

**PRARENCANA PABRIK**  
**PEMBUATAN 1,2-PROPANEDIOL DARI BAHAN**  
**BAKU GLISEROL DENGAN METODE**  
**DEHIDRASI-HIDROGENOLISIS DENGAN**  
**KAPASITAS 102.407 TON/TAHUN**



Diajukan oleh:

Maria Stefani

NRP: 520320015

Theresia Angeline Veronica

NRP: 520320021

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA**  
**SURABAYA**  
**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

**Nama** : Maria Stefani

**NRP** : 5203020015

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Mei 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.**

Surabaya, 24 Mei 2024

Pembimbing I

Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D.,  
IPM.

NIK. 521.18.1010

Pembimbing II

Ir. Shella Permatasari  
Santoso, S.T., Ph.D., IPM.

NIK.521.17.0971

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Jindrayani Nyoo Putro,  
S.T., Ph.D. IPM.

NIK.521.17.0948

Sekretaris

Ir. Maria Yuliana, S.T.,  
Ph.D., IPM.

NIK. 521.18.1010

Anggota

Ir. Jenni Lic, S.T., Ph.D., IPP.

NIK. 521.17.0949

Anggota

Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM

NIK. 521.99.0401

Mengetahui

Fakultas Teknik  
Dekan  
  
Prof. Ir. Felycia Edi  
Soetardjo, S.T., M.Phil.,  
Ph.D., ASEAN Eng.  
NIK. 521.99.0391

Prodi Teknik Kimia  
Ketua  
  
Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM  
NIK. 521.99.0401

# LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

**Nama** : Theresia Angeline Veronica

**NRP** : 5203020021

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Mei 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.**

Surabaya, 24 Mei 2024

Pembimbing I

Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D.,  
IPM.

NIK. 521.18.1010

Pembimbing II

Ir. Shella Permatasari  
Santoso, S.T., Ph.D., IPM.

NIK. 521.17.0971

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Jindrayani Nyoo Putro,  
S.T., Ph.D. IPM.

NIK. 521.17.0948

Sekretaris

Ir. Maria Yuliana, S.T.,  
Ph.D., IPM.

NIK. 521.18.1010

Anggota

Ir. Jenni Lie, S.T., Ph.D., IPP.

NIK. 521.17.0949

Anggota

Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM

NIK. 521.99.0401

Mengetahui

Fakultas Teknik

Dekan

Prof. Ir. Felycia Edi  
Soetaredjo, S.T., M.Phil.,  
Ph.D., ASEAN Eng.

NIK. 521.99.0391

Prodi Teknik Kimia

Ketua

Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., 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, 24 Mei 2024

Mahasiswa,



Maria Stefani

NRP 5203020015

## 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, 24 Mei 2024

Mahasiswa,



Theresia Angeline Veronica

NRP 5203020021

# LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Maria Stefani

NRP : 5203020015

Menyetujui skripsi/karya ilmiah/tugas akhir saya:

Judul :

"Pembuatan 1,2-Propanediol Dari Bahan Baku Gliserol Dengan Metode Dehidrasi-  
Hidrogenolisis Dengan Kapasitas 102.407 Ton/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, 24 Mei 2024

Yang menyatakan,



Maria Stefani

NRP 5203020015

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik

Widya Mandala Surabaya:

Nama : Theresia Angeline Veronica

NRP : 5203020021

Menyetujui skripsi/karya ilmiah/tugas akhir saya:

Judul :

"Pembuatan 1,2-Propanediol Dari Bahan Baku Gliserol Dengan Metode Dehidrasi-Hidrogenolisis Dengan Kapasitas 102.407 Ton/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, 24 Mei 2024

Yang menyatakan,



Theresia Angeline Veronica

NRP 5203020021

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa kami haturkan karena atas rahmat, berkat, dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra-Rencana Pabrik dengan judul “Pembuatan 1,2-propanediol dari bahan baku gliserol dengan metode dehidrasi-hidrogenolisis dengan kapasitas 102.407 ton/tahun”. Tugas Akhir ini kami selesaikan dalam rangka mendapatkan syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Selama pembuatan laporan Tugas Akhir ini, kami senantiasa mengucapkan Syukur atas keterlibatan berbagai pihak yang telah membantu dan memberikan kontribusi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun pihak-pihak yang telah memberikan kontribusi, antara lain;

1. Ibu Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan, saran, serta arahan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini;
2. Ibu Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan, saran, serta arahan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini;
3. Ibu Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D., IPM, Ibu Jenni Lie, S.T., Ph.D., IPP., dan Bapak Sandy Budi Hartono, S.T., M.Phil., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir;
4. Bapak Sandy Budi Hartono, S.T., M.Phil., Ph.D., IPM dan Ibu Prof. Felycia Edi Soetaredjo, S.T., M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN ENG. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia dan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan kesempatan untuk kami dapat menimba ilmu disini;
5. Seluruh dosen, staf, dan laboran Program Studi Teknik Kimia yang telah membantu dan menjadi fasilitator bagi kami ketika menimba ilmu di Prodi Teknik Kimia;
6. Orang tua penulis, teman-teman penulis, dan pihak-pihak lain yang juga turut berkontribusi namun tidak dapat disebutkan dalam kata pengantar ini.



Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir Pra-Rencana Pabrik ini dapat berkontribusi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya bagi para pembaca.

Surabaya, 24 Mei 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xxiv
INTISARI .....	xxvii
BAB I. Pendahuluan .....	I-1
I.1. Latar Belakang.....	I-1
I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk.....	I-2
I.2.1. Gliserol sebagai bahan baku utama .....	I-2
I.2.2. Hidrogen .....	I-5
I.2.3. Asetol.....	I-5
I.2.4. 1,2-propanediol sebagai produk .....	I-6
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk .....	I-7
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar .....	I-8
I.4.1. Ketersediaan Bahan Baku .....	I-8
I.4.2. Analisa Pasar .....	I-10
I.4.2.1. Impor dan Ekspor 1,2 Propanediol .....	I-10
I.4.2.2. Konsumsi 1,2 Propanediol di Indonesia .....	I-12
I.4.4. Perhitungan kapasitas produksi .....	I-13
BAB II. Uraian dan Pemilihan Proses .....	II-1
II.1. Proses Pembuatan Produk .....	II-1
II.1.1. Metode Fermentasi Menggunakan Mikroorganisme .....	II-5
II.1.2. Metode Hidrogenolisis .....	II-6
II.1.3. Pembuatan 1,2-Propanediol dari Propilen Oksida .....	II-7
II.2. Pemilihan Proses .....	II-7
II.3. Uraian Proses .....	II-9
II.3.1. Pembuatan Katalis.....	II-9
II.3.2. Proses Dehidrasi-hidrogenolisis Gliserol Menjadi 1,2 Propandiol.....	II-11
II.3.4. Proses Pemurnian 1,2-PDO.....	II-12
II.4. Flow Diagram Alir.....	II-13
BAB III. Neraca Massa.....	III-1
III.1. Proses Pembuatan Katalis.....	III-1
III.1.1. Neraca Massa Tangki Pengaturan pH [X-110].....	III-1
III.1.2. Neraca Massa Mixer I [M-120] .....	III-1
III.1.3. Neraca Massa Rotary Vaccum Filter [H-125] .....	III-2
III.1.4. Neraca Massa Rotary Washer [A-127].....	III-2
III.1.5. Neraca Massa Screw dryer [B-128].....	III-2
III.1.6. Neraca Massa Furnace [Q-130] .....	III-3
III.1.7. Neraca Massa Reaktor Reduksi [R-140] .....	III-3
III.1.8. Neraca Massa Tangki pencampuran H <sub>2</sub> [F-154].....	III-3
III.1.9. Neraca Massa Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-150] .....	III-4
III.2. Neraca Massa Pembuatan 1,2 PDO .....	III-4
III.2.1. Neraca Massa Mixer Pengenceran [M-213] .....	III-4
III.2.2. Neraca Massa Reaktor dehidrasi-hidrogenasi [R-210].....	III-4

