

**PRARENCANA PABRIK  
BIODIESEL DARI *LEATHER TANNING WASTE*  
DENGAN KATALIS CaO DARI LIMBAH  
CANGKANG KERANG SIMPING KAPASITAS:  
23.620 KILOLITER/TAHUN**



**Diajukan oleh:**

Matilda Theresia Renwarin                      NRP. 5203017018

Maria Natasya I. Laban                         NRP. 5203017053

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

Nama : Matilda Theresia Renwarin

NRP : 5203017018

Telah diselenggarakan pada tanggal 12 Januari 2021, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagai persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 20 Januari 2021

Pembimbing I

  
verified and  
electronically signed  
5:31 pm, Jan 20, 2021  
Maria Yuliana, S.T., Ph.D.  
NIK. 521.18.1010

Pembimbing II

  
Prof. Ir. Suryadi Ismadji, IPM.,  
ASEAN. Eng  
NIK. 521.93.0198

### Dewan Penguji

Ketua

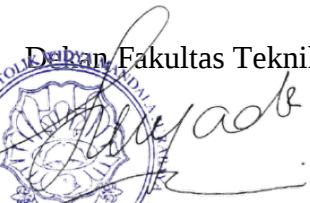
  
Sandy Budi H., Ph.D., IPM.  
NIK. 521.99.0401

Anggota

  
Wenny Irawaty, Ph.D., IPM.  
NIK. 521.97.0284

### Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

  
Prof. Ir. Suryadi Ismadji, IPM.,  
ASEAN.Eng  
NIK. 521.93.0198

Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Sandy Budi H., Ph.D., IPM.  
NIK. 521.99.0401

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

Nama : Maria Natasya Inocentia Laban

NRP : 5203017053

Telah diselenggarakan pada tanggal 12 Januari 2021, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagai persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Pembimbing I

verified and  
electronically signed  
5:34 pm, Jan 20, 2021

Maria Yuliana, S.T., Ph.D.  
NIK. 521.18.1010

Surabaya, 20 Januari 2021

Pembimbing II

Prof. Ir. Suryadi Ismadji, IPM.,  
ASEAN. Eng  
NIK. 521.93.0198

### Dewan Penguji

Ketua

Sandy Budi H., Ph.D., IPM.  
NIK. 521.99.0401

Anggota

Wenny Irawaty, Ph.D., IPM.  
NIK. 521.97.0284

### Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Ir. Suryadi Ismadji, IPM.,  
ASEAN.Eng  
NIK. 521.93.0198

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Sandy Budi H., Ph.D., IPM.  
NIK. 521.99.0401

## LEMBARAN PERNYATAAN PERSETUJUAN

### PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, kami sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama/NRP : Matilda Theresia Renwarin/5203017018

Maria Natasya Inocentia Laban/5203017053

Menyetujui tugas akhir kami yang berjudul:

Prarencana Pabrik Biodiesel dari *Leather Tanning Waste* dengan Katalis CaO dari Limbah Cangkang Kerang Simping Kapasitas 23.620 Kiloliter/Tahun

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta. Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 20 Januari 2021

Yang menyatakan,



Matilda Theresia Renwarin  
NRP. 5203017018

Maria Natasya Inocentia Laban  
NRP. 5203017053

## LEMBARAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagai maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 20 Januari 2021

Mahasiswa yang bersangkutan,



Matilda Theresia Renwarin

NRP. 50203017018

## LEMBARAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 20 Januari 2021

Mahasiswa yang bersangkutan,



Maria Natasya Inocentia Laban

NRP. 50203017053

## KATA PENGATAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarencana Pabrik yang berjudul Prarencana Pabrik Biodiesel dari *Leather Tanning Waste* dengan Katalis CaO dari Limbah Cangkang Kerang Simping Kapasitas: 23.620 Kiloliter/Tahun. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Suryadi Ismadji, Ph.D., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
2. Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
3. Maria Yuliana, S.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan.
4. Prof. Suryadi Ismadji, Ph.D., ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan.
5. Sandy Budi H., Ph.D., IPM., Wenny Irawaty, Ph.D., IPM. dan Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan.
6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini.
7. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan secara materi maupun non-materi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini.
8. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung turut memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tujuan Akhir Prarencana Pabrik ini dapat bermanfaat dan berkontribusi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta para pembaca.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| LEMBAR JUDUL .....                                                       | i       |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                                  | ii      |
| LEMBARAN PERNYATAAN PERSETUJUAN .....                                    | iv      |
| LEMBARAN PERNYATAAN .....                                                | v       |
| KATA PENGATAR .....                                                      | vii     |
| DAFTAR ISI.....                                                          | viii    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                      | x       |
| DAFTAR TABEL.....                                                        | xiii    |
| INTISARI .....                                                           | xxi     |
| BAB I. PENDAHULUAN.....                                                  | I-1     |
| I.1    Latar Belakang.....                                               | I-1     |
| I.2    Karakteristik Bahan Baku.....                                     | I-2     |
| I.3    Kegunaan dan Keunggulan Produk .....                              | I-6     |
| I.4    Analisa Pasar dan Penentuan Kapasitas Produksi .....              | I-6     |
| BAB II. URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES .....                                | II-1    |
| II.1.    Proses Pembuatan Biodiesel.....                                 | II-1    |
| II.2.    Pemilihan Proses.....                                           | II-5    |
| II.3.    Uraian Proses .....                                             | II-6    |
| BAB III. NERACA MASSA .....                                              | III-1   |
| III.1.    Pembuatan Katalis CaO.....                                     | III-1   |
| III.2.    Pembuatan Biodiesel .....                                      | III-4   |
| BAB IV. NERACA PANAS .....                                               | IV-1    |
| BAB V. SPESIFIKASI ALAT .....                                            | V-1     |
| BAB VI. LOKASI, TATA LETAK & ALAT, INSTRUMENTASI DAN <i>SAFETY</i> ..... | VI-1    |
| VI.1.    Lokasi Pabrik.....                                              | VI-1    |
| VI.2.    Tata Letak Pabrik, Alat, dan Utilitas .....                     | VI-4    |
| VI.3.    Instrumentasi .....                                             | VI-12   |
| VI.4.    Keamanan Kerja dan Lingkungan .....                             | VI-14   |
| BAB VII. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....                            | VII-1   |
| VII.1.    Unit Penyediaan Air .....                                      | VII-2   |
| VII.2.    Unit Penyediaan Listrik .....                                  | VII-96  |
| VII.3.    Unit Penyediaan Bahan Bakar .....                              | VII-101 |
| VII.4.    Unit Pengolahan Limbah .....                                   | VII-104 |
| VII.5.    Unit Penyediaan <i>Refrigerant</i> .....                       | VII-117 |
| BAB VIII. DESAIN PRODUK DAN KEMASAN .....                                | VIII-1  |
| VIII.1.    Spesifikasi Produk .....                                      | VIII-1  |
| VIII.2.    Desain Kemasan .....                                          | VIII-1  |
| VIII.3.    Desain Logo.....                                              | VIII-3  |

