

No. TA. TL. 16120001/1003/PP/2020

**Laporan Tugas Akhir**

**PENGARUH CAMPURAN ENZIM AMILASE DAN  
SELULASE PADA 4 KONSENTRASI TERHADAP  
PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI  
DALAM KONDISI *LIQUID ANAEROBIC*  
*DIGESTION (L-AD)***



Disusun Oleh:

DEBORA CHRISTINA T.

21080116120001


**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2020**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Debora Christina T.

NIM : 21080116120001

Tanda tangan : 

## HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

**PENGARUH CAMPURAN ENZIM AMILASE DAN SELULASE PADA 4 KONSENTRASI TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI DALAM KONDISI *LIQUID ANAEROBIC DIGESTION* (L-AD)**

Disusun Oleh :

Nama : Debora Christina T.

Nim : 21080116120001

Telah disetujui dan disahkan pada

Hari :

Tanggal : Maret 2020

Menyetujui,

Dosen Penguji 1



Dr. Ing. Sudarno, ST, MSc  
NIP. 197401311999031003

Dosen Penguji 2



Nurandani Hardyanti, ST, MT  
NIP. 197301302000032001

Dosen Pembimbing 1




Ir. Winardi Dwi Nugraha, M.Si  
NIP. 196709191999031003

Dosen Pembimbing 2



Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T.  
NIP. 195811071988031001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Badrus Zaman, ST, MT  
NIP. 197208302000031001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Debora Christina T.  
NIM : 21080116120001  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*None-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Pengaruh Campuran Enzim Amilase dan Selulase pada 4 Konsentrasi terhadap Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi dalam Kondisi *Liquid Anaerobic Digestion* (L-AD)”**

Dengan Hak Bebas Royalti / Non-Eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : Maret 2020

Yang menyatakan



Debora Christina T.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan curahan kasih sayangnya, dan juga kepada banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Oleh karena itu, sebagai ucapan terima kasih maka penulis mempersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Mama dan Bapak yang selalu menjadi tempat bercerita, tidak pernah lelah untuk memberi semangat, nasihat, serta doa agar diperlancar dan dipermudah dalam penyelesaian Tugas Akhir.
2. Kakak Besar, Abang, Kakak Kecil, dan keponakan penulis yaitu Oben, yang selalu memberi semangat, hiburan, dukungan serta doa bagi penulis, sehingga penulis mampu dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Badrus Zaman, ST, MT. selaku ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
4. Ibu Ir. Dwi Siwi Handayani, MSi selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, dan semangat kepada penulis.
5. Bapak Ir. Winardi Dwi Nugraha, MSi dan Bapak Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, dan semangat kepada penulis.
6. Bapak Dr. Ing. Sudarno, ST, MSc dan Ibu Nurandani Hardyanti, ST, MT selaku penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran kepada penulis.
7. Bapak Dr. Budi P. Samadikun, S.T., M.Si., dan Bapak Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir.
8. Seluruh dosen – dosen keluarga besar Departemen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah membagikan berbagai ilmu bagi penulis.
9. Mas Hashfi selaku pemberi arahan dan sangat membantu selama penelitian.
10. Pungkas Dwitanto sebagai teman rasa pacar yang selalu menemani, menghibur, membantu, mendukung, dan memberi semangat bagi penulis.
11. Tulang dan Nantulang di Tegal yang menjadi keluarga terdekat selama menjalankan perkuliahan.

12. Koko Joni dan Aa Ibe yang selalu menghibur dan memberi semangat, walau kadang lebih sering *ngebully* penulis namun mereka tetap sangat baik.
13. Group Ngomong Dewek sebagai keluarga selama di perantauan, yang selalu mendukung dan memberi semangat, serta banyak mengajari penulis semakin dewasa dalam menyikapi masalah kehidupan.
14. Keluarga bidang acara PMK FT dan GBT KAO Ngesrep yang selalu membantu dan menghibur saat dalam masalah, serta memberi semangat dan doa yang tiada henti – henti bagi penulis selama di perkuliahan.
15. Lidia dan keluarga yang selalu membantu penulis dalam segala hal sejak dari mahasiswi baru, dalam keadaan susah dan senang selalu ada bagi penulis walaupun sebenarnya tidak ada hubungan darah, jasa – jasa keluarga ini tidak akan pernah penulis lupakan.
16. Aisyah, Dyanung, Soraya, Hibatin, dan Asha selaku rekan penelitian dan selalu membantu penulis dalam mengerjakan laporan Tugas Akhir.
17. Laboratorium Teknik Lingkungan Universtas Diponegoro, kantin Wadimor Pak Adi, dan seluruh teman – teman pejuang Tugas Akhir penelitian yang telah membantu dan menemani penulis selama penelitian.
18. Mas Dayat, Mbak Silvi, Pak Adi, Pak Tri, Bu Sri, Bu Anik, Mas Habibi, Mas Budi, Mba Dian, dan Mas Andri atas bantuannya selama ini.
19. Teman – teman Teknik Lingkungan UNDIP Angkatan 2016, keluarga Humas BEM FT, dan keluarga Humas HMTL yang telah memberikan pengalaman yang luar biasa bagi penulis.
20. Pungkas, Ibnu, Kevin, Koko, Dena, Arum, Julia, Kiki, Opi, Hayu, dan Caca, sebagai teman-teman KKN Tim II Krempong, Temanggung yang selalu mendukung dan menghibur penulis.
21. Segala pihak yang telah membantu penulis dan memberikan pelajaran mengenai kehidupan selama merantau di Kota Semarang.