III.2.3. Neraca Massa Tangki Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-219] .....	III-5
III.2.4. Neraca Massa Tangki Pencampuran H <sub>2</sub> [F-222] .....	III-5
III.2.5. Neraca Massa Evaporator [V-220] .....	III-6
III.2.6. Neraca Massa Kolom Distilasi I [D-230] .....	III-6
III.2.7. Neraca Massa Kolom Distilasi II [D-240] .....	III-7
BAB IV. Neraca Panas .....	IV-1
IV.I. Neraca Panas Pada Katalis.....	IV-1
IV.I.1 Neraca Panas Pada Tangki Pengaturan pH [X-110].....	IV-1
IV.1.2. Neraca Panas Pada Mixer I [M-120] .....	IV-2
IV.1.3. Neraca Panas pada Rotary Vaccum Filer [H-125] .....	IV-2
IV.1.4. Neraca Panas pada Rotary Washer [A-127] .....	IV-3
IV.I.5. Neraca Panas pada Screw Dryer [B-128].....	IV-3
IV.I.6. Neraca Panas Pada Furnace [Q-130].....	IV-3
IV.I.7. Neraca Panas Pada Screw conveyor I [B-131].....	IV-4
IV.I.8. Neraca Panas Pada Bucket Elevator I [J-132].....	IV-4
IV.I.9. Neraca Panas Pada Silo I [F-133] .....	IV-4
IV.I.10. Neraca Panas Pada Screw conveyor II [B-134] .....	IV-5
IV.I.11. Neraca Panas Pada Bucket elevator II [J-135].....	IV-5
IV.I.12. Neraca Panas Reaktor Reduksi [R-140].....	IV-5
IV.I.13. Neraca Panas Pada Screw Conveyor III [B-143].....	IV-6
IV.I.14. Neraca Panas Pada Bucket Elevator III [B-144].....	IV-6
IV.I.15. Neraca Panas Pada Silo II [F-145] .....	IV-6
IV.I.16. Neraca Panas Pada Throttlng valve [A-152].....	IV-6
IV.I.17. Neraca Panas Pada Flash drum separator H <sub>2</sub> [H-150].....	IV-7
IV.2. Neraca Panas pada Pembentukan 1,2 PDO .....	IV-7
IV.2.1. Neraca panas pada Mixer II [M-213] .....	IV-7
IV.2.2. Neraca panas Heater I [E-213] .....	IV-7
IV.2.3. Neraca panas Reaktor Dehidrasi-Hidrogenasi [R-210].....	IV-8
IV.2.4. Neraca panas Throttlng valve [A-218].....	IV-8
IV.2.5 Neraca Panas pada flash drum separator H <sub>2</sub> [H-219] .....	IV-9
IV.2.6. Neraca Panas pada Tangki Pencampuran Hidrogen [F-223].....	IV-9
IV.2.7. Neraca Panas pada Heater II [E-225] .....	IV-9
IV.2.8. Neraca Panas pada Holding Tank [F-227] .....	IV-10
IV.2.9. Neraca Panas pada Evaporator [V-220] .....	IV-10
IV.2.10. Neraca Panas pada Kondensor I [E-229].....	IV-11
VI.2.11. Neraca Panas Pada Distilasi 1 [D-230].....	IV-11
IV.2.12. Neraca Panas Pada Cooler I [E-234] .....	IV-12
IV.2.13. Neraca Panas Pada Cooler II [E-235].....	IV-12
IV.2.14. Neraca Panas Pada Heater III [E-238].....	IV-13
IV.2.15. Neraca Panas Pada Distilasi II [D-240].....	IV-13
IV.2.16. Neraca Panas Pada Cooler III [E-243] .....	IV-14
IV.2.17. Neraca Panas Pada Cooler IV [E-245] .....	IV-14
BAB V. Spesifikasi Peralatan.....	V-1
V.1. Tangki Penyimpanan NaHCO <sub>3</sub> [F-111].....	V-1
V.2. Belt Conveyor I [J-112] .....	V-2
V.3. Tangki Pengaturan pH [X-110] .....	V-3
V.4. Pompa I [L-113].....	V-4
V.5. Mixer [M-120] .....	V-5

V.6. Tangki Penyimpanan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [F-121] .....	V-6
V.7. Tangki Penyimpanan MgO [F-122].....	V-7
V.8. Pompa II [L-123] .....	V-8
V.9. Belt Conveyor II [J-124].....	V-8
V.10. Rotary Vacuum Filter [H-125].....	V-9
V.11. Belt Conveyor III [J-126].....	V-10
V.12. Rotary Washer [A-127].....	V-11
V.13. Screw Conveyor Dryer [B-128].....	V-12
V.14. Furnace [Q-130].....	V-13
V.15. Screw Conveyor I [B-131].....	V-14
V.16. Bucket Elevator I [J-132].....	V-15
V.17. Silo I [F-133] .....	V-16
V.18. Screw Conveyor II [B-134] .....	V-17
V.19. Bucket Elevator II [J-135] .....	V-18
V.20. Reaktor Reduksi [R-140] .....	V-19
V.21. Tangki Penyimpanan Hidrogen [F-141] .....	V-20
V.22. Blower I [G-142] .....	V-21
V.23. Screw Conveyor III [B-143] .....	V-22
V.24. Bucker Elevator III [J-144].....	V-23
V.25. Silo II [F-145] .....	V-24
V.26. Belt Conveyor IV [J-146] .....	V-25
V.27. Warehouse Katalis .....	V-26
V.28. Belt Conveyor V [J-147].....	V-27
V.29. Dossing Pump [L-149].....	V-28
V.30. Flash Drum Separator $\text{H}_2$ [H-150].....	V-29
V.31. Blower II [G-151] .....	V-30
V.32. Blower III [G-153].....	V-31
V.33. Tangki Pencampuran $\text{H}_2$ [F-154].....	V-31
V.34. Tangki Penyimpanan Gliserol [F-211] .....	V-32
V.35. Pompa III [L-212] .....	V-33
V.36. Mixer II [M-213] .....	V-34
V.37. Pompa IV [L-214].....	V-35
V.38. Heater I [H-215].....	V-36
V.39. Blower IV [G-216].....	V-37
V.40. Reaktor Dehidrasi-Hidrogenasi [R-210].....	V-38
V.41. Blower V [G-217] .....	V-39
V.42. Flash Drum Separator $\text{H}_2$ [H-219] .....	V-40
V.43. Evaporator [V-220].....	V-41
V.44. Blower VI [G-221].....	V-42
V.45. Tangki Pencampuran $\text{H}_2$ [F-222].....	V-42
V.46. Tangki Penyimpanan Hidrogen [G-223] .....	V-43
V.47. Blower VII [G-224] .....	V-43
V.48. Heater II [E-225].....	V-44
V.49. Pompa V [L-226] .....	V-45
V.50. Holding Tank [F-227] .....	V-46
V.51. Pompa VI [L-228].....	V-47
V.52. Kondensor I [E-229] .....	V-48
V.53. Kolom Distilasi I [D-230].....	V-49

V.54. Pompa VII [L-231] .....	V-50
V.55. Kondensor II [E-232].....	V-51
V.56. Reboiler I [E-233] .....	V-52
V.57. Cooler I [E-234].....	V-53
V.58. Cooler II [E-235].....	V-54
V.59. Pompa VIII [L-236a] .....	V-55
V.60. Pompa IX [L-236b].....	V-56
V.61. Tangki Penyimpanan Produk Atas Evaporator & Distilasi I [F-237].....	V-57
V.62. Heater III [E-238] .....	V-58
V.63. Kolom Distilasi II [D-240] .....	V-59
V.64. Pompa X [L-241] .....	V-60
V.65. Kondensor III [E-242].....	V-61
V.66. Cooler III [E-243] .....	V-62
V.67. Reboiler II [E-244].....	V-63
V.68. Cooler IV [E-245].....	V-64
V.69. Pompa XI [L-246].....	V-65
V.70. Pompa XII [L-247a].....	V-66
V.71. Pompa XIII [L-247b].....	V-67
V.72. Tangki Penyimpanan 1,2-PDO [F-248].....	V-68
BAB VI. Lokasi, Tata Letak Pabrik & Alat, Instrumentasi dan Safety.....	VI-1
VI.1. Lokasi Pabrik.....	VI-1
VI.2. Tata Letak Pabrik dan Tata Letak Alat.....	VI-6
VI.2.1. Tata Letak Pabrik.....	VI-6
VI.2.2. Tata Letak Alat Proses dan Utilitas .....	VI-10
VI.3. Instrumentasi .....	VI-12
VI.4. Safety.....	VI-15
VI.4.1.Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja serta Lingkungan (K3L).....	VI-15
VI.4.2. Hazard and Operability Studies (HAZOP).....	VI-19
BAB VII. Utilitas dan Pengolahan Limbah.....	VII-1
VII. I. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	VII-1
VII.1.1. Unit Penyediaan Air .....	VII-1
VII.1.1.1. Jumlah air yang digunakan.....	VII-2
VII.1.2. Unit Pengolahan Air.....	VII-13
VII.1.4. Unit Penyediaan Pemanas .....	VII-139
VII.1.6. Unit Penyediaan Listrik.....	VII-146
VII.1.7. Unit Pengolahan Limbah.....	VII-154
VII.I.7.1. Limbah Padat .....	VII-154
VII.I.7.2. Limbah Gas .....	VII-155
VII.I.7.3. Limbah Cair .....	VII-156
BAB VIII. Desain Produk dan Kemasan .....	VIII-1
VIII.1. Desain Logo Perusahaan.....	VIII-1
VIII.2. Spesifikasi Produk.....	VIII-2
VIII.3. Desain Kemasan.....	VIII-3
BAB IX. Strategi Pemasaran.....	IX-1
BAB X. Struktur Organisasi Perusahaan.....	X-1
X.1. Struktur Umum.....	X-2
X.2. Bentuk perusahaan.....	X-2