|                                                                              |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|
| VIII.4. Material Safety Data Sheet (MSDS) .....                              | VIII-4 |
| BAB IX. STRATEGI PEMASARAN.....                                              | IX-1   |
| BAB X. STRUKTUR ORGANISASI .....                                             | X-1    |
| X.1. Struktur Umum .....                                                     | X-1    |
| X.2. Bentuk Perusahaan .....                                                 | X-1    |
| X.3. Struktur Organisasi .....                                               | X-2    |
| X.4. Pembagian Tugas dan Wewenang .....                                      | X-4    |
| X.5. Jadwal Kerja .....                                                      | X-16   |
| X.6. Kesejahteraan Karyawan .....                                            | X-17   |
| BAB XI. ANALISA EKONOMI.....                                                 | XI-1   |
| XI.1. Penentuan Modal Tetap atau Total <i>Capital Investment</i> (TCI).....  | XI-1   |
| XI.2. Penentuan Biaya Produksi Total/Total <i>Production Cost</i> (TPC)..... | XI-2   |
| XI.3. Analisa Ekonomi dengan Metode <i>Discounted Cash Flow</i> .....        | XI-4   |
| XI.4. Perhitungan <i>Rate of Return Investment</i> (ROI).....                | XI-7   |
| XI.5. Perhitungan <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) .....               | XI-8   |
| XI.6. Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time</i> = POT).....             | XI-9   |
| XI.7. <i>Minimum Acceptable Rate of Return</i> (MARR) .....                  | XI-10  |
| XI.8. Penentuan Titik Impas / <i>Break Even Point</i> (BEP).....             | XI-10  |
| XI.9. Analisa Sensitivitas.....                                              | XI-11  |
| BAB XII. DISKUSI DAN KESIMPULAN .....                                        | XII-1  |
| XII.1. Diskusi .....                                                         | XII-1  |
| XII.2. Kesimpulan.....                                                       | XII-2  |
| XII.3. Saran .....                                                           | XII-2  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                         | DP-1   |
| LAMPIRAN A.....                                                              | A-1    |
| LAMPIRAN B.....                                                              | B-1    |
| LAMPIRAN C .....                                                             | C-1    |
| LAMPIRAN D.....                                                              | D-1    |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar I. 1 Konsumsi Energi Menurut Jenis Tahun 2016 di Indonesia.....                         | I-1     |
| Gambar I. 2 Kurva Konsumsi Biodiesel Tahun 2014-2019 .....                                     | I-7     |
| Gambar I. 3 Kurva Ekspor Biodiesel Indonesia Tahun 2012-2018.....                              | I-8     |
| Gambar I. 4 Produksi Industri Penyamakan Kulit (Kulit Jadi dari Sapi) tahun 2011-2013 .....    | I-9     |
| Gambar II. 1 Reaksi Transesterifikasi .....                                                    | II-1    |
| Gambar II. 2 Reaksi Hidrolisis Trigliserida (a); Reaksi Esterifikasi (b) .....                 | II-3    |
| Gambar II. 3 Reaksi Pembentukan Sabun .....                                                    | II-3    |
| Gambar II. 4 Reaksi Dekarboksilasi Kalsium Karbonat.....                                       | II-6    |
| Gambar II. 5 LLE untuk Sistem Biodiesel Minyak Canola + Etanol + Gliserol pada 303,15 K.....   | II-10   |
| Gambar VI. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Biodiesel.....                                            | VI-1    |
| Gambar VI. 2 Jarak Tempuh KIP ke Magetan .....                                                 | VI-2    |
| Gambar VI. 3 Tata Letak Pabrik Biodiesel.....                                                  | VI-7    |
| Gambar VI. 4 Tata Letak <i>Tank Farm</i> .....                                                 | VI-8    |
| Gambar VI. 5 Tata Letak Alat Proses (1:1000) .....                                             | VI-10   |
| Gambar VI. 6 Tata Letak Alat Utilitas Pengolahan Air .....                                     | VI-12   |
| Gambar VII. 1. Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sungai Opak .....                            | VII-11  |
| Gambar VII. 2. <i>Flow sheet</i> Proses Pengolahan Air Sungai Opak .....                       | VII-12  |
| Gambar VII. 3. Skema Aliran Pompa I (L-441) .....                                              | VII-13  |
| Gambar VII. 4. Skema Aliran Pompa II (L-413).....                                              | VII-18  |
| Gambar VII. 5. Skema Aliran Pompa III (L-421) .....                                            | VII-31  |
| Gambar VII. 6. Skema Aliran Pompa IV (L-431) .....                                             | VII-41  |
| Gambar VII. 7. Skema Aliran Pompa V (L-433) .....                                              | VII-52  |
| Gambar VII. 8. Skema Aliran Pompa VI (L-442) .....                                             | VII-67  |
| Gambar VII. 9. Skema Aliran Pompa VII (L-452).....                                             | VII-78  |
| Gambar VII. 10. Skema Aliran Pompa VIII (L-457) .....                                          | VII-92  |
| Gambar VII. 11. Skema Aliran Pompa IX (L-512) .....                                            | VII-111 |
| Gambar VII. 12. Alat <i>Drum Oil Skimmer</i> .....                                             | VII-116 |
| Gambar VII. 13 Alat <i>Lamella Settler</i> .....                                               | VII-117 |
| Gambar VII. 14. Skema Proses Refrigerant .....                                                 | VII-118 |
| Gambar VIII. 1 Desain Drum: Biodiesel (kiri) dan Gliserol (kanan) .....                        | VIII-2  |
| Gambar VIII. 2 Desain Truk Tangki Biodiesel .....                                              | VIII-2  |
| Gambar VIII. 3 Desain Kemasan Katalis Bekas CaO .....                                          | VIII-3  |
| Gambar VIII. 4 Desain Tank <i>Flue Gas</i> .....                                               | VIII-3  |
| Gambar VIII. 5 Desain Logo Produk.....                                                         | VIII-4  |
| Gambar X. 1 Rancangan Struktur Organisasi PT Rote Diesel Indonesia.....                        | X-4     |
| Gambar XI. 1 Hubungan antara Kapasitas Produksi dengan <i>Net Cash Flow</i> Sesudah Pajak..... | XI-11   |
| Gambar A. 1 Skema Neraca Massa <i>Jaw Crusher</i> (C-110) .....                                | A-1     |

