

**PENINGKATAN BIODEGRADABILITAS ONGGOK
UNTUK PRODUKSI BIOGAS MENGGUNAKAN KULTUR
BACKSLOP *Aspergillus Niger***

(Skripsi)

Oleh

EKA AGUSTINA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE USE OF BACKSLOP CULTURE OF ASPERGILLUS NIGER TO IMPROVE THE BIODEGRADABILITY OF ONGGOK FOR BIOGAS

By

EKA AGUSTINA

The purposes of this experiment were to obtain the optimum concentration of backslop culture in the mix of onggok and biogas waste water to produce the highest S-COD value and to know the content of changes of SCOD, pH, TSS, and TS. The fermentation of Onggok using Backslop culture *Aspergillus Niger* using two factors that are concentration of Backslop culture 0%, 20%, 30% and 40% and fermentation time 0, 1, 3 and 5 days. The results showed that the culture concentration of backslop and long-optimum fermentation that resulted in a total of soluble chemical oxygen demand (S-COD) is the highest concentration treatment of Reslop *Aspergillus Niger* 30% with the duration of fermentation 3 Day with the value 6924.5 mg/L. Back-slopping fermentation, it produces soluble chemical oxygen demand (S-COD) value which continues to increase while pH, total suspended solid

(TSS), and total solid (TS) continue to decline until the duration of fermentation 5 days.

Keywords: *Aspergillus niger*, biogas, pretreatment of onggok, soluble chemical oxygen demand, tapioca industrial

ABSTRAK

PENINGKATAN BIODEGRADABILITAS ONGGOK UNTUK PRODUKSI BIOGAS MENGGUNAKAN KULTUR BACKSLOP *Aspergillus Niger*

Oleh

EKA AGUSTINA

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan konsentrasi kultur backslop optimum pada campuran onggok dan air effluent biogas untuk menghasilkan nilai S-COD tertinggi dan mengetahui kandungan perubahan SCOD, pH, TSS, dan TS. Fermentasi onggok menggunakan kultur backslop *Aspergillus niger* menggunakan dua faktor yaitu konsentrasi kultur backslop 0%, 20%, 30% dan 40% dan lama fermentasi 0, 1, 3 dan 5 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kultur backslop dan lama fermentasi optimum yang menghasilkan total soluble chemical oxygen demand (S-COD) tertinggi yaitu perlakuan konsentrasi kultur backslop *Aspergillus niger* 30% dengan lama fermentasi 3 hari dengan nilai sebesar 6924,5 mg/L. Fermentasi onggok dengan kultur backslop menghasilkan nilai soluble chemical oxygen demand (S-COD) yang terus mengalami peningkatan sedangkan pH, total suspended solid

(TSS), dan total solid (TS) terus mengalami penurunan hingga lama fermentasi 5 hari.

Kata Kunci : *Aspergillus niger*, Biogas, Pretreatment onggok, Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD), Industri Tapioka.

**PENINGKATAN BIODEGRADABILITAS ONGGOK UNTUK
PRODUKSI BIOGAS MENGGUNAKAN KULTUR BACKSLOP**
Aspergillus Niger

Oleh

EKA AGUSTINA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENINGKATAN BIODEGRADABILITAS
ONGGOK UNTUK PRODUKSI BIOGAS
MENGUNAKAN KULTUR BACKSLOP
*Aspergillus Niger***

Nama Mahasiswa : **Eka Agustina**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514051025

Jurusan/Program Studi : Teknologi Hasil pertanian

Fakultas : Pertanian



Prof. Dr. Eng. Ir Udin Hasanudin, M.T.
NIP. 19640106 198803 1 002


Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc.
NIP. 19621129 198703 2 002

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Ir. Susilawati, M. Si.
NIP. 19610806 198702 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T. 

Sekretaris : Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc. 

**Penguji
Bukan Pembimbing: Dr. Ir. Suharyono, A.S., M.S.** 

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Lampung**



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Juli 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Eka Agustina NPM 1514051025

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2019
Pembuat pernyataan



Eka Agustina
NPM. 1514051025

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Adiluwih pada tanggal 19 Agustus 1997.

Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nurkholis dan Ibu Maida. Penulis memiliki dua orang adik bernama Dedek Puspita Rini dan Mar'atus Sholeha. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri Air Ringkih Way Kanan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Rebang Tangkas Way Kanan pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas Yayasan Pembina Universitas Lampung (SMA YP Unila) pada tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur undangan atau Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Talang Jawa, Kecamatan Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada bulan Januari – Februari 2018. Penulis Melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Kalirejo Lestari (Sinar Jaya Agro Investama Group) Lampung Tengah dan menyelesaikan lapotan PU yang berjudul “Mempelajari Analisis

Mutu Produk CPO PT. Kalirejo Lestari” pada bulan Agustus 2018. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan diantaranya Sekretaris Umum PMII Komisariat Universitas Lampung periode 2018/2019, Ketua Rayon Fakultas Pertanian PMII Universitas Lampung periode 2017/2018, Sekretaris Umum UKM Bola Voli Universitas Lampung periode 2017/2018, Staff ahli Sekretaris Kabinet BEM U KBM Unila periode 2016, Staff ahli Sekretaris Kabinet BEM U KBM Unila periode 2017.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas nikmat dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Peningkatan Biodegradabilitas Onggok untuk Produksi Biogas menggunakan Kultur Backslop *Aspergillus Niger*”. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku pembimbing satu skripsi sekaligus pembimbing akademik (PA) atas bimbingan, arahan, saran, dan motivasi yang diberikan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.

4. Ibu Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc., selaku pembimbing dua atas bimbingan, arahan, saran, dan motivasi yang diberikan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Suharyono A.S., M.S., selaku pembahas atas saran dan evaluasi, terhadap karya penulis.
6. Seluruh dosen pengajar atas ilmu yang diberikan selama perkuliahan serta teknisi Laboratorium Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas bantuan selama penelitian.
7. Kedua orang tua dan adik-adik tercinta yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dan selalu menyertai penulis.
8. Teman-teman, kakak-kakak, dan adik-adik di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas dukungan semangat dan motivasi kepada penulis.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan amal perbuatan semua pihak diatas. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, Agustus 2019
Penulis

Eka Agustina

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Tujuan Penelitian.....	5
1.3. Kerangka Pemikiran.....	6
1.4. Hipotesis.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Air Limbah Industri Tapioka.....	10
2.2. Karakteristik Limbah Cair Tapioka.....	11
2.2.1. PH.....	11
2.2.2. Chemical Oxygen Demand (COD).....	11
2.2.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD).....	12
2.2.4. Total Suspended Solid (TSS).....	13
2.2.5. Total Solid (TS).....	13
2.3. Onggok.....	14
2.4. Pati.....	15
2.5. Perlakuan Awal (Pretreatment) Onggok.....	16
2.6. Kapang <i>Aspergillus Niger</i>	17
2.7. Fermentasi.....	18
2.8. Pembentukan Biogas	21
2.8.1. Pembentukan Biogas.....	21
2.8.2. Tahapan Dekomposisi Bahan Organik menjadi Biogas.....	22

III. BAHAN DAN METODE	26
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.2. Bahan dan Alat.....	26
3.3. Metode Penelitian.....	27
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.5. Pengamatan	30
3.5.1 Total Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD) Metode Refluks Tertutup.....	30
3.5.2 Pengukuran pH Metode Potensiometri	30
3.5.3 Total Solid (TSS) Metode Gravimetri.....	31
3.5.4 Total Suspended Solid (TS) Metode Gravimetri.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Total Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD).....	33
4.2 pH.....	37
4.3 Total Solid (TSS).....	40
4.4 Total Suspended Solid (TS)	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan nutrisi air limbah tapioka.....	10
2. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tapioka.....	11
3. Komposisi kimia onggok.....	14
4. Komposisi Biogas	22
5. Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% untuk Nilai total soluble chemical oxygen demand (S-COD) interaksi antara konsentrasi kultur backslop <i>Aspergillus niger</i> dan lama fermentasi.....	34
6. Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% untuk nilai pH perlakuan konsentrasi kultur backslop	38
7. Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% untuk nilai pH perlakuan lama fermentasi	38
8. Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% untuk nilai TS perlakuan konsentrasi kultur backslop.....	41
9. Hasil uji lanjut Duncan pada taraf 5% untuk nilai TSS perlakuan konsentrasi kultur backslop.....	43

10. Hasil pengukuran SCOD masing-masing perlakuan	52
11. Uji Kehomogenan (Kesamaan) Ragam (<i>Bartlett's test</i>) SCOD.....	53
12. Tabel Analisis Sidiq Ragam SCOD	54
13. Uji duncan nilai SCOD terhadap faktor K (Konsentrasi backslop)	54
14. Uji duncan nilai SCOD terhadap faktor T (Lama fermentasi)	54
15. Uji duncan nilai SCOD terhadap interaksi faktor KT	55
16. Nilai pH masing-masing perlakuan	56
17. Uji Kehomogenan nilai pH	57
18. Analisis Sidiq Ragam Nilai pH	58
19. Uji duncan nilai pH terhadap faktor K (Konsentrasi backslop)	58
20. Uji duncan nilai pH terhadap faktor T (Lama fermentasi)	58
21. Nilai total solid (TS) masing-masing perlakuan	59
22. Uji Kehomogenan Nilai TS	60
23. Analisis Sidiq Ragam Nilai TS	61
24. Uji duncan nilai total solid (TS) terhadap faktor T	61