X.3. Struktur Organisasi .....	X-4
X.4. Pembagian Tugas dan Wewenang .....	X-8
X.4.1. Direktur Utama .....	X-8
X.4.2. Sekretaris .....	X-8
X.4.3. Manager .....	X-9
X.4.4. Kepala Bagian.....	X-12
X.5. Perhitungan Jumlah Karyawan .....	X-18
X.6. Jadwal Kerja.....	X-21
X.7. Kesejahteraan Karyawan .....	X-25
BAB XI. Analisa Ekonomi .....	XI-1
XI. Analisa Ekonomi .....	XI-1
XI.1. Penentuan Modal Total / Total Capital Investment (TCI).....	XI-1
XI.2. Penentuan Biaya Produksi Total / Total Production Cost (TPC) .....	XI-5
XI.3. Penentuan Ekonomi dengan Metode Discounted Cash Flow .....	XI-8
XI.4. Perhitungan Rate of Return on Investment (ROI) .....	XI-13
XI.5. Perhitungan Rate of Return on Equity Investment (ROE).....	XI-14
XI.6. Waktu Pengembalian Modal / Pay Out Time (POT) .....	XI-15
XI.7. Penentuan Titik Impas / Break Even Point (BEP).....	XI-17
XI.8. Minimum Acceptable Rete of Return (MARR).....	XI-18
XI.9. Analisa Sensitivitas .....	XI-19
BAB XII. Diskusi dan Kesimpulan .....	XII-1
XII.1. Diskusi.....	XII-1
XII.2. Kesimpulan .....	XII-2
DAFTAR PUSTAKA .....	DP-1
LAMPIRAN A.....	A-1
LAMPIRAN B.....	B-1
LAMPIRAN C.....	C-1
LAMPIRAN D.....	D-1

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1. Perbedaan komposisi dalam crude gliserol dari proses yang berbeda .....	I-4
Tabel I.2. Sifat fisika dan kimia gliserol.....	I-5
Tabel I.3. Sifat fisika dan kimia hidrogen .....	I-6
Tabel I.4. Sifat fisika dan kimia Asetol .....	I-7
Tabel I.5. Sifat fisika dan kimia 1,2 propanediol.....	I-8
Tabel I.6. Data pabrik dengan kapasitas biodiesel dan crude gliserol yang dihasilkan .....	I-10
Tabel I.7. Daftar Pabrik Produksi gliserol murni.....	I-11
Tabel I.8. Jumlah Konsumsi 1,2 Propanediol di Indonesia .....	I-13
Tabel I.9. Tabel suplai dan kebutuhan domestik .....	I-15
Tabel I.10. Global Produksi 1,2 Propanediol Tahun 2014 .....	I-16
Tabel II.1. Pemilihan metode yang digunakan dalam produksi 1,2 Propanediol.....	II-2
Tabel II.2. Blok diagram pembentukan katalis 10% Cu/MgO.....	II-14
Tabel II.3. Blok diagram pembentukan 1,2 propanediol dari gliserol.....	II-16
Tabel VI.1 Bagian Tata Letak Pabrik.....	VI-10
Tabel VI.2. Instrumentasi yang Digunakan pada Alat Proses .....	VI-15
Tabel VII.1. Kebutuhan air proses.....	VII-2
Tabel VII.2. Kebutuhan Air sanitasi.....	VII-4
Tabel VII.3. Kebutuhan Total <i>saturated steam</i> pada setiap alat proses produksi 1,2 PDO .....	VII-5
Tabel VII.4. Total Kebutuhan Air Pendingin .....	VII-10
Tabel VII.5. Spesifikasi Pompa I [L-311] .....	VII-21
Tabel VII.6. Spesifikasi Bak Penampungan air sungai [F-312] .....	VII-23
Tabel VII.7. Spesifikasi Pompa II [L-313] .....	VII-29
Tabel VII.8. Spesifikasi Tangki koagulan [H-310] .....	VII-38
Tabel VII.9. Spesifikasi Tangki Sedimentasi [F-314] .....	VII-43
Tabel VII.10. Spesifikasi Bak Penampungan air jernih [F-315] .....	VII-47
Tabel VII.11. Spesifikasi Pompa III [L-316].....	VII-53
Tabel VII.12. Spesifikasi Tangki <i>sand filter</i> [H-320].....	VII-58
Tabel VII.13. Spesifikasi Bak Penampungan air jernih II [F-321].....	VII-61
Tabel VII.14. Spesifikasi Pompa IV [L-322] .....	VII-74
Tabel VII.15. Spesifikasi Tangki Sanitasi [F-323].....	VII-76
Tabel VII.16. Spesifikasi Tangki Kation Exchanger [H-330] .....	VII-82
Tabel VII.17. Spesifikasi Tangki Kation Exchanger [H-330].....	VII-84
Tabel VII.18. Spesifikasi Pompa V [L-332].....	VII-107
Tabel VII.19. Spesifikasi Bak Air Proses [F-333].....	VII-109
Tabel VII.20. Spesifikasi Bak Penampungan air Dingin [F-334].....	VII-111
Tabel VII.21. Spesifikasi Bak Penampungan air boiler [F-335] .....	VII-114
Tabel VII.22. Spesifikasi Pompa VI [L-336] .....	VII-130
Tabel VII.23. Spesifikasi Pompa VII [L-361] .....	VII-136
Tabel VII.24. Spesifikasi Cooling Tower [F-360].....	VII-138
Tabel VII.25. Data Kebutuhan Boiler Pada Setiap Alat.....	VII-140
Tabel VII.26. Spesifikasi Alat Boiler I [E-340].....	VII-143
Tabel VII.27. Spesifikasi Alat Boiler II [E-350] .....	VII-146
Tabel VII.28. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Unit Utilitas.....	VII-147

Tabel VII.29. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Alat Produksi.....	VII-147
Tabel VII.30. Kebutuhan Lumen Total dalam Area Pabrik.....	VII-150
Tabel VII.31. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dalam Area Pabrik.....	VII-152
Tabel VII.32. Jumlah limbah padat yang langsung dijual .....	VII-154
Tabel VII.33. Data Komponen Limbah Gas.....	VII-155
Tabel VII.34. Ppm/tahun pada masing-masing komponen.....	VII-155
Tabel VII.35. Data Komponen Limbah Cair .....	VII-156
Tabel VII.36. Data komponen batas ambang limbah yang dapat dibuang langsung ke lingkungan .....	VII-158
Tabel VII.37. Data Limbah dari rotary vaccum filter [H-125].....	VII-159
Tabel VIII.1. Spesifikasi Produk Propilen Glikol PT Proglin Indonesia.....	VIII-2
Tabel X.1. Perhitungan Jumlah Karyawan Produksi.....	X-20
Tabel X.2. Perincian Jumlah Karyawan Pabrik PT. PROGLIN Indonesia .....	X-21
Tabel X.3. Jadwal Kerja Karyawan Shift Dalam 1 Tahun .....	X-23
Tabel XI.1. Penentuan Total Capital Investment (TCI).....	XI-4
Tabel XI.2. Depresiasi Peralatan dan Bangunan .....	XI-6
Tabel XI.3. Penentuan Total Production Cost (TPC).....	XI-8
Tabel XI.4. Hasil Perhitungan Cash Flow (1) .....	XI-11
Tabel XI.5. Return on Investment (ROI) Sebelum Pajak.....	XI-13
Tabel XI.6. Return on Investment (ROI) Sesudah Pajak.....	XI-14
Tabel XI.7. Nilai i dan ROI Sebelum dan Sesudah Pajak .....	XI-14
Tabel XI.8. Rate of Return on Equity Investment (ROE) Sebelum Pajak.....	XI-15
Tabel XI.9. Rate of Return on Equity Investment (ROE) Sesudah Pajak .....	XI-15
Tabel XI.10. Nilai i dan ROE Sebelum dan Sesudah Pajak .....	XI-15
Tabel XI.11. Pay Out Time (POT) Sebelum Pajak.....	XI-16
Tabel XI.12. Pay Out Time (POT) Sesudah Pajak .....	XI-16
Tabel XI.13. Perhitungan Penentuan BEP.....	XI-17
Tabel XI.14. Minimum Acceptable Rete of Return (MARR) .....	XI-19
Tabel XI.15. Hubungan Persentase Kenaikan Harga Bahan Baku Terhadap ROI, ROE, POT dan BEP.....	XI-19
Tabel A.1. Neraca Massa pada tangki pengaturan pH [X-110].....	A-4
Tabel A.2. Berat Molekul Pembuatan Katalis 10%wt Cu/MgO.....	A-6
Tabel A.3. Neraca massa pada alat Mixer I [M-120] .....	A-9
Tabel A.4. Neraca massa pada alat Rotary vacuum filter (H-125).....	A-11
Tabel A.5. Neraca massa pada alat Rotary Washer [A-127].....	A-12
Tabel A.6. Neraca massa pada Screw dryer [B-128].....	A-13
Tabel A.7. Neraca massa pada Furnace [Q-130] .....	A-15
Tabel A.8. Neraca massa pada reaktor reduksi [R-140].....	A-19
Tabel A.9. Titik didih pada masing-masing komponen di dalam flash drum separator H <sub>2</sub> (H-150) .....	A-20
Tabel A.10. Neraca massa di flash drum separator H <sub>2</sub> [H-150] .....	A-20
Tabel A.11. Neraca massa di Tangki Pencampuran Hidrogen [F-154].....	A-21
Tabel A.12. Berat molekul dari setiap senyawa dari proses hidrogenolisis .....	A-22
Tabel A.13. Neraca massa di Mixer Pengenceran Gliserol [M-213].....	A-24
Tabel A.14. Neraca massa di reaktor dehidrasi-hidrogenasi [R-210].....	A-28
Tabel A.15. Titik didih pada masing-masing komponen didalam flash drum separator H <sub>2</sub> (H-219) .....	A-28



