

**PRARENCANA PABRIK**  
**PRARENCANA PABRIK *POLYLACTIC ACID* (PLA)**  
**DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN**  
**KAPASITAS PRODUKSI 4.000 TON/TAHUN**



Diajukan oleh:

Yanita Devi            NRP. 5203016003

Ignatius Ang            NRP. 5203017038

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

# LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

**Nama** : Yanita Devi

**NRP** : 5203016003

telah diselenggarakan pada tanggal 14 Januari 2020, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagai persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia.**

Surabaya, 20 Januari 2020

Pembimbing I,



Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.  
NIK. 521.89.0151

Pembimbing II,



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

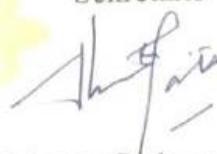
## Dewan Penguji

Ketua



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

Sekretaris



Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.  
NIK. 521.89.0151

Anggota



Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM  
NIK. 521.87.0127

Anggota



Ir. Setiyadi MT.  
NIK 521.88.0137

Mengetahui



Jurusan Teknik Kimia  
Ketua

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



Fakultas Teknik  
Dekan

Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM  
NIK. 521.93.0198

# LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

**Nama** : Ignatius Ang

**NRP** : 5203017038

telah diselenggarakan pada tanggal 14 Januari 2020, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagai persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia.**

Surabaya, 20 Januari 2020

Pembimbing I,

Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.  
NIK. 521.89.0151

Pembimbing II,

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

## Dewan Penguji

Ketua

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

Sekretaris

Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.  
NIK. 521.89.0151

Anggota

Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM  
NIK. 521.87.0127

Anggota

Ir. Setiyadi MT.  
NIK 521.88.0137

Mengetahui



Fakultas Teknik  
Dekan

Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM  
NIK. 521.93.0198



Jurusan Teknik Kimia  
Ketua

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

## LEMBAR 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, 8 Januari 2020

Mahasiswa yang bersangkutan,



Yanita Devi

NRP. 5203016003

## LEMBAR 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, 8 Januari 2020

Mahasiswa yang bersangkutan,



Ignatius Ang

NRP. 5203017038

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PRARENCANA PABRIK

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Yanita Devi

NRP : 5203016003

Nama : Ignatius Ang

NRP : 5203017038

Menyetujui laporan prarencana pabrik kami dengan judul:

Prarencana Pabrik *Polylactic Acid* (PLA) dari Tongkol Jagung dengan Kapasitas Produksi 4.000 Ton / Tahun

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi prarencana pabrik ini kami buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 27 Januari 2020

Yang menyatakan,



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kedua penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya untuk sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarencana Pabrik yang memiliki judul “Prarencana Pabrik *Polylactic Acid* (PLA) dengan Kapasitas Produksi 4.000 Ton/Tahun” dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat penting untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1) Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis merasa bersyukur dan sadar dalam proses perhitungan dan penulisan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, Kedua penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan.
2. Wenny Irawaty, ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan.
3. Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
4. Sandy Budi Hartono, ST., M Phil, Ph.D., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
5. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., selaku ketua penguji serta Dr.Ir. Suratno Lourentius, dan Ir. Setiyadi MT., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritikan, dan arahan yang konstruktif.
6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini.
7. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan secara materi maupun non-materi dan semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung turut

memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini.

Akhir kata, kedua penulis berharap dengan Tugas Akhir Prarencana Pabrik ini dapat bermanfaat terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi serta bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 8 Januari 2020

Penulis



# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN .....	I – 1
I.1. Latar Belakang .....	I – 1
I.2. Sifat Bahan Baku dan Produk.....	I – 2
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk .....	I – 9
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar .....	I – 10
I.5. Kapasitas Produksi dan Kelayakan Teknis .....	I – 17
BAB II URAIAN PROSES.....	II – 1
II.1. Proses Pembuatan Asam Laktat .....	II – 1
II.2. Proses Pembuatan <i>Polylactic Acid</i> (PLA) .....	II – 5
II.3. Uraian Proses.....	II – 7
BAB III NERACA MASSA .....	III – 1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	V – 1
BAB VI LOKASI, TATA LETAK PABRIK & ALAT, INSTRUMENTASI, DAN <i>SAFETY</i> .....	VI – 1
VI.1. Lokasi.....	VI – 1
VI.2. Tata Letak Pabrik, Tata Letak Alat, dan Jadwal Kerja Alat Produksi ...	VI – 4
VI.3. Instrumentasi.....	VI – 12
VI.4. Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan.....	VI – 15
BAB VII UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....	VII – 1
VII.1. Utilitas .....	VII – 2
VII.2. Unit Pengolahan Limbah .....	VII – 123
BAB VIII DESAIN PRODUK DAN KEMASAN .....	VIII – 1
VIII.1. Desain Logo .....	VIII – 1
VIII.2. Desain Produk .....	VIII – 2
VIII.3. Desain Kemasan.....	VIII – 3
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 – 3
X.4. Pembagian Tugas dan Wewenang.....	X – 4
X.5. Jadwal Kerja.....	X – 15
X.6. Kesejahteraan Karyawan.....	X – 16
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI – 1
XI.1. Penentuan Modal Total / <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	XI – 1