|                                                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Gambar A. 2 Skema Neraca Massa <i>Hammer Mill</i> (C-114) dan <i>Screener</i> (H-116) . | A-2  |
| Gambar A. 3 Skema Neraca Massa <i>Kiln</i> (B-120).....                                 | A-4  |
| Gambar A. 4 Skema Neraca Massa <i>Cooling Cyclone</i> (H-121) .....                     | A-6  |
| Gambar A. 5 Skema Neraca Massa Tangki Pencucian (M-213).....                            | A-7  |
| Gambar A. 6 Skema Neraca Massa <i>Settling Tank</i> (A-215) .....                       | A-9  |
| Gambar A. 7 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank I</i> (F-216).....                       | A-10 |
| Gambar A. 8 Skema Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-210) .....        | A-11 |
| Gambar A. 9 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank II</i> (F-218) .....                     | A-12 |
| Gambar A. 10 Skema Neraca Massa Reaktor I (R-310).....                                  | A-13 |
| Gambar A. 11 Skema Neraca Massa <i>Leaf Filter I</i> (H-316).....                       | A-20 |
| Gambar A. 12 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank III</i> (F-317) .....                   | A-22 |
| Gambar A. 13 Skema Neraca Massa Reaktor II (R-320) .....                                | A-23 |
| Gambar A. 14 Skema Neraca Massa <i>Leaf Filter II</i> (H-324) .....                     | A-28 |
| Gambar A. 15 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank IV</i> (F-324).....                     | A-31 |
| Gambar A. 16 Skema Neraca Massa <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330) .....                    | A-32 |
| Gambar A. 17 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank V</i> (F-333) .....                     | A-35 |
| Gambar A. 18 Skema Neraca Massa <i>Holding Tank V</i> (F-335) .....                     | A-36 |
| Gambar B. 1 Skema Neraca Panas <i>Kiln</i> (B-120).....                                 | B-3  |
| Gambar B. 2 Skema Neraca Panas Tangki Pencucian (M-213) .....                           | B-18 |
| Gambar B. 3 Skema Neraca Panas <i>Settling Tank</i> (A-215) .....                       | B-23 |
| Gambar B. 4 Skema Neraca Panas <i>Holding Tank I</i> (F-216).....                       | B-26 |
| Gambar B. 5 Skema Neraca Panas <i>Plate and Filter Press</i> (H-210) .....              | B-29 |
| Gambar B. 6 Skema Neraca Panas <i>Holding Tank II</i> (F-218) .....                     | B-33 |
| Gambar B. 7 Skema Neraca Panas Reaktor I (R-310).....                                   | B-37 |
| Gambar B. 8 Skema Neraca Panas <i>Leaf Filter I</i> (H-316).....                        | B-45 |
| Gambar B. 9 Skema Neraca Panas <i>Holding Tank III</i> (F-317) .....                    | B-49 |
| Gambar B. 10 Skema Neraca Panas Reaktor II (R-320) .....                                | B-55 |
| Gambar B. 11 Skema Neraca Panas <i>Leaf Filter II</i> (H-323).....                      | B-61 |
| Gambar B. 12 Skema Neraca Panas <i>Holding Tank IV</i> (F-324).....                     | B-66 |
| Gambar B. 13 Skema Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (E-331).....                      | B-71 |
| Gambar B. 14 Skema Neraca Panas <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330) .....                    | B-74 |
| Gambar B. 15 Skema Neraca Panas Kolom Rektifikasi I (D-340).....                        | B-78 |
| Gambar B. 16 Skema Neraca Panas Kolom Rektifikasi II (D-350) .....                      | B-84 |
| Gambar C. 1 Dimensi CKS .....                                                           | C-3  |
| Gambar C. 2 Model Tumpukan CKS .....                                                    | C-4  |
| Gambar C. 3 Dimensi Truk Angkut .....                                                   | C-4  |
| Gambar C. 4 Dimensi Cyclone .....                                                       | C-33 |
| Gambar C. 5 Dimensi Tangki dan <i>Nozzle</i> .....                                      | C-40 |
| Gambar C. 6 Skema Pengangkutan <i>Screw Conveyor</i> (J-212) .....                      | C-55 |
| Gambar C. 7 Skema Panjang <i>Screw Conveyor</i> .....                                   | C-55 |
| Gambar C. 8 Dimensi <i>Torispherical Head</i> .....                                     | C-61 |
| Gambar C. 9 Skema Pompa I (L-214).....                                                  | C-66 |

|                                                                                     |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Gambar C. 10 Skema Aliran Pompa II (L-217) .....                                    | C-78  |
| Gambar C. 11 Skema Aliran Pompa III (L-321) .....                                   | C-90  |
| Gambar C. 12 Skema Aliran Pompa IV (L-313) .....                                    | C-94  |
| Gambar C. 13 Skema Support Tangki .....                                             | C-102 |
| Gambar C. 14 Skema Aliran Pompa V (L-315) .....                                     | C-107 |
| Gambar C. 15 Skema Aliran Pompa VI (L-318) .....                                    | C-119 |
| Gambar C. 16 Skema Aliran Pompa VII (L-321) .....                                   | C-131 |
| Gambar C. 17 Skema Aliran Pompa VIII (L-325) .....                                  | C-143 |
| Gambar C. 18 Skema Aliran Pompa IX (L-322) .....                                    | C-152 |
| Gambar C. 19 Skema Aliran Pompa X (L-334) .....                                     | C-165 |
| Gambar C. 20 Skema Aliran Pompa XII (L-344) .....                                   | C-191 |
| Gambar C. 21 Skema Aliran Pompa XI (L-336) .....                                    | C-201 |
| Gambar C. 22 Skema Pompa XIV (L-354) .....                                          | C-227 |
| Gambar C. 23 Skema Aliran Pompa XIII (L-356) .....                                  | C-236 |
| Gambar D. 1 <i>Data Chemical Engineering Plant Cost Index</i> Tahun 2016-2019 ..... | D-2   |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                  |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabel I. 1 Karakteristik <i>Leather Tanning Waste</i> (Colak et al., 2005).....                  | I-2    |
| Tabel I. 2 Komposisi Asam Lemak LTW (Colak et al., 2005).....                                    | I-3    |
| Tabel I. 3 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015 (Badan Standar Nasional, 2015) .                  | I-3    |
| Tabel I. 4 Standar Mutu Biodiesel menurut ASTM D6751 dan EN 14214 (Sakthivel et al., 2018) ..... | I-4    |
| Tabel I. 5 Sifat Fisik dan Kimia Etanol (Perry and Green, 2008) .....                            | I-5    |
| Tabel I. 6 Konsumsi Biodiesel Indonesia Tahun 2014-2019 (APROBI, 2019) .....                     | I-6    |
| Tabel I. 7 Ekspor Biodiesel Indonesia Tahun 2012-2018 (APROBI, 2019) .....                       | I-8    |
| Tabel I. 8 Produksi Industri Penyamakan Kulit (Kulit Jadi dari Sapi) (BPS, 2013) .               | I-9    |
| Tabel I. 9 Komposisi LTW (BioenergyConsult, 2020) .....                                          | I-10   |
| Tabel II. 1 Perbandingan Metanol – Etanol .....                                                  | II-1   |
| Tabel II. 2 Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen .....                                     | II-2   |
| Tabel III. 1 Neraca Massa <i>Jaw Crusher</i> (C-110).....                                        | III-1  |
| Tabel III. 2 Neraca Massa <i>Hammer Mill</i> (C-114) .....                                       | III-2  |
| Tabel III. 3 Neraca Massa <i>Screener</i> (H-116).....                                           | III-2  |
| Tabel III. 4 Neraca Massa <i>Kiln</i> (B-120) .....                                              | III-3  |
| Tabel III. 5 Neraca Massa <i>Cooling Cyclone</i> (H-121) .....                                   | III-3  |
| Tabel III. 6 Neraca Massa Tangki Pencucian (M-213) .....                                         | III-4  |
| Tabel III. 7 Neraca Massa <i>Settling Tank</i> (A-215).....                                      | III-4  |
| Tabel III. 8 Neraca Massa <i>Holding Tank I</i> (F-216) .....                                    | III-4  |
| Tabel III. 9 Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-210).....                       | III-5  |
| Tabel III. 10 Neraca Massa <i>Holding Tank II</i> (F-218).....                                   | III-5  |
| Tabel III. 11 Neraca Massa Reaktor I (R-310) .....                                               | III-6  |
| Tabel III. 12 Neraca Massa <i>Leaf Filter I</i> (H-316).....                                     | III-7  |
| Tabel III. 13 Neraca Massa <i>Holding Tank III</i> (F-317).....                                  | III-8  |
| Tabel III. 14 Neraca Massa Reaktor II (R-320).....                                               | III-9  |
| Tabel III. 15 Neraca Massa <i>Leaf Filter II</i> (H-323) .....                                   | III-10 |
| Tabel III. 16 Neraca Massa <i>Holding Tank IV</i> (F-324) .....                                  | III-11 |
| Tabel III. 17 Neraca Massa <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330).....                                   | III-12 |
| Tabel III. 18 Neraca Massa <i>Holding Tank V</i> (F-333).....                                    | III-13 |
| Tabel III. 19 Neraca Massa <i>Holding Tank VI</i> (F-336) .....                                  | III-14 |
| Tabel III. 20 Neraca Massa Kolom Rektifikasi I (D-340) .....                                     | III-15 |
| Tabel III. 21 Neraca Massa Kolom Rektifikasi II (D-350).....                                     | III-16 |
| Tabel IV. 1 Neraca Panas <i>Kiln</i> (B-120) .....                                               | IV-1   |
| Tabel IV. 2 Neraca Panas <i>Cooling Cyclone</i> (H-121).....                                     | IV-1   |
| Tabel IV. 3 Neraca Panas Tangki Pencucian (M-213) .....                                          | IV-2   |
| Tabel IV. 4 Neraca Panas <i>Settling Tank</i> (A-215) .....                                      | IV-2   |
| Tabel IV. 5 Neraca Panas <i>Holding Tank I</i> (F-216).....                                      | IV-3   |
| Tabel IV. 6 Neraca Panas <i>Plate and Filter Press</i> (H-210) .....                             | IV-3   |
| Tabel IV. 7 Neraca Panas <i>Holding Tank II</i> (F-218).....                                     | IV-4   |
| Tabel IV. 8 Neraca Panas Reaktor I (R-310).....                                                  | IV-5   |

