

PRARENCANA PABRIK

**Prarancangan Pabrik Gamma-Valerolakton dari Tandan
Kosong Kelapa Sawit dengan Kapasitas Produksi 100.000
Ton per Tahun**



Diajukan oleh:

Nama: Michael Giovanni S. NRP: 5203018048
Nama: Aaron Raharjo NRP: 5203020010
Nama: Theresia Laurensia Y. NRP: 5203021013

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

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Michael Giovanni S.

NRP : 5203018049

telah diselenggarakan pada tanggal 12 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 15 Juli 2024

Pembimbing I

Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

Pembimbing II

Ir. Chintya Gunarto, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0947

Dewan Penguji

^{Ketua}

Ir. Jindravani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.,
IPM.
NIK. 521.20.1227

Sekretaris

Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

Anggota

Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.
NIK. 521.17.0971

Anggota

Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0952

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Polycia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.99.0391

Ketua Prodi Teknik Kimia

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 : Aaron Raharjo

NRP : 5203020010

telah diselenggarakan pada tanggal 12 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 15 Juli 2024

Pembimbing I

Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

Pembimbing II

Ir. Chintya Gunarto, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0947

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.,
IPM.
NIK. 521.20.1227

Sekretaris

Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

Anggota

Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.
NIK. 521.17.0971

Anggota

Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0952

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Ir. Felicia Irdi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.99.0391

Ketua Prodi Teknik Kimia

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 Laurensia Yunita

NRP : 5203021013

telah diselenggarakan pada tanggal 12 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 15 Juli 2024

Pembimbing I



Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

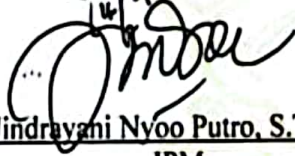
Pembimbing II



Ir. Chintya Gunarto, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0947

Dewan Penguji

Ketua



Ir. Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D.,
IPM.
NIK. 521.20.1227

Sekretaris



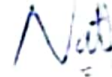
Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T.,
M.T., IPP.
NIK. 521.17.0948

Anggota



Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.
NIK. 521.17.0971

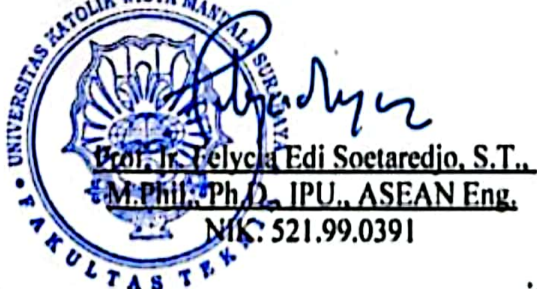
Anggota



Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,
IPP.
NIK. 521.17.0952

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Ir. Yelyca Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 521.99.0391

Ketua Prodi Teknik Kimia



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, 15 Juli 2024

Mahasiswa,



Michael Giovanni S.
NRP. 5203018049

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, 15 Juli 2024

Mahasiswa,



Aaron Raharjo
NRP. 5203020010

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, 15 Juli 2024

Mahasiswa,



Theresia Laurensia Yunita
NRP. 5203021013

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PRARENCANA PABRIK

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

Nama : Michael Giovanni S.

NRP : 5203018049

Nama : Aaron Raharjo

NRP : 5203020010

Nama : Theresia Laurensia Yunita

NRP : 5203021013

Menyetujui laporan prarencana pabrik kami dengan judul:

Prarancangan Pabrik Gamma-Valerolakton dari Tandan Kosong Kelapa Sawit
dengan Kapasitas Produksi 100.000 Ton per 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, 15 Juli 2024

Yang menyatakan

Mahasiswa

F0ALX232384328

Michael Giovanni S.

5203018049

Mahasiswa

F2ALX232384332

Aaron Rahardjo

5203020010

Mahasiswa

F1CALX232384327

Theresia Laurensia Yunita

5203021013

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PRARENCANA PABRIK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxxix
KATA PENGANTAR	xlii
INTISARI	xliv
BAB I.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk	I-4
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk	I-12
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar	I-13
I.4.1. Ketersediaan Bahan Baku	I-13
I.4.2. Analisis Pasar.....	I-14
BAB II.....	II-1
II.1. Pemilihan Proses	II-1
II.1.1. Proses pemilihan alat <i>pre-treatment</i> TKKS	II-1
II.1.2. Proses <i>pre-treatment</i> bahan lignoselulosa dari TKKS	II-4
II.1.3. Proses Hidrolisis dan dehidrasi hemiselulosa ke furfural.....	II-8
II.1.4. Proses hidrogenasi gamma valerolakton dari furfural	II-9
II.2. Keuntungan dari pemilihan proses.....	II-11

II.3.	Uraian proses.....	II-11
II.4.	Uraian Bagian Proses Batch Gamma Valerolakton	II-14
BAB III	.....	III-1
III.1	<i>Shredder</i> (C-113)	III-1
III.2	<i>Washer</i> I (X-115)	III-2
III.3	<i>Dryer</i> (B-110).....	III-2
III.4	Hammer Mill (C-124)	III-3
III.5	<i>Screener</i> (H-124).....	III-3
III.6	Reaktor AFEX (R-120)	III-4
III.7	<i>Mixer</i> amonia (M-130).....	III-4
III.8	Centrifuge decanter (H-215)	III-5
III.9	<i>Washer</i> II (X-216).....	III-6
III.10	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210)	III-7
III.11	<i>Mixer</i> asam sulfat (M-212).....	III-8
III.12	Menara distilasi I (D-220)	III-9
III.13	Reaktor hidrogenasi.....	III-10
III.14	Menara distilasi II (D-320).....	III-11
III.15	Menara distilasi III (D-330).....	III-12
III.16	Menara distilasi IV (D-340)	III-13
BAB IV	.....	IV-1
IV.1	<i>Dryer</i> (B-110).....	IV-1
IV.2	<i>Mixer</i> amonia (M-122).....	IV-2
IV.3	Reaktor AFEX (R-120)	IV-2
IV.4	<i>Throttle valve</i> I (G-128)	IV-3
IV.5	<i> Holding tank</i> I (F-129)	IV-3
IV.6	<i>Mixer</i> asam sulfat (M-212).....	IV-3

IV.7	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210)	IV-4
IV.8	<i>Throttle Valve</i> II (G-222)	IV-5
IV.9	<i>Cooler</i> (E-227)	IV-6
IV.10	Menara Distilasi I (D-220)	IV-6
IV.11	Reaktor Hidrogenasi (R-310)	IV-7
IV.12	Menara Disitilasi II (D-320)	IV-8
IV.13	Menara Disitilasi III (D-330)	IV-9
IV.14	Menara distilasi IV (D-340)	IV-10
BAB V		V-1
V.1	Gudang penyimpanan TKKS (F-111)	V-1
V.2	<i>Belt conveyor</i> I (J-112)	V-2
V.3	<i>Shredding</i> (C-113)	V-3
V.4	<i>Belt conveyor</i> II (J-114)	V-4
V.5	<i>Washer</i> I (X-115)	V-5
V.6	Bak sedimentasi I (H-116)	V-6
V.7	<i>Belt conveyor</i> III (J-117)	V-7
V.8	<i>Dryer</i> (B-110)	V-8
V.9	<i>Hammer mill</i> (C-122)	V-9
V.10	<i>Belt conveyor</i> IV (J-121)	V-10
V.11	<i>Bucket elevator</i> I (C-123)	V-11
V.12	<i>Screenner</i> (H-125)	V-12
V.13	<i>Bucket elevator</i> II (J-125)	V-13
V.14	Silo (F-126)	V-14
V.15	<i>Bucket elevator</i> III (J-127)	V-15
V.16	Reaktor AFEX (R-120)	V-16
V.17	Tangki penyimpanan amonia (F-131)	V-17

V.18	<i>Mixer amonia</i> (M-130).....	V-18
V.19	<i>Compressor</i> (G-132)	V-19
V.20	<i>Blower I</i> (G-133).....	V-20
V.21	<i>Throttle valve I</i> (G-134)	V-21
V.22	<i> Holding tank I</i> (F-129)	V-22
V.23	Tangki penyimpanan asam sulfat (F-211).....	V-23
V.24	<i>Mixer asam sulfat</i> (M-212).....	V-24
V.25	<i>Pompa I</i> (L-213).....	V-25
V.26	<i>Screw conveyor</i> (J-214).....	V-26
V.27	<i>Centrifuge decanter</i> (H-215).....	V-27
V.28	<i>Washer II</i> (X-216).....	V-28
V.29	Bak sedimentasi II (H-217).....	V-29
V.30	<i>Bucket elevator IV</i> (J-218).....	V-30
V.31	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210).....	V-31
V.32	<i>Blower II</i> (G-221)	V-32
V.33	<i>Throttle valve II</i> (G-222).....	V-33
V.34	<i> Holding tank II</i> (F-223).....	V-34
V.35	<i>Pompa II</i> (L-224).....	V-35
V.36	Menara distilasi I (D-220).....	V-36
V.37	<i>Kondenser I</i> (E-225).....	V-37
V.38	<i>Reboiler I</i> (E-226)	V-38
V.39	<i>Cooler</i> (E-227)	V-39
V.40	Tangki penyimpanan 2-pentanol (F-311).....	V-40
V.41	<i>Pompa III</i> (L-312)	V-41
V.42	<i> Holding tank III</i> (F-313).....	V-42
V.43.	<i>Pompa IV</i> (L-321).....	V-43