XI.2. Penentuan Biaya Produksi Total / <i>Total 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> (ROR).....	XI – 8
XI.5. Perhitungan <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) .....	XI – 9
XI.6. Waktu Pengembalian Modal / <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	XI – 10
XI.7. Penentuan Titik Impas / <i>Break Even Point</i> (BEP).....	XI – 11
XI.8. <i>Minimum Acceptable Rate of Return</i> (MARR).....	XI – 12
XI.9. Analisa Sensitivitas.....	XI – 13
BAB XII DISKUSI DAN KESIMPULAN.....	XII – 1
XII.1. Diskusi .....	XII – 1
XII.2. Kesimpulan.....	XII – 3
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. Struktur Molekul Selulosa .....	I – 4
Gambar I.2. Struktur Molekul Asam Laktat .....	I – 5
Gambar I.3. Optikal Monomer Asam Laktat .....	I – 5
Gambar I.4. <i>Stereoform</i> dari Laktida .....	I – 5
Gambar I.5. Kurva Pertumbuhan Produksi Jagung pada Tahun 2011-2016....	I – 11
Gambar I.6. Kurva Impor PLA di Indonesia pada Tahun 2011-2016 .....	I – 14
Gambar I.7. Kurva Total Impor PLA di China, Taiwan, Jepang, dan Korea Selatan pada Tahun 2011-2016 .....	I – 16
Gambar II.1. Rute Pembuatan PLA dari Asam Laktat.....	II – 5
Gambar II.2. Reaksi Polikondensasi Asam Laktat menjadi Oligomer .....	II – 6
Gambar II.3. Diagram Alir Proses .....	II – 9
Gambar VI.1. Lokasi Pendirian Pabrik <i>Polylactic Acid</i> (PLA) dari Tongkol Jagung (Skala 1 : 40.000) .....	VI – 1
Gambar VI.2. Tata Letak Pabrik <i>Polylactic Acid</i> (PLA) dari Tongkol Jagung (Skala 1 : 2.000) .....	VI – 7
Gambar VI.3. Tata Letak Alat dalam Area Produksi (Skala 1 : 700) .....	VI – 9
Gambar VII.1. Proses Pengolahan Air .....	VII – 10
Gambar VII.2. <i>Flowsheet</i> Unit Pengolahan Air .....	VII – 10
Gambar VII.3. Skema Proses Pengolahan Limbah Padat .....	VII – 124
Gambar VII.4. Skema Proses Pengolahan Limbah Cair .....	VII – 132
Gambar VII.5. Skema Proses Pengolahan Limbah Gas (Uap Air) .....	VII – 135
Gambar VII.6. Skema Proses Pengolahan Limbah Gas (Organik) .....	VII – 137
Gambar VIII.1. Desain Logo PT. Polylateral Alamindo .....	VIII – 1
Gambar VIII.2. Tampak Depan Kemasan Produk PLA 25 kg .....	VIII – 4
Gambar VIII.3. Tampak Belakang Kemasan Produk PLA 25 kg.....	VIII – 4
Gambar VIII.4. Kemasan Produk PLA 500 kg .....	VIII – 5
Gambar VIII.5. Kemasan Produk Natrium Sulfat 500 kg.....	VIII – 5
Gambar VIII.6. <i>Tank Truck</i> Produk Natrium Fenolat 10.000 L .....	VIII – 6
Gambar X.1. Struktur Organisasi Pabrik <i>Polylactic Acid</i> (PLA).....	X – 4
Gambar XI.1. Hubungan antara Kapasitas Produksi (%) dengan <i>Net Cash</i> <i>Flow</i> Setelah Pajak .....	XI – 12
Gambar A.1. Diagram Alir <i>Rotary Cutter</i> dan <i>Vibrating Screen</i> .....	A – 2
Gambar A.2. Diagram Alir Sistem Delignifikasi.....	A – 6
Gambar A.3. Diagram Alir <i>Screw Press I</i> .....	A – 9
Gambar A.4. Diagram Alir Sistem Reaktor Hidrolisis .....	A – 12
Gambar A.5. Diagram Alir Sistem Reaktor Netralisasi .....	A – 17
Gambar A.6. Diagram Alir <i>Screw Press II</i> .....	A – 21
Gambar A.7. Diagram Alir Evaporator I .....	A – 23
Gambar A.8. Diagram Alir <i>Centrifuge</i> .....	A – 26
Gambar A.9. Diagram Alir Sistem Fermentor .....	A – 28
Gambar A.10. Diagram Alir Rangkaian Evaporator II .....	A – 39
Gambar A.11. Diagram Alir <i>Rotary Drum Microfilter</i> .....	A – 41
Gambar A.12. Diagram Alir Sistem Esterifikasi .....	A – 44
Gambar A.13. Diagram Alir <i>Vaporizer</i> .....	A – 47

Gambar A.14. Diagram Alir Menara Distilasi .....	A – 48
Gambar A.15. Diagram Alir Reaktor Prepolimer .....	A – 54
Gambar A.16. Diagram Alir Reaktor Laktida.....	A – 57
Gambar A.17. Diagram Alir Reaktor Polimer .....	A – 60
Gambar A.18. Diagram Alir <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	A – 63
Gambar B.1. Diagram Alir Sistem Delignifikasi .....	B – 8
Gambar B.2. Diagram Alir Tangki Pelarutan .....	B – 9
Gambar B.3. Diagram Alir Tangki Delignifikasi .....	B – 11
Gambar B.4. Diagram Alir <i>Screw Press I</i> .....	B – 14
Gambar B.5. Diagram Alir Sistem Reaktor Hidrolisis .....	B – 18
Gambar B.6. Diagram Alir Tangki Pengenceran .....	B – 19
Gambar B.7. Diagram Alir Reaktor Hidrolisis .....	B – 20
Gambar B.8. Diagram Alir Sistem Reaktor Netralisasi .....	B – 26
Gambar B.9. Diagram Alir Tangki Pelarutan .....	B – 27
Gambar B.10. Diagram Alir Reaktor Netralisasi .....	B – 29
Gambar B.11. Diagram Alir <i>Screw Press II</i> .....	B – 33
Gambar B.12. Diagram Alir Evaporator I.....	B – 36
Gambar B.13. Diagram Alir <i>Centrifuge</i> .....	B – 39
Gambar B.14. Diagram Alir Sistem Fermentor .....	B – 42
Gambar B.15. Diagram Alir Tangki Pencampuran I .....	B – 43
Gambar B.16. Diagram Alir Tangki Pengenceran .....	B – 45
Gambar B.17. Diagram Alir Tangki Pencampuran II.....	B – 47
Gambar B.18. Diagram Alir Tangki Pertumbuhan .....	B – 48
Gambar B.19. Diagram Alir Fermentor .....	B – 50
Gambar B.20. Diagram Alir Evaporator II .....	B – 57
Gambar B.21. Diagram Alir <i>Rotary Drum Microfilter</i> .....	B – 60
Gambar B.22. Diagram Alir Sistem Esterifikasi.....	B – 63
Gambar B.23. Diagram Alir Reaktor Esterifikasi .....	B – 64
Gambar B.24. Diagram Alir <i>Vaporizer</i> .....	B – 70
Gambar B.25. Diagram Alir <i>Expansion Valve</i> .....	B – 78
Gambar B.26. Diagram Alir Menara Distilasi .....	B – 81
Gambar B.27. Diagram Alir Reaktor Prepolimer .....	B – 91
Gambar B.28. Diagram Alir Reaktor Laktida.....	B – 96
Gambar B.29. Diagram Alir Reaktor Polimer .....	B – 102
Gambar B.30. Diagram Alir <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	B – 107
Gambar B.31. Diagram Alir <i>Pelletizer</i> .....	B – 113
Gambar C.1. <i>Flexible Intermediate Bulk Container (FIBC)</i> .....	C – 3
Gambar C.2. Susunan Palet dalam Rak (Tampak Samping) .....	C – 5
Gambar C.3. Susunan Rak dalam Gudang (Tampak Atas).....	C – 5
Gambar C.4. <i>Rotary Knife Cutter</i> .....	C – 6
Gambar C.5. Susunan Kemasan pada Palet .....	C – 12
Gambar C.6. Susunan Palet dalam Rak (Tampak Samping) .....	C – 12
Gambar C.7. Susunan Rak dalam Gudang (Tampak Atas).....	C – 13
Gambar C.8. Struktur <i>Torispherical Dished Head</i> .....	C – 17
Gambar C.9. Struktur Sistem Berpengaduk.....	C – 18
Gambar C.10. Struktur Tutup Bawah Berbentuk <i>Conical Closure</i> .....	C – 32
Gambar C.11. <i>Screw Press Model BCSP-D30</i> .....	C – 40
Gambar C.12. Struktur <i>Self-Supporting Roof</i> .....	C – 48