|                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabel IV. 9 Neraca Panas <i>Leaf Filter</i> I (H-316) .....         | IV-6  |
| Tabel IV. 10 Neraca Panas <i>Holding Tank</i> III (F-317) .....     | IV-7  |
| Tabel IV. 11 Neraca Panas Reaktor II (R-320) .....                  | IV-8  |
| Tabel IV. 12 Neraca Panas <i>Leaf Filter</i> II (H-323) .....       | IV-9  |
| Tabel IV. 13 Neraca Panas <i>Holding Tank</i> IV (F-324) .....      | IV-10 |
| Tabel IV. 14 Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (E-311) .....       | IV-11 |
| Tabel IV. 15 Neraca Panas <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330) .....      | IV-12 |
| Tabel IV. 16 Neraca Panas Kolom Rektifikasi I (D-340) .....         | IV-13 |
| Tabel IV. 17 Neraca Panas Kolom Rektifikasi II (D-350) .....        | IV-14 |
| Tabel V. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan CKS (F-111) .....         | V-1   |
| Tabel V. 2 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> I (J-112) .....       | V-1   |
| Tabel V. 3 Spesifikasi <i>Jaw crusher</i> (C-110) .....             | V-2   |
| Tabel V. 4 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> I (J-113) .....         | V-2   |
| Tabel V. 5 Spesifikasi <i>Hammer mill</i> (C-114) .....             | V-3   |
| Tabel V. 6 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> II (J-115) .....        | V-3   |
| Tabel V. 7 Spesifikasi <i>Screener</i> (H-116) .....                | V-4   |
| Tabel V. 8 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> III (J-117) .....       | V-4   |
| Tabel V. 9 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> II (J-118) .....      | V-5   |
| Tabel V. 10 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> I (J-119) .....       | V-6   |
| Tabel V. 11 Spesifikasi <i>Kiln</i> (B-120) .....                   | V-7   |
| Tabel V. 12 Spesifikasi <i>Cooling Cyclone</i> (H-121) .....        | V-8   |
| Tabel V. 13 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> II (J-122) .....      | V-9   |
| Tabel V. 14 Spesifikasi Silo Katalis CaO (F-123) .....              | V-9   |
| Tabel V. 15 Spesifikasi Tangki Penyimpanan LTW (F-211) .....        | V-10  |
| Tabel V. 16 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol (F-311) .....     | V-11  |
| Tabel V. 17 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> III (J-212) .....     | V-12  |
| Tabel V. 18 Spesifikasi Tangki Pencucian (M-213) .....              | V-13  |
| Tabel V. 19 Spesifikasi Pompa I (L-214) .....                       | V-14  |
| Tabel V. 20 Spesifikasi <i>Settling Tank</i> (A-215) .....          | V-14  |
| Tabel V. 21 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> I (F-216) .....         | V-15  |
| Tabel V. 22 Spesifikasi Pompa II (L-217) .....                      | V-15  |
| Tabel V. 23 Spesifikasi <i>Plate and Filter Press</i> (H-210) ..... | V-16  |
| Tabel V. 24 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> II (F-218) .....        | V-16  |
| Tabel V. 25 Spesifikasi Pompa III (L-312) .....                     | V-17  |
| Tabel V. 26 Spesifikasi Pompa IV (L-313) .....                      | V-17  |
| Tabel V. 27 Spesifikasi Reaktor I (R-310) .....                     | V-18  |
| Tabel V. 28 Spesifikasi Pompa V (L-315) .....                       | V-19  |
| Tabel V. 29 Spesifikasi <i>Leaf Filter</i> I (H-316) .....          | V-19  |
| Tabel V. 30 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> III (F-317) .....       | V-20  |
| Tabel V. 31 Spesifikasi Pompa VI (L-318) .....                      | V-21  |
| Tabel V. 32 Spesifikasi Reaktor II (R-320) .....                    | V-22  |
| Tabel V. 33 Spesifikasi Pompa VII (L-321) .....                     | V-23  |
| Tabel V. 34 Spesifikasi <i>Leaf Filter</i> II (H-323) .....         | V-23  |
| Tabel V. 35 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> IV (F-324) .....        | V-24  |