V.44. Reaktor hidrogenasi (R-310).....	V-44
V.45. Pompa V (L-321).....	V-45
V.46. Holding tank IV (F-322)	V-46
V.47. Pompa VI (L-323).....	V-47
V.48. Menara distilasi II (D-320).....	V-48
V.49. Kondenser II (E-324)	V-49
V.50. Reboiler II (E-325).....	V-50
V.51. Pompa VII (L-331).....	V-51
V.52. Menara distilasi III (D-330)	V-52
V.53. Kondenser III (E-332)	V-53
V.54. Reboiler III (E-333).....	V-54
V.55. Pompa VIII (L-334)	V-55
V.56. Tangki penyimpanan produk 2-oktanon (F-335)	V-56
V.57. Pompa IX (L-341)	V-57
V.58. Menara distilasi IV (D-340).....	V-58
V.59. Kondenser IV (E-342).....	V-59
V.60. Reboiler IV (E-343)	V-60
V.61. Pompa X (L-344)	V-61
V.62. Tangki penyimpanan gamma valerolakton (F-345).....	V-62
BAB VI.....	VI-1
VI.1. Lokasi Pabrik	VI-1
VI.2. Tata Letak Pabrik.....	VI-11
VI.3. Tata Letak Alat	VI-13
VI.4. Instrumentasi.....	VI-15
VI.5. Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan.....	VI-18
VI.5.1. Penanganan Bahaya dan Kecelakaan Kerja	VI-18

VI.5.2. <i>Hazard and Operability Studies (HAZOP)</i>	VI-21
BAB VII.....	VII-1
VII.1 Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air	VII-2
VII.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	VII-90
VII.3 Unit Penyedia Udara Panas	VII-90
VII.3. Unit Penyedia Udara Panas	VII-93
VII.3.1. Furnace.....	VII-93
VII.3.2. <i>Blower</i> (G-511)	VII-97
VII.5. Unit Penyediaan Listrik	VII-99
VII.5.1 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	VII-99
VII.5.2 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	VII-100
VII.5.3 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan.....	VII-100
VII.5.4 Kebutuhan Generator	VII-103
VII.6 Unit Penyediaan Katalis	VII-104
VII.7 Unit Pengolahan Limbah.....	VII-117
VII.7.1 Pengolahan Limbah Padat.....	VII-117
VII.7.2 Pengolahan Limbah Cair.....	VII-118
VII.7.3 Pengolahan Limbah Gas	VII-119
BAB VIII	VIII-1
VIII.1. Desain Logo	VIII-1
VIII.2. Spesifikasi Produk.....	VIII-2
VIII.3. Desain Kemasan.....	VIII-3
BAB IX	IX-1
BAB X	X-1
X.1 Struktur organisasi	X-1
X.2 Struktur umum	X-1

X.3	Bentuk perusahaan	X-2
X.4	Struktur organisasi	X-3
X.5	Pembagian tugas dan wewenang.....	X-6
X.5.1	Pemegang saham.....	X-6
X.5.2	Dewan komisaris.....	X-6
X.5.3	Direktur utama	X-7
X.5.4	Sekretaris	X-7
X.5.5	Direktur.....	X-8
X.5.6	Manajer.....	X-9
X.6	Perhitungan jumlah karyawan.....	X-14
X.7	Jadwal kerja.....	X-16
X.7.1	Karyawan <i>shift</i>	X-17
X.7.2	Karyawan <i>non-shift</i>	X-17
X.8	Kesejahteraan karyawan.....	X-18
BAB XII	.....	XII-1
XII.1	Diskusi.....	XII-1
XII.2	Kesimpulan	XII-2
DAFTAR PUSTAKA	.....	XII-4
LAMPIRAN A	.....	A-1
A.1	Shredder (C-113).....	A-1
A.2	<i>Washer</i> I (X-115)	A-3
A.3	<i>Dryer</i> (B-110).....	A-5
A.4	<i>Hammer mill</i> dan <i>screener</i> (C-122 dan H-124)	A-6
A.5	Reaktor AFEX dan <i>mixer</i> amonia (R-120 dan M-130).....	A-10
A.6	Centrifuge decamter (H-215)	A-13
A.7	<i>Washer</i> II (X-216).....	A-15

A.8	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi dan <i>mixer</i> asam sulfat (R-210 dan M-212)	A-18
A.9	Menara distilasi I (D-220).....	A-27
A.10	Reaktor hidrogenasi (R-310).....	A-36
A.11	Menara distilasi II (D-320).....	A-43
A.12	Menara distilasi III (D-330)	A-62
A.13	Menara distilasi IV (D-340).....	A-78
LAMPIRAN B	.....	B-1
B.1.	Perhitungan Kapasitas Panas (C_p) Komponen.....	B-1
B.1.1.	Perhitungan C_p dengan Kopp's Rules	B-1
B.1.2.	Perhitungan C_p dengan Yaws	B-2
B.1.3.	Perhitungan C_p dengan Perry	B-4
B.2.	Data Panas Pembentukan (ΔH_f)	B-5
B.3.	Perhitungan Neraca Panas Alat	B-6
B.3.1	<i>Dryer</i> (B-110)	B-6
B.3.2.	<i>Mixer</i> amonia (M-122).....	B-11
B.3.3.	Reaktor AFEX (R-120).....	B-14
B.3.4.	Throttle Valve I (G-134)	B-18
B.3.5.	<i> Holding tank</i> I (F-135).....	B-21
B.3.6.	<i>Mixer</i> asam sulfat (M-212)	B-23
B.3.7.	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210).....	B-26
B.3.8.	<i>Throttle Valve II</i> (G-222)	B-33
B.3.9.	<i>Cooler</i> (E-227).....	B-37
B.3.10.	Menara Distilasi I (D-220).....	B-39
B.3.11.	Reaktor Hidrogenasi (R-310).....	B-45
B.3.12.	Menara Distilasi II (D-320)	B-51

B.3.13. Menara Distilasi III (D-330)	B-58
B.3.14. Menara Distilasi IV (D-340)	B-64
LAMPIRAN C	C-1
C.1 Gudang penyimpanan TKKS (F-111)	C-2
C.2 <i>Belt conveyor</i> I (J-112)	C-4
C.3 <i>Shredding</i> (C-113)	C-8
C.4 <i>Belt conveyor</i> II (J-114)	C-9
C.5 <i>Washer</i> I (X-115)	C-11
C.6 Bak sedimentasi I (H-116)	C-13
C.7 <i>Belt conveyor</i> III (J-117)	C-18
C.8 <i>Dryer</i> (B-110)	C-20
C.9 <i>Hammer mill</i> (C-122)	C-23
C.10 <i>Belt conveyor</i> IV (J-121)	C-25
C.11 <i>Bucket elevator</i> I (J-123)	C-27
C.12 <i>Screenner</i> (H-124)	C-29
C.13 <i>Bucket elevator</i> II (J-125)	C-31
C.14 Silo (F-126)	C-34
C.15 <i>Bucket elevator</i> III (J-127)	C-35
C.16 Reaktor AFEX (R-120)	C-38
C.17 Tangki penyimpanan amonia (F-131)	C-47
C.18 <i>Mixer</i> amonia (M-130)	C-51
C.19 <i>Compressor</i> (G-132)	C-63
C.20 Blower I (G-133)	C-64
C.21 <i>Throttle valve</i> I (G-134)	C-65
C.22 <i> Holding tank</i> I (F-135)	C-66
C.23 Tangki penyimpanan asam sulfat (F-211)	C-71

C.24	<i>Mixer</i> asam sulfat (M-212).....	C-75
C.25	Pompa I (L-213).....	C-85
C.26	<i>Screw conveyor</i> (J-214).....	C-93
C.27	<i>Centrifuge decanter</i> (H-215).....	C-95
C.28	<i>Washer</i> II (X-216).....	C-96
C.29	Bak sedimentasi II (H-217).....	C-98
C.30	<i>Bucket elevator</i> IV (J-218).....	C-103
C.31	Reaktor hidrolisis dan dehidrasi (R-210).....	C-105
C.32	Blower II (G-221).....	C-113
C.33	<i>Throttle valve</i> II (G-222).....	C-115
C.34	<i> Holding tank</i> II (F-223).....	C-116
C.35	Pompa II (L-224).....	C-122
C.36	Menara distilasi I (D-220).....	C-130
C.37	Kondenser I (E-225).....	C-142
C.38	Reboiler I (E-226).....	C-150
C.39	<i>Cooler</i> (E-227).....	C-157
C.40	Tangki penyimpanan 2-pentanol (F-311).....	C-163
C.41	Pompa III (L-312).....	C-169
C.42	<i> Holding tank</i> III (F-313).....	C-181
C.43	Pompa IV (L-314).....	C-185
C.44	Reaktor hidrogenasi (R-310).....	C-198
C.45	Pompa V (L-321).....	C-209
C.46	<i> Holding tank</i> IV (F-322).....	C-220
C.47	Pompa VI (L-323).....	C-226
C.48	Menara distilasi II (D-320).....	C-234
C.49	Kondenser II (E-324).....	C-252