25. Nilai TSS masing-masing perlakuan	62
26. Uji Kehomogenan Nilai TS	63
27. Analisis Ragam Nilai TS	64
28. Uji duncan nilai total suspended solid (TS) terhadap faktor T	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	6
2. Struktur amilosa dan amilopektin	16
3. Diagram alir dekomposisi bahan organik menjadi biogas	23
4. Diagram alir pelaksanaan penelitian	29
5. Starter <i>Aspergillus niger</i>	65
9. Perbanyak <i>Aspergillus niger</i> pada media PDA dalam cawan petri.....	65
7. Spora <i>Aspergillus niger</i> 120 jam inkubasi pada media PDA	66
10. Bahan baku onggok basah dengan kadar air 77% dari industri tapioka	66
11. Bahan baku air outlet dari biogas reaktor sebagai campuran pada onggok.....	67
12. Campuran onggok konsentrasi 7,5% dan air biogas reaktor dalam Erlenmeyer 1000 mL dengan volume kerja 600 mL	67

13. Penambahan spora <i>Aspergillus niger</i> 0,1% pada campuran onggok dan air effluent biogas reaktor	68
14. Inkubasi campuran onggok dan air effluent biogas reaktor yang sudah ditambahkan kultur backslop pada suhu ruang (30-32°C) pada kecepatan pengadukan 300 rpm	68
13. Pemanasan sampel pretreatment dan COD reagen pada HACH DRB200 pada suhu 150°C selama 120 menit	69
15. Contoh reaksi sampel pada uji COD reagen yang telah dipanaskan dengan suhu 150°C selama 120 menit	69
15. Pengukuran COD dengan alat spektrofotometer	70
16. Sentrifugasi untuk pemisahan pelet dengan supernatan dengan alat sentrifuge pada kecepatan 3500 rpm selama 15 menit	70
17. Pengukuran pH menggunakan pH meter	71
18. Pengovenan cawan untuk pengukuran <i>Total Solid</i>	71

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri tapioka merupakan industri yang mengolah bahan baku utama ubi kayu menjadi tepung tapioka. Industri tapioka berkembang cukup pesat, hal ini disebabkan karena ketersediaan bahan baku ubi kayu yang relatif banyak. Provinsi Lampung tahun 2015 memiliki luas panen ubi kayu sebesar 279.226 hektar dengan produksi per tahun mencapai 7.387.084 ton (Badan Pusat Statistik, 2016). Pesatnya perkembangan industri tapioka membawa dampak bagi lingkungan, baik dampak positif maupun negatif. Dampak positif dapat dirasakan dari terpenuhinya kebutuhan hidup sehari-hari sedangkan dampak negatif berupa limbah buangan industri yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari industri tapioka berupa limbah padat, air limbah, dan gas. Limbah industri tapioka yang sangat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan adalah air limbah tapioka.

Air limbah tapioka berasal dari proses sortasi singkong, pengupasan kulit, pelumatan, ekstraksi (penambahan air, pengepresan dan penyaringan), pengendapan, pengeringan, dan penepungan (Koswara, 2013). Air limbah industri tapioka dihasilkan dalam jumlah besar yaitu sebesar 5000 liter per ton singkong yang diolah menjadi tapioka (Aprizal, 2011). Kandungan padatan

tersuspensi air limbah tapioka yaitu 1.500-5.000 mg/L dan COD berkisar 7.000 – 30.000 mg/L (Prayitno, 2008). Air limbah industri tapioka dengan kandungan bahan organik tinggi sangat berpotensi untuk dijadikan biogas.

Biogas adalah energi yang dihasilkan melalui perombakan bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerob. Komposisi utama dari biogas adalah gas metana (CH_4) 54-65%, karbon dioksida (CO_2) 27-30%, hidrogen sulfida (H_2S) 0-3%, sedikit gas lainnya dan uap air (Harsono, 2013). Biogas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan bahan bakar motor atau genset (Haryanto, 2014). Biogas yang dihasilkan dari proses perombakan air limbah tapioka dapat menghasilkan gas CH_4 (metana) sebesar 20,0 – 35,0 m^3/ton singkong (Adnan 2009). Biogas tersebut belum memenuhi kebutuhan energi pabrik tapioka khususnya pabrik tapioka skala kecil dengan kapasitas kurang dari 200 ton singkong per hari. Semakin banyak kandungan bahan organik dalam air limbah maka semakin tinggi produksi biogas yang dihasilkan. Oleh sebab itu perlu penambahan sumber bahan baku organik untuk memenuhi kebutuhan dalam memproduksi biogas. Salah satu bahan baku organik yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas pada industri tapioka adalah ongkok.

Ongkok merupakan limbah padat hasil samping pengolahan ubi kayu menjadi tapioka. Ongkok yang dihasilkan dari proses pembuatan tepung tapioka berkisar 15-30% dari bobot bahan bakunya dengan kadar air 20% (Nuraini dkk, 2009). Kandungan pati pada ongkok (basis kering) yaitu sekitar 65,5% (Djuma'ali, 2013). Kandungan pati yang tinggi harus dilakukan perombakan pati menjadi gula sederhana agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas. Penelitian

pendahuluan pretreatment perlu dilakukan untuk merombak pati salah satunya menggunakan mikroorganisme yang mampu memecah senyawa polisakarida menjadi gula sederhana. Mikroorganisme yang mampu memecah pati menjadi gula sederhana antara lain *Aspergillus niger* (Sopandi dkk, 2015).

Aspergillus niger adalah kapang yang menghasilkan enzim amilase, selulase dan pektinase dan dapat memecah senyawa polisakarida menjadi disakarida.

Disakarida hasil degradasi dihidrolisis menjadi monosakarida (gula sederhana) dalam sel oleh enzim spesifik (Sopandi, 2015). Penelitian pretreatment onggok menggunakan *Aspergillus niger* dilakukan oleh Ega (2018) menggunakan kultur murni. Namun, aplikasi kultur murni pada skala industri kurang applicable atau kurang efisien karena membutuhkan biaya, waktu, dan tenaga yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem rancangan proses fermentasi back-slopping.

Fermentasi back-slopping adalah salah satu metode dalam proses fermentasi yang menggunakan kultur dari proses fermentasi sebelumnya. Kultur backslop bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi, mempermudah aplikasi, dan meningkatkan peluang keberhasilan pembuatan produk. Kultur backslop pada penelitian ini digunakan untuk mendegradasi onggok menjadi gula sederhana.