Semarang, Maret 2020

Debora Christina T.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Campuran Enzim Amilase dan Selulase pada 4 Konsentrasi terhadap Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi dalam Kondisi *Liquid Anaerobic Digestion* (L-AD)”**. Laporan Tugas Akhir ini, penulis susun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan jenjang strata satu (S1) Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai karya yang penulis ciptakan agar dapat melengkapi perjalanan penulis dalam menempuh jenjang strata satu (S1) Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Laporan tugas akhir ini mengenai pengaruh penambahan campuran enzim amilase dan enzim selulase terhadap limbah sekam padi dalam kondisi *Liquid Anaerobic Digestion* (L-AD) untuk mempercepat laju produksi biogas, seiring dengan cadangan gas bumi yang akan segera habis karena kecenderungan produksi energi fosil yang terus meningkat, serta adanya limbah pertanian berupa sekam padi yang sangat melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi almamater, masyarakat, dan bagi semua pembaca terutama bagi mahasiswa agar turut berperan serta dalam menemukan inovasi – inovasi baru untuk mengoptimalkan limbah pertanian sekam padi maupun limbah organik lainnya sebagai bahan baku produksi biogas.

Semarang,      Maret 2020

Debora Christina T.

## ABSTRAK

### PENGARUH CAMPURAN ENZIM AMILASE DAN SELULASE PADA 4 KONSENTRASI TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI DALAM KONDISI *LIQUID ANAEROBIC DIGESTION* (L-AD)

Debora Christina\*), Winardi Dwi Nugraha\*\*), Syafrudin\*\*)

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro JL. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275 email: [deboratambunan41@gmail.com](mailto:deboratambunan41@gmail.com)

## ABSTRAK

Sekam padi terdiri dari unsur-unsur organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Senyawa selulosa merupakan komponen terpenting bagi proses fermentasi biogas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai optimum variasi konsentrasi penambahan campuran enzim amilase dan selulase terhadap limbah sekam padi dengan metode liquid anaerobic digestion (L-AD). Metodologi yang digunakan ialah, tahap uji kandungan total padatan sekam padi, tahap persiapan, tahap operasi, dan analisis hasil. Limbah sekam padi yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari daerah Rowosari. Sekam padi dilakukan perlakuan pendahuluan dengan pretreatment kimia (NaOH). Sekam padi direndam dengan konsentrasi NaOH 6% selama 24 jam sebagai variabel kontrol. Variasi konsentrasi enzim yang digunakan sebagai pretreatment biologi adalah 9%, 12%, 15% dan 18%. Bioreaktor yang digunakan berukuran 200 ml. Semua reaktor diamati volume biogas yang dihasilkan tiap dua hari selama 60 hari penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor dengan variasi konsentrasi enzim 9%, 12%, 15% dan 18% diperoleh total yield biogas masing-masing sebesar 5; 10; 11; 13 ml/grTS sampai pada hari ke-60. Reaktor kontrol (tanpa variasi konsentrasi enzim) menghasilkan 9 ml/grTS. Laju produksi biogas terbesar terdapat pada konsentrasi enzim 18% dengan nilai, (A) sebanyak 13 (ml/gr TS); laju produksi biogas (U) sebanyak 1 (ml/gr TS.hari); dan waktu minimum terbentuk biogas ( $\lambda$ ) adalah 1 hari.