Tabel A.16. Neraca massa di flash drum separator H <sub>2</sub> [H-219] .....	A-29
Tabel A.17. Neraca massa di Tangki Pencampuran Hidrogen [F-222].....	A-30
Tabel A.18. Konstanta Antoine Untuk penentuan tekanan uap murni pada beberapa komponen .....	A-31
Tabel A.19. Hasil perhitungan pencarian Tekanan murni (P <sub>sat</sub> ) dan Koefisien kesetimbangan pada masing-masing komponen.....	A-32
Tabel A.20. Massa, mol dan fraksi mol pada masing-masing komponen yang masuk pada evaporator [V-220].....	A-32
Tabel A.21. Kumpulan fraksi mol, massa pada masing-masing komponen pada fase liquid dan fase gas .....	A-35
Tabel A.22. Neraca Massa di Evaporator [V-220] .....	A-36
Tabel A.23. Komponen senyawa dari persamaan Antoine.....	A-37
Tabel A.24. Komponen titik didih kolom distilasi .....	A-38
Tabel A.25. massa, mol dan fraksi mol komponen yang masuk pada kolom distilasi I [D-230] .....	A-39
Tabel A.26. Trial konversi produk atas distilasi I [F-230] .....	A-39
Tabel A.27. Massa, mol , fraksi mol Produk atas kolom distilasi I [D-230].....	A-40
Tabel A.28. Massa, mol , fraksi mol Produk bawah kolom distilasi I [D-230].....	A-41
Tabel A.29. Hasil nilai P, k, $\alpha_i$ , $\alpha_i x_i$ , dan $y_i$ pada kolom distilasi .....	A-42
Tabel A.30. Hasil nilai P, k, $\alpha_i$ , $\alpha_i x_i$ , dan $y_i$ pada kolom distilasi .....	A-43
Tabel A.31. Hasil nilai $x_F$ , $x_F.F$ , $y_D$ , $y_D.D$ , massa, fraksi massa, $x_W$ , dan $x_W.W$ ....	A-44
Tabel A.32. Perhitungan trial suhu Dew pada produk atas .....	A-46
Tabel A.33. Perhitungan trial suhu Bubble pada produk bawah .....	A-48
Tabel A.34. Perhitungan $\alpha_W$ , $\alpha_D$ dan $\alpha_{Avg}$ pada masing-masing komponen.....	A-49
Tabel A.35. Hasil parameter perhitungan refluks ratio .....	A-50
Tabel A.36. Hasil koreksi komposisi baru kolom distilasi I [D-230].....	A-52
Tabel A.37. Neraca massa alat kolom distilasi I [D-230].....	A-52
Tabel A.38. Komponen senyawa dari persamaan Antoine.....	A-54
Tabel A.39. Komponen titik didih kolom distilasi .....	A-55
Tabel A.40. Massa dari masing-masing komponen yang masuk pada distilasi II [D-240].....	A-55
Tabel A.41. Massa dari masing-masing komponen yang masuk pada distilasi II [D-240].....	A-56
Tabel A.42. Trial konversi produk Atas Distilasi II [D-240] .....	A-56
Tabel A.43. Jumlah produk Atas Distilasi II [D-240] .....	A-57
Tabel A.44. Jumlah produk bawah Distilasi II [D-240] .....	A-58
Tabel A.45. Hasil nilai P, k, $\alpha_i$ , $\alpha_i x_i$ , dan $y_i$ pada kolom distilasi .....	A-59
Tabel A.46. Hasil nilai P, k, $\alpha_i$ , $\alpha_i x_i$ , dan $y_i$ pada kolom distilasi .....	A-60
Tabel A.47. Hasil nilai $x_F$ , $x_F.F$ , $y_D$ , $y_D.D$ , massa, fraksi massa, $x_W$ , dan $x_W.W$ ....	A-61
Tabel A.48. Perhitungan trial suhu Dew pada produk atas .....	A-63
Tabel A.49. Perhitungan trial suhu Bubble pada produk bawah .....	A-65
Tabel A.50. Data $\alpha_D$ , $\alpha_W$ dan $\alpha_{Avg}$ pada masing-masing komponen.....	A-66
Tabel A.51. Hasil parameter perhitungan refluks ratio .....	A-67
Tabel A.52. Hasil koreksi komposisi baru kolom distilasi [D-230].....	A-69
Tabel A.53. Neraca Massa Kolom Distilasi II [D-240].....	A-69
Tabel B.1. Kapasitas Panas Elemen Atom (Perrys, 1998).....	B-2
Tabel B.2. Data Kapasitas Panas Senyawa Menggunakan Metode Kopp's Rule ...	B-3
Tabel B.3. Komponen penentuan kapasitas panas fase cair .....	B-4

Tabel B.4. Komponen penentuan kapasitas panas fase gas.....	B-4
Tabel B.5. Komponen yang masuk kedalam tangki pengaturan pH .....	B-6
Tabel B.6. Komponen yang keluar kedalam tangki pengaturan pH.....	B-7
Tabel B.7. Neraca panas pada tangki pengaturan pH [X-110] .....	B-7
Tabel B.8. Neraca massa komponen yang masuk dan keluar pada mixer.....	B-9
Tabel B.9. Komponen neraca panas yang masuk kedalam mixer [M-120].....	B-10
Tabel B.10. Komponen neraca panas yang kemudian ke vacuum filter [H-125]..	B-10
Tabel B.11. Entalpi pembentukan pada masing-masing komponen.....	B-11
Tabel B.12. Neraca panas pada Mixer [M-120] .....	B-12
Tabel B.13. Neraca massa pada Rotary Vacuum Filter [H-125].....	B-14
Tabel B.14. Komponen neraca panas yang masuk Rotary Vacuum Filter [H-125].....	B-15
Tabel B.15. Komponen neraca panas yang keluar kemudian ke rotary washer [H-127] .....	B-16
Tabel B.16. Komponen neraca panas yang keluar kemudian ke waste treatment.	B-16
Tabel B.17. Neraca panas pada rotary vacuum filter [H-125].....	B-17
Tabel B.18. Neraca masa pada Rotary Washer [H-127].....	B-18
Tabel B.19. Komponen masuk pada rotary washer [H-127] .....	B-19
Tabel B.20. Komponen keluar rotary washer [H-127] .....	B-19
Tabel B.21. Neraca panas pada rotary washer [H-127].....	B-20
Tabel B.22. Neraca massa pada Screw conveyor dryer [B-128].....	B-21
Tabel B.23. komponen yang masuk ke screw conveyor dryer [B-128] .....	B-21
Tabel B.24. komponen yang keluar dari screw conveyor dryer [B-128] .....	B-23
Tabel B.25. Neraca panas pada screw conveyor dryer [B-128] .....	B-27
Tabel B.26. Komponen yang masuk kedalam furnace [Q-130] .....	B-28
Tabel B.27. Komponen yang keluar pada furnace [Q-130].....	B-29
Tabel B.28. Neraca panas pada furnace [Q-130].....	B-30
Tabel B.29. Komponen yang masuk kedalam screw conveyor I [B-131].....	B-31
Tabel B.30. Komponen yang keluar pada screw conveyor I [B-131] .....	B-32
Tabel B.31. Neraca panas pada screw conveyor I [B-131] .....	B-33
Tabel B.32. Komponen yang masuk kedalam Bucket elevator I [J-132].....	B-34
Tabel B.33. Komponen yang keluar pada bucket elevator I [J-132] .....	B-34
Tabel B.34. Neraca panas pada bucket elevator I [J-132] .....	B-35
Tabel B.35. Komponen yang masuk kedalam silo I [F-133].....	B-36
Tabel B.36. Komponen yang keluar pada silo I [F-133] .....	B-37
Tabel B.37. Neraca panas pada Silo I [F-133].....	B-39
Tabel B.38. Komponen yang masuk kedalam screw conveyor II [B-134].....	B-40
Tabel B.39. Komponen yang keluar pada screw conveyor II [B-134].....	B-40
Tabel B.40. Neraca panas pada screw conveyor II [B-134] .....	B-41
Tabel B.41. Komponen yang masuk kedalam Bucket elevator II [B-135].....	B-42
Tabel B.42. Komponen yang keluar pada screw conveyor II [B-134] .....	B-43
Tabel B.43. Neraca panas pada bucket elevaotr II [B-135].....	B-44
Tabel B.44. Rangkuman neraca massa pada reaktor reduksi [R-140].....	B-45
Tabel B.45. Data cp gas hidrogen.....	B-45
Tabel B.46. Komponen yang masuk kedalam reaktor reduksi [R-140] .....	B-46
Tabel B.47. Komponen yang keluar dari reaktor reduksi [R-140] .....	B-48
Tabel B.48. Data entalpi pembentukan produk dan reaktan pada reaksi 1.....	B-48
Tabel B.49. Data enthalpy pembentukan produk dan reaktan pada reaksi 2.....	B-49

