14 januari 2017].
- Haryati, T. 2006. Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Balai Penelitian Ternak*, PO Box 221, Bogor 16002. Watazorla. 16 (3).
- Ileana. 2014. Pretreatment Bahan Lignoselulosa. <https://www.scribd.com/doc/142221592/PretreatmentBahanLignoselulosa-pdf>. [Diakses pada 6 Januari 2016].
- Kristanto, P. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kumar, R. dan C. E. Wyman. 2013. Physical and Chemical Feature of Pretreated Biomass that Influence Macro-/Micro-accessibility and Biological Processing. <http://onlinelibrary.wiley.com>. [Diakses pada 4 januari 2016].
- Marlina, E. T., Y. A. Hidayati, T. Benito, dan W. Juanda. 2013. Analisis Kualitas Kompos dari Sludge Biogas Feses Kerbau. *Jurnal Ilmu Ternak*. 13(1).
- Millet, M. A., Baker, A. J., dan Satter, L. D. 1976. Physical and Chemical Pretreatments for Enhancing Cellulose Saccharification. *Biotech Bioeng Symp*. Vol 6: 125-153.
- Novita, E. 2012. Desain Proses Pengolahan Pada Agroindustri Kopi Robusta Menggunakan Teknologi Olah Basah Berbasis Produksi Bersih. *Disertasi*. Surabaya: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.

- Prasetya, A., D. Widhiyanuriyawan, dan Sugiarto. 2012. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kandungan Gas CO₂ Dalam Proses Purifikasi Biogas Sistem Continue. <http://ejournal.kemenperin.go.id>. [Diakses pada 27 januari 2016].
- Permatasari, H. R., F. Gulo, B. Lestami. Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (GIGANTOCHLOA APUS). <http://ejournal.unsri.ac.id>. [Diakses pada 10 Januari 2016].
- Ridwansyah. 2003. Pengolahan kopi. <http://repository.usu.ac.id>. [Diakses pada 27 januari 2016].
- Simanjuntak, R. E. V. 2011. Bahan Penyegar “KOPI”. <https://www.scribd.com>. [Diakses pada 24 januari 2016].
- Wahyuni, S. 2013. *BIOGAS Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas dan Listrik*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Widarti, B. N., W. K. Wardhini. E. Sarwono. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. 5 (2): 75-80.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G., dan Winaya, I. N. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan imbah Rumput Laut *Euचेuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku. *Ilmiah Teknik Mesin Cakram*. 5(1): 75-84.

LAMPIRAN A. PENGUKURAN KADAR LIGNIN

A1. Pengukuran Penurunan Kadar Lignin dengan Metode Kappa

No	NaOH	Kadar lignin sisa	Penurunan kadar lignin
1	2	9.014	1.27
2	4	8.61	5.81
3	6	8.26	9.53

A.2 Rumus Metode Kappa Yang digunakan dan Rumus Penurunan Kadar Lignin

2.1 Rumus Metode Kappa

$$K = \frac{P \times f}{w}$$

$$P = \frac{(b-a)N}{0,1 N}$$

$$\% \text{ Kadar Lignin sisa} = K \times 0,15$$

2.2 Rumus Penurunan Kadar Lignin

$$\% \text{ penurunan lignin} = \frac{\text{lignin sisa pada blanko} - \text{lignin sisa pada sampel}}{\text{lignin sisa pada blanko}} \times 100\%$$

A.3 Keterangan untuk Blanko Dan Sampel

3.1 Keterangan untuk Blanko

K = nilai bilangan kappa

f = faktor koreksi pada pemakaian 50 % KMnO_4 (terdapat pada tabel faktor koreksi)

p = Larutan KMnO_4 yang terpakai (mL)

b = volume natrium thiosulfat pada tanpa sampel (mL)

a = volume natrium thiosulfat pada blanko (mL)

w = berat sampel (gram)

N = konsentrasi natrium thiosulfat (0,2 N)

3.2 Keterangan untuk Sampel

K = nilai bilangan kappa

f = faktor koreksi pada pemakaian 50 % KMnO_4 (terdapat pada tabel faktor koreksi)

p = Larutan KMnO_4 yang terpakai (mL)

b = volume natriumthiosulfat pada sampel (mL)

a = volume natrium thiosulfat pada sampel (mL)

w = berat sampel (gram)