**Kata kunci:** sekam padi, *liquid anaerobic digestion*, enzim amilase, enzim selulase, produksi biogas

## ABSTRACT

*Rice husk consists of organic elements such as cellulose, hemicellulose, and lignin. Cellulose compounds are the most important component for the biogas fermentation process. This study aims to determine the optimum value of the concentration variation of the addition of a mixture of amylase and cellulase enzymes to rice husk waste by the liquid anaerobic digestion (L-AD) method. The methodology used is, the test phase of the total content of rice husk solids, the preparation stage, the operation phase, and the results analysis. The rice husk waste used for this study was obtained from the Rowosari area. Rice husk is subjected to preliminary treatment with chemical pretreatment (NaOH). Rice husk was soaked with 6% NaOH concentration for 24 hours as a control variable. Variations in enzyme concentrations used as biological pretreatment are 9%, 12%, 15% and 18%. The bioreactor used is 200 ml in size. All reactors were observed biogas volume produced every two days for 60 days of research. The results showed that the reactor with variations in the concentration of enzymes 9%, 12%, 15% and 18% obtained a total biogas yield of 5; 10; 11; 13 ml / grTS until the 60th day. The control reactor (without variations in enzyme concentration) produces 9 ml / grTS. The highest biogas production rate is found in the enzyme concentration of 18% with a value, (A) of 13 (ml / gr TS); the rate of biogas production (U) is 1 (ml / gr TS.day); and the minimum time that biogas is formed ( $\lambda$ ) is 1 day.*

**Keywords:** rice husk, *liquid anaerobic digestion*, amylase enzyme, cellulase enzyme, biogas production



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah .....	I-4
1.3 Pembatasan Masalah .....	I-4
1.4 Perumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat .....	I-4
1.4.1 Perumusan Masalah .....	I-4
1.4.2 Perumusan Tujuan.....	I-5
1.4.3 Perumusan Manfaat.....	I-5
<b>BAB II PENGANTAR LITERATUR .....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Sekam Padi .....	II-1
2.1.1 Pengertian Sekam Padi.....	II-1
2.1.2 Komposisi Sekam Padi.....	II-1
2.2 Biogas .....	II-2
2.2.1 Pengertian Biogas .....	II-2
2.2.2 Komposisi Biogas .....	II-3
2.2.3 Manfaat Biogas .....	II-3
2.2.4 Keunggulan Biogas .....	II-4

2.3 Proses Pembentukan Biogas .....	II-5
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas .....	II-7
2.5 <i>Anaerobic Digestion</i> .....	II-8
2.6 <i>Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)</i> .....	II-9
2.7 Parameter yang Mempengaruhi <i>Anaerobic Digestion</i> .....	II-9
2.7.1 Rasio C/N .....	II-9
2.7.2 Suhu.....	II-10
2.7.3 pH.....	II-13
2.7.4 Alkalinitas.....	II-13
2.7.5 Kandungan <i>Total Solid (TS)</i> .....	II-13
2.7.6 <i>Feedstock</i> dan Inokulum .....	II-14
2.8 Enzim Amilase.....	II-14
2.9 Enzim Selulase.....	II-15
2.10 Rumen Sapi.....	II-15
2.11 Penentuan Laju Kinetika Produksi Biogas .....	II-16
2.12 Penelitian yang Relevan .....	II-16
2.13 Kerangka Pikir Penelitian .....	II-23
2.14 Hipotesis Penelitian.....	II-24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Tujuan Operasional .....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-1
3.3 Metode Penelitian.....	III-1
3.3.1 Variabel Penelitian .....	III-1
3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	III-2
3.3.3 Tahapan Penelitian .....	III-3
3.3.4 Tahap Penyusunan Laporan.....	III-5
3.4 Teknik pengumpulan data .....	III-5
3.5 Teknik analisis data.....	III-6
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	III-7
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Perlakuan Pendahuluan Kimia dan Biologi pada Produksi Biogas .....	IV-1