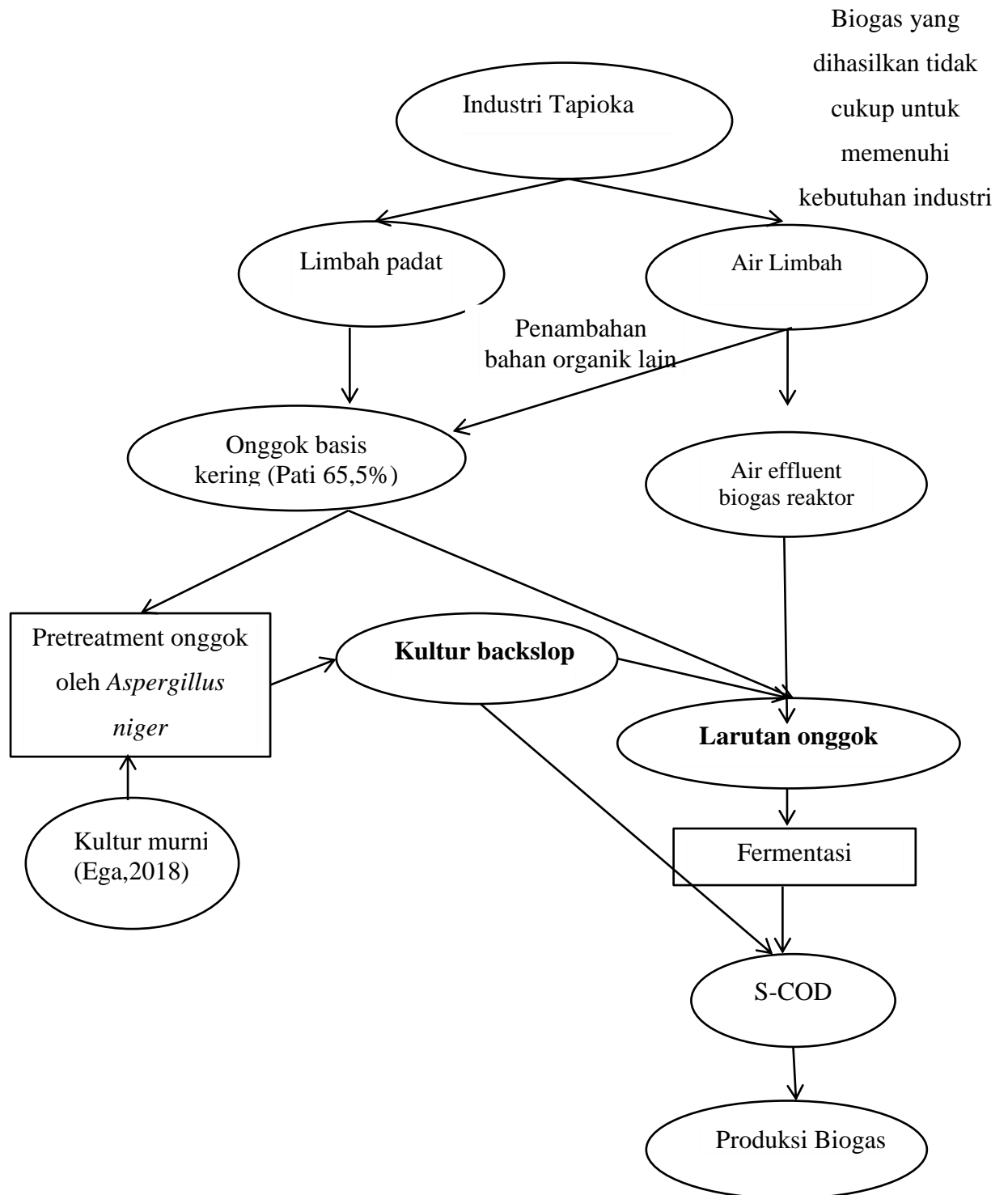
Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh mikroorganisme. Biodegradabilitas merupakan kata sifat yang menunjukkan kualitas yang digambarkan terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme. Penggunaan metode backslop ini diharapkan mampu meningkatkan biodegradabilitas onggok untuk pembuatan biogas. Peningkatan biodegradabilitas onggok dapat dilihat dari nilai parameter

Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) sebagai indikasi telah terjadi degradasi senyawa polisakarida. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan biodegradabilitas onggok menggunakan kultur backslop yang dilihat dari nilai Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) sehingga dapat meningkatkan kinerja proses pembuatan biogas dan biogas yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan industri tapioka.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan konsentrasi kultur backslop optimum pada larutan onggok untuk menghasilkan nilai S-COD tertinggi.
2. Mengetahui dan menghitung kandungan perubahan SCOD, pH, TSS, dan TS dari hasil fermentasi onggok menggunakan kultur backslop.

1.3. Kerangka Penelitian



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

Industri tapioka menghasilkan air limbah dan limbah padat berupa onggok. Air limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan singkong menjadi tapioka yaitu sebesar 5000 liter per ton singkong (Aprizal, 2011). Kandungan padatan tersuspensi yaitu 1.500-5.000 mg/L dan COD berkisar 7.000 – 30.000 mg/L (Prayitno, 2008). Air limbah industri tapioka yang dihasilkan mengandung bahan organik yang tinggi. Degradasi senyawa organik secara anaerobik pada air limbah menghasilkan gas metana (CH₄) sebesar 20,0 – 35,0 m³/ton singkong (Adnan 2009). Biogas atau gas metan bersifat mudah terbakar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Biogas yang dihasilkan belum memenuhi kebutuhan energi pabrik tapioka khususnya pabrik tapioka skala kecil dengan kapasitas kurang dari 200 ton singkong per hari. Oleh sebab itu perlu penambahan sumber bahan baku organik (feed stock) untuk memenuhi kebutuhan biogas, salah satunya adalah onggok.

Onggok merupakan limbah padat agroindustri pembuatan tepung tapioka. Onggok memiliki kandungan utama yaitu pati dan serat kasar. Menurut Djuma'ali (2013), onggok (basis kering) memiliki komposisi pati 65,5%. Kandungan pati pada onggok tidak ikut terambil pada proses ekstraksi. Kandungan pati yang tinggi disebabkan karena pati terjebak dalam matriks polimer kompleks (Sriroth, 2000). Pati onggok harus dipecah menjadi gula sederhana agar dapat dimanfaatkan mikroba pengurai menjadi biogas. Penelitian pendahuluan pretreatment perlu dilakukan untuk merombak pati salah satunya menggunakan mikroorganisme yang mampu memecah pati menjadi gula sederhana. Mikroorganisme yang mampu memecah pati menjadi gula sederhana antara lain *Aspergillus niger*.

Aspergillus niger adalah kapang yang menghasilkan enzim ekstraseluler yaitu selulase, amilase dan pektinase untuk mendegradasi polisakarida menjadi disakarida. Disakarida hasil degradasi dihidrolisis menjadi monosakarida dalam sel oleh enzim spesifik (Sopandi dkk, 2015). Penelitian pretreatment onggok dilakukan oleh Ega (2018) menggunakan kultur murni *Aspergillus niger*. Namun, aplikasi kultur murni pada skala industri kurang efisien karena membutuhkan banyak biaya, waktu, dan tenaga. Oleh karena itu, diperlukan sistem rancangan proses fermentasi back-slopping.

Fermentasi back-slopping merupakan fermentasi menggunakan sebagian hasil fermentasi produk sebelumnya yang diinokulasikan ke bahan baku baru. Hasil fermentasi sebelumnya diharapkan mengandung mikroorganisme yang dapat melakukan fermentasi pada bahan baku sehingga menghasilkan produk yang sejenis (Hutkins, 2006). Kultur backslop bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi, mempermudah aplikasi, dan meningkatkan peluang keberhasilan pembuatan produk. Penelitian Utama (2014) penggunaan teknologi backslop pada pembuatan tempe dapat menurunkan total biaya produksi per hari sebesar 4,8% dibandingkan produksi tanpa penerapan backslop. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan biodegradabilitas onggok menggunakan kultur backslop yang dilihat dari nilai Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) sehingga dapat meningkatkan kinerja proses pembuatan biogas dan biogas yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan industri tapioka.

1.4. Hipotesis

1. Terdapat konsentrasi kultur backslop dan lama pretreatment optimum yang menghasilkan total soluble chemical oxygen demand (S-COD) tertinggi.
2. Fermentasi onggok dengan kultur backslop mempengaruhi perubahan nilai SCOD, pH, TS, dan TSS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Industri Tapioka

Air limbah industri tapioka merupakan limbah hasil pengolahan ubi kayu menjadi tapioka. Limbah tersebut berasal dari proses sortasi singkong, pengupasan kulit, pelumatan, ekstraksi (penambahan air, pengepresan dan penyaringan), pengendapan, pengeringan, dan penepungan (Koswara, 2013). Menurut Adnan (2009) bahwa air limbah yang dihasilkan memiliki jumlah besar yaitu $\pm 20 \text{ m}^3/\text{ton}$ tapioka atau $\pm 5 \text{ m}^3/\text{ton}$ singkong. Kandungan bahan organik pada air limbah industri tapioka sangat tinggi. Berikut adalah kandungan air limbah tapioka yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan nutrisi air limbah tapioka

Nutrisi	Nilai kisaran/100 gram
Karbohidrat	25,37 gram
Lemak	0,19 gram
Serat	1,2 gram
Protein	0,91 gram

Sumber : Affandi, dkk (2008)

Air limbah industri tapioka akan mencemari lingkungan apabila tidak segera dilakukan penanganan limbah. Besar atau kecilnya pencemaran limbah organik diukur oleh Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), pH, dan total padatan terlarut (TSS). Parameter tersebut harus memenuhi

baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Baku mutu limbah cair industri tapioka telah ditetapkan dan harus dipenuhi sebelum dibuang ke lingkungan. Baku mutu limbah industri tapioka disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tapioka

Parameter	Kadar Maksimum
COD	300 mg/L
BOD ₅	150 mg/L
TSS	100 mg/L
Sianida	0,3 mg/L
pH	6,0 – 9,0
Debit Limbah Maksimum	30m ³ per ton tapioca

Sumber: Harsono (2013)

2.2. Karakteristik Limbah Cair Tapioka

2.2.1. pH

pH menyatakan intensitas keasaman dari limbah tersebut. Penurunan pH menandakan bahwa di dalam air limbah tapioka ini sudah terjadi aktifitas jasad renik yang mengubah bahan organik yang mudah terurai menjadi asam-asam. Air limbah tapioka yang masih segar mempunyai pH 6-6,5 akan turun menjadi sekitar 4. Skala pH berkisar antara 1-14 dengan kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Siska, 2018).

2.2.2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi oleh senyawa pengoksidasi (Suharto,

2017). Nilai COD merupakan parameter untuk menentukan kandungan organik pada suatu bahan atau limbah. Semua bahan organik dioksidasi baik secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis (Effendy, 2003).