Gambar C.13. <i>Screw Press</i> Model AGSP-800 .....	C – 105
Gambar C.14. <i>Solid Bowl Centrifuge</i> Model GLW355x 1280-N.....	C – 116
Gambar C.15. Susunan Kemasan pada Palet Tampak Atas (Kiri) dan Tampak Samping (Kanan) .....	C – 126
Gambar C.16. Susunan Palet dalam Rak (Tampak Samping) .....	C – 126
Gambar C.17. Susunan Rak dalam Gudang (Tampak Atas).....	C – 127
Gambar C.18. Struktur <i>Elliptical Dished Head</i> .....	C – 149
Gambar C.19. Susunan Tampak Samping dari Kemasan 4 Tingkat (Kiri) dan 5 Tingkat (Kanan) .....	C – 188
Gambar C.20. Susunan Tampak Atas dari Kemasan dalam <i>Refrigerator</i> .....	C – 188
Gambar C.21. Susunan <i>Refrigerator</i> dalam Gudang (Tampak Atas) .....	C – 189
Gambar C.22. <i>Rotary Drum Microfilter</i> Model DWL-1.....	C – 218
Gambar C.23. <i>Expansion Valve Flange</i> .....	C – 251
Gambar C.24. Susunan Kemasan pada Palet Tampak Atas (Kiri) dan Tampak Samping (Kanan).....	C – 321
Gambar C.25. Susunan Palet dalam Rak .....	C – 322
Gambar C.26. Susunan Rak dalam Gudang.....	C – 322
Gambar C.27. <i>Twin Screw Extruder</i> Model MRS-130 .....	C – 351
Gambar C.28. <i>Underwater Pelletizing System</i> Model LQ-600 .....	C – 352
Gambar C.29. Susunan Rak dalam Gudang (Tampak Atas).....	C – 355

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1. Komposisi Kimia dalam Tongkol Jagung (Basis Kering).....	I – 3
Tabel I.2. Komposisi Unsur dalam Tongkol Jagung (Basis Kering).....	I – 3
Tabel I.3. Sifat Fisika dan Kimia Selulosa.....	I – 4
Tabel I.4. Sifat Fisika dan Kimia Glukosa.....	I – 4
Tabel I.5. Sifat Fisika dan Kimia Asam Laktat.....	I – 6
Tabel I.6. Sifat Fisika dan Kimia <i>Polylactic Acid</i> (PLA) .....	I – 6
Tabel I.7. Sifat Fisika dan Kimia Asam Sulfat .....	I – 7
Tabel I.8. Sifat Fisika dan Kimia Amonium Hidroksida .....	I – 7
Tabel I.9. Sifat Fisika dan Kimia Natrium Hidroksida .....	I – 8
Tabel I.10. Sifat Fisika dan Kimia Etanol.....	I – 8
Tabel I.11. Sifat Fisika dan Kimia Ekstrak Ragi .....	I – 9
Tabel I.12. Sifat Fisika dan Kimia Pepton .....	I – 9
Tabel I.13. Produksi Jagung di Beberapa Kabupaten/Kota Sekitar Kabupaten Mojokerto pada Tahun 2011-2016.....	I – 11
Tabel I.14. Data Impor PLA di Indonesia pada Tahun 2011-2016.....	I – 14
Tabel I.15. Data Impor PLA di China, Taiwan, Jepang, dan Korea Selatan pada Tahun 2011-2016.....	I – 15
Tabel I.16. Daftar Industri <i>Polylactic Acid</i> (PLA) di Dunia .....	I – 19
Tabel II.1.1. Produksi Asam Laktat dengan Menggunakan Berbagai Substrat dan Mikroorganisme .....	II – 3
Tabel II.1.2. Perbedaan Metode Sintesis Kimia dan Fermentasi pada Produksi Asam Laktat .....	II – 4
Tabel II.2. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan dari Proses Pembuatan PLA.....	II – 7
Tabel III.1.1. Neraca Massa <i>Rotary Cutter</i> (C-112) .....	III – 1
Tabel III.1.2. Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i> (H-113).....	III – 2
Tabel III.2.1. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-116) .....	III – 2
Tabel III.2.2. Neraca Massa Tangki Delignifikasi (R-110) .....	III – 3
Tabel III.3. Neraca Massa <i>Screw Press I</i> (H-121) .....	III – 3
Tabel III.4.1. Neraca Massa Tangki Pengenceran (M-124).....	III – 4
Tabel III.4.2. Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (R-120).....	III – 4
Tabel III.5.1. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-132) .....	III – 5
Tabel III.5.2. Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-130).....	III – 5
Tabel III.6. Neraca Massa <i>Screw Press II</i> (H-134).....	III – 6
Tabel III.7. Neraca Massa Evaporator I (V-136) .....	III – 6
Tabel III.8. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (H-137) .....	III – 7
Tabel III.9.1. Neraca Massa Tangki Pencampuran I (M-140) .....	III – 7
Tabel III.9.2. Neraca Massa Tangki Pengenceran (M-150).....	III – 8
Tabel III.9.3. Neraca Massa Tangki Pencampuran II (M-211).....	III – 8
Tabel III.9.4. Neraca Massa Tangki Pertumbuhan (M-214).....	III – 8
Tabel III.9.5. Neraca Massa Fermentor (R-210).....	III – 9
Tabel III.10. Neraca Massa Evaporator II (V-216).....	III – 10
Tabel III.11. Neraca Massa <i>Rotary Drum Microfilter</i> (H-221) .....	III – 11
Tabel III.12. Neraca Massa Sistem Esterifikasi (F-223) & (R-220).....	III – 11