Tabel B.50. Neraca panas pada reaktor reduksi [R-140].....	B-52
Tabel B.51. Komponen yang masuk kedalam screw conveyor II [B-143].....	B-53
Tabel B.52. Komponen yang keluar pada screw conveyor III [B-143].....	B-53
Tabel B.53. Neraca panas pada screw conveyor III [B-143].....	B-54
Tabel B.54. Komponen yang masuk kedalam Bucket elevator III [B-144] .....	B-55
Tabel B.55. Komponen yang keluar pada Bucket elevator III [J-144].....	B-55
Tabel B.56. Neraca panas pada bucket elevator III [B-144] .....	B-56
Tabel B.57. Komponen yang masuk kedalam Silo II [F-145].....	B-57
Tabel B.58. Komponen yang keluar pada silo II [F-145].....	B-58
Tabel B.59. Neraca panas pada Silo II [F-145] .....	B-59
Tabel B.60. Panas yang masuk pada Throttling valve [A-152].....	B-62
Tabel B.61. Hasil perhitungan Cp rata-rata dalam Throttling valve [A-152].....	B-62
Tabel B.62. Pencarian panas yang keluar dari throttling valve [A-152] $Q_{\text{produk}}$ ..	B-64
Tabel B.63. Neraca Panas Throttling valve [A-218] .....	B-64
Tabel B.64. Panas yang masuk pada Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-150].....	B-65
Tabel B.65. Panas yang keluar pada Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-150].....	B-66
Tabel B.66. Neraca panas flash drum Separator H <sub>2</sub> [H-219].....	B-67
Tabel B.67. Komponen penentuan kapasitas panas fase cair .....	B-68
Tabel B.68. Komponen penentuan kapasitas panas fase gas.....	B-68
Tabel B.69. Data estimasi kapasitas panas metode Joback (J/mol.K).....	B-69
Tabel B.70. Data perhitungan Cp Asetol.....	B-70
Tabel B.71. Parameter grup Ruzicka-Domalski untuk Kapasitas Panas Cairan ...	B-71
Tabel B.72. Data panas pembentukan senyawa pada suhu 298 K.....	B-72
Tabel B.73. Persamaan Antoine Untuk tekanan uap dalam komponen Murni (mmHg) .....	B-72
Tabel B.74. Panas Laten untuk Senyawa Menguap.....	B-73
Tabel B.75. Panas laten komponen dalam (J/mol) .....	B-73
Tabel B.76. Qmasuk Mixer II [H-213].....	B-75
Tabel B.77. Qkeluar Mixer II [M-213].....	B-77
Tabel B.78. Neraca panas pada Mixer II [M-213].....	B-78
Tabel B.79. Qmasuk heater [H-213].....	B-80
Tabel B.80. Qkeluar heater [H-213] .....	B-82
Tabel B.81. Neraca panas Heater I [E-215].....	B-83
Tabel B.82. Qkeluar reaktor dehidrasi-hidrogenasi [R-210] .....	B-85
Tabel B.83. Data $\Delta H_f$ pada masing-masing komponen yang bereaksi .....	B-86
Tabel B.84. Perhitungan komponen mol bereaksi $\Delta H$ (kJ), $\Delta H$ reaksi (kJ) pada reaksi 1, 2 dan 3 sebagai berikut .....	B-88
Tabel B.85. Neraca panas Dehidrasi-Hidrogenasi [R-210] .....	B-90
Tabel B.86. Perhitungan panas yang masuk pada throttling valve [A-218].....	B-92
Tabel B.87. Hasil perhitungan Cp rata-rata dalam Throttling valve [A-218].....	B-93
Tabel B.88. Pencarian panas yang keluar dari throttling valve [A-218] $Q_{\text{produk}}$ ..	B-95
Tabel B.89. Neraca Panas Throttling valve [A-218] .....	B-95
Tabel B.90. Perhitungan panas yang masuk pada flash drum separator [H-219]..	B-98
Tabel B.91. Perhitungan panas yang keluar pada flash drum separator [H-219]	B-100
Tabel B.92. Neraca panas Tangki Hidrogen [M-222] .....	B-105
Tabel B.93. Neraca panas Heater II [H-225].....	B-108
Tabel B.94. Perhitungan panas yang keluar pada Holding Tank [F-227] .....	B-111
Tabel B.95. Neraca Panas pada holding tank [F-227] .....	B-112

Tabel B.96. Qmasuk Evaporator [V-220].....	B-113
Tabel B.97. Qkeluar produk bawah Evaporator [V-220] .....	B-114
Tabel B.98. Qkeluar produk atas Evaporator [V-220].....	B-115
Tabel B.99. Neraca panas evaporator [V-220] .....	B-116
Tabel B.100. Q masuk kondensor I [E-229].....	B-118
Tabel B.101. Q keluar kondensor I [E-229] .....	B-120
Tabel B.102. Q <sub>pengembunan</sub> kondensor I [E-229] .....	B-121
Tabel B.103. Neraca panas kondensor I [E-229].....	B-123
Tabel B.104. Q masuk Kolom Distilasi [D-230].....	B-124
Tabel B.105. Nilai Panas Pada Top Produk Kolom Distilasi I [D-230].....	B-126
Tabel B.106. Nilai Panas Pada bottom Produk Kolom Distilasi I [D-230].....	B-128
Tabel B.107. Q <sub>pengembunan</sub> kondensor [E-231].....	B-130
Tabel B.108. Neraca panas Kolom Distilasi [D-230].....	B-133
Tabel B.109. Q masuk Cooler I [E-234].....	B-134
Tabel B.110. Q keluar Cooler I [E-233] .....	B-135
Tabel B.111. Neraca panas Cooler I [E-234].....	B-137
Tabel B.112. Nilai Panas masuk Pada cooler II [E-235].....	B-138
Tabel B.113. Nilai Panas Pada Produk cooler II [E-235].....	B-140
Tabel B.114. Neraca panas Cooler II [E-235] .....	B-142
Tabel B.115. Perhitungan panas yang keluar pada Holding Tank [F-227] .....	B-43
Tabel B.116. Nilai Panas keluar Heater III [E-238] .....	B-144
Tabel B.117. Neraca panas Heater III [E-238] .....	B-46
Tabel B.118. Q masuk Kolom Distilasi II [D-240] .....	B-147
Tabel B.119. Nilai Panas Pada Top Produk Kolom Distilasi II [D-240].....	B-149
Tabel B.120. Nilai Panas Pada bottom Produk Kolom Distilasi II [D-240].....	B-151
Tabel B.121. Q <sub>pengembunan</sub> kondensor [E-231].....	B-153
Tabel B.122. Neraca panas Kolom Distilasi II [D-240] .....	B-156
Tabel B.123. Q masuk Cooler I [E-234].....	B-157
Tabel B.124. Q keluar Cooler III [E-243] .....	B-158
Tabel B.125. Neraca panas Cooler III [E-243].....	B-160
Tabel B.126. Nilai Panas masuk Pada cooler II [E-235].....	B-161
Tabel B.127. Nilai Panas Pada Produk cooler IV [E-245] .....	B-163
Tabel B.128. Neraca panas Cooler IV [E-245].....	B-165
Tabel C.1. Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaHCO <sub>3</sub> [F-111].....	C-12
Tabel C.2. Spesifikasi Belt Conveyor I [J-112] .....	C-14
Tabel C.3. Data perhitungan densitas NaHCO <sub>3</sub> .....	C-15
Tabel C.4. Hasil perhtiungan densitas pada NaHCO <sub>3</sub> .....	C-15
Tabel C.5. Tabel viskositas campuran komponen pada tangki pencampuran pH .....	C-22
Tabel C.6. Spesifikasi Tangki Pengaturan pH [X-110] .....	C-23
Tabel C.7. Spesifikasi Pompa I [L-113].....	C-33
Tabel C.8. Hasil perhtiungan densitas pada NaHCO <sub>3</sub> .....	C-34
Tabel C.9. Viskositas komponen keluar mixer ke rotary vacuum filter .....	C-41
Tabel C.10. Spesifikasi Mixer [M-120] .....	C-43
Tabel C.11. Dimensi Tangki Penyimpanan Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .3H <sub>2</sub> O .....	C-47
Tabel C.12. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .3H <sub>2</sub> O [F-121].....	C-49
Tabel C.13. Spesifikasi Silo Penyimpanan MgO [F-122] .....	C-57
Tabel C.14. Spesifikasi Pompa II [L-123] .....	C-63