Menurut Haryanto dan Hasanudin (2011) industri tapioka dapat menghasilkan limbah cair dengan COD sebesar 18.000 – 25.000 mg/l. Nilai COD tinggi dapat mencemari lingkungan tetapi nilai COD tinggi juga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energy yaitu biogas (gas metana) yang diperoleh dari proses fermentasi anaerobik.

2.2.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri dalam merombak bahan organik selama masa inkubasi. Degradasi bahan organik dilakukan oleh mikroorganismenya selama 5 hari dan 20 hari pada suhu baku normal (20°C). Semakin tinggi kandungan bahan organik suatu air limbah, maka konsentrasi BOD akan semakin tinggi. Tidak semua kandungan bahan organik dapat didegradasi oleh mikroorganismenya, oleh karena itu biasanya nilai BOD setengah atau sepertiga dari nilai COD. Menurut Setyawati *et al* (2011) limbah cair tapioka dengan COD 7.000 – 30.000 mg/l memiliki nilai BOD sebesar 3.000 – 7.500 mg/l. Prinsip pengukuran BOD adalah mengukur kandungan bahan organik sebelum dan setelah degradasi oleh mikroorganismenya (Situmorang, 2007).

2.2.4. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan ukuran partikel 0,45 mikron filter (Suharto, 2017). TSS dapat berupa lumpur, tanah liat, logam oksida, ganggang, dan lain-lain. TSS menyebabkan kekeruhan bersifat tidak terlarut dan tidak dapat mengendap. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen. TSS adalah jumlah bobot bahan tersuspensi dalam volume air yang dinyatakan dalam mg/L atau ppm. Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesa (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

2.2.5. Total Solid (TS)

Total solid (TS) merupakan semua padatan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103 – 105°C. Total solid terdiri atas bahan terlarut (dissolved solid) dan padatan tidak terlarut (suspended solid). Total solid mempengaruhi kualitas air limbah dari dispersi besar hingga sangat kecil.

Pengukuran total solid didasarkan pada sampel air yang dikeringkan pada temperatur diatas titik uap air pada waktu tertentu hingga seluruh air menguap. Berat sampel yang tertinggal ditimbang sebagai berat total solid per satuan liter (mg/L) (Suciastuti, 1991 dalam Vegantara 2009).

2.3. Onggok

Onggok merupakan limbah padat agroindustri pembuatan tepung tapioka. Onggok dapat dijadikan sebagai sumber karbon karena masih mengandung pati sebanyak 75% dari bobot kering yang tidak terekstrak. Akan tetapi, kandungan protein kasarnya tergolong rendah, yaitu 1.04% dari bobot kering. Banyaknya onggok yang dihasilkan dari proses pembuatan tepung tapioka berkisar 15-30% dari bobot bahan bakunya dengan kadar air 20% (Nuraini dkk, 2009). Onggok juga termasuk limbah organik yang banyak mengandung karbohidrat, protein, dan glukosa. Senyawa organik tersebut dapat dijadikan sebagai substrat bakteri penghasil gas metan untuk proses fermentasi menjadi biogas. Onggok memiliki komposisi kimia sebagai berikut.

Tabel 3 . Komposisi kimia onggok

Komposisi Kimia	Jumlah presentase (%)
Air	- (basis kering)
Protein	3,1
Lemak	0,2
Abu	5,7
Serat Kasar	13,1
Pati	65,5

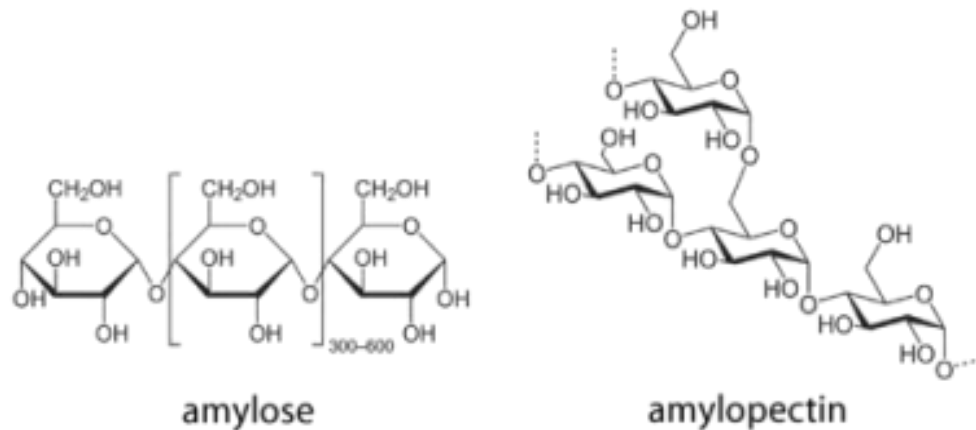
Sumber: Djuma'ali (2013).

Sifat fisik onggok hasil samping tepung tapioka diantaranya adalah sukar larut dalam air dan sulit dicerna oleh pencernaan manusia. Hal itu dikarenakan onggok mengandung senyawa partikel yang disebut ligniselulosa. Ligniselulosa merupakan senyawa polimer sakarida kompleks semi kristal yang tersusun atas lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Senyawa tersebut menjadi bahan dasar dinding sel suatu tumbuhan (Dharmawan, 2012).

2.4. Pati

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati terdiri dari butiran-butiran kecil yang disebut granula. Menurut Moorthy (2004), ukuran granula tapioka menunjukkan variasi yang besar yaitu sekitar 5-40 μm dengan bentuk bulat dan oval. Pati adalah suatu polisakarida yang mengandung amilosa dan amilopektin.

Amilosa merupakan rantai lurus yang terdiri dari molekul-molekul glukosa yang berikatan I-(1,4)-D-glukosa . Panjang polimer dipengaruhi oleh sumber pati dan akan mempengaruhi berat molekul amilosa. Pada umumnya amilosa dari umbi-umbian mempunyai berat molekul yang lebih besar dibandingkan dengan berat molekul amilosa serealia, dengan rantai polimer lebih panjang daripada rantai polimer amilosa serealia (Moorthy, 2004). Jumlah atau kadar amilosa pati pada singkong berada pada kisaran 20-27% mirip dengan pati tanaman lain. Pada dasarnya, struktur amilopektin sama seperti amilosa, yaitu terdiri dari rantai pendek I-(1,4)D-glukosa dalam jumlah yang besar. Perbedaannya ada pada tingkat percabangan yang tinggi dengan ikatan I-(1,6)-D-glukosa dan bobot molekul yang besar. Amilopektin juga dapat membentuk kristal, tetapi tidak sereaktif amilosa. Hal ini terjadi karena adanya rantai percabangan yang menghalangi terbentuknya kristal (Taggart, 2004). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 2. Struktur amilosa dan amilopektin (Chaplin, 2006)

2.5. Perlakuan Awal (Pretreatment) Onggok

Perlakuan awal (pretreatment) merupakan perlakuan yang dilakukan sebelum proses utama. Pretreatment onggok dilakukan dengan melakukan berbagai perlakuan pada onggok sebelum diolah menjadi biogas. Pretreatment bertujuan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, serta mengurangi kiralinitas selulosa. Pretreatment dapat dilakukan secara fisik, fisiko-kimia, kimia, biologis, maupun kombinasi diantaranya (Sun dan Cheng, 2002).

1. Perlakuan pendahuluan secara fisik dapat dilakukan dengan penggilingan dan penepungan untuk mengurangi kiralinitas dan memperkecil ukuran.
2. Perlakuan pendahuluan secara fisiko-kimia, antara lain dengan melakukan steam explosion, ammonia fiber explosion, dan CO₂ explosion. Pada metode ini partikel biomassa dipaparkan pada suhu dan tekanan tinggi, kemudian tekanannya diturunkan secara cepat sehingga bahan mengalami dekomposisi eksplosif.

3. Perlakuan pendahuluan secara kimia, diantaranya adalah ozonolisis, hidrolisis asam, hidrolisis alkali, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv
4. Perlakuan secara biologi. Pada metode ini digunakan mikroorganisme, seperti khamir pelapuk cokelat, khamir pelapuk putih, khamir pelunak untuk degradasi ligniselulosa, serta bakteri maupun kapang penghasil enzim yang dapat memutus ikatan ligniselulosa.

Beragamnya bahan ligniselulosa membuat tidak ada satupun metode perlakuan pendahuluan yang berlaku secara umum karena berbeda bahan baku akan memerlukan perlakuan pendahuluan yang berbeda pula (Samsuri, 2007).

Pretreatment onggok dapat menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan enzim dan memecah ikatan pati onggok. Pretreatment onggok menggunakan mikroorganisme dilakukan dengan fermentasi onggok sebelum onggok dicampurkan pada limbah cair untuk produksi biogas. Fermentasi onggok merupakan salah satu cara pada pretreatment untuk memecah ikatan pati menjadi gula sederhana. Salah satu mikroorganisme yang digunakan untuk meningkatkan produksi biogas adalah *Aspergillus niger* (Romli, 2010).