Tabel III.13. Neraca Massa <i>Vaporizer</i> .....	III – 12
Tabel III.14. Neraca Massa Menara Distilasi (D-310).....	III – 12
Tabel III.15. Neraca Massa Reaktor Prepolimer (R-320).....	III – 12
Tabel III.16. Neraca Massa Reaktor Laktida (R-330).....	III – 13
Tabel III.17. Neraca Massa Reaktor Polimer (R-340).....	III – 13
Tabel III.18. Neraca Massa <i>Devolatilizer Extruder</i> (H-341).....	III – 14
Tabel III.19. Neraca Massa <i>Overall</i> .....	III – 15
Tabel IV.1.1. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-116).....	IV – 1
Tabel IV.1.2. Neraca Panas Tangki Delignifikasi (R-110).....	IV – 2
Tabel IV.2. Neraca Panas <i>Screw Press I</i> (H-121).....	IV – 2
Tabel IV.3.1. Neraca Panas Tangki Pengenceran (M-124).....	IV – 3
Tabel IV.3.2. Neraca Panas Reaktor Hidrolisis (R-120).....	IV – 3
Tabel IV.4.1. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-132).....	IV – 4
Tabel IV.4.2. Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-130).....	IV – 4
Tabel IV.5. Neraca Panas <i>Screw Press II</i> (H-134).....	IV – 5
Tabel IV.6. Neraca Panas Evaporator I (V-136).....	IV – 5
Tabel IV.7. Neraca Panas <i>Centrifuge</i> (H-137).....	IV – 6
Tabel IV.8.1. Neraca Panas Tangki Pencampuran I (M-140).....	IV – 6
Tabel IV.8.2. Neraca Panas Tangki Pengenceran (M-150).....	IV – 7
Tabel IV.8.3. Neraca Panas Tangki Pencampuran II (M-211).....	IV – 7
Tabel IV.8.4. Neraca Panas Tangki Pertumbuhan (M-214).....	IV – 8
Tabel IV.8.5. Neraca Panas Fermentor (R-210).....	IV – 8
Tabel IV.9. Neraca Panas Evaporator II (V-216).....	IV – 9
Tabel IV.10. Neraca Panas <i>Rotary Drum Microfilter</i> (H-221).....	IV – 10
Tabel IV.11. Neraca Panas Sistem Esterifikasi (F-223) & (R-220).....	IV – 10
Tabel IV.12. Neraca Panas <i>Vaporizer</i> (V-225).....	IV – 11
Tabel IV.13. Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> (K-226).....	IV – 11
Tabel IV.14. Neraca Panas Menara Distilasi (D-310).....	IV – 12
Tabel IV.15. Neraca Panas Reaktor Prepolimer (R-320).....	IV – 12
Tabel IV.16. Neraca Panas Reaktor Laktida (R-330).....	IV – 13
Tabel IV.17. Neraca Panas Reaktor Polimer (R-340).....	IV – 14
Tabel IV.18. Neraca Panas <i>Devolatilizer Extruder</i> (H-341).....	IV – 15
Tabel IV.19. Neraca Panas <i>Pelletizer</i> (S-342).....	IV – 15
Tabel V.1. Spesifikasi <i>Rotary Cutter</i> (C-112).....	V – 2
Tabel V.2. Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> (H-113).....	V – 3
Tabel V.3. Spesifikasi <i>Screw Conveyor I</i> (J-114).....	V – 4
Tabel V.4. Spesifikasi Tangki Pelarutan NaOH 15% wt (M-116).....	V – 6
Tabel V.5. Spesifikasi Pompa I (L-117).....	V – 7
Tabel V.6. Spesifikasi Tangki Delignifikasi (R-110).....	V – 8
Tabel V.7. Spesifikasi <i>Screw Press I</i> (H-121).....	V – 9
Tabel V.8. Spesifikasi <i>Screw Conveyor II</i> (J-122).....	V – 10
Tabel V.9. Spesifikasi Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 98% (F-123).....	V – 11
Tabel V.10. Spesifikasi Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (M-124).....	V – 12
Tabel V.11. Spesifikasi Pompa II (L-125).....	V – 13
Tabel V.12. Spesifikasi Reaktor Hidrolisis (R-120).....	V – 14
Tabel V.13. Spesifikasi Pompa III (L-131).....	V – 15
Tabel V.14. Spesifikasi Tangki Pelarutan NaOH 40% wt (M-132).....	V – 16
Tabel V.15. Spesifikasi Pompa IV (L-133).....	V – 17