|                                                                                                                            |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabel V. 36 Spesifikasi Pompa VIII (L-325) .....                                                                           | V-25   |
| Tabel V. 37 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-311) .....                                                                | V-26   |
| Tabel V. 38 Spesifikasi Pompa IX (L-322) .....                                                                             | V-27   |
| Tabel V. 39 Spesifikasi <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330).....                                                                | V-27   |
| Tabel V. 40 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> V (F-333).....                                                                 | V-28   |
| Tabel V. 41 Spesifikasi <i>Holding Tank</i> VI (F-335) .....                                                               | V-29   |
| Tabel V. 42 Spesifikasi Pompa X (L-334) .....                                                                              | V-30   |
| Tabel V. 43 Spesifikasi Kolom Rektifikasi I (D-340) .....                                                                  | V-30   |
| Tabel V. 44 Spesifikasi Kondensor I (E-341).....                                                                           | V-31   |
| Tabel V. 45 Spesifikasi Tangki Akumulator I (F-342).....                                                                   | V-31   |
| Tabel V. 46 Spesifikasi <i>Reboiler</i> I (E-343) .....                                                                    | V-32   |
| Tabel V. 47 Spesifikasi Pompa XII (L-344).....                                                                             | V-33   |
| Tabel V. 48 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Biodiesel (F-345) .....                                                         | V-33   |
| Tabel V. 49 Spesifikasi Pompa XII (L-344).....                                                                             | V-34   |
| Tabel V. 50 Spesifikasi Kolom Rektifikasi II (D-350).....                                                                  | V-35   |
| Tabel V. 51 Spesifikasi Kondensor II (E-351) .....                                                                         | V-36   |
| Tabel V. 52 Spesifikasi Tangki Akumulator II (F-352) .....                                                                 | V-37   |
| Tabel V. 53 Spesifikasi <i>Reboiler</i> II (E-353).....                                                                    | V-37   |
| Tabel V. 54 Spesifikasi Pompa XIV (L-354) .....                                                                            | V-38   |
| Tabel V. 55 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Gliserol (F-355).....                                                           | V-38   |
| Tabel V. 56 Spesifikasi Pompa XIII (L-356) .....                                                                           | V-39   |
| Tabel VI. 1 Dimensi dan Luasan Pabrik Biodiesel.....                                                                       | VI-6   |
| Tabel VI. 2 Keterangan Tata Letak <i>Tank Farm</i> .....                                                                   | VI-7   |
| Tabel VI. 3 Keterangan Gambar Tata Letak Alat Proses .....                                                                 | VI-8   |
| Tabel VI. 4 Keterangan Gambar Tata Letak Alat Utilitas Pengolahan Air .....                                                | VI-11  |
| Tabel VI. 5 Instrumen yang Digunakan pada Alat Proses.....                                                                 | VI-13  |
| Tabel VI. 6 MSDS Etanol 96% .....                                                                                          | VI-17  |
| Tabel VI. 7 MSDS Kalsium Oksida (CaO) .....                                                                                | VI-18  |
| Tabel VI. 8 Node Tangki Pencucian (M-213) .....                                                                            | VI-22  |
| Tabel VI. 9 Node Reaktor I (R-310) & Reaktor II (R-320).....                                                               | VI-23  |
| Tabel VI. 10 Node <i>Plate and filter press</i> (H-210), <i>Leaf filter</i> I (H-316) & <i>Leaf filter</i> II (H-323)..... | VI-24  |
| Tabel VI. 11 Node Kondensor Menara Rektifikasi I (E-341) & Menara Rektifikasi II (E-351) .....                             | VI-25  |
| Tabel VI. 12 <i>Reboiler</i> Menara Rektifikasi I (E-343) & Menara Rektifikasi II (E-353) .....                            | VI-26  |
| Tabel VI. 13 Node Tangki Penyimpanan Etanol (F-311).....                                                                   | VI-27  |
| Tabel VI. 14 Node Tempat Penyimpanan Biodiesel (F-345) .....                                                               | VI-28  |
| Tabel VII. 1. Kebutuhan Air Sanitasi .....                                                                                 | VII-2  |
| Tabel VII. 2. Data Massa Kebutuhan Air Pendingin .....                                                                     | VII-3  |
| Tabel VII. 3. Kebutuhan <i>Steam</i> untuk Masing-Masing Alat .....                                                        | VII-6  |
| Tabel VII. 4. Data Saturated <i>Steam</i> Suhu 120°C .....                                                                 | VII-6  |
| Tabel VII. 5. Spesifikasi Pompa I (L-411) .....                                                                            | VII-16 |
| Tabel VII. 6. Spesifikasi Bak Penampung I (F-412) .....                                                                    | VII-17 |
| Tabel VII. 7. Spesifikasi Pompa II (L-413) .....                                                                           | VII-21 |

|                                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel VII. 8. Spesifikasi Tangki Koagulasi (H-410).....                                             | VII-26  |
| Tabel VII. 9. Spesifikasi <i>Settling tank</i> (H-410) .....                                        | VII-29  |
| Tabel VII. 10. Spesifikasi Bak Penampung II (F-415) .....                                           | VII-31  |
| Tabel VII. 11. Spesifikasi Pompa III (L-421).....                                                   | VII-34  |
| Tabel VII. 12. Spesifikasi Tangki <i>Sand Filter</i> (H-420).....                                   | VII-39  |
| Tabel VII. 13. Spesifikasi Bak Penampung III (F-422).....                                           | VII-41  |
| Tabel VII. 14. Spesifikasi Pompa IV (L-431) .....                                                   | VII-44  |
| Tabel VII. 15. Spesifikasi Tangki <i>Carbon Filter</i> (H-430).....                                 | VII-49  |
| Tabel VII. 16. Spesifikasi Bak Penampung IV (F-432) .....                                           | VII-51  |
| Tabel VII. 17. Spesifikasi Pompa IV (L-431) .....                                                   | VII-59  |
| Tabel VII. 18. Spesifikasi Tandon Air Sanitasi (F-434).....                                         | VII-60  |
| Tabel VII. 19. Spesifikasi Tangki <i>Cation Exchanger</i> (H-440).....                              | VII-65  |
| Tabel VII. 20. Spesifikasi Bak Penampung V (F-441).....                                             | VII-67  |
| Tabel VII. 21. Spesifikasi Pompa VI (L-442) .....                                                   | VII-70  |
| Tabel VII. 22. Spesifikasi Tangki <i>Anion Exchanger</i> (H-450) .....                              | VII-76  |
| Tabel VII. 23. Spesifikasi Bak Penampung VI (F-451) .....                                           | VII-77  |
| Tabel VII. 24. Friksional <i>Losses</i> Aliran Pompa VII (l-452).....                               | VII-79  |
| Tabel VII. 25. Spesifikasi Pompa VII (l-452) .....                                                  | VII-83  |
| Tabel VII. 26. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (P-457).....                                        | VII-85  |
| Tabel VII. 27. Spesifikasi Bak <i>Cooling Tower</i> .....                                           | VII-86  |
| Tabel VII. 28. Spesifikasi Tangki Penampung Air Proses (F-456) .....                                | VII-90  |
| Tabel VII. 29. Spesifikasi Bak Penampung Air <i>Boiler</i> (F-453) .....                            | VII-91  |
| Tabel VII. 30. Spesifikasi Pompa VIII (P-454) .....                                                 | VII-95  |
| Tabel VII. 31. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses .....                                       | VII-96  |
| Tabel VII. 32. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas .....                                     | VII-97  |
| Tabel VII. 33. Kebutuhan Listrik untuk <i>Controller</i> .....                                      | VII-97  |
| Tabel VII. 34. Lumen Output yang Dibutuhkan.....                                                    | VII-98  |
| Tabel VII. 35. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan.....                                              | VII-100 |
| Tabel VII. 36. Kebutuhan Listrik untuk Alat Elektronik.....                                         | VII-101 |
| Tabel VII. 37. Komposisi Limbah Padat dari <i>Leaf Filter</i> I dan <i>Leaf Filter</i> II...VII-104 |         |
| Tabel VII. 38. Massa Limbah CaO per Hari.....                                                       | VII-105 |
| Tabel VII. 39. Spesifikasi Bak Penampung Limbah CaO (F-322) .....                                   | VII-106 |
| Tabel VII. 40. Komposisi Limbah Padat dari <i>Plate and Filter Press</i> .....                      | VII-106 |
| Tabel VII. 41. Spesifikasi Bak Penampung Limbah Padat (F-520) .....                                 | VII-108 |
| Tabel VII. 42. Spesifikasi Bak Penampung Limbah Cair (F-511) .....                                  | VII-110 |
| Tabel VII. 43. Massa Aliran Masuk Pompa IX (L-512).....                                             | VII-111 |
| Tabel VII. 44. Spesifikasi Pompa IX (L-512) .....                                                   | VII-115 |
| Tabel VII. 45. Spesifikasi Bak Sedimentasi (H-510) .....                                            | VII-117 |
| Tabel VIII. 1 MSDS Biodiesel .....                                                                  | VIII-4  |
| Tabel VIII. 2 MSDS Gliserol.....                                                                    | VIII-6  |
| Tabel X. 1 Perincian Jumlah Karyawan Pabrik Biodiesel.....                                          | X-15    |
| Tabel X. 2 Jadwal Kerja Karyawan Shift .....                                                        | X-16    |
| Tabel XI. 1 Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....                                    | XI-2    |
| Tabel XI. 2 Tabel Depresiasi Alat dan Bangunan .....                                                | XI-3    |
| Tabel XI. 3 Penentuan <i>Total Production Cost</i> (TPC).....                                       | XI-4    |