2.6. Kapang *Aspergillus niger*

Aspergillus niger merupakan fungi dengan genus *Aspergillus niger* yang terdapat dalam family *Trichocomaceae*. *Aspergillus niger* merupakan kapang yang dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis asam. *Aspergillus niger* menghasilkan beberapa jenis enzim seperti pektinase, α -amylase, asparaginase, selulase, proteinase, lipase, katalase, glukosa oksidase dan fitase (Romli, 2010).

Molekul-molekul sederhana seperti monosakarida dapat langsung diserap oleh hifa. Molekul kompleks seperti pati atau selulosa harus dipecah menjadi molekul sederhana oleh enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh *Aspergillus niger*.

Molekul sederhana yang dipecah enzim ekstraseluler *Aspergillus niger* langsung diserap hifa menghasilkan metabolit asam (Ferdiaz, 1992).

Aspergillus niger merupakan mikroba jenis kapang mesofilik dan memiliki sifat pertumbuhan seperti suhu, kelembaban, dan pH tertentu. Suhu pertumbuhan *Aspergillus niger* yaitu minimum 6-8 °C, maksimum 45-47 °C, dan optimum pada suhu 35 – 37°C. pH tumbuh kapang *Aspergillus niger* yaitu antar 2,2 – 8,8 dan optimum pertumbuhan adalah antara 4,5 – 6,5. Kelembaban sebesar 80 – 90 % dan bersifat aerobik sehingga memerlukan oksigen yang cukup (Fardiaz, 1988).

2.7. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses untuk menghasilkan produk dengan melibatkan aktivitas mikroba secara terkontrol, baik dalam kondisi aerob maupun anaerob.

Fermentasi dilakukan dalam fermentor yang berisi medium dengan kandungan nutrisi yang cukup dan kondisi medium yang optimal untuk pertumbuhan dan sintesis produk yang diinginkan, baik suhu, pH, aerasi maupun homogenitas

Fermentasi merupakan suatu teknik konversi secara biologis terhadap substrat kompleks menjadi senyawa sederhana (Subramaniam, 2012). Perombakan komponen kompleks menjadi senyawa sederhana pada fermentasi menggunakan kerja mikroorganisme.

Fermentasi berdasarkan substrat yang digunakan dibedakan menjadi fermentasi substrat padat (solid substrate fermentation) dan fermentasi tercelup (submerged fermentation). Fermentasi media padat (solid state fermentation) merupakan proses fermentasi menggunakan substrat padat. Solid state fermentation (SSF) memiliki kandungan atau konsentrasi substrat yang padat. Sehingga senyawa kompleks memiliki jumlah besar. SSF memiliki beberapa keuntungan yaitu medium yang digunakan lebih sederhana, biaya lebih murah, tidak memerlukan aerasi pada fermentasi aerobik, ruang fermentasi lebih kecil, dan produk dapat dipanen dengan mudah (Subramaniam, 2012).

Fermentasi terendam atau tercelup (submerged fermentation) merupakan fermentasi dengan substrat mengandung air dalam jumlah tinggi. Submerged fermentation (SmF) adalah fermentasi yang mengandung air dalam jumlah besar dan kelembaban tinggi. SmF memiliki kelebihan yaitu mudah dalam pengaturan kondisi, meningkatkan kontak mikroba terhadap substrat, fermentasi lebih cepat dan seragam, dan pemurnian mudah (Subramaniam, 2012). SmF lebih baik untuk produksi glukosa oleh *Aspergillus niger* karena lama fermentasi lebih cepat dan seragam sehingga potensi glukosa lebih tinggi pada waktu yang sama.

Metode fermentasi berdasarkan sumber mikroorganisme yang digunakan dapat dibagi menjadi 3 yaitu natural fermentation, controlled fermentation, dan back-slopping. Natural fermentation merupakan proses fermentasi yang terjadi secara spontan, melibatkan mikroorganisme indigenous, dan memerlukan kondisi lingkungan yang tepat. Kelemahan metode tersebut adalah membutuhkan proses yang relatif lama, produk yang dihasilkan memiliki mutu tidak stabil,

kemungkinan gagal cukup tinggi, serta rentan dicemari oleh bakteri pathogen (Adams & Nout, 2001). Controlled fermentation merupakan proses fermentasi dengan skala industri menggunakan pure culture. Kultur yang digunakan berasal dari kultur tunggal atau kultur campuran. Kelebihan metode ini adalah dapat menghasilkan produk dalam jumlah besar, produk yang dihasilkan relative stabil, dan tingkat kegagalan serta pencemaran oleh bakteri patogen relatif rendah.

Back-slopping merupakan proses fermentasi menggunakan sebagian hasil fermentasi produk sebelumnya yang diinokulasikan ke bahan baku baru. Hasil produk fermentasi sebelumnya diharapkan mengandung mikroorganisme yang dapat melakukan fermentasi pada bahan baku baru sehingga menghasilkan produk yang sejenis (Hutkins, 2006). Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu proses fermentasi lebih cepat dan keberhasilan fermentasi cukup tinggi dibandingkan dengan natural fermentation. Kelamahan metode back-slop adalah apabila digunakan dalam jangka waktu yang lama, kemungkinan akan terjadi penurunan mutu produk. Selain itu, tingkat kegagalan metode tersebut cukup tinggi dibandingkan controlled fermentation (Ray & Bhunia, 2008).

Fermentasi dapat dilakukan dalam skala laboratorium, skala pilot plan dan skala industri. Fermentasi skala laboratorium digunakan untuk uji coba kemampuan mikroba atau untuk penelitian yang terkait dengan peningkatan produksi oleh mikroba. Fermentasi skala pilot plan digunakan untuk mendesain proses fermentasi yang akan diterapkan dalam industri. Fermentasi skala industri adalah untuk memproduksi produk dalam jumlah maksimal hingga dapat digunakan oleh konsumen. Prosedur perpindahan fermentasi dari skala laboratorium ke skala

industri disebut juga dengan scale-up atau peningkatan proses. Scale-up perlu dilakukan karena selama fermentasi terjadi perubahan lingkungan internal fermentor, yang dapat memengaruhi aktivitas dan produktivitas mikroba. Pada fermentasi skala laboratorium digunakan fermentor gelas 1-5 liter, skala pilot plant 300 - 3000 liter dan pada tahap industri digunakan fermentor 10.000 – 400.000 liter (Subramaniam, 2012).

2.8. Pembentukan Biogas

2.8.1. Pengertian Biogas

Biogas merupakan teknologi pembentukan sumber energi melalui perombakan bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerob. Penguraian bahan organik dilakukan oleh bakteri metanogenesis yang menghasilkan CH_4 sebesar 65%, CO_2 30%, H_2S 1%. Komposisi biogas yang dihasilkan tergantung dari jenis bahan organik yang didegradasi (Suharto, 2017). Produksi biogas, semua jenis limbah organik dapat digunakan sebagai substrat seperti limbah dapur, kebun, kotoran sapi, limbah industri dan buangan domestik. Sumber biomassa atau limbah yang berbeda akan menghasilkan perbedaan kuantitas komposisi biogas. Biogas memiliki komposisi utama berupa gas metana (CH_4) dengan presentase besar dengan titik nyala sebesar 645°C - 750°C . Biogas juga memiliki komposisi lain dalam konsentrasi sangat kecil yaitu sulfur organik, hidrokarbon terhalogenasi, gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O_2) (Hermawan dkk, 2007). Secara umum, komposisi biogas dapat dilihat pada tabel 4.