C.50	Reboiler II (E-325)	C-258
C.51	Pompa VII (L-331)	C-266
C.52	Menara distilasi III (D-330)	C-271
C.53	Kondenser III (E-332)	C-289
C.54	Reboiler III (E-333)	C-295
C.55	Pompa VIII (L-324)	C-302
C.56	Tangki penyimpanan 2-oktanon (F-335)	C-307
C.57	Pompa IX (L-324)	C-311
C.58	Menara distilasi IV (D-340)	C-317
C.59	Kondenser IV (E-342)	C-332
C.60	Reboiler IV (E-343)	C-339
C.61	Pompa X (L-344)	C-345
C.62	Tangki penyimpanan gamma valerolakton (F-345)	C-351
LAMPIRAN D		D-1
D.1	Perhitungan Harga Peralatan	D-1
D.2	Perhitungan Harga Bahan Baku	D-12
D.3	Perhitungan Biaya Utilitas	D-12
D.3.1	Perhitungan biaya bahan bakar dan katalis	D-12
D.3.2	Perhitungan biaya listrik	D-13
D.3.3	Perhitungan biaya bahan tambahan	D-20
D.4	Perhitungan Harga Produk	D-20
D.5	Perhitungan Gaji Karyawan	D-22
D.6	Perhitungan Harga Tanah dan Pembangunan	D-23

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Sifat Hemiselulosa (Sudiyani, 2013).....	I-5
Tabel I.2 Sifat-sifat Asam Sulfat (Padilla-Rascón, 2020; Saeid, 2014)	I-6
Tabel I.3 Sifat-sifat Furfural (Padilla-Rascón, 2020; Panjaitan, 2017)	I-7
Tabel I.4. Sifat-sifat Gamma Valerolakton (Á. Bereczky, 2013)	I-8
Tabel I.5 Sifat-sifat Asam Nitrat (Song, 2017; Zhang, 2019)	I-9
Tabel I.6 Sifat-sifat 2-pentanol (Zhang, 2019)	I-10
Tabel I.7 Karakteristik Zr-HY dan Al-HY (Zhang, 2019)	I-11
Tabel I.8 Jumlah Produksi Kelapa Sawit di Setiap Provinsi Kalimantan.....	I-12
Tabel I.9 Produksi biodiesel Indonesia 2018-2019	I-14
Tabel II.1 Perbandingan proses pre-treatment fisik untuk TKKS	II-3
Tabel II.2 Perbandingan proses pre-treatment lignoselulosa.....	II-6
Tabel II.3 Perbandingan metode produksi furfural dari hemiselulosa.....	II-9
Tabel II.4 Perbandingan katalis bifungsional untuk proses hidrogenasi furfural menjadi gamma valerolakton.....	II-10
Tabel II.5 Data Operasi Pabrik Sistem Batch	II-14
Tabel III.1. Neraca massa shredder	III-1
Tabel III.2 Neraca massa washer I.....	III-2
Tabel III.3 Neraca massa dryer	III-2
Tabel III.4 Neraca massa hammer mill	III-3
Tabel III.5 Neraca massa screener	III-3
Tabel III.6 Neraca massa reaktor AFEX	III-4
Tabel III.7 Neraca massa mixer amonia	III-4
Tabel III.8 Neraca massa centrifuge decanter	III-5
Tabel III.9 Neraca massa washer II	III-6
Tabel III.10 Neraca massa reaktor hidrolisis dan dehidrasi	III-7
Tabel III.11 Neraca massa mixer asam sulfat	III-8
Tabel III.12 Neraca massa menara distilasi I	III-9
Tabel III.13 Neraca massa reaktor hidrogenasi	III-10
Tabel III.14 Neraca massa menara distilasi II	III-11
Tabel III.15 Neraca massa menara distilasi III	III-12

Tabel III.16 Neraca massa menara distilasi IV	III-13
Tabel IV.1 Neraca panas dryer	IV-1
Tabel IV.2 Neraca panas mixer amonia.....	IV-2
Tabel IV.3 Neraca panas reaktor AFEX	IV-2
Tabel IV.4 Neraca panas throttle valve I	IV-3
Tabel IV.5 Neraca panas holding tank I	IV-3
Tabel IV.6 Neraca panas mixer asam sulfat	IV-3
Tabel IV.7 Neraca panas reaktor hidrolisis dan dehidrasi	IV-4
Tabel IV.8 Neraca panas throttle valve II.....	IV-5
Tabel IV.9 Neraca panas cooler.....	IV-6
Tabel IV.10 Neraca panas menara distilasi I	IV-6
Tabel IV.11 Neraca panas reaktor hidrogenasi.....	IV-7
Tabel IV.12 Neraca panas menara distilasi II.....	IV-8
Tabel IV.13 Neraca panas menara distilasi III	IV-9
Tabel IV.14 Neraca panas menara distilasi IV	IV-10
Tabel V.1 Spesifikasi alat gudang penyimpanan TKKS	V-1
Tabel V.2 Spesifikasi alat belt conveyer I.....	V-2
Tabel V.3 Spesifikasi alat shredding	V-3
Tabel V.4 Spesifikasi alat belt conveyer II.....	V-4
Tabel V.5 Spesifikasi alat washer I	V-5
Tabel V.6 Spesifikasi alat bak sedimentasi I	V-6
Tabel V.7 Spesifikasi alat belt conveyer III	V-7
Tabel V.8 Spesifikasi alat dryer.....	V-8
Tabel V.9 Spesifikasi alat hammer mill.....	V-9
Tabel V.10 Spesifikasi alat belt conveyer IV	V-10
Tabel V.11 Spesifikasi alat bucket elevator I	V-11
Tabel V.12 Spesifikasi alat screener	V-12
Tabel V.13 Spesifikasi alat bucket elevator II.....	V-13
Tabel V.14 Spesifikasi alat silo	V-14
Tabel V.15 Spesifikasi alat tangki penyimpanan amonia.....	V-15
Tabel V.16 Spesifikasi alat reaktor AFEX	V-16
Tabel V.17 Spesifikasi alat tangki penyimpanan amonia.....	V-17

Tabel V.18 Spesifikasi alat mixer amonia	V-18
Tabel V.19 Spesifikasi alat compressor.....	V-19
Tabel V.20 Spesifikasi alat Blower I.....	V-20
Tabel V.21 Spesifikasi alat throttle valve I.....	V-21
Tabel V.22 Spesifikasi alat holding tank I.....	V-22
Tabel V.23 Spesifikasi alat tangki penyimpanan asam sulfat	V-23
Tabel V.24 Spesifikasi alat mixer asam sulfat.....	V-24
Tabel V.25 Spesifikasi alat pompa I.....	V-25
Tabel V.26 Spesifikasi alat screw conveyor.....	V-26
Tabel V.27 Spesifikasi alat centrifuge decanter	V-27
Tabel V.28 Spesifikasi alat washer II	V-28
Tabel V.29 Spesifikasi alat bak sedimentasi II.....	V-29
Tabel V.30 Spesifikasi alat bucket elevator IV	V-30
Tabel V.31 Spesifikasi alat reaktor hidrolisis dan dehidrasi	V-31
Tabel V.32 Spesifikasi alat blower II	V-32
Tabel V.33 Spesifikasi alat throttle valve II	V-33
Tabel V.34 Spesifikasi alat holding tank II	V-34
Tabel V.35 Spesifikasi alat pompa II.....	V-35
Tabel V.36 Spesifikasi alat menara distilasi I.....	V-36
Tabel V.37 Spesifikasi alat kondenser I	V-37
Tabel V.38 Spesifikasi alat reboiler I	V-38
Tabel V.39 Spesifikasi alat cooler	V-39
Tabel V.40 Spesifikasi alat penyimpanan 2-pentanol	V-40
Tabel V.41 Spesifikasi alat pompa III	V-41
Tabel V.42 Spesifikasi alat holding tank III.....	V-42
Tabel V.41 Spesifikasi alat pompa IV	V-43
Tabel V.44 Spesifikasi alat reaktor hidrogenasi	V-44
Tabel V.45 Spesifikasi alat pompa V	V-45
Tabel V.46 Spesifikasi alat holding tank IV	V-46
Tabel V.47 Spesifikasi alat pompa VI.....	V-47
Tabel V.48 Spesifikasi alat menara distilasi II	V-48
Tabel V.49 Spesifikasi alat kondenser II	V-49