|                                                                                                  |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabel XI. 4 <i>Discounted Cash Flow</i> .....                                                    | XI-6  |
| Tabel XI. 5 ROI Sebelum Pajak .....                                                              | XI-7  |
| Tabel XI. 6 ROI Sesudah Pajak .....                                                              | XI-7  |
| Tabel XI. 7 ROE Sebelum Pajak .....                                                              | XI-8  |
| Tabel XI. 8 ROE Sesudah Pajak .....                                                              | XI-8  |
| Tabel XI. 9 POT Sebelum Pajak .....                                                              | XI-9  |
| Tabel XI. 10 POT Sesudah Pajak .....                                                             | XI-9  |
| Tabel XI. 11 Persentase nilai MARR .....                                                         | XI-10 |
| Tabel XI. 12 Penentuan BEP .....                                                                 | XI-11 |
| Tabel XI. 13 Hubungan Kenaikan Persentase Harga Bahan Baku terhadap BEP, ROI, ROE, dan POT. .... | XI-12 |
| Tabel A. 1 Komposisi Mineral CKS .....                                                           | A-1   |
| Tabel A. 2 Neraca Massa <i>Jaw Crusher</i> (C-110) .....                                         | A-2   |
| Tabel A. 3 Neraca Massa <i>Hammer Mill</i> (C-114) .....                                         | A-3   |
| Tabel A. 4 Neraca Massa <i>Screener</i> (H-116) .....                                            | A-4   |
| Tabel A. 5 Neraca Massa <i>Kiln</i> (B-120) .....                                                | A-5   |
| Tabel A. 6 Neraca Massa <i>Cooling Cyclone</i> (H-121) .....                                     | A-6   |
| Tabel A. 7 Komposisi LTW .....                                                                   | A-7   |
| Tabel A. 8 Neraca Massa Tangki Pencucian (M-213) .....                                           | A-8   |
| Tabel A. 9 Neraca Massa <i>Settling Tank</i> (A-215) .....                                       | A-10  |
| Tabel A. 10 Neraca Massa <i>Holding Tank I</i> (F-216) .....                                     | A-10  |
| Tabel A. 11 Komposisi Fase Cair LTW Masuk <i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-210) .....      | A-11  |
| Tabel A. 12 Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-210) .....                       | A-12  |
| Tabel A. 13 Neraca Massa <i>Holding Tank II</i> (F-218) .....                                    | A-13  |
| Tabel A. 14 Kandungan Lemak LTW .....                                                            | A-13  |
| Tabel A. 15 Komposisi Trigliserida dan FFA pada LTW .....                                        | A-13  |
| Tabel A. 16 Jumlah Massa dan Mol Komponen LTW pada Aliran Masuk Reaktor I .....                  | A-14  |
| Tabel A. 17 Data BM (kg/mol) .....                                                               | A-17  |
| Tabel A. 18 Massa Senyawa pada Aliran Masuk Reaktor I .....                                      | A-17  |
| Tabel A. 19 Neraca Massa Reaktor I (R-310) .....                                                 | A-19  |
| Tabel A. 20 Komposisi Fase Liquid dan Padatan Masuk <i>Leaf Filter I</i> .....                   | A-20  |
| Tabel A. 21 Fraksi Massa Komponen Fase Liquid pada <i>Leaf Filter I</i> .....                    | A-20  |
| Tabel A. 22 Neraca Massa <i>Leaf filter I</i> (H-316) .....                                      | A-22  |
| Tabel A. 23 Neraca Massa <i>Holding tank III</i> (F-317) .....                                   | A-23  |
| Tabel A. 24 Komposisi unreacted LTW masuk Reaktor II .....                                       | A-24  |
| Tabel A. 25 Neraca Massa Reaktor II (R-320) .....                                                | A-27  |
| Tabel A. 26 Komposisi Fase Liquid dan Padatan Masuk <i>Leaf Filter II</i> .....                  | A-28  |
| Tabel A. 27 Fraksi Massa Komposisi Fase Liquid Masuk <i>Leaf Filter II</i> .....                 | A-28  |
| Tabel A. 28 Neraca Massa <i>Leaf Filter II</i> (H-323) .....                                     | A-30  |
| Tabel A. 29 Neraca Massa <i>Holding Tank IV</i> (F-324) .....                                    | A-31  |
| Tabel A. 30 Distribusi LLE Etil Ester, Gliserol dan Etanol pada suhu 30°C .....                  | A-32  |
| Tabel A. 31 Massa Senyawa Etil Ester, Etanol dan Gliserol Masuk <i>Bowl centrifuge</i> .....     | A-33  |