Tabel C.15. Spesifikasi Belt Conveyor II [J-124].....	C-64
Tabel C.16. Spesifikasi Rotary Vacuum Filter [H-125] .....	C-66
Tabel C.17. Spesifikasi Belt Conveyor III [J-126] .....	C-68
Tabel C.18. Perhitungan densitas campuran komponen masuk rotary washer .....	C-69
Tabel C.19. Spesifikasi Rotary Washer [A-127] .....	C-78
Tabel C.20. Spesifikasi Screw Conveyor Dryer [B-128].....	C-80
Tabel C.21. Komponen batubara .....	C-81
Tabel C.22. Data mol komponen gas keluar furnace.....	C-83
Tabel C.23. Hasil panas pembakaran pada furnace .....	C-83
Tabel C.24. Data Komponen kapasitas panas fase gas.....	C-84
Tabel C.25. Data Komponen Furnace untuk reaksi pembakaran .....	C-85
Tabel C.26. Komponen dalam Furnace .....	C-86
Tabel C.27. Data komponen perhitungan $Q_a$ .....	C-88
Tabel C.28. Tabel Hasil Panas flue gas ( $Q_g$ ).....	C-89
Tabel C.29. Spesifikasi alat Furnace [Q-130].....	C-91
Tabel C.30. Spesifikasi Screw Conveyor I [J-131].....	C-94
Tabel C.31. Spesifikasi Bucet Elevator I [J-132].....	C-97
Tabel C.32. Hasil perhitungan densitas pada $\text{NaHCO}_3$ .....	C-98
Tabel C.33. Spesifikasi Silo I [F-133] .....	C-108
Tabel C.34. Spesifikasi Screw Conveyor II [F-134].....	C-111
Tabel C.35. Spesifikasi Bucket Elevator II [J-135] .....	C-114
Tabel C.36. Komponen masuk reaktor reduksi dari Furnace .....	C-116
Tabel C.37. Komponen masuk reaktor reduksi dari Tangki Penyimpanan Hidrogen .....	C-116
Tabel C.38. Spesifikasi Reaktor Reduksi [R-140] .....	C-125
Tabel C.39. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen [F-141] .....	C-129
Tabel C.40. Data Komponen Masuk Blower.....	C-129
Tabel C.41. Spesifikasi Blower I [G-142] .....	C-131
Tabel C.42. Spesifikasi Screw Conveyor III [J-143] .....	C-134
Tabel C.43. Spesifikasi Bucket Elevator III [J-144] .....	C-137
Tabel C.44. Spesifikasi Silo II [F-145] .....	C-147
Tabel C.45. Spesifikasi Belt Conveyor III [J-131] .....	C-149
Tabel C.46. Spesifikasi Warehouse Katalis [F-144].....	C-156
Tabel C.47. Spesifikasi Belt Conveyor V [J-147].....	C-158
Tabel C.48. Spesifikasi Dossing Pump [J-149] .....	C-159
Tabel C.49. Data Komponen masuk separator .....	C-161
Tabel C.50. Spesifikasi Flash Drum Separator $\text{H}_2$ [H-150] .....	C-169
Tabel C.51. Data Komponen Masuk Blower II .....	C-170
Tabel C.52. Spesifikasi Blower II [G-151] .....	C-172
Tabel C.53. Komponen masuk blower .....	C-173
Tabel C.54. Spesifikasi Blower III [G-153].....	C-174
Tabel C.55. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen [F-141] .....	C-178
Tabel C.56. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Gliserol [F-211] .....	C-185
Tabel C.57. Data Perhitungan Densitas Campuran .....	C-187
Tabel C.58. Data Hasil Perhitungan Densitas Campuran Komponen Masuk Pompa III .....	C-187
Tabel C.59. Data Perhitungan Viskositas Campuran .....	C-188

Tabel C.60. Data Hasil Perhitungan Viskositas Campuran Komponen Pompa III .....	C-188
Tabel C.61. Spesifikasi Pompa III [L-212].....	C-193
Tabel C.62. Komponen Masuk Mixer .....	C-194
Tabel C.63. Data Perhitungan Densitas Komponen Masuk Mixer.....	C-194
Tabel C.64. Hasil Data Perhitungan Densitas.....	C-194
Tabel C.65. Spesifikasi Mixer [M-213].....	C-201
Tabel C 66. Data Perhitungan densitas.....	C-203
Tabel C.67. Hasil data perhitungan densitas.....	C-203
Tabel C.68. Hasil data perhitungan viskositas.....	C-204
Tabel C.69. Spesifikasi Pompa IV [L-214].....	C-209
Tabel C.70. Data Viskositas Komponen Masuk Heater .....	C-210
Tabel C.71. Hasil Perhitungan Viskositas .....	C-211
Tabel C.72. Data Perhitungan Kapasitas Panas.....	C-212
Tabel C.73. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas.....	C-212
Tabel C.74. Data Perhitungan Thermal Conductivity of Liquid .....	C-213
Tabel C.75. Hasil Perhitungan Thermal Conductivity of Liquid .....	C-213
Tabel C.76. Spesifikasi Heater I [E-215].....	C-219
Tabel C.77. Komponen masuk blower IV [G-126] .....	C-220
Tabel C.78. Spesifikasi Blower IV [G-216].....	C-222
Tabel C.79. Spesifikasi Reaktor Dehidrasi-Hidrogenasi [R-210].....	C-233
Tabel C.80. Spesifikasi Blower V [G-217].....	C-236
Tabel C.81. Data densitas Asetol pada berbagai suhu.....	C-237
Tabel C.82. Spesifikasi Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-219].....	C-248
Tabel C 83. Komposisi massa dalam evaporator (V-220).....	C-249
Tabel C 84. Data densitas Asetol pada berbagai suhu.....	C-250
Tabel C.85. Hasil Data Perhitungan densitas .....	C-252
Tabel C.86. Spesifikasi Evaporator I [V-220] .....	C-263
Tabel C.87. Spesifikasi Blower VI [G-221].....	C-265
Tabel C.88. Spesifikasi Tangki Pencampuran Hidrogen [F-222].....	C-269
Tabel C.89. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen [F-223].....	C-273
Tabel C.90. Spesifikasi Blower VII [G-224] .....	C-275
Tabel C.91. Spesifikasi Heater II [E-225].....	C-283
Tabel C.92. Spesifikasi Pompa V [L-226].....	C-291
Tabel C.93. Spesifikasi Holding Tank [F-227].....	C-298
Tabel C.94. Spesifikasi Pompa VI [L-228].....	C-305
Tabel C.95. Spesifikasi Kondensore I [E-229] .....	C-318
Tabel C.96. Spesifikasi Kolom Distilasi [D-230].....	C-346
Tabel C.97. Spesifikasi Pompa VII [L-231] .....	C-353
Tabel C.98. Spesifikasi Kondensor II [E-232] .....	C-366
Tabel C.99. Spesifikasi Reboiler I [E-233].....	C-379
Tabel C.100. Spesifikasi Cooler I [E-234] .....	C-392
Tabel C.101. Spesifikasi Cooler II [E-235].....	C-406
Tabel C.102. Spesifikasi Pompa [L-236a].....	C-414
Tabel C.103. Spesifikasi Pompa [L-236b].....	C-421
Tabel C 104. Data Dimensi Tangki Penyimpanan [F-237] .....	C-425
Tabel C.105. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk Atas Evaporator & Distilasi I [F-237] .....	C-426

