

## **LAPORAN AKHIR**

### **PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT MENJADI BIOGAS MENGGUNAKAN DIGESTER BALOK SISTEM *FED* *BATCH***



**Diajukan Sebagai Persyaratan untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :  
Astinesia Himmatuliza  
0613 3040 0338**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
2016**

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT  
MENJADI BIOGAS MENGGUNAKAN DIGESTER SISTEM *FED BATCH*

Oleh  
Astinesia Himmatuliza  
0613 3040 0338

Pembimbing I,

Palembang, Agustus 2016  
Pembimbing II,

Dr. Martha Aznury, M.Si.  
NIP. 19700619200112200

Ir. Jaksen M.Amin M.Si  
NIP. 196209041990031002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Adi Syakdani S.T., M.T.  
NIP. 196904111992031001

**Telah Diseminarkan Dihadapan Tim Penguji  
Di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya  
Pada Tanggal 3 Agustus 2016**

**Tim Penguji:**

1. **Anerasari M, B.Eng., M.Si.** ( )  
**NIP. 196605311992012001**
  
2. **Ir. Muhammad Zaman, M.Si., M.T.** ( )  
**NIP. 195907031991021001**
  
3. **Ir. Nyayu Zubaidah, M.Si** ( )  
**NIP. 195501011988112001**
  
4. **Dr. Ir. Hj. Rusdianasari, M.Si** ( )  
**NIP. 196711191993032003**

**Palembang, Agustus 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Adi Syakdani, S.T., M.T  
NIP.196904111992031001**

## *Motto dan Persembahan*

### **Motto:**

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”*

*(QS (Al-'Asyr) 94:5-8)*

### **Ucapan Terima Kasih Kupersembahkan untuk:**

- ❖ *Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat kesehatan, kekuatan, serta jalan terang dalam setiap langkah-langkahku.*
- ❖ *Mama dan Papa, yang selalu mendukung, memberikan nasihat, kekuatan dalam setiap pilihan yang kuambil, serta sumber doa terbaikku.*
- ❖ *Kedua adikku Fati Andari Almahdini dan Lucky Andani Alpioneri, yang selalu menjadi penyemangat dan motivasiku agar selalu menjadi yang terbaik.*
- ❖ *Keluarga besarku, yang selalu memberikan nasihat, semangat, doa-doa, serta kebahagiaan dalam gerak langkahku.*
- ❖ *Kedua pembimbingku yang telah sabar dalam membimbing dan memberikan arahan dalam gerak usahaku.*
- ❖ *Seluruh dosen dan Staff Jurusan Teknik Kimia yang telah mendidikku dengan keras dan penuh kesabaran.*
- ❖ *Para Sahabat Kekinian Arin Wahyu Tamik dan Fallen yang selalu siaga dalam mendengarkan segenap keluh kesahku, serta memberikanku semangat.*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan kelas 6 KC yang selalu ada untuk memberikan canda tawa dan juga semangat disetiap harinya*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan LA'ku yang selalu bersama-sama dalam berjuang keras untuk menyelesaikan tugas akhir ini.*
- ❖ *Orang-orang yang tanpa sadar telah memberikan arti besar dalam perjuanganku.*
- ❖ *Almamaterku yang kubanggakan.*

## ABSTRAK

### **Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biogas Menggunakan Digester Balok Sistem *Fed Batch***

---

(Astinesia Himmatuliza, 2016, 50 Halaman, 15 Tabel, 10 Gambar, 3 Lampiran)

Air limbah industri minyak kelapa sawit merupakan limbah terbesar yang dihasilkan dari proses produksi minyak kelapa sawit. Air limbah industri minyak kelapa sawit (*palm oil mill effluent*) mengandung bahan organik yang tinggi, memiliki pH rendah, yaitu 4-5, serta mengandung kadar *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi, yaitu 28000 mg/l dan 48000mg/l. Untuk mengurangi kadar pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair industri kelapa sawit, maka perlu dilakukan tahapan pengolahan dengan menggunakan proses biologi yang melibatkan bakteri *aerob* dan *anaerob* sehingga dapat dimanfaatkan menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomis salah satunya adalah biogas. Proses pengolahan menjadi biogas dilakukan secara anaerobik dengan sistem *fed batch*. Proses fermentasi anaerob secara *fed batch* dilakukan dengan variasi waktu penggantian umpan. Campuran air limbah industri minyak kelapa sawit dan kotoran sapi difermentasi selama satu bulan kemudian setelah satu bulan umpan ditambahkan secara bertahap sebanyak 1 liter ke dalam digester dengan variasi waktu penggantian 1 hari, 2 hari, dan 5 hari. Waktu penggantian umpan memberikan pengaruh terhadap kuantitas gas metana yang dihasilkan. Peningkatan jumlah gas metana tertinggi berada pada waktu penggantian umpan setiap 5 hari yaitu sebesar 30,0951 %. Waktu penggantian umpan yang paling baik adalah setiap 5 hari.