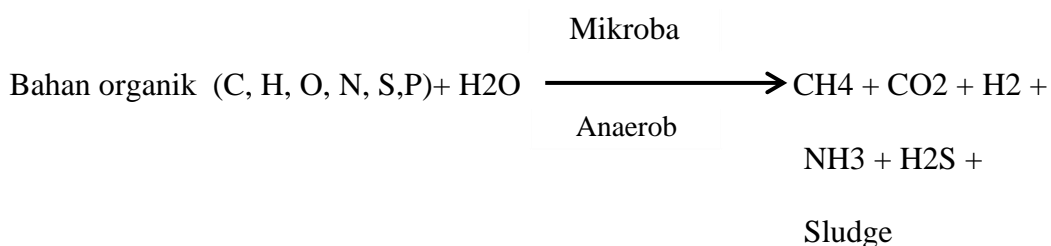
Tabel 4. Komposisi Biogas

Jenis gas	Persentase (%)
Metana (CH ₄)	54 – 70
Karbondoksida (CO ₂)	27 – 45
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3
Nitrogen (N ₂)	0,5 – 3
Hidrogen	5 – 10
Air	0,3

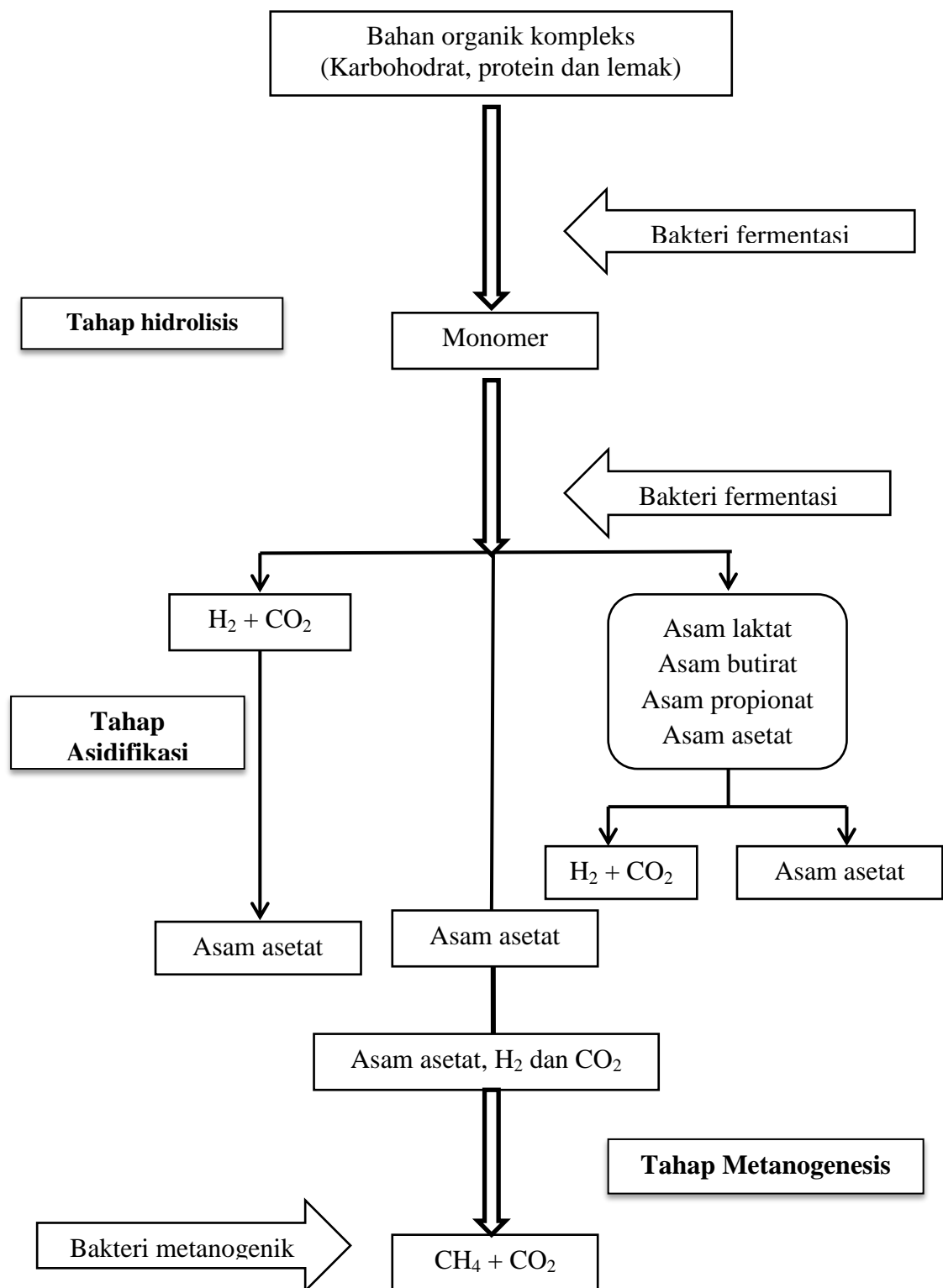
Sumber: Harsono (2013)

2.8.2. Tahapan Dekomposisi Bahan Organik menjadi Biogas

Dekomposisi bahan organik menjadi biogas dilakukan secara anaerob mikrobiologis dimana mikroorganisme tumbuh dan menggunakan energi dengan memetabolisis bahan organik dalam lingkungan anaerob dan menghasilkan metana. Proses dekomposisi bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi anaerob (Polprasert, 1980). Reaksi pembentukan biogas dapat dilihat pada reaksi dibawah ini.



Menurut Wahyuni (2015), terdapat tiga tahap proses transformasi bahan organik pada sistem anaerobic yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Diagram alir dekomposisi bahan organik menjadi biogas (Wahyuni, 2015)

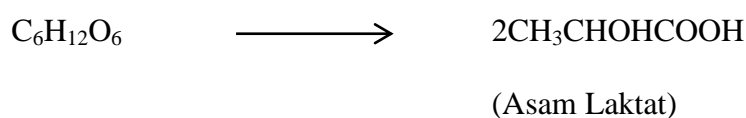
1. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahapan yang paling awal proses perombakan, terjadi secara anaerob. 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 bentuk monomer. Senyawa yang dihasilkan dari proses hidrolisis diantaranya senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂ dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa ini akan dimanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi (Wahyuni, 2015).



2. Pengasaman (Asidifikasi)

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 propionat, asam butirat, dan asam laktat beserta produk sampingan berupa alkohol, CO₂, hydrogen, dan zat amonia. Pembentukan asam-asam organik tersebut pada umumnya terjadi dengan bantuan bakteri *Pseudomonas*, *Eschericia*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes* (Wahyuni, 2015).



III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengolahan Limbah Agroindustri, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan Desember 2018 sampai Januari 2019.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu cawan petri, autoclave, erlenmeyer 1000 mL, hotplate, laminary airflow, bunsen, jarum ose, inkubator, drygalski, mikropipet, pipet tip, tabung centrifuge, centrifuge, lemari pendingin, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikroskop, haemocytometer, hotplate magnetic stirrer, krop karet, cawan porselen, gelas ukur, timbangan digital, oven, desikator, penjepit cawan, pH meter, tabung COD, COD reaktor, spektrofotometer, rubber bulb, pipet volumetrik, kertas whatman No 1, corong kaca, kuvet spektrofotometer, kertas label, dan peralatan keselamatan laboratorium. Bahan-bahan yang digunakan yaitu onggok, air effluent biogas reaktor, starter *Aspergillus niger van tieghem*, Medium Potato Dextrosa Agar (PDA), reagen COD (kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), dan aquades.

3.3. Metode Penelitian

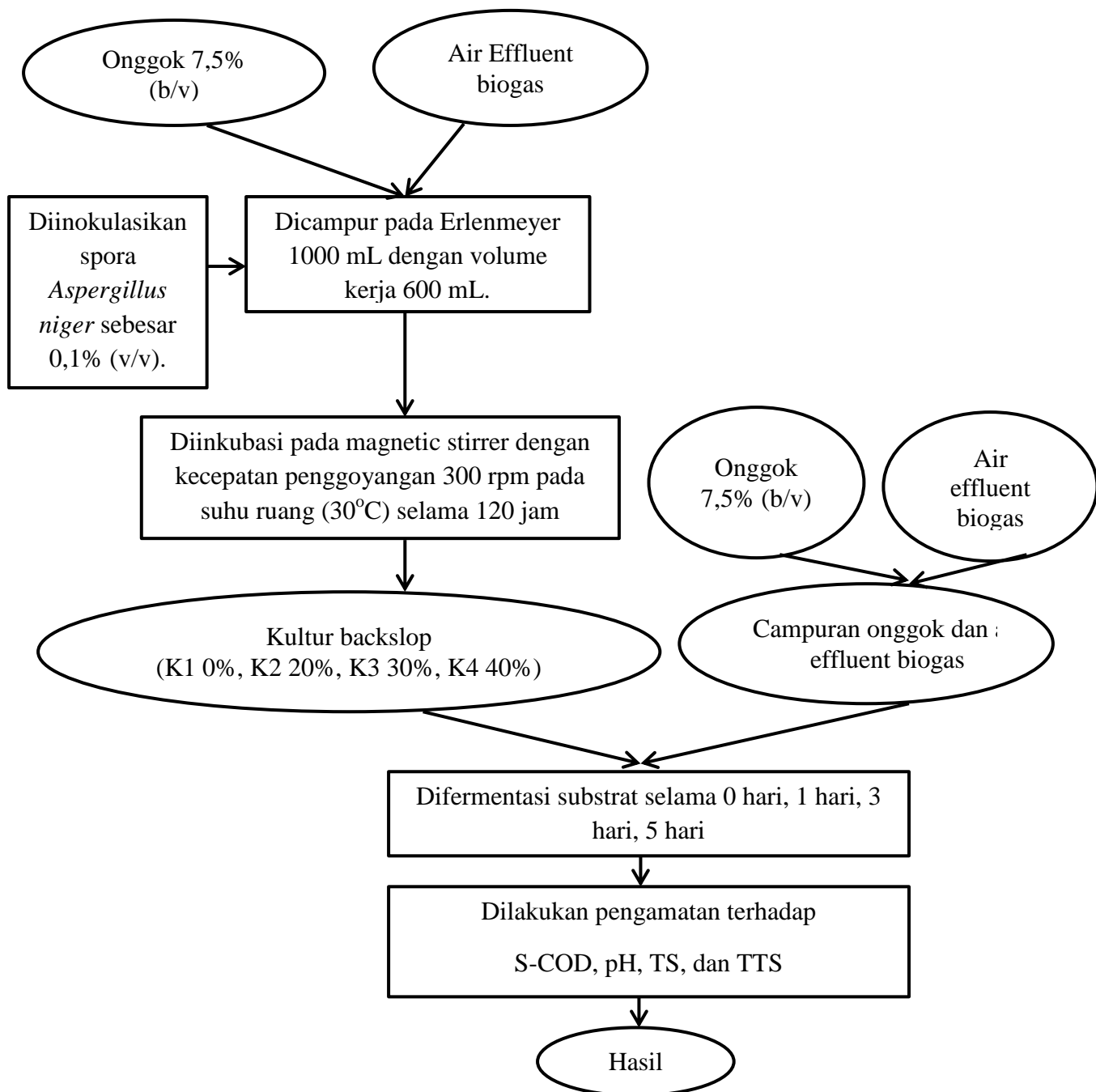
Penelitian yang digunakan disusun faktorial dengan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan dua faktor. Faktor pertama konsentrasi backslop pada larutan onggok dengan 4 taraf perlakuan yaitu kultur backslop sebesar 0% (K1), 20% (K2), 30% (K3), 40% (K4). Faktor kedua lama fermentasi dengan 4 perlakuan yaitu 0 hari (T₀), 1 hari (T₁), 3 hari (T₃), dan 5 hari (T₅). Percobaan dilakukan dengan 2 kali ulangan dan total 32 unit percobaan. Semua data yang diperoleh diuji kesamaan ragamnya dengan menggunakan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan menggunakan uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat. Analisis data dilanjutkan dengan menggunakan uji Duncan pada taraf 5% dengan selang kepercayaan 95%.