Tabel V.16. Spesifikasi Reaktor Netralisasi (R-130).....	V – 18
Tabel V.17. Spesifikasi <i>Screw Press II</i> (H-134) .....	V – 19
Tabel V.18. Spesifikasi Pompa V (L-135).....	V – 20
Tabel V.19. Spesifikasi Evaporator I (V-136) .....	V – 21
Tabel V.20. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (H-137) .....	V – 22
Tabel V.21. Spesifikasi Pompa VI (L-138) .....	V – 23
Tabel V.22. Spesifikasi Tangki Pencampuran I (M-140) .....	V – 24
Tabel V.23. Spesifikasi Pompa VII (L-142) .....	V – 25
Tabel V.24. Spesifikasi Tangki Penyimpanan NH <sub>4</sub> OH (F-151) .....	V – 26
Tabel V.25. Spesifikasi Tangki Pengenceran NH <sub>4</sub> OH (M-150) .....	V – 27
Tabel V.26. Spesifikasi Pompa VIII (L-152).....	V – 28
Tabel V.27. Spesifikasi Pompa IX (L-153) .....	V – 29
Tabel V.28. Spesifikasi Tangki Pencampuran II (M-211).....	V – 30
Tabel V.29. Spesifikasi Pompa X (L-212).....	V – 31
Tabel V.30. Spesifikasi Tangki Pertumbuhan (M-214).....	V – 32
Tabel V.31. Spesifikasi Pompa XI (L-215) .....	V – 33
Tabel V.32. Spesifikasi Fermentor (R-210).....	V – 34
Tabel V.33. Spesifikasi Evaporator II (V-216).....	V – 35
Tabel V.34. Spesifikasi <i>Rotary Drum Microfilter</i> (H-221).....	V – 36
Tabel V.35. Spesifikasi Pompa XII (L-222) .....	V – 37
Tabel V.36. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH) 96% (F-223) .....	V – 38
Tabel V.37. Spesifikasi Pompa XIII (L-224).....	V – 39
Tabel V.38. Spesifikasi Reaktor Esterifikasi (R-220).....	V – 40
Tabel V.39. Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (V-225) .....	V – 41
Tabel V.40. Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (K-226) .....	V – 42
Tabel V.41. Spesifikasi <i>Blower</i> (G-311).....	V – 43
Tabel V.42. Spesifikasi Menara Distilasi (D-310).....	V – 44
Tabel V.43. Spesifikasi Kondensator (E-312) .....	V – 45
Tabel V.44. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (E-313) .....	V – 46
Tabel V.45. Spesifikasi Pompa XIV (L-314).....	V – 47
Tabel V.46. Spesifikasi Tangki Intermediate (F-315) .....	V – 48
Tabel V.47. Spesifikasi Pompa XV (L-321).....	V – 49
Tabel V.48. Spesifikasi Reaktor Prepolimer (R-320) .....	V – 50
Tabel V.49. Spesifikasi Pompa XVI (L-322).....	V – 51
Tabel V.50. Spesifikasi Reaktor Laktida (R-330).....	V – 52
Tabel V.51. Spesifikasi Pompa XVII (L-332) .....	V – 53
Tabel V.52. Spesifikasi Reaktor Polimer (R-340) .....	V – 54
Tabel V.53. Spesifikasi <i>Devolatilizer Extruder</i> (H-341) .....	V – 55
Tabel V.54. Spesifikasi <i>Pelletizer</i> (S-342).....	V – 56
Tabel VI.1. Keterangan Tata Letak Pabrik .....	VI – 7
Tabel VI.2. Keterangan Tata Letak Alat .....	VI – 9
Tabel VI.3. Jadwal Kerja Alat Produksi .....	VI – 11
Tabel VI.4. Keterangan Instrumentasi pada Alat Produksi.....	VI – 14
Tabel VII.1. Kebutuhan Air Sanitasi.....	VII – 2
Tabel VII.2. Jumlah Air Proses.....	VII – 3
Tabel VII.3. Total Kebutuhan Air Pendingin.....	VII – 4
Tabel VII.4. Volume Total Sistem Fermentasi .....	VII – 5



Tabel VII.5.1. Kebutuhan Total <i>Saturated Steam</i> Bersuhu 135°C .....	VII – 6
Tabel VII.5.2. Kebutuhan Total <i>Saturated Steam</i> Bersuhu 210°C .....	VII – 6
Tabel VII.6. Kriteria Air Umpan <i>Boiler</i> .....	VII – 7
Tabel VII.7. Kode dan Nama Alat dari Unit Pengolahan Air.....	VII – 11
Tabel VII.8.1. Kebutuhan Listrik Alat Proses dalam Area Produksi.....	VII – 115
Tabel VII.8.2. Kebutuhan Listrik Alat Penunjang Proses dalam Area Produksi.....	VII – 116
Tabel VII.9. Kebutuhan Listrik dalam Area Utilitas dan Pengolahan Limbah .....	VII – 117
Tabel VII.10. Kebutuhan Lumen Total dalam Area Pabrik.....	VII – 118
Tabel VII.11. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dalam Area Pabrik ...	VII – 120
Tabel VII.12. Spesifikasi Bahan Bakar Solar dari PT. Pertamina .....	VII – 122
Tabel VII.13. Limbah Padat dari <i>Screw Press II</i> , <i>Centrifuge</i> , dan <i>Rotary Drum Microfilter</i> .....	VII – 123
Tabel VII.14. Limbah Cair dari <i>Screw Press I</i> .....	VII – 131
Tabel VII.15. Fraksi Massa dan Densitas Komponen dalam Tangki Penampungan.....	VII – 132
Tabel VII.16. Limbah Gas dari Evaporator I.....	VII – 134
Tabel VII.17. Limbah Gas dari Reaktor Prepolimer, Reaktor Laktida, Reaktor Polimer, serta <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	VII – 137
Tabel VII.18. Fraksi Massa dan Densitas Komponen dalam Tangki Penampungan.....	VII – 142
Tabel X.1. Rincian Jumlah Pegawai dalam Pabrik <i>Polylactic Acid</i> (PLA) ....	X – 14
Tabel X.2. Jadwal Kerja Pegawai <i>Shift</i> .....	X – 15
Tabel XI.1. Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	XI – 2
Tabel XI.2. Perhitungan Depresiasi Peralatan dan Bangunan .....	XI – 3
Tabel XI.3. Penentuan <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	XI – 4
Tabel XI.4. Keterangan Kolom <i>Cash Flow</i> .....	XI – 5
Tabel XI.5. Hasil Perhitungan <i>Cash Flow</i> .....	XI – 7
Tabel XI.6. <i>Rate of Return Investment</i> (ROR) Sebelum Pajak .....	XI – 8
Tabel XI.7. <i>Rate of Return Investment</i> (ROR) Sesudah Pajak.....	XI – 8
Tabel XI.8. <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) Sebelum Pajak.....	XI – 9
Tabel XI.9. <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) Sesudah Pajak .....	XI – 10
Tabel XI.10. <i>Pay Out Time</i> (POT) Sebelum Pajak .....	XI – 10
Tabel XI.11. <i>Pay Out Time</i> (POT) Sesudah Pajak.....	XI – 11
Tabel XI.12. Penentuan <i>Break Even Point</i> (BEP).....	XI – 12
Tabel XI.13. Hasil Perhitungan <i>Minimum Acceptable Rate of Return</i> (MARR).....	XI – 13
Tabel XI.14. Hubungan antara Persentase Kenaikan Harga Bahan Baku terhadap ROR, ROE, POT, serta BEP .....	XI – 13
Tabel A.1. Komposisi Tongkol Jagung Basis Kering.....	A – 1
Tabel A.2. Komposisi Tongkol Jagung Basis Basah .....	A – 2
Tabel A.1.1. Neraca Massa <i>Rotary Cutter</i> (C-112) .....	A – 5
Tabel A.1.2. Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i> (H-113) .....	A – 5
Tabel A.2.1. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-116) .....	A – 9
Tabel A.2.2. Neraca Massa Tangki Delignifikasi (R-110) .....	A – 9
Tabel A.3. Neraca Massa <i>Screw Press I</i> (H-121) .....	A – 11
Tabel A.4.1. Neraca Massa Tangki Pengenceran (M-124).....	A – 16