Tabel V.50 Spesifikasi alat reboiler II	V-50
Tabel V.51 Spesifikasi alat pompa VII.....	V-51
Tabel V.52 Spesifikasi alat menara distilasi III.....	V-52
Tabel V.53 Spesifikasi alat kondenser III.....	V-53
Tabel V.54 Spesifikasi alat reboiler III.....	V-54
Tabel V.55 Spesifikasi alat pompa VIII	V-55
Tabel V.56 Spesifikasi alat tangki penyimpanan produk 2-oktanon	V-56
Tabel V.57 Spesifikasi alat pompa IX	V-57
Tabel V.58 Spesifikasi alat menara distilasi IV	V-58
Tabel V.59 Spesifikasi alat kondenser IV	V-59
Tabel V.60 Spesifikasi alat reboiler IV	V-60
Tabel V.57 Spesifikasi alat pompa X	V-61
Tabel V.62 Spesifikasi alat tangki penyimpanan gamma valerolakton.....	V-62
Tabel VI.1 Jarak Daerah Pemasaran dari Pabrik	VI-6
Tabel VI.2 Keterangan Tata Letak Pabrik GVL.....	VI-12
Tabel VI.3 Keterangan Alat di Area Proses	VI-14
Tabel VI.4 Jenis Instrumen yang Digunakan.....	VI-17
Tabel VII.1 Kebutuhan Air Sanitasi	VII-2
Tabel VII. 2. Kebutuhan Air Proses	VII-3
Tabel VII. 3. Data Massa Air Pendingin	VII-4
Tabel VII. 4. Data Massa <i>Saturated Steam</i>	VII-6
Tabel VII. 5. Spesifikasi Bak Penampung I (F-411)	VII-11
Tabel VII. 6. Spesifikasi Pompa I.....	VII-16
Tabel VII. 7. Spesifikasi Tangki Clarifier	VII-19
Tabel VII. 8. Spesifikasi Pompa II	VII-25
Tabel VII. 9. Spesifikasi Mixer Koagulan	VII-30
Tabel VII. 10. Spesifikasi Pompa III	VII-36
Tabel VII. 11. Spesifikasi Bak Penampungan II (F-)	VII-37
Tabel VII. 12. Spesifikasi Pompa IV	VII-44
Tabel VII. 13. Spesifikasi Tangki Sand Filter	VII-48
Tabel VII. 14. Spesifikasi Bak Penampungan III (F-431).....	VII-49
Tabel VII. 15. Spesifikasi Pompa V	VII-57

Tabel VII. 16. Spesifikasi Tangki <i>Cation Exchanger</i>	VII-61
Tabel VII. 17. Spesifikasi Tangki Sanitasi	VII-63
Tabel VII. 18. Spesifikasi Bak Penampungan Air IV (F-442)	VII-65
Tabel VII. 19. Spesifikasi Pompa VI.....	VII-73
Tabel VII. 20. Spesifikasi Bak Penampungan V	VII-75
Tabel VII. 21. Spesifikasi Pompa VII.....	VII-80
Tabel VII. 22. Spesifikasi Bak Penampungan VI.....	VII-81
Tabel VII. 23. Spesifikasi Pompa VIII	VII-86
Tabel VII. 24. Spesifikasi Cooling Tower	VII-88
Tabel VII. 25. Spesifikasi Bak Penampungan VII.....	VII-89
Tabel VII. 26. Boiler (E-453)	VII-91
Tabel VII. 27. Boiler 2 (E-480)	VII-93
Tabel VII. 28. Komponen Masuk Furnace	VII-95
Tabel VII. 29. Komponen Keluar Furnace	VII-95
Tabel VII. 30. Data Perhitungan Cp Komponen Fase Gas	VII-96
Tabel VII. 31. Perhitungan Panas Udara	VII-96
Tabel VII. 32. Entalpi Komponen Gas Hasil Pembakaran	VII-97
Tabel VII. 33. Kebutuhan Listrik Alat Proses	VII-99
Tabel VII. 34. Kebutuhan Listrik Utilitas.....	VII-100
Tabel VII. 35. Lumen Output Ruang	VII-101
Tabel VII. 36. Kebutuhan Listrik Setiap Ruang	VII-102
Tabel VII. 37. Komponen Masuk Furnace	VII-114
Tabel VII. 38. Komponen Keluar Furnace	VII-114
Tabel VII. 39. Data Perhitungan Cp Komponen Fase Gas	VII-115
Tabel VII. 40. Perhitungan Panas Udara	VII-115
Tabel VII. 41. Entalpi Komponen Gas Hasil Pembakaran	VII-116
Tabel VII. 42. Data Limbah Padat	VII-117
Tabel VII. 43. Data Limbah Cair	VII-118
Tabel VIII.1 Spesifikasi drum produk Gamma valerolakton	VIII-2
Tabel VIII.2 Spesifikasi Kemasan Produk Gamma Valerolakton PT Valero .	VIII-4
Tabel VIII.3 Spesifikasi Kemasan Produk Gamma Valerolakton PT Valero dalam tangki 35.000 L dan 80.000 L.....	VIII-4

Tabel IX.1 Daftar harga untuk penjualan gamma valerolakton.....	IX-4
Tabel IX.2 Daftar harga untuk penjualan 2-oktanon	IX-4
Tabel X.1 Perhitungan karyawan bagian produksi	X-14
Tabel X.2 Perhitungan karyawan bagian utilitas	X-15
Tabel X.3 Uraian Jumlah Karyawan PT. Valero	X-15
Tabel X.4 Jadwal kerja karyawan shift.....	X-17
Tabel XI.1 Penentuan Capital Investment (TCI)	XI-3
Tabel XI.2 Tabel perhitungan depresiasi alat dan bangunan	XI-5
Tabel XI.3 Penentuan Total production Cost	XI-6
Tabel XI.4 Hasil Perhitungan cashflow	XI-10
Tabel XI.5 Hasil Perhitungan Cashflow (2)	XI-11
Tabel XI.6 Hasil Perhitungan Cashflow (3)	XI-12
Tabel XI.7 Hasil Perhitungan Cashflow (4)	XI-13
Tabel XI.8 Rate of Investment (ROI) sebelum pajak	XI-14
Tabel XI.9 Rate of Investment (ROI) Sesudah pajak	XI-15
Tabel XI.10 Nilai i dan ROI sebelum dan sesudah pajak.....	XI-15
Tabel XI.11 Rate of Return on Equity Investment (ROE) sebelum pajak	XI-16
Tabel XI.12 Rate of Return on Equity Investment (ROE) sesudah pajak	XI-16
Tabel XI.13 Nilai i dan ROE sebelum dan sesudah pajak.....	XI-16
Tabel XI.14 POT sebelum pajak.....	XI-17
Tabel XI.15 POT sesudah pajak	XI-17
Tabel XI.16 Sensitivitas terhadap bahan baku.....	XI-20
Tabel A.1 Neraca massa shredder.....	A-3
Tabel A.2 Neraca massa washer I.....	A-4
Tabel A.3 Neraca massa dryer	A-6
Tabel A.4 Neraca massa hammer mill.....	A-9
Tabel A.5 Neraca massa screener	A-10
Tabel A.6 Neraca massa reaktor AEFX.....	A-12
Tabel A.7 Neraca massa mixer amonia	A-13
Tabel A.8 Neraca massa mixer amonia	A-15
Tabel A.9 Neraca massa washer II	A-17
Tabel A.10 Neraca massa reaktor hidrolisis dan dehidrasi.....	A-26

Tabel A.11 Neraca massa mixer asam sulfat	A-27
Tabel A.12 Data komponen umpan masuk menara distilasi I	A-28
Tabel A.13 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-29
Tabel A.14 Data komponen produk bawah menara distilasi I.....	A-30
Tabel A.15 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-31
Tabel A.16 Data komponen produk distilat menara distilasi I	A-32
Tabel A.17 Perhitungan fraksi komponen tiap aliran menara distilasi.....	A-34
Tabel A.18 Data mol dan massa produk bawah dan distilat.....	A-34
Tabel A.19 Data baru komponen produk bawah menara distilasi I.....	A-34
Tabel A.20 Data baru komponen produk distilat menara distilasi	A-35
Tabel A.21 Neraca massa menara distilasi I.....	A-35
Tabel A.22 Neraca massa reaktor hidrogenasi	A-43
Tabel A.23 Data komponen umpan masuk menara distilasi I	A-45
Tabel A.24 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-47
Tabel A.25 Data parameter tekanan uap dengan metode Joback	A-47
Tabel A.26 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi II.....	A-48
Tabel A.27 Data komponen produk distilat menara distilasi II.....	A-50
Tabel A.28 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-52
Tabel A.29 Data parameter tekanan uap dengan metode Joback	A-53
Tabel A.30 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi II.....	A-53
Tabel A.31 Data komponen produk bawah menara distilasi II	A-55
Tabel A.32 Perhitungan fraksi komponen tiap aliran menara distilasi II	A-57
Tabel A.33 Data mol dan massa produk bawah dan distilat.....	A-58
Tabel A.34 Data baru komponen produk bawah menara distilasi II	A-59
Tabel A.35 Data baru komponen produk distilat menara distilasi II.....	A-60
Tabel A.36 Neraca massa menara distilasi II	A-61
Tabel A.37 Data komponen umpan masuk menara distilasi III	A-63
Tabel A.38 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-65
Tabel A.39 Data parameter tekanan uap dengan metode Joback	A-65
Tabel A.40 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi III	A-66
Tabel A.41 Data komponen produk distilat menara distilasi III.....	A-67
Tabel A.42 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-69