Pembuatan kultur backslop berdasarkan penelitian Ega (2018) yaitu onggok sebesar 7,5% (b/v) pada air effluent biogas reaktor menggunakan kapang *Aspergillus niger* sebanyak 0,1% (v/v) yang difermentasi selama 5 hari dan menghasilkan nilai S-COD yang terus meningkat. Kultur backslop hasil fermentasi digunakan untuk fermentasi bahan baru onggok dengan konsentrasi 7,5% (b/v) dalam air effluent biogas reaktor dengan fermentasi metode submerged (pada media cair). Pengamatan dilakukan sebelum dan setelah fermentasi substrat terhadap total soluble chemical oxygen demand (S-COD), pH, total solid (TS), dan total suspended solid (TSS).

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dua tahap yaitu pembuatan kultur backslop dan fermentasi substrat. Pembuatan kultur backslop dilakukan dengan cara fermentasi onggok sebesar 7,5% (b/v) oleh kapang *Aspergillus niger* 0,1% (v/v) dalam air effluent biogas reaktor (Ega, 2018). Fermentasi yang digunakan adalah fermentasi terendam (submerged). Onggok yang digunakan adalah onggok basah dengan kadar air 77% dan pH air effluent biogas reaktor sebesar 7,2. Fermentasi terendam dilakukan dengan menambahkan onggok pada air effluent biogas reaktor. Konsentrasi onggok pada air effluent biogas reaktor yaitu sebesar (b/v) 7,5%, diinokulasikan spora *Aspergillus niger* konsentrasi 0,1% (v/v). Sampel diinkubasi pada hotplate magnetic stirrer dengan kecepatan penggoyangan 300 rpm pada suhu ruang (30°C). Dilakukan proses fermentasi selama 5 hari (Ega, 2018).

Kultur backslop hasil fermentasi dicampur dengan campuran onggok dan air effluent dimasukkan kedalam erlenmeyer sesuai dengan masing–masing perlakuan. Substrat yang telah masuk ke dalam erlenmeyer difermentasi selama 0 hari, 1 hari, 3 hari, dan 5 hari. Dilakukan pengamatan terhadap S-COD, pH, TSS, dan TS sebelum dan setelah fermentasi.



Gambar 4. Diagram alir pelaksanaan penelitian

3.4.1. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah pengukuran nilai soluble chemical oxygen demand (S-COD), pH, total gula pereduksi, total solid (TS), dan total suspended solid (TSS).

a. Total Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) metode refluks tertutup

Pengukuran total soluble chemical oxygen demand (S-COD) dilakukan untuk mengetahui total kebutuhan oksigen dalam mengoksidasi bahan organik padatan dalam larutan (soluble) secara kimiawi. Pengukuran S-COD dilakukan sebelum dan setelah pretreatment. Proses pengukuran S-COD yaitu dengan memasukkan 50 mL sampel kedalam sentrifuge. Sampel disentrifuge pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Sampel limbah yang terpisah dari padatan terlarutnya (supernatan) diambil sebanyak 0,2 ml atau 200 μ L menggunakan mikropipet. Sampel dimasukkan kedalam vial yang berisi reagen COD dan dipanaskan di reactor DRB 200 pada temperatur 150⁰C selama 120 menit. Setelah dipanaskan sampel didinginkan sampai suhu ruang dan diukur COD menggunakan HACH spektrofotometer DR4000 (HACH Company, 2004).

b. Pengukuran pH metode potensiometri

Analisa pH dilakukan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan air limbah dan untuk menunjukkan jumlah ion-ion yang terdapat di dalam air limbah. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia,

maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Pengukuran pH dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam erlenmeyer. pH meter dicelupkan ke dalam sampel dan diaduk. Muncul angka pada layar hingga nilai pH konstan (DKK-TOA Corporation, 2017).

c. Total Suspended Solid (TSS) metode gravimetri

Total suspended solid (TSS) merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Prinsip pengujian TSS yaitu pengujian sampel homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan hingga konstan atau suhu pemansan 103 – 105°C. Kenaikan berat kertas saring dari sebelum penyaringan dan setelah penyaringan merupakan berat TSS. Prosedur pengujian TSS meliputi persiapan kertas saring, penyaringan, pemanasan, dan pengukuran berat. Kertas saring disiapkan dengan memanaskan pada suhu 103 – 105°C selama 1 jam dan ditimbang berat hingga diperoleh berat konstan. Sampel dihomogenkan dan sampel disaring hingga sempurna. Kertas saring dipindahkan ke cawan dan dikeringkan dalam oven suhu 103 – 105°C selama 1 jam. Kertas saring dan sampel didinginkan didalam desikator selama 10 menit lalu ditimbang. Dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume larutan uji (mL)}}$$

keterangan :

A : adalah berat kertas saring + residu kering (mg).

B : adalah berat kertas saring (mg) (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

d. Total Solid (TS) metode gravimetri

Total solid (TS) merupakan seluruh padatan yang terdapat pada air limbah baik padatan terlarut maupun tidak terlarut. Total solid dihitung berdasarkan perbedaan berat padatan tertinggal per liter larutan. Perhitungan total solid dilakukan dengan memanaskan dan menimbang cawan sebagai berat A. Sampel air limbah dimasukkan pada cawan dengan volume tertentu. Cawan berisi sampel dipanaskan suhu 103-105°C selama 24 jam. Cawan didinginkan pada desikator selama 15 menit. Setelah dingin cawan ditimbang sebagai berat B. Hasil dihitung besar TS sesuai rumus sebagai berikut:

$$\text{mg TS per liter} = \frac{(B - A) \times 1000}{\text{Volume larutan uji (mL)}}$$

keterangan :

A : adalah berat cawan (mg).

B : adalah berat cawan + residu padatan air limbah (mg)

(Badan Standardisasi Nasional, 2004).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian biodegradabilitas onggok menggunakan kultur backslop *Aspergillus niger* adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi kultur backslop dan lama fermentasi optimum yang menghasilkan total soluble chemical oxygen demand (S-COD) tertinggi yaitu perlakuan konsentrasi kultur backslop *Aspergillus niger* 30% dengan lama fermentasi 3 hari dengan nilai soluble chemical oxygen demand (S-COD) optimum yaitu sebesar 6924,5 mg/L.
2. Fermentasi onggok dengan kultur backslop menghasilkan nilai soluble chemical oxygen demand (S-COD) yang terus mengalami peningkatan hingga 8819,500 mg/L sedangkan pH, total suspended solid (TSS), dan total solid (TS) terus mengalami penurunan hingga lama fermentasi 5 hari. Nilai rata-rata pH pada hari 0 yaitu 7,35 dan menurun hingga 3,95 pada hari ke 5 fermentasi. Nilai rata-rata total solid (TS) pada hari 0 yaitu 13,660 dan menurun hingga 11,267 pada hari ke 5 fermentasi. Nilai rata-rata total suspended solid pada hari 0 yaitu 17,863 dan menurun hingga 11,123 pada hari ke 5 fermentasi.