Tabel A.4.2. Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (R-120) .....	A – 17
Tabel A.5.1. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-132) .....	A – 20
Tabel A.5.2. Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-130).....	A – 20
Tabel A.6. Neraca Massa <i>Screw Press II</i> (H-134) .....	A – 23
Tabel A.7. Neraca Massa Evaporator I (V-136) .....	A – 26
Tabel A.8. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (H-137) .....	A – 28
Tabel A.9.1. Neraca Massa Tangki Pencampuran I (M-140) .....	A – 37
Tabel A.9.2. Neraca Massa Tangki Pengenceran (M-150).....	A – 38
Tabel A.9.3. Neraca Massa Tangki Pencampuran II (M-211).....	A – 38
Tabel A.9.4. Neraca Massa Tangki Pertumbuhan (M-214).....	A – 38
Tabel A.9.5. Neraca Massa Fermentor (R-210).....	A – 39
Tabel A.10. Neraca Massa Evaporator II (V-216).....	A – 41
Tabel A.11. Neraca Massa <i>Rotary Drum Microfilter</i> (H-221).....	A – 43
Tabel A.12. Neraca Massa Sistem Esterifikasi (F-223) & (R-220) .....	A – 47
Tabel A.13. Neraca Massa <i>Vaporizer</i> .....	A – 48
Tabel A.14.1. Konstanta Persamaan Antoine untuk Komponen Produk Dasar .....	A – 50
Tabel A.14.2. Perhitungan Trial Suhu <i>Bubble</i> pada Produk Dasar.....	A – 51
Tabel A.14.3. Perhitungan Trial Suhu <i>Dew</i> pada Produk Distilat .....	A – 53
Tabel A.14.4. Neraca Massa Menara Distilasi (D-310).....	A – 54
Tabel A.15. Neraca Massa Reaktor Prepolimer (R-320) .....	A – 56
Tabel A.16. Neraca Massa Reaktor Laktida (R-330).....	A – 59
Tabel A.17. Neraca Massa Reaktor Polimer (R-340) .....	A – 62
Tabel A.18. Neraca Massa <i>Devolatilizer Extruder</i> (H-341) .....	A – 64
Tabel B.1.1. Nilai Konstanta Kopp's (Ci).....	B – 1
Tabel B.1.2. Kapasitas Panas untuk Senyawa Padat.....	B – 5
Tabel B.1.3. Kapasitas Panas untuk Senyawa Cair.....	B – 6
Tabel B.1.4. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Oligomer Etil Laktat ....	B – 6
Tabel B.1.5. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas Laktida .....	B – 7
Tabel B.1.6. Kapasitas Panas untuk Senyawa Gas .....	B – 8
Tabel B.2.1. Panas Laten untuk Senyawa Menguap.....	B – 8
Tabel B.3.1. Panas Komponen Produk Tangki Pelarutan.....	B – 11
Tabel B.3.2. Panas Komponen Produk <i>Vibrating Screen</i> (Padat) .....	B – 12
Tabel B.3.3. Panas Komponen Produk Tangki Delignifikasi .....	B – 13
Tabel B.3.4. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-116) .....	B – 14
Tabel B.3.5. Neraca Panas Tangki Delignifikasi (R-110) .....	B – 14
Tabel B.4.1. Panas Komponen Produk <i>Screw Press I</i> (Padat).....	B – 17
Tabel B.4.2. Panas Komponen Produk <i>Screw Press I</i> (Cair).....	B – 17
Tabel B.4.3. Neraca Panas <i>Screw Press I</i> (H-121) .....	B – 18
Tabel B.5.1. Panas Komponen Produk Tangki Pengenceran .....	B – 20
Tabel B.5.2. Panas Komponen Produk Reaktor Hidrolisis.....	B – 25
Tabel B.5.3. Neraca Panas Tangki Pengenceran (M-124).....	B – 25
Tabel B.5.4. Neraca Panas Reaktor Hidrolisis (R-120) .....	B – 26
Tabel B.6.1. Panas Komponen Produk Tangki Pelarutan.....	B – 28
Tabel B.6.2. Panas Komponen Produk Reaktor Netralisasi.....	B – 31
Tabel B.6.3. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-132) .....	B – 32
Tabel B.6.4. Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-130).....	B – 32
Tabel B.7.1. Panas Komponen Produk <i>Screw Press II</i> (Padat) .....	B – 34