N = konsentrasi natrium thiosulfat (0,2 N)

A.4 Tabel Faktor Koreksi Metode Kappa

p	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30		0,958	0,960	0,962	0,964	0,966	0,968	0,970	0,973	0,975	0,977
40		0,979	0,981	0,983	0,985	0,987	0,989	0,991	0,994	0,996	0,998
50		1,000	1,002	1,004	1,006	1,009	1,011	1,013	1,015	1,017	1,019
60		1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,033	1,035	1,037	1,039	1,042
70		1,044									

Keterangan : faktor “p” koreksi perbedaan pemakaian persentase permanganat

LAMPIRAN B. TABEL PENGUKURAN pH, COD, BOD DAN C/N RASIO AWAL DAN AKHIR SERTA PENGUKURAN EFISIENSI

B.1 Tabel Pengukuran pH, Cod, Bod, C/N Rasio Awal

Reaktor	pH	COD	BOD	C/N
R1	6.8	11936	10730	17.706
R2	6.95	12464.5	9345	28.804
R3	7.05	12714	9443	22.725
R4	6.95	11912	9535	30.555

B. 2 Tabel Pengukuran Cod, Bod, pH, C/N Rasio Akhir

Reaktor	pH	COD	BOD	C/N
R1	6.35	5928.5	5775	12.391
R2	6.5	3701	4706	14.688
R3	6.6	3874.5	3836.5	13.795
R4	6.65	3259	3673	14.868

B. 3 Tabel Pengukuran Efisiensi (%)

Reaktor	pH	COD	BOD	C/N
R1	6.617	50.330	46.178	30.013
R2	6.474	70.307	49.641	49.007
R3	6.382	69.525	59.372	39.295
R4	4.316	72.641	61.478	51.338

LAMPIRAN C. PENGUKURAN TINGGI MANOMETER DAN BESAR TEKANAN PADA REAKTOR

C.1 Tabel Pengukuran Tekanan pada Manometer (Cm)

Hari	Reaktor (tinggi manometer => cm)							
	Pengulangan 1				Pengulangan 2			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Jumat	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabtu	0	0	0	0	0	0	0	0
Minggu	0	0	0	0	0	0	0.2	0
Senin	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0	0.4	0.3
Selasa	0.3	0.5	0.6	0.8	0.4	0.3	0.9	0.7
Rabu	0.5	0.3	1.3	1.4	0.8	0.5	1.2	0.9
Kamis	0.5	0.3	1.5	1.5	1	0.9	1.5	1
Jumat	0.5	0.5	1.6	1.5	1.4	1.2	1.6	1.4
Sabtu	0.5	0.5	1.6	1.3	1.4	1.3	1.6	1.5
Minggu	0.3	0.3	1.5	1.3	1.2	1	1.4	1.5
Senin	0.3	0.2	0.8	1.2	0.9	1	1.2	1.3
Selasa	0.2	0	0.6	0.7	0.9	0.9	1.2	1.1
Rabu	0	0	0.2	0.7	0.6	0.5	1	0.8
Kamis	0	0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.8	0.6
Jumat	0	0	0	0.2	0	0.2	0.7	0.3
Sabtu	0	0	0	0	0	0	0.4	0.2
Minggu	0	0	0	0	0	0	0.2	0

C.2 Rumus Pengukuran Tekanan pada Manometer

$$P = (\rho \times g \times h)$$

P_0 = tekanan atmosfer (1 atm)

P = tekanan gas (N/m^2)

ρ = masa jenis zat cair (g/cm^3)

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

h = selisih permukaan air pada manometer (cm).