Tabel A.43 Data parameter tekanan uap dengan metode Joback	A-70
Tabel A.44 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi III	A-71
Tabel A.45 Data komponen produk bawah menara distilasi III	A-72
Tabel A.46 Perhitungan fraksi komponen tiap aliran menara distilasi	A-74
Tabel A.47 Data mol dan massa produk bawah dan distilat	A-74
Tabel A.48 Data baru komponen produk bawah menara distilasi III	A-75
Tabel A.49 Data baru komponen produk bawah menara distilasi III	A-76
Tabel A.50 Neraca massa menara distilasi III	A-77
Tabel A.51 Data komponen umpan masuk menara distilasi IV	A-79
Tabel A.52 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-80
Tabel A.53 Data parameter tekanan uap dengan metode Joback	A-81
Tabel A.54 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi IV	A-82
Tabel A.55 Data komponen produk distilat menara distilasi IV	A-82
Tabel A.56 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-84
Tabel A.57 Data parameter tekanan uap Antoine dari Yaws	A-85
Tabel A.58 Hasil kalkulasi tekanan uap komponen menara distilasi IV	A-85
Tabel A.59 Data komponen produk bawah menara distilasi IV	A-86
Tabel A.60 Perhitungan fraksi komponen tiap aliran menara distilasi	A-88
Tabel A.61 Data mol dan massa produk bawah dan distilat	A-89
Tabel A.62 Data baru komponen produk bawah menara distilasi IV	A-89
Tabel A.63 Data baru komponen produk bawah menara distilasi IV	A-90
Tabel A.64 Neraca massa menara distilasi IV	A-91
Tabel B. 1. Data Cp berdasarkan Kopp's Rule	B-1
Tabel B.2 Data Perhitungan Cp	B-2
Tabel B.3 Cp Semua Komponen Dalam Prarencana Pabrik GVL	B-4
Tabel B.4 Data Panas Pembentukan ΔH_f pada 298 K	B-5
Tabel B.5 <i>Mass Flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk <i>dryer</i>	B-6
Tabel B.6 <i>Mass Flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar <i>dryer</i>	B-7
Tabel B.7 Neraca panas <i>dryer</i>	B-10
Tabel B.8 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk <i>mixer</i> amonia	B-11
Tabel B.9 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar <i>mixer</i> amonia ...	

.....	B-13
Tabel B.10 Hasil Q loss pada mixer amonia	B-13
Tabel B.11 Neraca massa <i>mixer amonia</i>	B-14
Tabel B.12 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk reaktor AFEX dari <i>screening</i>	B-14
Tabel B.13 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk reaktor AFEX dari <i>mixer amonia</i>	B-15
Tabel B.14 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar reaktor AFEX menuju <i>throttle Valve I</i>	B-16
Tabel B.15 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar reaktor AFEX menuju <i>centrifuge decanter</i>	B-16
Tabel B.16 Hasil Q loss pada reaktor	B-17
Tabel B.17 Neraca massa reaktor AFEX (R-120)	B-18
Tabel B.18 Data massa dan Cp untuk penentuan suhu keluar dari <i>throttle valve I</i>	B-18
Tabel B. 19. Mass Flow rate dan entalpi panas tiap komponen masuk <i>holding tank I</i>	B-21
Tabel B. 20. Mass Flow rate dan entalpi panas tiap komponen keluar menuju Mixer.....	B-23
Tabel B. 21. Neraca Panas Holding Tank I	B-23
Tabel B. 22. Mass Flow rate dan entalpi panas tiap komponen masuk mixer asam sulfat.....	B-24
Tabel B.23 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar menuju reaktor hidrolisis dan dehidrasi.....	B-25
Tabel B.24 Neraca massa <i>mixer asam sulfat</i>	B-26
Tabel B.25 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk dari <i>mixer asam sulfat</i>	B-27
Tabel B. 26. Mass Flow rate dan entalpi panas tiap komponen masuk dari belt washer	B-27
Tabel B.27 Reaksi yang terjadi di Reaktor hidrolisis	B-28
Tabel B.28 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar menuju pengolahan limbah.....	B-30

Tabel B.29 Data Q loss pada reaktor	B-31
Tabel B.30 Neraca massa reaktor hidrolisis dan dehidrasi	B-33
Tabel B.31 Data Cp dan massa untuk perhitungan throttle valve II.....	B-34
Tabel B.32 Data Cp rata-rata	B-34
Tabel B. 33 Data komponen dan entalpi masuk	B-35
Tabel B.34 Data komponen dan entalpi keluar.....	B-36
Tabel B.35 Neraca Panas Throttle Valve II (G-222)	B-37
Tabel B.36 <i>Mass Flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk dari <i>throttle valve II</i>	B-37
Tabel B.37 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar dari <i>cooler</i>	B-38
Tabel B.38 Neraca panas <i>cooler</i>	B-39
Tabel B.39 Panas Umpan Kolom Distilasi I.....	B-40
Tabel B.40 Panas Distilat Kolom Distilasi I.....	B-40
Tabel B.41 Panas Hasil Dasar Kolom Distilasi I.....	B-41
Tabel B.42 Komposisi Umpan Masuk dan Distilat Kolom Distilasi I	B-41
Tabel B.43 Nilai Konstanta Distilat Kolom Distilasi I.....	B-41
Tabel B.44 Panas Penguapan Kolom Distilasi I.....	B-42
Tabel B.45 Nilai L dan V Komponen pada Kondensor Kolom Distilasi I.....	B-42
Tabel B.46 Nilai Entalpi Komponen Gas pada Kondensor Kolom Distilasi I ..	B-42
Tabel B.47 Nilai Panas Pengembunan Kondensor Kolom Distilasi I	B-43
Tabel B.48 Neraca Panas Menara Distilasi I (D-220)	B-43
Tabel B.49 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk dari <i>holding tank III</i>	B-45
Tabel B.50 <i>Mass flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen masuk dari tangki penyimpanan 2-pentanol.....	B-46
Tabel B.51 Reaksi terjadi di reaktor hidrogenasi	B-46
Tabel B.52 <i>Mass Flow rate</i> dan entalpi panas tiap komponen keluar menuju holding Tank IV.....	B-49
Tabel B.53 Data Q loss pada reaktor hidrogenasi	B-50
Tabel B.54 Neraca panas reaktor hidrogenasi	B-50
Tabel B.55 Panas Umpan Kolom Distilasi II	B-51
Tabel B.56 Panas Distilat Kolom Distilasi II	B-52

Tabel B.57 Panas Hasil Dasar Kolom Distilasi II	B-53
Tabel B.58 Komposisi Umpan Masuk dan Distilat Kolom Distilasi II	B-53
Tabel B.59 Nilai Konstanta Distilat Kolom Distilasi II.....	B-54
Tabel B.60 Panas Penguapan Kolom Distilasi II.....	B-54
Tabel B.61 Nilai L dan V Komponen pada Kondensor Kolom Distilasi II.....	B-55
Tabel B.62 Nilai Entalpi Komponen Gas pada Kondensor Kolom Distilasi II.	B-55
Tabel B.63 Nilai Panas Pengembunan Kondensor Kolom Distilasi II	B-56
Tabel B.64 Neraca Panas Menara Distilasi II.....	B-57
Tabel B.65 Panas Umpan Kolom Distilasi III	B-58
Tabel B.66 Panas Distilat Kolom Distilasi III	B-59
Tabel B.67 Panas Hasil Dasar Kolom Distilasi III	B-59
Tabel B.68 Komposisi Umpan Masuk dan Distilat Kolom Distilasi III.....	B-60
Tabel B.69 Nilai Konstanta Distilat Kolom Distilasi III	B-60
Tabel B.70 Panas Penguapan Kolom Distilasi III	B-61
Tabel B.71 Nilai L dan V Komponen pada Kondensor Kolom Distilasi III	B-62
Tabel B.72 Nilai Entalpi Komponen Gas pada Kondensor Kolom Distilasi III	B-62
Tabel B.73 Nilai Panas Pengembunan Kondensor Kolom Distilasi III.....	B-62
Tabel B.74 Neraca Panas Menara Distilasi III	B-64
Tabel B.75 Panas Umpan Kolom Distilasi IV	B-65
Tabel B.76 Panas Distilat Kolom Distilasi IV	B-65
Tabel B.77 Panas Hasil Dasar Kolom Distilasi IV	B-66
Tabel B.78 Komposisi Umpan Masuk dan Distilat Kolom Distilasi IV	B-66
Tabel B.79 Nilai Konstanta Distilat Kolom Distilasi IV	B-67
Tabel B.80 Panas Penguapan Kolom Distilasi IV	B-67
Tabel B.81 Nilai L dan V Komponen pada Kondensor Kolom Distilasi IV	B-68
Tabel B.82 Nilai Entalpi Komponen Gas pada Kondensor Kolom Distilasi IV	B-68
Tabel B.83 Nilai Panas Pengembunan Kondensor Kolom Distilasi IV	B-68
tabel B.84 Neraca Panas Menara Distilasi IV.....	B-70
Tabel C.1 Daftar alat pembuatan gamma valerolakton	C-1
Tabel C.2 Spesifikasi alat gudang penyimpanan TKKS.....	C-4
Tabel C.3 Spesifikasi alat belt conveyor I	C-7
Tabel C.4 Spesifikasi alat shredding.....	C-9