Tabel B.7.2. Panas Komponen Produk <i>Screw Press II</i> (Cair) .....	B – 35
Tabel B.7.3. Neraca Panas <i>Screw Press II</i> (H-134) .....	B – 35
Tabel B.8.1. Panas Komponen Produk Evaporator I (Cair).....	B – 37
Tabel B.8.2. Neraca Panas Evaporator I (V-136) .....	B – 39
Tabel B.9.1. Panas Komponen Produk <i>Centrifuge</i> (Cair).....	B – 40
Tabel B.9.2. Panas Komponen Produk <i>Centrifuge</i> (Padat).....	B – 41
Tabel B.9.3. Neraca Panas <i>Centrifuge</i> (H-137) .....	B – 41
Tabel B.10.1. Panas Komponen Produk Tangki Pencampuran I.....	B – 44
Tabel B.10.2. Panas Komponen Produk Tangki Pengenceran.....	B – 47
Tabel B.10.3. Panas Komponen Produk Tangki Pencampuran II.....	B – 48
Tabel B.10.4. Panas Komponen Produk Tangki Pertumbuhan.....	B – 50
Tabel B.10.5. Energi Ikatan Penyusun Amonium Laktat .....	B – 52
Tabel B.10.6. Panas Komponen Produk Fermentor.....	B – 54
Tabel B.10.7. Neraca Panas Tangki Pencampuran I (M-140) .....	B – 55
Tabel B.10.8. Neraca Panas Tangki Pengenceran (M-150) .....	B – 55
Tabel B.10.9. Neraca Panas Tangki Pencampuran II (M-211) .....	B – 55
Tabel B.10.10. Neraca Panas Tangki Pertumbuhan (M-214) .....	B – 56
Tabel B.10.11. Neraca Panas Fermentor (R-210) .....	B – 56
Tabel B.11.1. Panas Komponen Produk Evaporator II (Cair) .....	B – 58
Tabel B.11.2. Neraca Panas Evaporator II (V-216).....	B – 60
Tabel B.12.1. Panas Komponen Produk <i>Rotary Drum Microfilter</i> (Padat) ....	B – 62
Tabel B.12.2. Panas Komponen Produk <i>Rotary Drum Microfilter</i> (Cair) .....	B – 62
Tabel B.12.3. Neraca Panas <i>Rotary Drum Microfilter</i> (H-221).....	B – 63
Tabel B.13.1. Panas Komponen Produk Reaktor Esterifikasi (Cair) .....	B – 69
Tabel B.13.2. Neraca Panas Sistem Esterifikasi (F-223) & (R-220) .....	B – 70
Tabel B.14.1. Konstanta Persamaan Antoine untuk Komponen Umpan.....	B – 72
Tabel B.14.2. Perhitungan <i>Trial Suhu Bubble</i> pada Umpan.....	B – 73
Tabel B.14.3. $Q_{\text{sensibel}}$ dan $Q_{\text{laten}}$ penguapan Komponen Produk .....	B – 74
Tabel B.14.4. Konstanta Persamaan Antoine untuk Komponen Produk .....	B – 76
Tabel B.14.5. Perhitungan <i>Trial Suhu Dew</i> pada Produk <i>Vaporizer</i> .....	B – 76
Tabel B.14.6. Panas Komponen Produk <i>Vaporizer</i> .....	B – 77
Tabel B.14.7. Neraca Panas <i>Vaporizer</i> (V-225) .....	B – 78
Tabel B.15.1. Perhitungan <i>Trial Suhu Dew</i> pada Produk <i>Expansion Valve</i> ...	B – 79
Tabel B.15.2. Panas Komponen Produk <i>Expansion Valve</i> .....	B – 80
Tabel B.15.3. Neraca Panas <i>Expansion Valve</i> (K-226) .....	B – 81
Tabel B.16.1. Nilai Konstanta Perhitungan Tekanan Uap Jenuh.....	B – 82
Tabel B.16.2. Perhitungan <i>Trial Suhu Didih</i> Distilat Menara Distilasi .....	B – 84
Tabel B.16.3. Panas Distilat Menara Distilasi .....	B – 84
Tabel B.16.4. Panas Hasil Dasar Menara Distilasi .....	B – 85
Tabel B.16.5. Hasil Perhitungan $P^0$ , $K$ , $\alpha$ , $x_F \cdot \alpha$ , serta $x_d \cdot \alpha$ .....	B – 85
Tabel B.16.6. Nilai $L$ dan $V$ untuk Komponen pada Kondensor Menara Distilasi .....	B – 87
Tabel B.16.7. Nilai Entalpi untuk Komponen $V$ pada Kondensor Menara Distilasi.....	B – 87
Tabel B.16.8. Nilai Panas Pengembunan pada Kondensor Menara Distilasi .....	B – 88
Tabel B.16.9. Entalpi Komponen $L$ dan $D$ Keluar Kondensor Menara Distilasi .....	B – 89

Tabel B.16.10. Neraca Panas Menara Distilasi (D-310).....	B – 90
Tabel B.17.1. Energi Ikatan Penyusun Oligomer Etil Laktat .....	B – 91
Tabel B.17.2. Panas Penguapan dalam Reaktor Prepolimer.....	B – 93
Tabel B.17.3. Massa Produk Cair dan Uap Reaktor Prepolimer .....	B – 94
Tabel B.17.4. Panas Komponen Produk Reaktor Prepolimer.....	B – 94
Tabel B.17.5. Neraca Panas Reaktor Prepolimer (R-320) .....	B – 95
Tabel B.18.1. Energi Ikatan Penyusun Laktida.....	B – 96
Tabel B.18.2. Panas Penguapan dalam Reaktor Laktida .....	B – 98
Tabel B.18.3. Massa Produk Cair dan Uap Reaktor Laktida.....	B – 99
Tabel B.18.4. Data Konstanta Kapasitas Panas Gas Laktida.....	B – 99
Tabel B.18.5. Panas Komponen Produk Reaktor Laktida .....	B – 100
Tabel B.18.6. Neraca Panas Reaktor Laktida (R-330).....	B – 101
Tabel B.19.1. Energi Ikatan Penyusun <i>Polylactic Acid</i> (PLA).....	B – 102
Tabel B.19.2. Panas Penguapan dalam Reaktor Polimer .....	B – 104
Tabel B.19.3. Massa Produk Cair dan Uap Reaktor Polimer.....	B – 105
Tabel B.19.4. Data Konstanta Kapasitas Panas Gas Laktida.....	B – 105
Tabel B.19.5. Panas Komponen Produk Reaktor Polimer .....	B – 106
Tabel B.19.6. Neraca Panas Reaktor Polimer (R-340) .....	B – 107
Tabel B.20.1. Konstanta Perhitungan Titik Didih Oligomer Etil Laktat .....	B – 108
Tabel B.20.2. Titik Didih Komponen pada Tekanan 0,32 atm.....	B – 109
Tabel B.20.3. Panas Penguapan dalam <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	B – 110
Tabel B.20.4. Massa Produk Cair dan Uap <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	B – 111
Tabel B.20.5. Data Konstanta Kapasitas Panas Gas Oligomer Etil Laktat...B – 111	
Tabel B.20.6. Panas Komponen Produk <i>Devolatilizer Extruder</i> .....	B – 112
Tabel B.20.7. Neraca Panas <i>Devolatilizer Extruder</i> (H-341) .....	B – 113
Tabel B.21.1. Panas Komponen Produk <i>Pelletizer</i> .....	B – 114
Tabel B.21.2. Neraca Panas <i>Pelletizer</i> (S-342).....	B – 115
Tabel C.1. Daftar Alat Proses dengan Operasi <i>Batch</i> .....	C – 1
Tabel C.2. Daftar Alat Proses dengan Operasi Kontinyu .....	C – 2
Tabel C.3. Densitas untuk Senyawa Organik dan Anorganik.....	C – 2
Tabel C.4. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pelarutan NaOH 15% wt .....	C – 23
Tabel C.5. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Tangki Delignifikasi.....	C – 31
Tabel C.6. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Hidrolisis .....	C – 64
Tabel C.7. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Reaktor Hidrolisis .....	C – 73
Tabel C.8. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Netralisasi .....	C – 96
Tabel C.9. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari <i>Screw Press II</i> .....	C – 107
Tabel C.10. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan <i>Centrifuge</i> .....	C – 117
Tabel C.11. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari <i>Centrifuge</i> .....	C – 119
Tabel C.12. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Tangki Pencampuran I .....	C – 128