4.2 Pengaruh Campuran Enzim Amilase dan Selulase pada Produksi Biogas.....	IV-5
4.3 Analisis Laju Produksi Biogas dengan <i>Software Polymath 6.0</i> .....	IV-20
4.3.1 Laju Produksi Biogas terhadap Campuran Enzim .....	IV-20
4.4 Analisis Enzim Campuran terhadap Enzim Amilase dan Selulase .....	IV-29
4.5 Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	IV-31
4.6 Kualitas Biogas yang Dihasilkan dengan Bahan Baku Sekam Padi .....	IV-34
4.7 Analisis Pengukuran pH dan Suhu terhadap Produksi Biogas .....	IV-35
4.8 Rekomendasi Kriteria Desain Perencanaan Instalasi Biogas .....	IV-36
4.9 Analisis Hipotesis.....	IV-37
4.9.1 Hipotesis I.....	IV-37
4.9.2 Hipotesis II .....	IV-37
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Pembentukan Biogas .....	II-5
Gambar 2.2 Hubungan <i>Yield</i> Biogas Berdasarkan Suhu dan Waktu Retensi ...	II-11
Gambar 2.3 Hubungan antara Laju Pertumbuhan Methanogenesis .....	II-12
Gambar 2.4 Kerangka Pikir Penelitian .....	II-23
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Penelitian.....	III-3
Gambar 3.2 Komposisi Isi Digester .....	III-4
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	III-8
Gambar 4.1 <i>Pretreatment</i> Kimia dengan Perendaman NaOH .....	IV-2
Gambar 4.2 Uji Kebocoran pada Digester .....	IV-3
Gambar 4.3 Pengaruh Enzim Campuran terhadap Produksi Biogas .....	IV-7
Gambar 4.4 Rentang Volume Biogas terhadap Pengaruh Campuran Enzim Amilase dan Enzim Selulase .....	IV-15
Gambar 4.5 Yield Biogas Harian Penambahan Enzim Campuran 9% .....	IV-15
Gambar 4.6 Yield Biogas Harian Penambahan Enzim Campuran 12% .....	IV-16
Gambar 4.7 Yield Biogas Harian Penambahan Enzim Campuran 15% .....	IV-17
Gambar 4.8 Yield Biogas Harian Penambahan Enzim Campuran 18% .....	IV-18
Gambar 4.9 Yield Biogas Harian tanpa Penambahan Enzim Campuran.....	IV-19
Gambar 4.10 Hubungan antara Data Percobaan dan Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh Variasi Campuran Enzim Amilase dan Selulase .....	IV-22
Gambar 4.11 Data Hasil Perhitungan Variasi Enzim Campuran 9% .....	IV-23
Gambar 4.12 Data Hasil Perhitungan Variasi Enzim Campuran 12% .....	IV-24
Gambar 4.13 Data Hasil Perhitungan Variasi Enzim Campuran 15% .....	IV-25
Gambar 4.14 Data Hasil Perhitungan Variasi Enzim Campuran 18% .....	IV-26
Gambar 4.15 Data Hasil Perhitungan Tanpa Variasi Enzim Campuran.....	IV-27
Gambar 4.16 Data Hasil Perhitungan Pengaruh Campuran Enzim Amilase dan Selulase 18% terhadap Produksi Biogas .....	IV-28
Gambar 4.17 Perbandingan antara Enzim Campuran terhadap Enzim Amilase dan Enzim Selulase .....	IV-31

Gambar 4.18 SEM Sekam Padi Sebelum Proses Pembentukan Biogas dengan Perbesaran 500x.....	IV-32
Gambar 4.19 SEM Sekam Padi Setelah Proses Pembentukan Biogas dengan Perbesaran 500x.....	IV-33

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Sekam Padi (% berat).....	II-1
Tabel 2.2 Komposisi Biogas .....	II-3
Tabel 2.3 Contoh Aplikasi Biogas.....	II-4
Tabel 2.4 Rasio C/N Beberapa Bahan Organik.....	II-10
Tabel 2.5 Jenis Bakteri dan Tipe Waktu Retensi.....	II-11
Tabel 2.6 Orisinalitas Penelitian.....	II-18
Tabel 3.1 Tujuan Operasional Penelitian .....	III-1
Tabel 3.2 Kebutuhan Bahan Penelitian.....	III-6
Tabel 4.1 Volume Pembentukan Biogas Harian dengan Penambahan Campuran Enzim Amilase dan Enzim Selulase .....	IV-6
Tabel 4.2 Konstanta Kinetika pada Penelitian Pengaruh Variasi Enzim Amilase terhadap Produksi Biogas.....	IV-21
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pH dan Suhu terhadap Produksi Biogas.....	IV-36

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A.

- Lampiran 1. Foto Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 2. Cara Analisa Bahan Kering/ Padatan Total
- Lampiran 3. Perhitungan C/N Ratio
- Lampiran 4. Perhitungan Kebutuhan Campuran Enzim Amilase dan Selulase
- Lampiran 5. Hasil Data Pengamatan
- Lampiran 6. Hasil Perhitungan Menggunakan *Polymath 6.1*
- Lampiran 7. Hasil Perhitungan *Yield* Biogas dengan *Polymath 6.1* dan *Trendline*
- Lampiran 8. Pengukuran pH dan Suhu
- Lampiran 9. Hasil SEM EDX Sekam Padi

### LAMPIRAN B.

- Lampiran 1. Form TA 01
- Lampiran 2. Form TA 02
- Lampiran 3. Surat Tugas Pembimbing TA
- Lampiran 4. Lembar Asistensi
- Lampiran 5. Form Persetujuan Seminar Proposal
- Lampiran 6. Surat Tugas Seminar Proposal
- Lampiran 7. Berita Acara Seminar Proposal
- Lampiran 8. Lembar Revisi Seminar Proposal
- Lampiran 9. Form Persetujuan Seminar Hasil
- Lampiran 10. Surat Tugas Seminar Hasil
- Lampiran 11. Berita Acara Seminar Hasil
- Lampiran 12. Lembar Revisi Seminar Hasil
- Lampiran 13. Surat Kelayakan Sidang Akhir
- Lampiran 14. Form Persetujuan Sidang Akhir
- Lampiran 15. Surat Tugas Sidang Akhir
- Lampiran 16. Lembar Revisi Sidang Akhir