5.2. Saran

Saran pada penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang hubungan antara peningkatan SCOD akibat fermentasi *Aspergillus niger* dengan produksi biogas (CH_4) apakah komposisi asam yang dihasilkan dari proses fermentasi onggok oleh *Aspergillus niger* dapat digunakan untuk produksi biogas. Biogas memerlukan asam asetat untuk dapat dijadikan gas metana oleh bakteri metanogentik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M.R. dan Nout M.J.R. 2001. *Fermentation and Food Safety*. Aspen Publication. Gaithersburg. Hal 137.
- Adnan, M. G. 2009. *Pedoman Pengolahan Limbah Industri Pengolahan Tapioka. Program Agroindustry to Zerowaste*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup 2009. Jakarta. Hal. 16 – 31
- Affandi, Magdalena P, Grieny N, Adzimatur M. 2008. *Aplikasi limbah cair tapioka sebagai sumber energi alternatif berupa biogas*. Universitas Negeri Malang. Malang. Hal. 21-25.
- Al Seadi, T., Rutz D, Prassl H, Köttner M, Finsterwalder T, Volk S, and Janssen R. 2008. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark: Esbjerg. Hal. 126.
- Aprizal, D. 2011. *Potensi Pemanfaatan Limbah Di Industri Tapioka Rakyat Terpadu*. Tesis. Program Studi Megiser Teknologi Agroindustri Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Luas dan Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi 1993 –2015*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/880>. Diakses pada tanggal 2 Oktober 2018.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.2-2004 tentang Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri*. Hal 1 – 7.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.3-2004 tentang Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan*

tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri. Hal. 1 – 6.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.11-2004 tentang Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Hal 1 – 3.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.26-2005 tentang Air dan air limbah – Bagian 26: Cara uji padatan total secara gravimetri. Hal 1 – 5.

Chaplin, M. 2006. Starch. www.lsbu.ac.uk/starch.htm. Di akses pada 4 Agustus 2019 pukul 20.00 WIB.

Djuma'ali. 2013. Biokonversi Onggok Menjadi Etanol dengan Menggunakan Multienzim. Disertasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Hal 183-192.

Dharmawan, Andi. 2012. Peningkatan Biodegradabilitas Biomassa Onggok dengan Pretreatment Inokulum Campuran. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 21-28.

Effendy, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. Hal. 68–112.

Ega, N. 2018. Pretreatment Onggok menggunakan *Aspergillus Niger* sebagai Campuran Air Limbah Industri Tapioka untuk Produksi Biogas. Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal. 46-68.

Fardiaz, S. 1988. Fisiologi Fermentasi. Bogor: PAU IPB. Hal. 3 – 135.

Ferdiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan I. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. hal: 180-205.

Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Welley & Sons, Inc. Canada. Hal 141-165.

Hambali, Mulkan. 2016. Pembuatan Asam Sitrat dari Limbah Kulit Pisang dengan fermentasi menggunakan *Aspergillus niger*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sriwijaya Inderalaya. Prabumulih. Hal. 28-41.

- Haryanto, A. dan Hassanudin, U. 2011. Pemetaan Potensi Biogas di Provinsi Lampung. Seminar dan Eksibisi Indo Bioenergy. Jakarta.
- Haryanto, A. 2014. *Energi Terbarukan*. Bandar Lampung. Hal. 195 – 246
- Harsono. 2013. Aplikasi Biogas Sistem Jaringan Dari Kotoran Sapi Di Desa Bumijaya Kec, Anak Tuha Lampung Tengah Sebagai Energi Alternatif Yang Efektif. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hermawan, B., Q. Lailatul, P. Candrarini, dan P.S. Evan. 2007. Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas. Artikel.
<http://www.chemistry.org/?sect=fokus&ext=31>. Diakses pada tanggal 28 Maret 2019.
- Hutkins, R.W. 2006. *Microbiology and Technology of Fermented Food*. Blackwell Publishing, Iowa. Hal. 231-243.
- Inggrid, M. 2012. Fermentasi Glukosa oleh *Aspergillus Niger* menjadi Asam Glukonat. Lembaga Penelitian dan Pengembangan kepada Masyarakat. Universitas Katolik Parahayangan.
- Jenie, B.S.L. dan Winiati P.R. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius. Yogyakarta. Hal. 60-65.
- Kharistya, A. 2004. Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil. Universitas Padjajaran. Bandung. Hal. 5-7.
- Koswara, S. 2013. *Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian, Bagian 6: Pengolahan Singkong*. Modul Insitut Pertanian Bogor (IPB). Bogor. Hal 7-8.
- Mangunwidjaja, D., dan A. Suryani. 1994. *Teknologi Bioproses*. Penebar Swadaya. Jakarta. Hal. 12 – 30.
- Moorthy, S.N. 2004. Tropical sources of starch. Di dalam: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*. CRC Press, Baco Raton, Florida.
- Mussato, S.I. 2004. Alternatife For Detoxification of Diluted Acid Lignocellulosic Hydrolysates For Use In Fermentative Process. *Biosource Technology*. Hal. 1-10.

- Nuraini, Sabrina dan S.A. Latif 2009. Peforma Ayam dan Kualitas Telur yang Menggunakan Ransum Mengandung Onggok Fermentasi dengan *Neurospora crassa*. Media Peternakan. Universitas Andalas. Hal. 195-201.
- Nurhasanah. 2009. Penentuan Kadar COD Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit [Skripsi]. F-MIPA.USU. Medan. Hal 31-54.
- Pambudi, N.A. 2008. Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif. Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Hal 35-49.
- Polprasert, C. 1980. *Organik Waste Recycling*. John Willey and Sons, Chicester.
- Prayitno, H. T. 2008. Pemisahan Padatan Tersuspensi Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Membran Sebagai Upaya Pemanfaatan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Program Megister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang. Hal 8-9.
- Price, E.C, dan Cheremisinoff, P.N. 1981. *Biogas Production and Utilization*. Ann Arbor Science Publishers, Inc .United States of America. 146 halaman.
- Putri, R.P.. 2012. Produksi dan Pemurnian Enzim Glukosa Oksidase dari Isolat *Aspergillus niger*. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.
- Ray, B. dan A. Bhunia. 2008. *Fundamental Food Microbiology*. 4th ed. CRC Press, Boca Raton: xxxvii+492
- Rohmah, N. 2008. *Penurunan TS (Total Solid) pada Limbah Cair Industri Perminyakan dengan Teknologi AOP*. Pusat penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bandung . Hal. 31-41.
- Romli, M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. TML Publikasi, Bogor. Hal. 45-50.
- Samsuri, M. 2007. *Effects Of Fungal Treatments On Ethanol Production From Bagasse By Simultaneous Saccharification And Fermentation*. Bioresour. Technol. P. Hal. 317-323.
- Setyawati, R. 2011. *Current Tapioca Starch Wastewater (TSW) Management in Indonesia*. IDOSI Publications. Jepang. Hal. 658 – 665.

- Siska, Posmaria Mei. 2018. Kinerja Pengolahan Limbah Effluent Biogas dari Limbah Cair Industri Tapioka dengan Kolam Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) Di PD. Semangat Jaya. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal. 31-45.
- Situmorang, M. 2007. Kimia Lingkungan. Universitas Negeri Medan. Medan. Hal. 28 – 68.
- Sopandi, Tatang, dan Wardah. 2015. Mikrobiologi Pangan. Penerbit Andi. Hal.69 – 130.
- Sriroth, K., Chollakup, R., Chotineerant, S., Piyachomkwan, R., dan Oates, C. G. 2000. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. *Bioresource Technol.* Hal 63-69.
- Subramaniam, dan J. Vimala, R. 2012. Solid Stage and Submerged Fermentation for The Production of Bioactive Substance : A Comparative Study. *Journal. School of Biosciences and technology, VIT University, Vellore Tamil Nadu.* Hal.480–486.
- Suharto. 2017. Bioteknologi dalam Bahan Bakar Nonfosil. Penerbit Andi. Yogyakarta. Hal. 51 – 99 dan 173 - 176.
- Sun, Y. and J. Cheng, 2002. Hydrolysis Of Lignocellulosic Material From Ethanol Production: A review. *Bioresour. Technol.* Hal. 1-11.
- Taggart, P. 2004. Starch as an ingredients : manufacture and applications. Di dalam: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application.* CRC Press, Baco Raton, Florida.
- Utama. Qabul Dinanta. 2014. Implementasi dan Analisis Keuntungan Teknologi Backslopping pada Pembuatan Quick Tempeh Skala Industri Rumah Tangga. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institiut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 45-60.
- Vegantara, D. A. 2009. Pengolahan Limbah Cair Tapioka Menggunakan Kotoran Sapi Perah Dengan Sistem Anaerobik. Skripsi. Jurusan Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur. 116 hlm.

Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 33.