Tabel C.13. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pencampuran I .....	C – 140
Tabel C.14. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pengenceran NH <sub>4</sub> OH .....	C – 159
Tabel C.15. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pengenceran NH <sub>4</sub> OH .....	C – 166
Tabel C.16. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Tangki Pencampuran II .....	C – 172
Tabel C.17. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pencampuran II .....	C – 182
Tabel C.18. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Tangki Pertumbuhan .....	C – 190
Tabel C.19. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki Pertumbuhan .....	C – 200
Tabel C.20. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Fermentor .....	C – 207
Tabel C.21. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan <i>Rotary Drum Microfilter</i> .....	C – 219
Tabel C.22. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Cair Keluar dari <i>Rotary Drum Microfilter</i> .....	C – 222
Tabel C.23. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Esterifikasi .....	C – 241
Tabel C.24. Jumlah dan Fraksi Mol Komponen Keluar dari <i>Vaporizer</i> .....	C – 253
Tabel C.25. Fraksi Mol Komponen Hasil Puncak dan Hasil Dasar .....	C – 256
Tabel C.26. Konstanta untuk Perhitungan Viskositas Komponen dalam Umpan Fase Cair .....	C – 258
Tabel C.27. Komposisi L dan V pada Menara Distilasi .....	C – 260
Tabel C.28. Komposisi $\bar{L}$ dan $\bar{V}$ pada Menara Distilasi .....	C – 262
Tabel C.29. Massa V dan L untuk Tiap Posisi pada <i>Enriching</i> dan <i>Stripping</i> .....	C – 262
Tabel C.30. Konstanta untuk Menghitung Densitas Komponen Dasar .....	C – 263
Tabel C.31. Konstanta Perhitungan Tegangan Permukaan Komponen Dasar .....	C – 263
Tabel C.32. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar <i>Reboiler</i> .....	C – 283
Tabel C.33. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Tangki <i>Intermediate</i> .....	C – 288
Tabel C.34. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar dari Tangki <i>Intermediate</i> .....	C – 298
Tabel C.35. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Prepolimer .....	C – 303
Tabel C.36. Fraksi Massa dan Densitas Produk Prepolimer .....	C – 315
Tabel C.37. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Laktida .....	C – 324
Tabel C.38. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Keluar Reaktor Laktida .....	C – 336
Tabel C.39. Fraksi Massa dan Densitas Komponen Umpan Reaktor Polimer .....	C – 342

## INTISARI

Plastik merupakan salah satu material yang banyak digunakan di berbagai negara hingga saat ini. Karakteristik unik yang dimiliki oleh plastik membuatnya banyak digemari oleh semua orang, seperti massa yang ringan, kuat, fleksibel, transparan, dan tahan terhadap air. Di sisi lain, plastik juga memiliki kekurangan, yaitu sulit terurai secara alami. Dibutuhkan waktu sekitar puluhan hingga ratusan tahun agar plastik dapat terurai secara alami. *Polylactic acid* (PLA) merupakan polimer yang terbuat dari asam laktat dan dapat menjadi alternatif dari plastik konvensional. Selain memiliki beberapa karakteristik unik seperti plastik pada umumnya, PLA mempunyai kelebihan lain, yaitu mudah terurai secara alami (*biodegradable*). Dalam produksinya, PLA dibuat dengan bahan baku berupa asam laktat. Namun di Indonesia, saat ini masih belum terdapat industri yang memproduksi asam laktat sehingga diperlukan pabrik perintis untuk menghasilkan asam laktat.

Pada prarencana pabrik ini, pembuatan asam laktat dilakukan dengan menggunakan proses fermentasi glukosa yang dapat diperoleh dari selulosa yang terdapat pada tongkol jagung. Proses ini dipilih karena sumber dari fermentasi dapat berupa limbah yang mengandung selulosa yang kemudian dihidrolisis menjadi glukosa yang berfungsi sebagai substrat dalam fermentasi. Selain itu dengan metode fermentasi menggunakan bakteri homofermentatif dapat menghasilkan produk dengan kemurnian L-asam laktat yang besar. Pada proses pembuatan PLA, dipilih metode *ring-opening polymerization route* karena dapat menghasilkan kemurnian produk yang lebih tinggi dengan kandungan pengotor yang lebih rendah, selain itu jangkauan berat molekul yang luas membuat sifat polimer menjadi lebih mudah dikendalikan dan disesuaikan dengan penggunaan. Penambahan katalis *zinc oxide* dapat menghasilkan produk dengan tingkat rasemat (keberadaan pasangan campuran optik) yang rendah.

Prarencana Pabrik *Polylactic Acid* (PLA) dari tongkol jagung memiliki rincian sebagai berikut:

Nama Perusahaan	: Polylateral Alamindo
Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Produk Utama	: <i>Polylactic acid</i> (PLA)
Kapasitas	: 4.000 ton PLA/tahun
Bahan Baku Utama	: Tongkol jagung
Tipe operasi	: Semi <i>batch</i>
Utilitas	:
• Air	: Air sanitasi = 5,5 m <sup>3</sup> /hari Air proses = 1.225,1 m <sup>3</sup> /hari Air pendingin = 784,5 m <sup>3</sup> /hari Air umpan boiler = 816,3 m <sup>3</sup> /hari
• <i>Saturated steam</i>	: Suhu 135°C = 625.413,1 kg/hari Suhu 210°C = 117.827,9 kg/hari
• Listrik	: 2.370,83 kW
• Bahan bakar	: Solar = 57,45 m <sup>3</sup> /hari
Jumlah Tenaga Kerja	: 165 orang

Lokasi Pabrik : Dusun Banjar Melati, Desa Lengkong, Kecamatan Mojoanyar  
Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur

Luas Pabrik : 67.118 m<sup>2</sup>

Dari hasil analisa ekonomi yang telah dilakukan, maka diperoleh:

- *Fixed Capital Investment* (FCI) : Rp. 271.893.445.070,60
- *Working Capital investment* (WCI) : Rp. 252.275.598.650,00
- *Total Production Cost* : Rp. 1.185.465.359.343,05
- Penjualan per tahun : Rp. 1.350.210.716.595,20

Analisa ekonomi dengan metode *discounted cash flow*:

- *Rate of Return Investment* (ROR) sebelum pajak : 25,41%
- *Rate of Return Investment* (ROR) sesudah pajak : 18,31%
- *Rate of Equity Investment* (ROE) sebelum pajak : 35,71%
- *Rate of Equity Investment* (ROE) sesudah pajak : 23,00%
- *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak : 4 tahun 3 hari
- *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak : 4 tahun 11 bulan 14 hari
- *Break Even Point* (BEP) : 39,78%
- *Minimum Acceptable Rate of Return* (MARR) : 15,41%