Kata kunci: Air limbah industri minyak kelapa sawit (POME), *fed batch*, biogas

## **ABSTRACT**

### ***The Treatment of Palm Oil Mill Effluent into Biogas By Using Beam-Shaped Digester with Fed Batch System***

---

*(Astinesia Himmatuliza, 2016, 60 Pages, 13 Tables, 9 Pictures, 4 Attachments)*

*Palm oil mill effluent is the biggest waste which is produced from palm oil production. Palm oil mill effluent containing organic matter, has a low pH, which is 4-5, and contains high levels of biological oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) is high, ie 28000 mg/l and 48000 mg/l. To reduce the levels of pollution caused by oil palm industry wastewater, is necessary to do stages of processing using a biological process that involves aerobic and anaerobic bacteria so that it can be utilized as a new product that has economic value, one is biogas. The processing into biogas in anaerobic performed by fed batch system. The process of anaerobic fermentation in fed batch is done by time variation of the addition of the substrate. The mixture of palm oil industry wastewater and cow dung are fermented for a month and then after one month substrates are added gradually as much as 1 liter into the digester with a variety of additional time is 1 day, 2 days, and 5 days. The interval of addition of the substrate give effect to the pH and the quantity of biogas produced. The highest increasing of the quantity of biogas is at the time the addition of substrate every fifth day, as much as to 25.14%. The best time of addition of the substrate is every 5 days. The optimum pH for the formation of biogas is 7.*

*Keywords: Palm Oil Mill Effluent (POME), Fed Batch, Biogas.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul “*Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biogas Menggunakan Digester Sistem Fed Batch*” ini dengan sebaik-baiknya dan tepat pada waktunya.

Laporan Akhir ini dibuat sebagaimana persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Laporan ini telah disusun berdasarkan data pengamatan selama melakukan percobaan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

Selama pembuatan Laporan Akhir ini telah banyak yang memberikan bantuan baik materil maupun spiritual. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Carlos R.S. S.T., M.T., selaku Pembantu Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Adi Syakdani, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ahmad Zikri, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Martha Aznury, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dengan penuh cinta kasih, kepedulian dan kesabaran yang tinggi membimbing penulis.
6. Ir. Jaksen M. Amin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II dengan penuh perhatian dan kepedulian memberikan nasihat, serta arahan dan bimbingan kepada penulis.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia beserta staff Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Teknisi-teknisi di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya telah membantu penulis selama penelitian.

9. Kedua Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan dengan sepenuh hati serta dorongan yang sangat luar biasa sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Akhir.
10. Saudara-saudara yang ikut serta mendoakan dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan Laporan Akhir.
11. Teman-teman seperjuangan kelas 6 KC terima kasih atas bantuan dan semangatnya untuk menyelesaikan Laporan Akhir. Teman-teman Mahasiswa se-Almamater.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Laporan Akhir ini, karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang sangat berarti guna penyempurnaan Laporan Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Juli 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

|  | Halaman     |
|--|-------------|
| <b>MOTTO .....</b>   | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>   | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>  | <b>xiii</b> |
| <br>   |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |             |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1           |
| 1.2. Tujuan Penelitian .....   | 3           |
| 1.3. Manfaat Penelitian .....  | 3           |
| 1.4. Rumusan Masalah .....   | 3           |
| <br>   |             |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>   |             |
| 2.1. Air Limbah Industri Minyak Kelapa sawit ( <i>Palm Oil Mill Effluent</i> ) ..... | 4           |
| 2.2.1 Sistem Pengolahan Limbah Cair.....   | 6           |
| 2.2. Kotoran Sapi .....  | 10          |
| 2.3. Biogas.....   | 12          |
| 2.4. Proses Fermentasi Aerobik .....   | 14          |
| 2.4.1 Tahap Hidrolisis.....  | 16          |
| 2.4.2 Tahap Pembentukan Asam (Asidogenesis) .....                                    | 17          |
| 2.4.3 Tahap Pembentukan Asetat (Asetogenesis).....                                   | 18          |
| 2.4.4. Tahap Pembentukan Gas Metana (Metanogenesis) .....                            | 19          |
| 2.5. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Anaerobik.....                                  | 20          |
| 2.5.1 Karakteristik Substrat .....   | 20          |
| 2.5.2 Mikroorganisme.....  | 21          |
| 2.5.3 Keberadaan Oksigen.....  | 22          |
| 2.5.4 Derajat Keasaman (pH) .....  | 22          |
| 2.5.5 Suhu .....   | 22          |
| 2.5.6 Pengadukan.....  | 23          |
| 2.5.6 Keberadaan Sulfur .....  | 23          |
| 2.6. Konversi Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Biogas.....                           | 23          |
| <br>   |             |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>   |             |
| 3.1. Waktu Penelitian .....  | 26          |
| 3.2. Alat Penelitian dan Bahan yang digunakan .....                                  | 26          |
| 3.3. Tahapan Penelitian .....  | 26          |
| 3.3.1. Pengambilan Bahan Baku .....  | 26          |
| 3.3.2. Analisa Bahan Baku.....   | 27          |
| 3.3.3. Pembibitan Mikroba.....   | 27          |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.4. Proses Pembentukan Biogas ..... | 27 |
| 3.3.5. Analisa Produk .....            | 27 |
| 3.4. Diagram Alir Penelitian .....     | 31 |