Tabel C.5 Spesifikasi alat belt conveyor II.....	C-11
Tabel C.6 Spesifikasi alat washer I.....	C-13
Tabel C.7 Data komponen masuk bak sedimentasi I.....	C-14
Tabel C.8 Spesifikasi alat bak sedimentasi I	C-17
Tabel C.9 Spesifikasi alat belt conveyor III	C-19
Tabel C.10 Spesifikasi alat dryer	C-23
Tabel C.11 Spesifikasi alat hammer mill.....	C-25
Tabel C.12 Spesifikasi alat belt conveyor IV	C-27
Tabel C.13 Spesifikasi alat bucket elevator I	C-29
Tabel C.14 Spesifikasi alat screener	C-31
Tabel C.15 Spesifikasi alat bucket elevator II	C-33
Tabel C.16 Spesifikasi alat silo.....	C-35
Tabel C.17 Spesifikasi alat bucket elevator III.....	C-37
Tabel C.18 Data komponen masuk reaktor AFEX.....	C-38
Tabel C.19 Data isolator untuk reaktor AFEX	C-44
Tabel C.20 Spesifikasi alat reaktor AFEX.....	C-46
Tabel C.21 Komponen yang masuk ke dalam <i>tangki penyimpanan amonia</i>	C-47
Tabel C.22 Spesifikasi alat tangki penyimpanan amonia	C-51
Tabel C.23 Data komponen masuk mixer amonia.....	C-52
Tabel C.24 Data isolator untuk mixer amonia	C-57
Tabel C.25 Data parameter viskositas untuk komponen mixer amonia	C-58
Tabel C.26 Hasil perhitungan viskositas untuk komponen mixer amonia	C-59
Tabel C.27 Spesifikasi alat mixer amonia	C-62
Tabel C.28 Spesifikasi alat compressor	C-63
Tabel C.29 Spesifikasi alat throttle valve I.....	C-66
Tabel C.30 Data komponen masuk holding tank I	C-67
Tabel C.31 Spesifikasi alat holding tank I.....	C-71
Tabel C.32 Data komponen masuk tangki penyimpanan asam sulfat	C-72
Tabel C.33 Spesifikasi alat tangki penyimpanan asam sulfat.....	C-75
Tabel C.34 Data komponen masuk mixer asam sulfat	C-76
Tabel C.35 Data isolator untuk mixer asam sulfat.....	C-81

Tabel C.36 asil perhitungan viskositas untuk komponen mixer asam sulfat.....	C-82
Tabel C.37 Spesifikasi alat mixer asam sulfat	C-84
Tabel C.38 Data aliran untuk pompa I.....	C-86
Tabel C.39 Data pipa untuk setiap aliran pompa I	C-86
Tabel C 40 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompas I	C-87
Tabel C.41 Perhitungan friksi sudden contraction pompa I	C-88
Tabel C.42 Perhitungan friksi pipa lurus pompa I.....	C-89
Tabel C.43 Perhitungan friksi <i>fitting</i> pompa I.....	C-90
Tabel C.44 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa I.....	C-91
Tabel C.45 Perhitungan total friksi pompa I.....	C-91
Tabel C.46 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa I.....	C-92
Tabel C.47 Spesifikasi alat pompa I	C-93
Tabel C.48 Spesifikasi alat screw conveyor	C-94
Tabel C.49 Spesifikasi alat centrifuge decanter.....	C-96
Tabel C.50 Spesifikasi alat washer II	C-98
Tabel C.51 Data komponen masuk bak sedimentasi II	C-99
Tabel C.52 Spesifikasi alat bak sedimentasi II.....	C-102
Tabel C.53 Spesifikasi alat bucket elevator IV.....	C-104
Tabel C.54 Data komponen masuk reaktor hidrolisis dan dehidrasi	C-105
Tabel C.55 Data isolator untuk reaktor hidrolisis dan dehidrasi	C-111
Tabel C.56 Spesifikasi alat reaktor hidrolisis dan dehidrasi.....	C-113
Tabel C.57 Spesifikasi alat blower II.....	C-115
Tabel C58 Data komponen masuk holding tank II.....	C-117
Tabel C.59 Spesifikasi alat holding tank II.....	C-121
Tabel C.60 Data aliran untuk pompa II	C-123
Tabel C.61 Data pipa untuk setiap aliran pompa II	C-123
Tabel C.62 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompa II	C-124
Tabel C.63 Perhitungan friksi <i>sudden contraction</i> pompa II.....	C-125
Tabel C.64 Perhitungan friksi pipa lurus pompa II	C-126
Tabel C.65 Perhitungan friksi <i>fitting</i> pompa II.....	C-127
Tabel C.66 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa II	C-128
Tabel C.67 Perhitungan total friksi pompa II	C-128

Tabel C.68 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa II.....	C-129
Tabel C.69 Spesifikasi alat pompa II.....	C-130
Tabel C.70 Data komponen untuk setiap aliran menara distilasi I.....	C-131
Tabel C.71 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi I.....	C-132
Tabel C 72 Data parameter viskositas untuk komponen air	C-133
Tabel C.73 Data parameter tekanan uap untuk komponen menara distilasi I .	C-133
Tabel C 74 Data parameter densitas untuk komponen menara distilasi I.....	C-137
Tabel C 75 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi I	C-138
Tabel C.76 Spesifikasi alat menara distilasi I.....	C-142
Tabel C.77 Spesifikasi alat kondenser I.....	C-149
Tabel C.78 Spesifikasi alat reboiler I.....	C-156
Tabel C.79 Spesifikasi alat reboiler I.....	C-163
Tabel C.80 Data komponen masuk tangki penyimpanan 2-pentanol	C-164
Tabel C.81 Spesifikasi alat tangki penyimpanan 2-pentanol.....	C-169
Tabel C.82 Data aliran untuk pompa III.....	C-171
Tabel C.83 Data pipa untuk setiap aliran pompa III.....	C-172
Tabel C.84 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompa III.....	C-173
Tabel C.85 Perhitungan friksi sudden contraction pompa III.....	C-174
Tabel C.86 Perhitungan friksi pipa lurus pompa III	C-175
Tabel C.87 Perhitungan friksi fitting pompa III	C-177
Tabel C.88 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa III.....	C-178
Tabel C.89 Perhitungan total friksi pompa III.....	C-178
Tabel C.90 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa III	C-179
Tabel C.91 Spesifikasi alat pompa III	C-180
Tabel C.92 Data komponen masuk holding tank III.....	C-181
Tabel C.93 Spesifikasi alat holding tank III	C-184
Tabel C.94 Data aliran untuk pompa IV.....	C-186
Tabel C.95 Data pipa untuk setiap aliran pompa IV.....	C-187
Tabel C.96 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompa IV.....	C-188
Tabel C.97 Perhitungan friksi sudden contraction pompa IV	C-189
Tabel C.98 Perhitungan friksi pipa lurus pompa IV	C-191