|                                                                                           |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabel A. 32 Data Distribusi Massa Etil Ester, Gliserol dan Etanol.....                    | A-33 |
| Tabel A. 33 Fraksi Massa Etil Ester pada Campuran Masuk <i>Bowl centrifuge</i> .....      | A-34 |
| Tabel A. 34 Neraca Massa <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330).....                              | A-35 |
| Tabel A. 35 Neraca Massa <i>Holding Tank</i> V (F-333).....                               | A-36 |
| Tabel A. 36 Neraca Massa <i>Holding Tank</i> VI (F-336) .....                             | A-37 |
| Tabel A. 37 Massa Aliran Masuk Kolom Rektifikasi I dan Data Titik Didih<br>Komponen.....  | A-37 |
| Tabel A. 38 Hasil Perhitungan Trial $T_{dew}$ .....                                       | A-39 |
| Tabel A. 39 Hasil Perhitungan Trial $T_{bubble}$ .....                                    | A-39 |
| Tabel A. 40 Neraca Massa Kolom Rektifikasi I (D-340) .....                                | A-40 |
| Tabel A. 41 Massa Aliran Masuk Kolom Rektifikasi II dan Data Titik Didih<br>Komponen..... | A-41 |
| Tabel A. 42 Neraca Massa Kolom Rektifikasi II (D-350).....                                | A-43 |
| Tabel B. 1 Konstanta Kapasitas Panas ( $C_p$ ) Senyawa $SrO$ dan $SO_3$ .....             | B-2  |
| Tabel B. 2 Konstanta Kapasitas Panas ( $C_p$ ) Senyawa $K_2O$ .....                       | B-3  |
| Tabel B. 3 Aliran Panas Masuk dan Keluar Kiln (B-120).....                                | B-12 |
| Tabel B. 4 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Cooling Cyclone</i> ( H-212).....             | B-14 |
| Tabel B. 5. Nilai Kontribusi Elemen Metode Kopp's Rule .....                              | B-15 |
| Tabel B. 6 Data Kapasitas Panas Menggunakan Metode Kopp's Rule.....                       | B-15 |
| Tabel B. 7 Data Koefisien Kapasitas Panas.....                                            | B-16 |
| Tabel B. 8 Entalpi Pembentukan Gugus Fungsi Metode Joback.....                            | B-17 |
| Tabel B. 9 Data Entalpi Pembentukan.....                                                  | B-17 |
| Tabel B. 10 Aliran Panas Masuk dan Keluar Tangki pencucian (M-213).....                   | B-22 |
| Tabel B. 11 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Settling Tank</i> (A-215).....               | B-26 |
| Tabel B. 12 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Holding Tank</i> I (F-216) .....             | B-29 |
| Tabel B. 13 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Plate And Filter Press</i> (H-210).....      | B-32 |
| Tabel B. 14 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Holding Tank</i> II (F-218).....             | B-37 |
| Tabel B. 15 Aliran Panas Masuk dan Keluar Reaktor I (R-310) .....                         | B-44 |
| Tabel B. 16 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Leaf Filter</i> I (H-316) .....              | B-49 |
| Tabel B. 17 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Holding Tank</i> III (F-317) .....           | B-54 |
| Tabel B. 18 Aliran Panas Masuk dan Keluar Reaktor II (R-320).....                         | B-60 |
| Tabel B. 19 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Leaf filter</i> II (H-323) .....             | B-65 |
| Tabel B. 20 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Holding Tank</i> IV (F-324) .....            | B-70 |
| Tabel B. 21 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Heat Exchanger</i> (E-331) .....             | B-73 |
| Tabel B. 22 Aliran Panas Masuk dan Keluar <i>Bowl Centrifuge</i> (H-330) .....            | B-76 |
| Tabel B. 23 Aliran Panas Masuk dan Keluar Kolom Rektifikasi I (D-340).....                | B-83 |
| Tabel B. 24 Aliran Panas Masuk dan Keluar Kolom Rektifikasi II (D-350) .....              | B-89 |
| Tabel C. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan CKS (F-111).....                                | C-6  |
| Tabel C. 2 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> I (J-112).....                              | C-8  |
| Tabel C. 3 Spesifikasi <i>Jaw crusher</i> (C-110).....                                    | C-9  |
| Tabel C. 4 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> I (J-113).....                                | C-11 |
| Tabel C. 5 Spesifikasi <i>Hammer mill</i> (C-114) .....                                   | C-13 |
| Tabel C. 6 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> II (J-115).....                               | C-15 |
| Tabel C. 7 Spesifikasi <i>Screener</i> (H-116).....                                       | C-16 |
| Tabel C. 8 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> III (J-117) .....                             | C-18 |

|                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabel C. 9 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> II (J-118).....      | C-20  |
| Tabel C. 10 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> I (J-119) .....      | C-23  |
| Tabel C. 11 Spesifikasi <i>Kiln</i> (B-120) .....                  | C-31  |
| Tabel C. 12 Spesifikasi <i>Cooling Cyclone</i> (H-121).....        | C-36  |
| Tabel C. 13 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> II (J-122).....      | C-39  |
| Tabel C. 14 Spesifikasi Silo Katalis CaO (F-123).....              | C-44  |
| Tabel C. 15 Spesifikasi Tangki Penyimpanan LTW (F-211).....        | C-50  |
| Tabel C. 16 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol (F-311).....     | C-54  |
| Tabel C. 17 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> III (J-212) .....    | C-57  |
| Tabel C. 18 Spesifikasi Tangki Pencucian (M-213) .....             | C-65  |
| Tabel C. 19 Spesifikasi Pompa I (L-214).....                       | C-70  |
| Tabel C. 20 Spesifikasi <i>Settling tank</i> (A-215).....          | C-73  |
| Tabel C. 21 Spesifikasi <i>Holding tank</i> I (F-216) .....        | C-77  |
| Tabel C. 22 Spesifikasi Pompa II (L-217).....                      | C-82  |
| Tabel C. 23 Spesifikasi <i>Plate and filter press</i> (H-210)..... | C-85  |
| Tabel C. 24 Spesifikasi <i>Holding tank</i> II (F-218) .....       | C-89  |
| Tabel C. 25 Spesifikasi Pompa III (L-312).....                     | C-93  |
| Tabel C. 26 Spesifikasi Pompa IV (L-313) .....                     | C-98  |
| Tabel C. 27 Spesifikasi Reaktor I (R-310) .....                    | C-106 |
| Tabel C. 28 Spesifikasi Pompa V (L-315).....                       | C-110 |
| Tabel C. 29 Spesifikasi <i>Leaf filter</i> I (H-316) .....         | C-113 |
| Tabel C. 30 Spesifikasi <i>Holding tank</i> III (F-317).....       | C-118 |
| Tabel C. 31 Spesifikasi Pompa VI (L-318) .....                     | C-122 |
| Tabel C. 32 Spesifikasi Reaktor II (R-320) .....                   | C-130 |
| Tabel C. 33 Spesifikasi Pompa VII (L-321) .....                    | C-134 |
| Tabel C. 34 Spesifikasi <i>Leaf filter</i> II (H-323).....         | C-137 |
| Tabel C. 35 Spesifikasi <i>Holding tank</i> IV (F-324).....        | C-142 |
| Tabel C. 36 Spesifikasi Pompa VIII (L-325).....                    | C-146 |
| Tabel C. 37 Spesifikasi <i>Heat exchanger</i> (E-331) .....        | C-151 |
| Tabel C. 38 Spesifikasi Pompa IX (L-332) .....                     | C-155 |
| Tabel C. 39 Spesifikasi <i>Bowl centrifuge</i> (H-330).....        | C-156 |
| Tabel C. 40 Spesifikasi <i>Holding tank</i> V (F-333) .....        | C-160 |
| Tabel C. 41 Spesifikasi <i>Holding tank</i> VI (F-335).....        | C-164 |
| Tabel C. 42 Spesifikasi Pompa X (L-334).....                       | C-168 |
| Tabel C. 43 Spesifikasi Kolom Rektifikasi I (D-340) .....          | C-177 |
| Tabel C. 44 Spesifikasi Kondensor I (E-341).....                   | C-182 |
| Tabel C. 45 Spesifikasi Tangki Akumulator I (F-342) .....          | C-186 |
| Tabel C. 46 Spesifikasi <i>Reboiler</i> I (E-343).....             | C-190 |
| Tabel C. 47 Spesifikasi Pompa XII (L-344) .....                    | C-194 |
| Tabel C. 48 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Biodiesel (F-345).....  | C-200 |
| Tabel C. 49 Spesifikasi Pompa XI (L-336) .....                     | C-204 |
| Tabel C. 50 Spesifikasi Kolom Rektifikasi II (D-350).....          | C-213 |
| Tabel C. 51 Spesifikasi Kondensor II (E-351) .....                 | C-218 |
| Tabel C. 52 Spesifikasi Tangki Akumulator II (F-352).....          | C-222 |
| Tabel C. 53 Spesifikasi <i>Reboiler</i> II (E-353) .....           | C-226 |