Tabel C.106. Spesifikasi Heater III [E-238] .....	C-439
Tabel C.107. Spesifikasi Kolom Distilasi II [D-240] .....	C-466
Tabel C.108. Spesifikasi Pompa X [L-241] .....	C-473
Tabel C.109. Spesifikasi Kondensor III [E-242] .....	C-485
Tabel C.110. Spesifikasi Cooler III [E-243] .....	C-498
Tabel C.111. Spesifikasi Reboiler II [E-244] .....	C-511
Tabel C.112. Spesifikasi Cooler IV [E-245] .....	C-524
Tabel C.113. Spesifikasi Pompa XI [L-246] .....	C-531
Tabel C.114. Spesifikasi Pompa XII [L-247a] .....	C-539
Tabel C.115. Spesifikasi Pompa XIII [L-247b] .....	C-547
Tabel C.116. Dimensi Tangki Penyimpanan 1,2-PDO .....	C-552
Tabel C.117. Spesifikasi Tangki Penyimpanan 1,2-PDO [F-238] .....	C-554
Tabel D.1. Data Annual Indeks dari Chemical Engineering Plant Cost Index .....	D-1
Tabel D.2. Harga Alat proses produksi .....	D-4
Tabel D.3. Harga Alat Utilitas .....	D-8
Tabel D.4. Harga Alat Penunjang .....	D-9
Tabel D.5. Harga Bahan Baku .....	D-10
Tabel D.6. Biaya Listrik Penerangan .....	D-13
Tabel D.7. Biaya Listrik Alat Proses .....	D-16
Tabel D.8. Biaya Listrik Utilitas .....	D-18
Tabel D.9. Biaya Bahan Bakar .....	D-20
Tabel D.10. Biaya Bahan Penunjang Pengolahan Air .....	D-21
Tabel D.11. Harga Jual Produk .....	D-21
Tabel D.12. Gaji Karyawan .....	D-22
Tabel D.13. Harga Tanah dan Bangunan .....	D-24

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.2. Struktur 1,2-propanediol.....	I-7
Gambar I.3. Impor 1,2 Propanediol di Indonesia .....	I-12
Gambar I.4. Ekspor 1,2 Propanediol di Indonesia.....	I-12
Gambar I.5. Konsumsi 1,2 Propanediol di Indonesia.....	I-13
Gambar II.1. Proses fermentasi 1,2 propanediol dari gliserol .....	II-5
Gambar II.2. Proses hidrogenolisis 1,2 propanediol dari gliserol .....	II-7
Gambar II.3. Proses dehidrasi-hidrogenolisis gliserol menjadi 1,2-PDO.....	II-11
Gambar VI.1. Peta Lokasi Pabrik pabrik 1,2 PDO dengan skala 1:600.....	VI-1
Gambar VI.2. a) lokasi perjalanan pabrik PT. Proglin Indonesia menuju dan PT. Wilmar Nabati Indonesia b) lokasi perjalanan pabrik PT. Proglin Indonesia menuju PT. Batara Elok Semesta Terpadu (BEST).....	VI-2
Gambar VI.3. Gambar Peta Lokasi Bahan Baku .....	VI-3
Gambar VI.4. Jalur perjalanan dari Pabrik PT. Proglin Indonesia menuju JIPE Gresik .....	VI-4
Gambar VI.5. Tata Letak Pabrik Keseluruhan .....	VI-9
Gambar VI.6 Tata letak proses produksi utama .....	VI-11
Gambar VI.7. Tata Letak Proses Produksi Katalis .....	VI-12
Gambar VII.1. Skema Pengolahan Air .....	VII-14
Gambar VII.2. <i>Flowsheet</i> pengolahan air.....	VII-15
Gambar VII.3. Skema Aliran pompa I [L-311] .....	VII-16
Gambar VII.4. Skema aliran pada pompa II [L-313] .....	VII-24
Gambar VII.5. Skema aliran pompa III [L-316].....	VII-48
Gambar VII.6. Skema <i>sand filter</i> .....	VII-54
Gambar VII.7. Skema aliran pada Pompa IV [L-322].....	VII-62
Gambar VII.8. Skema Tangki Kation Exchanger.....	VII-77
Gambar VII.9. Skema aliran pada Pompa V [L-332].....	VII-85
Gambar VII.10. Skema aliran pada Pompa VI [L-336].....	VII-115
Gambar VII.11. Skema aliran pada Pompa VII [L-361] .....	VII-131
Gambar VIII.1. Desain Logo Perusahaan PT Proglin Indonesia.....	VIII-2
Gambar VIII.2. Desain truk tanki dengan kapasitas 28.000L.....	VIII-4
Gambar X.1 .Struktur Organisasi PT. PROGLIN Indonesia.....	X-8
Gambar XI.1. Grafik Break Even Point (BEP).....	XI-18
Gambar A.1. Skema neraca massa Tangki pengaturan pH (X-110).....	A-2
Gambar A.2. Skema neraca massa Mixer 1 [M-120] .....	A-4
Gambar A.3. Skema neraca Rotary vacuum filter [H-125] .....	A-9
Gambar A.4. Skema neraca massa Rotary Washer [H-125].....	A-11
Gambar A.5. Skema neraca massa Screw Dryer [B-128].....	A-13
Gambar A.6. Skema neraca massa Furnace [Q-130].....	A-14
Gambar A.7. Skema neraca massa Reaktor Reduksi [R-140] .....	A-16
Gambar A.8. Skema Neraca Massa Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-150].....	A-20
Gambar A.9. Skema neraca massa Tangki Pencampuran Hidrogen [F-154] .....	A-21
Gambar A.10. Skema neraca massa Mixer II [M-213].....	A-23
Gambar A.11. Skema neraca massa reaktor dehidrasi-Hidrogenasi (R-210).....	A-24
Gambar A.12. Skema reaksi yang terjadi pada reaktor dehidrasi-hidrogenasi [R-210]	



.....	A-25
Gambar A 13. Skema neraca massa flash drum separator H <sub>2</sub> [H-219].....	A-29
Gambar A 14. Skema neraca massa mixer hidrogen (M-222) .....	A-30
Gambar A 15. Skema neraca massa Evaporator [V-220].....	A-31
Gambar A.16. Skema neraca massa kolom distilasi [D-230].....	A-37
Gambar A 17. Skema neraca massa kolom distilasi [D-230].....	A-54
Gambar B.1. Skema Neraca Panas Tangki Pengaturan pH [X-114] .....	B-5
Gambar B.2. Skema neraca panas pada mixer [M-120].....	B-8
Gambar B.3. Skema neraca panas pada rotary vacuum filter [H-125].....	B-14
Gambar B.4. Skema neraca panas Rotaary Washer [H-127].....	B-17
Gambar B.5. Skema neraca panas pada screw dryer [B-128] .....	B-20
Gambar B.6. Skema alur pada furnace [Q-130] .....	B-28
Gambar B.7. Skema alur pada screw conveyor I [B-131] .....	B-31
Gambar B.8. Skema alur pada Bucket elevator I [J-132] .....	B-33
Gambar B.9. Skema alur pada silo I [F-133].....	B-36
Gambar B.10. Skema alur pada Screw conveyor II [B-134].....	B-39
Gambar B.11. Skema alur pada Bucket elevator II [J-135].....	B-42
Gambar B.12. Alur pada reaktor reduksi [R-140] .....	B-44
Gambar B.13. Skema alur pada Screw conveyor III [B-143].....	B-52
Gambar B.14. Skema alur pada Bucket elevator III [J-144] .....	B-54
Gambar B.15. Skema alur pada Silo II [F-145].....	B-57
Gambar B.16. Skema alur pada Throttling valve [A-152] .....	B-60
Gambar B.17. Neraca panas alat Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-150] .....	B-65
Gambar B.18. Neraca panas alat Mixer II [M-213].....	B-74
Gambar B.19. Neraca panas alat Heater I [E-215] .....	B-79
Gambar B.20. Skema neraca panas Reaktor Dehidrasi-Hidrogenasi [R-210].....	B-84
Gambar B.21. Neraca panas alat Throttling valve [A-218].....	B-90
Gambar B.22. Neraca panas alat Flash Drum Separator H <sub>2</sub> [H-219] .....	B-96
Gambar B.23. Neraca panas alat Tangki Pencampuran Hidrogen [F-222] .....	B-101
Gambar B.24. Neraca panas alat Heater II [H-225] .....	B-106
Gambar B.25. Skema neraca panas Holding tank (F-227) .....	B-109
Gambar B.26. Skema neraca panas evaporator (V-220) .....	B-112
Gambar B.27. Neraca panas alat kondensor I [E-229] .....	B-117
Gambar B.28. Skema neraca panas alat kolom distilasi I [D-230].....	B-124
Gambar B.29. Skema neraca panas alat Cooler I [E-234].....	B-133
Gambar B.30. Skema neraca panas alat Cooler II [E-235].....	B-138
Gambar B.31. Skema neraca panas alat heater III [E-238] .....	B-142
Gambar B.32. Skema neraca panas alat kolom distilasi II [D-240] .....	B-147
Gambar B.33. Skema neraca panas alat Cooler III [E-243] .....	B-156
Gambar B.34. Skema neraca panas alat Cooler IV [E-245] .....	B-161
Gambar C.1. Tampak Pompa I [L-113] dari Samping .....	C-23
Gambar C.2. Tampak Pompa I [L-113] dari atas .....	C-23
Gambar C.3. Skema Torispherical dished head.....	C-37
Gambar C.4. Tampak Pompa II [L-123] dari samping.....	C-57
Gambar C.5. Tampak Pompa II [L-123] dari atas .....	C-57
Gambar C.6. Skema Torispherical dished head.....	C-71
Gambar C.7. Susunan karung pada pallet katalis (kiri) tampak atas da (kanan) tampak samping.....	C-152