C. 3 Rata Rata Pengukuran Tekanan pada Manometer

Hari	Tekanan Rata – Rata (gr/cm ²)			
	R1	R2	R3	R4
Jumat	0	0	0	0
Sabtu	0	0	0	0
Minggu	0	0	0	0.1
Senin	0.25	0.35	0.1	0.35
Selasa	0.4	0.7	0.35	0.8
Rabu	0.4	1.35	0.65	1.05
Kamis	0.4	1.5	0.95	1.25
Jumat	0.5	1.5	1.3	1.5
Sabtu	0.5	1.45	1.35	1.55
Minggu	0.3	1.4	1.1	1.45
Senin	0.25	1	0.95	1.25
Selasa	0.1	0.65	0.9	1.15
Rabu	0	0.2	0.55	0.9
Kamis	0	0.25	0.25	0.7
Jumat	0	0.1	0.1	0.5
Sabtu	0	0	0	0.3
Minggu	0	0	0	0.1

LAMPIRAN D. PROSEDUR PENGUKURAN

D.1 Prosedur Penurunan Kadar Lignin

Penentuan penurunan kadar lignin dilakukan dengan menggunakan metode KAPPA (SNI 0494). Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut.

- 1) Sebanyak 1 g sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian 200 ml aquades ditambahkan ke dalam erlenmeyer.
- 2) Erlenmeyer diletakkan di atas pemanas air bersuhu $25,0 (\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$ dan aduk perlahan menggunakan *magnetic stirrer* selama berlangsungnya reaksi.
- 3) Larutan kalium permanganat 0,1 N dipipet 25 ml dan larutan asam sulfat 4,0 N dipipet 25 ml dimasukkan ke dalam gelas beker 50 ml.
- 4) Campuran larutan kalium permanganat dan asam sulfat tersebut ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi sampel kemudian bilas beker gelas dengan aquades jangan lebih 5 ml, masukkan air pembilas ke dalam erlenmeyer. Biarkan reaksi berlangsung selama 10 menit,
- 5) Tambahkan larutan kalium iodida 1,0 N sebanyak 5 ml. Titrasi dilakukan dengan larutan natrium thiosulfat 0,2 N setelah terbentuk iodida bebas (timbul warna kuning).
- 6) Sebagai indikator, beberapa tetes larutan amilum di tambahkan sampai timbul warna biru, kemudian lanjutkan titrasi sampai warna biru hilang. Pemakaian larutan natrium thiosulfat dicatat sebagai a ml.
- 7) Blanko dikerjakan juga seperti perlakuan diatas tanpa menggunakan sampel.
- 8) Pemakaian larutan natrium thiosulfat dicatat dalam titrasi blanko sebagai b ml.

D.2 Prosedur Pengukuran pH

Pengukuran derajat keasaman (pH) diukur dengan menggunakan pH meter. Sebelum digunakan pH meter terlebih dahulu dikalibrasikan dengan menggunakan larutan *buffer* pH 7 dan dibilas dengan aquades. Sampel limbah cair kopi dituangkan ke dalam *glass beaker* kemudian dicelupkan elektroda pH meter

kedalamnya, sampai angka yang tertera tidak berubah. Kemudian catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.

D.3 Prosedur Pengukuran BOD

Prosedur kerja untuk mengukur BOD adalah sebagai berikut.

- 1) Memasukkan sampel limbah cair kopi pada botol winkler tanpa udara hingga penuh.
- 2) Menambahkan 2 ml larutan MnSO_4 40%, dan mendinginkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan.
- 3) Menambahkan 2 ml alkali iodide azida, kemudian mendinginkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok.
- 4) Menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 ml dan memindahkan larutan kedalam erlenmeyer.
- 5) Larutan yang berada di dalam Erlenmeyer siap untuk dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,025 N).
- 6) Menambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

$$\text{Perhitungan : } \text{BOD}_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P}$$

Keterangan:

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

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

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

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

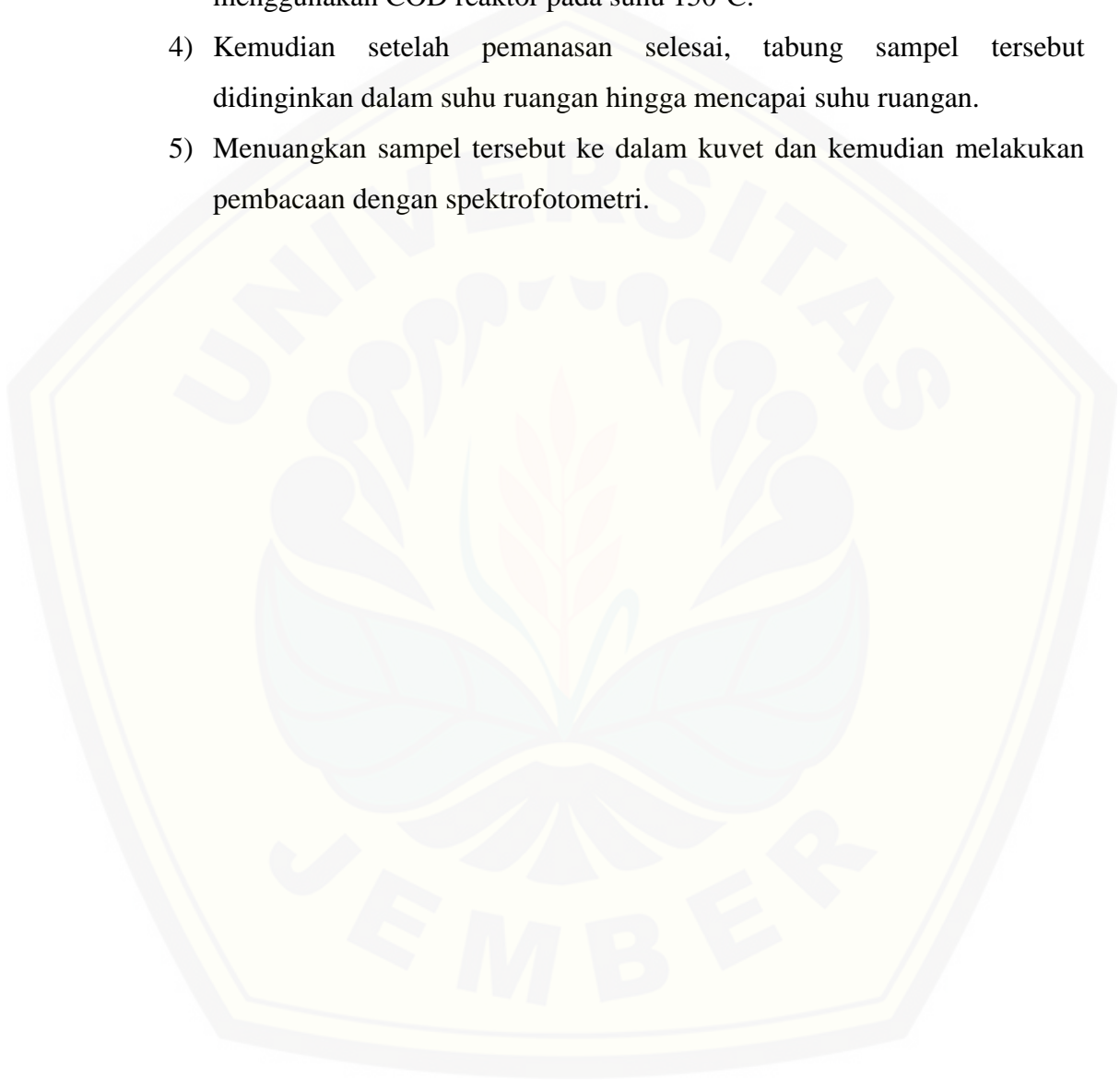
P = derajat pengenceran

D.4 Prosedur Pengukuran COD

Prosedur untuk mengukur COD adalah sebagai berikut.

- 1) Membuat 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.
- 3) Memanaskan tabung blanko dan sampel tersebut selama 2 jam dengan menggunakan COD reaktor pada suhu 150⁰C.
- 4) Kemudian setelah pemanasan selesai, tabung sampel tersebut didinginkan dalam suhu ruangan hingga mencapai suhu ruangan.
- 5) Menuangkan sampel tersebut ke dalam kuvet dan kemudian melakukan pembacaan dengan spektrofotometri.



LAMPIRAN E. DOKUMENTASI PENELITIAN



Tempat pengambilan limbah kopi



Penimbangan eceng gondok



Pembuatan penutup reaktor



Pembuatan reaktor dan manometer