|                                                                                         |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabel C. 54 Spesifikasi Pompa XIV (L-354) .....                                         | C-230 |
| Tabel C. 55 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Gliserol (F-355) .....                       | C-235 |
| Tabel C. 56 Spesifikasi Pompa XIII (L-356).....                                         | C-243 |
| Tabel D. 1 Data Cost Index Tahun 2016-2019 .....                                        | D-1   |
| Tabel D. 2 Estimasi Cost Index pada Tahun 2020-2025 .....                               | D-2   |
| Tabel D. 3 Tren Perubahan Nilai Tukar Mata Uang Rupiah Terhadap Dollar Amerika<br>..... | D-2   |
| Tabel D. 4 Harga Peralatan Proses Produksi .....                                        | D-3   |
| Tabel D. 5 Harga Peralatan Utilitas .....                                               | D-5   |
| Tabel D. 6 Harga Bak Penampung .....                                                    | D-6   |
| Tabel D. 7 Harga Peralatan Penunjang .....                                              | D-6   |
| Tabel D. 8 Harga Alat Controller Penunjang Produksi Biodiesel .....                     | D-6   |
| Tabel D. 9 UMK Kabupaten Piyungan Tahun 2016-2020 (Jogjapro.go.id).....                 | D-7   |
| Tabel D. 10 Rincian Gaji Pekerja .....                                                  | D-7   |
| Tabel D. 11 Harga Bangunan Pabrik Biodiesel .....                                       | D-9   |
| Tabel D. 12 Biaya Listrik untuk Penerangan.....                                         | D-10  |
| Tabel D. 13 Biaya Listrik untuk Alat Proses .....                                       | D-11  |
| Tabel D. 14 Biaya Listrik untuk Alat Utilitas.....                                      | D-12  |
| Tabel D. 15 Biaya Listrik untuk Alat <i>Controller</i> .....                            | D-12  |
| Tabel D. 16 Biaya Utilitas Lainnya .....                                                | D-15  |
| Tabel D. 17 Harga Bahan Baku .....                                                      | D-16  |
| Tabel D. 18 Harga Jual Produk.....                                                      | D-16  |
| Tabel D. 19 Harga Kemasan.....                                                          | D-16  |

## INTISARI

Dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dan adanya kesadaran terhadap isu lingkungan mendorong perkembangan industri penghasil energi terbarukan seperti biodiesel. Permintaan pasar akan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif diperkuat dengan Mandatori Biodiesel Pemerintah Indonesia dan Program *Sustainable Development Goals* (SDG). Pengembangan industri biodiesel yang dilakukan adalah pemanfaatan limbah yang berpotensi sebagai bahan baku lipid dan katalis seperti *leather tanning waste* (LTW) yang mengandung 60% lemak dengan 14,20% *free fatty acid* (FFA) dan limbah cangkang kerang simping (CKS) yang dapat menghasilkan 97,6% Kalsium Oksida (CaO) sebagai katalis dalam transesterifikasi trigliserida menjadi *fatty acid ethyl ester* (FAEE). Indonesia menghasilkan lebih dari 203.194,2 ton LTW dan 2.780 ton CKS per tahun sebagai limbah.

Proses produksi biodiesel berbahan dasar LTW dan CKS terbagi menjadi empat tahap, yaitu, pretreatmen LTW, pembuatan katalis CaO, transesterifikasi dan purifikasi biodiesel. Pretreatmen LTW terdiri dari pemanasan LTW dan pemisahan kotoran. Sedangkan, pembuatan CaO dari CKS melalui proses kalsinasi pada suhu tinggi. Pada proses transesterifikasi, LTW dari proses pretreatmen akan direaksikan dengan etanol untuk memproduksi FAEE dengan menggunakan katalis dari CKS pada suhu 60°C. Produk yang dihasilkan pada proses transesterifikasi kemudian akan dipurifikasi untuk memperoleh biodiesel. Dari proses yang dilakukan konversi yang diperoleh mencapai 93,4%.

Prarencana pabrik biodiesel dari *leather tanning waste* (LTW) dengan katalis CaO dari limbah cangkang kerang simping (CKS) memiliki rincian sebagai berikut:

|                                   |                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bentuk Perusahaan                 | : Perseroan Terbatas (PT)                                                                                                                                                                            |
| Produksi                          | : Biodiesel                                                                                                                                                                                          |
| Status Perusahaan                 | : Swasta                                                                                                                                                                                             |
| Kapasitas Produksi                | : 23.620 Kiloliter/Tahun                                                                                                                                                                             |
| Hari Kerja Efektif                | : 330 hari/tahun                                                                                                                                                                                     |
| Sistem Operasi                    | : Semikontinu                                                                                                                                                                                        |
| Masa Konstruksi                   | : 4 Tahun                                                                                                                                                                                            |
| Waktu Mulai Beroperasi            | : Tahun 2025                                                                                                                                                                                         |
| Bahan Baku                        | : <i>Leather Tanning Waste</i> (LTW) dan Cangkang Kerang Simping (CKS)                                                                                                                               |
| Kapasitas Bahan Baku              | : 148.769,7 kg LTW/hari                                                                                                                                                                              |
| Utilitas                          | :                                                                                                                                                                                                    |
| 1. Air                            | : Air sanitasi = 6,138 m <sup>3</sup> /hari<br>Air pendingin = 437,3143 m <sup>3</sup> .hari<br>Air proses = 179,2982 m <sup>3</sup> /hari<br>Air umpan <i>boiler</i> = 34,9389 m <sup>3</sup> /hari |
| 2. <i>Saturated steam</i> (120°C) | = 32.291,8526 kg/hari                                                                                                                                                                                |
| 3. Listrik                        | = 199,2143 kW/hari                                                                                                                                                                                   |
| 4. Bahan bakar                    | : Solar = 2,0927 m <sup>3</sup> /hari ( <i>boiler</i> );<br>2,9167 m <sup>3</sup> /tahun (generator)<br>Batu bara = 3.090,4342 kg/hari                                                               |
| Jumlah Tenaga Kerja               | : 129 orang                                                                                                                                                                                          |
| Lokasi Pabrik                     | : Kawasan Industri Piyungan, Bantul, Yogyakarta                                                                                                                                                      |
| Luas Pabrik                       | : 35.509,93 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                           |

Dari hasil analisa ekonomi yang telah dilakukan diperoleh:

- *Fixed Capital Investment (FCI)* = Rp 106.159.791.033
- *Working capital investment (WCI)* = Rp 75.064.934.065
- *Total Production Cost (TPC)* = Rp 108.366.408.202
- Penjualan per tahun = Rp 178.361.960.324

Analisa ekonomi dengan Metode *Discounted Cash Flow*:

- *Rate of Return Investment (ROI)* sebelum pajak : 25%
- *Rate of Return Investment (ROI)* setelah pajak : 18%
- *Rate of Equity (ROE)* sebelum pajak : 46%
- *Rate of Equity (ROE)* sesudah pajak : 32%
- *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak : 3,8296
- *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak : 4,7258
- *Break Even Point (BEP)* : 50%
- *Minimum Acceptable Rate of Return (MARR)* : 20,01%