Tabel C.99 Perhitungan friksi fitting pompa IV	C-192
Tabel C.100 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa IV	C-194
Tabel C.101 Perhitungan total friksi pompa IV	C-195
Tabel C.102 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa IV	C-196
Tabel C.103 Spesifikasi alat pompa IV	C-198
Tabel C.104 Data komponen masuk reaktor hidrogenasi	C-200
Tabel C.105 Data isolator untuk reaktor hidrogenasi	C-206
Tabel C.106 Spesifikasi alat reaktor hidrogenasi	C-208
Tabel C.107 Data aliran untuk pompa V	C-210
Tabel C.108 Data pipa untuk setiap aliran pompa V	C-211
Tabel C.109 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompa V	C-212
Tabel C.110 Perhitungan friksi sudden contraction pompa V	C-213
Tabel C.111 Perhitungan friksi pipa lurus pompa V	C-214
Tabel C.112 Perhitungan friksi fitting pompa V	C-216
Tabel C.113 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa V	C-217
Tabel C.114 Perhitungan total friksi pompa V	C-217
Tabel C.115 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa V	C-218
Tabel C.116 Spesifikasi alat pompa V	C-219
Tabel C.117 Data komponen masuk holding tank IV	C-220
Tabel C.118 Data kapasitas panas holding tank IV	C-225
Tabel C.119 Data aliran untuk pompa VI	C-227
Tabel C.120 Data pipa untuk setiap aliran pompa VI	C-228
Tabel C.121 Perhitungan N_{re} untuk setiap aliran pompa VI	C-228
Tabel C.122 Perhitungan friksi sudden contraction pompa VI	C-229
Tabel C.123 Perhitungan friksi pipa lurus pompa VI	C-230
Tabel C.124 Perhitungan friksi <i>fitting</i> pompa VI	C-231
Tabel C.125 Perhitungan friksi sudden enlargement pompa VI	C-232
Tabel C.126 Perhitungan total friksi pompa VI	C-232
Tabel C.127 Perhitungan persamaan Bernoulli pompa I	C-233
Tabel C.128 Spesifikasi alat pompa VI	C-234
Tabel C.129 Data komponen untuk setiap aliran menara distilasi II	C-235

Tabel C.130 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi II metode estimasi Joback	C-237
Tabel C.131 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi II dari Yaws	C-238
Tabel C.132 Hasil perhitungan viskositas untuk menara distilasi II	C-238
Tabel C.133 Data parameter tekanan uap komponen HK menara distilasi II .	C-239
Tabel C.134 Data parameter tekanan uap komponen LK menara distilasi II..	C-239
Tabel C.135 Hasil perhitungan berat molekul untuk komponen menara distilasi II	C-242
Tabel C.136 Data parameter densitas untuk komponen menara distilasi II	C-244
Tabel C.137 Hasil perhitungan densitas untuk komponen menara distilasi II	C-245
Tabel C.138 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi II dari Yaws	C-246
Tabel C.139 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi II metode estimasi Joback	C-246
Tabel C.140 Spesifikasi alat menara distilasi II	C-251
Tabel C.141 Spesifikasi alat kondenser II	C-258
Tabel C.142 Spesifikasi alat reboiler II	C-265
Tabel C.128 Spesifikasi alat pompa VII.....	C-271
Tabel C.143 Data komponen untuk setiap aliran menara distilasi III	C-272
Tabel C.144 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi III metode estimasi Joback	C-274
Tabel C.145 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi III dari Yaws	C-274
Tabel C.146 Hasil perhitungan viskositas untuk menara distilasi III.....	C-275
Tabel C.147 Data parameter tekanan uap komponen HK menara distilasi III.....	

.....	C-275
Tabel C.148 Data parameter tekanan uap komponen LK menara distilasi III	
.....	C-276
Tabel C.149 Hasil perhitungan berat molekul untuk komponen menara distilasi III	
.....	C-279
Tabel C.150 Data parameter densitas untuk komponen menara distilasi III	
.....	C-281
Tabel C.151 Hasil perhitungan densitas untuk komponen menara distilasi III	
.....	C-282
Tabel C.152 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi III dari Yaws	C-283
Tabel C.153 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi III metode estimasi Joback	C-283
Tabel C.154 Spesifikasi alat menara distilasi III	C-288
Tabel C.155 Spesifikasi alat kondenser III	C-295
Tabel C.156 Spesifikasi alat reboiler III	C-301
Tabel C.158 Spesifikasi alat pompa VIII	C-307
Tabel C.157 Data komponen masuk tangki penyimpanan 2-oktanon	C-308
Tabel C.158 Spesifikasi alat tangki penyimpanan produk 2-oktanon	C-311
Tabel C.161 Spesifikasi alat pompa IX	C-317
Tabel C.159 Data komponen untuk setiap aliran menara distilasi IV	C-318
Tabel C.160 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi IV metode estimasi Joback	C-319
Tabel C.161 Data parameter viskositas untuk komponen menara distilasi IV dari Yaws	C-320
Tabel C.162 Hasil perhitungan viskositas untuk menara distilasi IV	C-320
Tabel C.163 Data parameter tekanan uap komponen menara distilasi IV	
.....	C-321
Tabel C.164 Hasil perhitungan berat molekul untuk komponen menara distilasi IV	
.....	C-323
Tabel C.165 Data parameter densitas untuk komponen menara distilasi IV	
.....	C-325

Tabel C.166 Hasil perhitungan densitas untuk komponen menara distilasi IVC-326	
Tabel C.167 Data parameter surface tension untuk komponen menara distilasi II dari Yaws	C-327
Tabel C.168 Spesifikasi alat menara distilasi IV	C-332
Tabel C.169 Spesifikasi alat kondenser IV	C-338
Tabel C.170 Spesifikasi alat reboiler IV	C-345
Tabel C.174 Spesifikasi alat pompa X.....	C-351
Tabel C.171 Data komponen masuk tangki penyimpanan gamma valerolakton	C-352
Tabel C.172 Spesifikasi alat tangki penyimpanan gamma valerolakton	C-356
Tabel D.1 Data Annual Index dari Chemical Engineering Plant Cost Index	D-1
Tabel D.2 Harga Alat Proses	D-5
Tabel D.3 Tabel Perhitungan Alat Utilitas	D-7
Tabel D.4 Tabel Perhitungan Alat Penunjang	D-11
Tabel D.5 Harga Bahan Baku	D-12
Tabel D.6 Tabel Perhitungan Bahan Bakar	D-13
Tabel D.7 Biaya listrik proses.....	D-15
Tabel D.8 Biaya listrik Utilitas	D-16
Tabel D.9 Biaya Listrik setiap ruangan	D-17
Tabel D.10 Harga bahan untuk pengolahan air	D-20
Tabel D.11 Distribusi kemasan gamma valerolakton	D-21
Tabel D.12 Distribusi kemasan 2-oktanon	D-21
Tabel D.13 Distribusi kemasan 2-pentanol.....	D-21
Tabel D.14 Data UMK Kalimantan Utara	D-22
Tabel D.15 Data gaji karyawan per tahun	D-22
Tabel D.16 Harga pembangunan untuk setiap area	D-24

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Data Sumber Polusi Udara di Indonesia 2023 (BMKG, 2023)	I-1
Gambar I.2 Total Produksi Biodiesel Nasional	I-3
Gambar I.3 Hemiselulosa	I-5
Gambar I.4 Asam Sulfat	I-6
Gambar I.5 Furfural	I-7
Gambar I.6 Gamma Valerolakton.....	I-8
Gambar I.7 Asam Nitrat.....	I-9
Gambar I.8 2-pentanol	I-10
Gambar I.9 Grafik forecasting jumlah limbah hingga tahun 2030	I-13
Gambar I.10 Grafik forecasting produksi biodiesel hingga tahun 2030.....	I-14
Gambar II.1 Uraian diagram proses pembuatan gamma valerolakton	II-13
Gambar II 2. Gantt Chart Sistem Overlapping Batch.....	II-14
Gambar VII. 1. Flowsheet Unit Pengolahan Air	VII-9
Gambar VII. 2. Aliran Air Pompa I.....	VII-11
Gambar VII. 3. Aliran Air Pompa II.....	VII-20
Gambar VII. 4. Aliran Air Pompa III	VII-31
Gambar VII.5. Aliran Air Pompa IV	VII-38
Gambar VII. 6. Skema Tangki Sand Filter	VII-45
Gambar VII. 7. Aliran Air Pompa V	VII-50
Gambar VII. 8. Skema Tangki Cation Exchanger	VII-58
Gambar VII. 9. Aliran Air Pompa VI	VII-66
Gambar VII. 10. Aliran Air Pompa VII.....	VII-75
Gambar VII. 11. Aliran Air Pompa VIII	VII-82
Gambar VIII.1 Logo PT. Valero.....	VIII-2
Gambar X.1 Struktur organisasi PT. Valero.....	X-5
Gambar XI.1 Diagram BEP	XI-19
Gambar A.1 Diagram neraca massa shredder.....	A-1
Gambar A.2 Diagram neraca massa washer	A-3
Gambar A.3 Diagram neraca massa dryer	A-5
Gambar A.4 Diagram neraca massa hammer mill dan screener.....	A-6