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Hasil Penelitian .....  | 32 |
| 4.1.1 Data Hasil Analisa Bahan Baku .....   | 32 |
| 4.1.2 Data Hasil Perhitungan <i>Chemical Oxygen Demand</i><br>(COD) dan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....         | 32 |
| 4.1.3 Data Analisis Perhitungan Nitrogen Total .....  | 33 |
| 4.1.4 Data Produksi Biogas Selama Satu Bulan Fermentasi Batch .....   | 34 |
| 4.1.5 Data Hasil Waktu Penambahan Substrat Terhadap Kuantitas<br>Biogas yang Dihasilkan pada Digester Berbentuk Balok ..... | 34 |
| 4.2 Pembahasan .....  | 36 |
| 4.2.1 Analisis Bahan Baku .....   | 36 |
| 4.2.2 Analisis Perhitungan <i>Chemical Oxygen Demand</i><br>(COD) dan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....           | 37 |
| 4.2.3 Analisa Nitrogen Total .....  | 40 |
| 4.2.4 Pengaruh Waktu Penambahan Substrat Terhadap Kuantitas<br>Biogas yang Dihasilkan pada Digester Berbentuk Balok .....   | 41 |
| 4.2.5 Analisa Perbandingan Sistem Fermentasi Batch dan Fed Batch ...  | 46 |

#### **BAB V PENUTUP**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 50 |
| 5.2 Saran .....      | 50 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA ..... | 51 |
| LAMPIRAN .....       | 54 |

## DAFTAR TABEL

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Karakteristik Palm Oil Mill Effluen yang Masuk Ke Kolam Pengendalian Limbah..... | 4  |
| 2.  | Bahan Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit .....                            | 5  |
| 3.  | Komponen Biogas Kotoran Sapi dan Campuran Kotoran Sisa Pertanian .....           | 11 |
| 4.  | Komponen Biogas Secara Umum .....  | 13 |
| 5.  | Komponen Biogas.....   | 14 |
| 6.  | Data Hasil Penelitian .....  | 24 |
| 7.  | Data Analisa Awal Limbah Industri Kelapa Sawit .....                             | 32 |
| 8.  | Data Hasil Analisa COD.....  | 33 |
| 9.  | Data Hasil Analisa BOD .....   | 33 |
| 10. | Data Hasil Perhitungan Kadar Nitrogen Total Lumpur .....                         | 34 |
| 11. | Data Kuantitas Biogas Selama Satu Bulan Fermentasi.....                          | 34 |
| 12. | Data Kuantitas Biogas Terhadap Waktu Pergantian Umpan Setiap Satu Hari.....      | 35 |
| 13. | Data Kuantitas Biogas Terhadap Waktu Pergantian Umpan Selama Dua Hari.....       | 35 |
| 14. | Data Kuantitas Biogas Terhadap Waktu Pergantian Umpan Selama Lima Hari .....     | 36 |
| 15. | Perbandingan Sistem Batch dan Fed Batch .....                                    | 48 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| 1. Kolam Pengolahan Limbah pada PT. Perkebunan Mitra Ogan .....  | 8  |
| 2. Skema Fermentasi Anaerobik .....  | 16 |
| 3. Diagram Alir Penelitian .....   | 31 |
| 4. Nilai COD Limbah Cair Setelah Mengalami Proses Fermentasi.....  | 37 |
| 5. Nilai BOD Limbah Cair Setelah Mengalami Proses Fermentasi.....  | 38 |
| 6. Kadar Nitrogen Sebelum dan Sesudah Proses Sedimentasi.....  | 40 |
| 7. Hubungan Waktu Pergantian Umpan dan Persentase Gas Metana<br>Setiap Satu Hari.....                          | 41 |
| 8. Hubungan Waktu Pergantian Umpan dan Persentase Gas Metana<br>Setiap Dua Hari .....                          | 43 |
| 9. Hubungan Waktu Pergantian Umpan dan Persentase Gas Metana<br>Setiap Lima Hari .....                         | 45 |
| 10. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Persentase Gas Metana Sistem <i>Batch</i><br>dan <i>Fed Batch</i> ..... | 46 |

## DAFTAR SINGKATAN

Halaman Pertama

|      |                                   |    |
|------|-----------------------------------|----|
| BOD  | = <i>Biological Oxygen Demand</i> | 4  |
| COD  | = <i>Chemical Oxygen Demand</i>   | 5  |
| FAS  | = Ferro Ammonium Sulfat           | 28 |
| GC   | = <i>Gas Chromatography</i>       | 29 |
| POME | = <i>Palm Oil Mill Effluen</i>    | 4  |
| TBK  | = Tandan Buah Segar               | 4  |
| TKKS | = Tandan Kosong Kelapa Sawit      | 4  |
| VFA  | = <i>Volatile Fatty Acid</i>      | 9  |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Lampiran A Data Pengamatan ..... | 54 |
| Lampiran B Dokumentasi .....     | 57 |
| Lampiran C Surat-surat .....     | 64 |