Gambar C.8. Desain Rak Penyimpanan Katalis .....	C-153
Gambar C.9. Tata Letak rak dalam warehouse.....	C-154
Gambar C.10. Spesifikasi alat Dossing pump .....	C-158
Gambar C.11. Skema torispherical dishead head .....	C-163
Gambar C.12. Tampak Pompa III [L-212] dari samping .....	C-185
Gambar C.13. Tampak Pompa III [L-212] dari atas.....	C-185
Gambar C.14. Dimensi torispherical dishead .....	C-197
Gambar C.15. Dimensi Agiator .....	C-198
Gambar C.16. Tampak Pompa IV [L-214] dari samping .....	C-201
Gambar C.17. Tampak Pompa IV [L-214] dari atas.....	C-201
Gambar C.18. Tampak Pompa V [L-226] dari samping.....	C-283
Gambar C.19. Tampak Pompa V [L-226] dari atas.....	C-283
Gambar C.20. a) Tampak pompa VI [L-228] dari samping dan b) tampak dari atas.....	C-298
Gambar C.21. a) tampak Pompa VII [L-231] dari samping b) tampak dari atas.....	C-346
Gambar C.22. Tampak Pompa VIII [L-236a] dari samping.....	C-406
Gambar C.23. Tampak pompa VIII [L-236a] dari atas .....	C-406
Gambar C.24. Tampak Pompa XI [L-246] dari tampak samping .....	C-524
Gambar C.25. Tampak Pompa XII [L247] dari samping .....	C-531
Gambar C.26. Tampak Pompa XII [L247] dari atas.....	C-531
Gambar C.27. Tampak Pompa XIII [L-247] dari samping.....	C-539
Gambar C.28. Tampak Pompa XIII [L-247] dari atas.....	C-539

## INTISARI

Pada industri kosmetik, farmasi, cat, makanan dan minuman, diperlukan agen pelarut, pengental, pelembap serta agen pengemulsi yang dimana senyawa organik 1,2-propanediol (propilen glikol) dapat mendukung kebutuhan yang diperlukan oleh industri. Saat ini belum ditemukan pabrik propilen glikol di Indonesia sehingga memungkinkan untuk didirikan untuk mengurangi aktivitas impor untuk memenuhi kebutuhan industri yang ada di Indonesia, maka dari itu direncanakan untuk mendirikan pabrik propilen glikol dengan jumlah kekosongan pasar produk propilen glikol sebesar 102.407 ton pada tahun 2028. Bahan baku yang digunakan dalam proses yaitu dengan menggunakan gliserol murni yang diambil dari produk samping proses biodiesel yang semakin meningkat saat ini di Indonesia. Strategi pemasaran yang akan dilakukan pada produk propilen glikol yaitu dengan menggunakan beberapa strategi diantaranya adalah *business to business (B2B)*, *direct selling*.

Pabrik propilen glikol berdiri dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan nama perusahaan PT. Proglin Indonesia. Kapasitas produksi pabrik yaitu sebesar 102.407 ton per tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2028 dengan masa konstruksi selama 2 tahun. Setiap tahun pabrik ini akan beroperasi selama 330 hari dengan waktu proses produksi selama 24 jam setiap harinya. Untuk mencapai kapasitas produksi tersebut dibutuhkan kapasitas bahan baku gliserol murni sebesar 16.473,64 kg/jam. Pabrik propilen glikol ini akan berlokasi di Gresik, Jawa Timur yang memiliki luas area sebesar 326.176,12 m<sup>2</sup> dan jumlah tenaga kerja sebanyak 1.885 orang.

Proses produksi dimulai dengan proses dehidrasi-hidrogenasi pada gliserol untuk membentuk 1,2-Propanediol (Propilen glikol). Proses dipilih dengan metode *one pot reaction* pada bahan baku gliserol dikarenakan proses ini lebih efisien dikarenakan menggunakan 1 jenis reaktor dan penggunaan gliserol sebagai bahan baku memiliki potensi besar untuk menjadi bahan baku alternatif terbarukan. Proses ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi ekonomi dan lingkungan. Dibandingkan dengan proses secara konvensional yaitu menggunakan bahan baku propilen oksida yang dimana senyawa ini cenderung mahal dan sulit untuk ditemukan.

Utilitas yang digunakan dalam tercapainya proses produksi meliputi air yang diambil dari sungai Bengawan Solo dengan kebutuhan air sebesar 3.853,93 m<sup>3</sup>/hari, *saturated steam* dengan kebutuhan 565.206,84 kg/hari, IDO sebesar 26.143,97 m<sup>3</sup>/tahun, solar 46,88 m<sup>3</sup>/tahun, batu bara sebesar 18.942,09 ton/tahun dan listrik dengan kebutuhan power sebesar 2.029,82 kW. Sedangkan untuk pengolahan limbah, dihasilkan campuran limbah cair dan gas akan dibuang ke lingkungan oleh karena tidak melebihi batas ambang adapun untuk limbah padatan akan dijual untuk menambah pendapatan Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, didapatkan bahwa pabrik 1,2-Propanediol ini layak untuk dibangun. Mengacu pada data *cashflow* yang bernilai positif, perusahaan memiliki pengeluaran yang lebih kecil dibanding penghasilan yang menyebabkan perusahaan ini akan mendapatkan keuntungan yang semakin besar setiap tahunnya.

Prarencana pabrik 1,2-propanediol dari bahan baku gliserol murni sebagai berikut:

Nama perusahaan	: PT. Proglin Indonesia
Bentuk perusahaan	: Perseoran Terbatas (PT)
Produk utama	: 1,2-PDO atau propilen glikol (98,5%)
Kapasitas produksi	: 102.407 ton/tahun

Bahan baku utama : Gliserol murni  
 Tipe operasi : Kontinu  
Utilitas :  
     Air : 3.853,93 m<sup>3</sup>/hari  
     Listrik : 2.029,82 kW  
Bahan bakar  
     Batu bara : 18.942,09 ton/tahun  
     Solar : 46,88 m<sup>3</sup>/tahun  
     IDO : 26.755,53 m<sup>3</sup>/tahun  
 Jumlah tenaga kerja : 1.885 orang  
 Lokasi pabrik : Kawasan Industri Gresik (Jalan Beta Maspion)  
 Luas pabrik : 326.176,12 m<sup>2</sup>

Hasil ekonomi

1. Fixed Capital Investment (FCI) = Rp6.596.343.945.819
2. Working Capital Investment (WCI) = Rp3.240.860.026.918
3. Total Production Cost (TPC) = Rp4.250.601.020.150
4. Penjualan per tahun = Rp6.657.633.804.556

Analisa ekonomi dengan metode discounted cash flow

1. *Rate of Return Investment* (ROI) sebelum pajak = 13,27%
2. *Rate of Return Investment* (ROI) setelah pajak = 7,77%
3. *Rate of Equity Investment* (ROE) sebelum pajak = 27,16%
4. *Rate of Equity Investment* (ROE) setelah pajak = 16,18%
5. Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 5 Tahun 6 Bulan
6. Pay Out Time (POT) setelah pajak = 7 Tahun 1 Bulan
7. Break Even Point (BEP) = 50,99%