Gambar A.5 Diagram neraca massa reaktor AFEX dan mixer amonia.....	A-10
Gambar A.6 Diagram neraca massa decanter centrifuge.....	A-13
Gambar A.7 Diagram neraca massa washer II	A-15
Gambar A.8 Diagram neraca massa reaktor hidrolisis dan dehidrasi serta mixer asam sulfat	A-18
Gambar A.9 Diagram neraca massa menara distilasi I.....	A-27
Gambar A.10 Diagram neraca massa reaktor hidrogenasi	A-36
Gambar A.11 Diagram neraca massa menara distilasi II.....	A-43
Gambar A.12 Diagram neraca massa menara distilasi III	A-62
Gambar A.13 Diagram neraca massa menara distilasi IV	A-78
Gambar B.1 Diagram neraca panas dryer	B-6
Gambar B.2 Diagram neraca panas mixer amonia	B-11
Gambar B.3 Diagram neraca massa reaktor AFEX	B-14
Gambar B.4 Diagram neraca panas throttle valve I.....	B-18
Gambar B.5 Diagram neraca panas holding tank I.....	B-21
Gambar B.6 Diagram neraca panas mixer asam sulfat	B-24
Gambar B.7 Diagram panas reaktor hidrolisis dan dehidrasi	B-26
Gambar B.8 Diagram neraca panas throttle valve I.....	B-33
Gambar B.8 Diagram neraca panas cooler	B-37
Gambar B.9 Diagram neraca panas reaktor hidrogenasi	B-45
Gambar C.1 Desain alat bak sedimentasi I.....	C-14
Gambar C.2 Diagram tutup konis	C-41
Gambar C.3 Diagram tutup hemispherical	C-42
Gambar C.4 Diagram tutup torispherical.....	C-54
Gambar C.5 Diagram tutup torispherical.....	C-74
Gambar C.6 Diagram tutup torispherical.....	C-78
Gambar C.7 Aliran pompa I (a) tampak samping dan (b) atas	C-85
Gambar C.8 Desain alat bak sedimentasi II.....	C-99
Gambar C.9 Diagram tutup konis	C-108
Gambar C.10 Diagram tutup torispherical.....	C-109
Gambar C.11 Aliran pompa II (a) tampak samping dan (b) atas.....	C-122
Gambar C.12 Aliran pompa III (a) tampak samping dan (b) atas	C-170

Gambar C 13 Aliran pompa IV (a) tampak samping dan (b) atas	C-185
Gambar C.14 Diagram tutup ellipsoidal	C-204
Gambar C.15 Aliran pompa V (a) tampak samping dan (b) atas	C-209
Gambar C.15 Aliran pompa VI (a) tampak samping dan (b) atas	C-227
Gambar C.17 Aliran pompa VII	C-266
Gambar C.18 Aliran pompa VIII.....	C-302
Gambar C.16 Diagram tutup torispherical.....	C-310
Gambar C.20 Aliran pompa IX.....	C-312
Gambar C.21 Aliran pompa X.....	C-346
Gambar C.17 Diagram tutup torispherical.....	C-355

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya sehingga kami dapat menyusun Tugas Akhir dalam bentuk Prarencana Pabrik yang berjudul “Prarencana Pabrik Gamma-Valerolakton dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kapasitas Produksi 100.000 Ton per Tahun” dengan baik. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini terkhusus kepada:

1. Tuhan Yesus yang memberikan kekuatan dan penghiburan selama pengerjaan laporan ini;
2. Dr. Ir. Christian Julius Wijaya, S.T., M.T., IPP. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan, pengajaran serta masukan dalam penulisan laporan Tugas Akhir;
3. Ir. Chintya Gunarto, S.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk mengarahkan, memberi masukan, saran, dan membimbing dalam penulisan laporan Tugas Akhir;
4. Ir. Jindrayani Nyoo Putro, S.T., Ph.D., IPM., Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM., dan Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah banyak memberi saran dan kritik terkait laporan ini;
5. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan materi dan non materi serta juga dukungan moral sehingga laporan ini dapat terselesaikan;
6. Antonius Jimmy Widagdo, Steven Chia, Marvel Guntur Wijanarko, selaku teman-teman penulis yang banyak membantu dalam saran terkait penulisan dan juga dukungan moral;
7. Semua pihak yang terlibat dan ikut membantu dalam penulisan laporan ini yang penulis tidak bisa sebutkan namanya satu persatu-satu.

Adapun Tugas Akhir yang telah penulis susun ini tentunya tidak terlepas dari kesalahan dan kelemahan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik guna peningkatan kualitas penelitian dan Tugas Akhir ke depannya. Diharapkan para pembaca

berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Demikian, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 12 Juli 2024

Penulis

INTISARI

Gamma Valerolakton (GVL) merupakan cairan yang stabil secara kimiawi dengan titik leleh rendah (-31°C) dan titik didih tinggi (207°C) yang dapat disintesis dari berbagai sumber salah satunya dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Produk dari GVL memiliki keunggulan seperti dapat dikonversi lebih lanjut menjadi bahan kimia bernilai tinggi selain biodiesel sebagai bahan bakar, seperti asam gamma-hidrosivalerat (GHV) yang dapat digunakan pada bidang farmasi, membran polisulfon sebagai pelarut, metiltetrahidrofuran sebagai pelarut dalam industri farmasi, 1,4-pentandiol sebagai bahan baku pada bidang aplikasi perekat, dan poliuretan untuk industri polimer. Dengan adanya penggunaan gamma valerolakton sebagai bahan aditif untuk bahan bakar biodiesel untuk penurunan emisi dan mendukung program pemerintah dalam keberhasilan menuju B40, peningkatan kapasitas produksi ini perlu dilakukan agar dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Kebutuhan GVL di Indonesia sendiri selama ini masih dipenuhi melalui impor dari luar negeri dengan kapasitas relatif kecil (1-100 kg/bulan). Dengan berdirinya pabrik GVL di Indonesia, kebutuhan GVL untuk industri biodiesel dapat dipenuhi secara mandiri dan juga meningkatkan kesempatan untuk ekspor dan meningkatkan devisa.

Dalam prarencana pabrik GVL sendiri memiliki keunggulan yaitu proses yang digunakan termasuk ramah lingkungan serta bahan baku yang ekonomis (TKKS). Proses pembuatan GVL yaitu menggunakan metode hidrogenasi senyawa furfural dimana senyawa furfural tersebut dapat dihasilkan dari limbah biomassa berupa TKKS. Kandungan hemiselulosa yang ada di dalam TKKS dapat diubah menjadi furfural melalui proses hidrolisis dan dehidrasi. Proses yang pertama kali dilakukan yaitu *pre-treatment* berupa *shredding*, *washing*, *drying* dengan suhu 60°C selama 12 jam kemudian dilanjutkan dengan proses pengecilan ukuran. Setelah itu, dilakukan proses ekstraksi hemiselulosa dari TKKS menggunakan metode *Ammonia Fiber Expansion* (AFEX) dengan suhu 102°C dan tekanan 21,71 atm. Hemiselulosa yang telah diekstrak, dimasukkan ke dalam reaktor hidrolisis dan dehidrasi dengan suhu 206°C dan tekanan 18 bar selama 1 jam untuk menghasilkan furfural dengan *yield* 80%. Furfural tersebut akan dilanjutkan pada proses pemurnian yaitu proses distilasi. Selanjutnya, proses hidrogenasi dengan menggunakan katalis Zr-HY dan Al-HY dengan pelarut berupa 2-pentanol.

Proses hidrogenasi berlangsung pada suhu 120°C selama 5 jam dan menghasilkan *yield* Gamma Valerolakton (GVL) sebesar 99,97%. GVL tersebut akan dilanjutkan pada proses pemurnian untuk meningkatkan kemurniannya dengan menggunakan proses distilasi sebanyak 3 kali sehingga menghasilkan produk akhir berupa GVL dengan kemurnian 99%.

Pabrik GVL direncanakan untuk didirikan di Kecamatan Tanjung Palas, Kabupaten Bulungan, Wilayah Gunung Seriang, Kalimantan Utara. Untuk pemasaran GVL dapat dijual ke industri besar di Indonesia untuk pembuatan biodiesel. Harga jual GVL dari limbah TKKS memiliki harga yang jauh lebih murah daripada harga pasar internasional karena bahan yang digunakan berlimpah.

Prarencana pabrik Gamma Valerolakton (GVL) memiliki rincian sebagai berikut:

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Produksi	: Gamma Valerolakton (GVL)
Kapasitas Produksi	: 100.000 ton/tahun
Waktu mulai beroperasi	: 2030
Kebutuhan bahan baku	: 3.378,54 ton/hari tandan kosong kelapa sawit
Utilitas	:
Air	: 12.959,0304 m ³ /hari
Listrik	: 8.694,7743 kW/hari
<i>Hybrid coal</i>	: 540.953,725 ton/tahun
Solar	: 219,0499 m ³ /tahun
Jumlah tenaga kerja	: 278 orang
Lokasi Pabrik	: Kecamatan Tanjung Palas, Kabupaten Bulungan, Wilayah Gunung Seriang, Kalimantan Utara
Luas Pabrik	: 355.734 m ²
Harga Jual Gamma Valerolakton	: Rp. 143.000
Modal Tetap	: Rp. 89.014.992.441.047
Modal Kerja	: Rp. 83.029.174.550.654
Biaya Produksi	: Rp. 87.110.831.973.225

ROE sesudah pajak	: 11%
POT sesudah pajak	: 8 tahun 9 bulan 18 hari
BEP	: 240,14%

Berdasarkan dari rincian-rincian diatas, Pabrik Gamma Valerolakton ini layak untuk didirikan karena dengan harga jual yang ditentukan dapat menutup biaya operasional dan seiring naiknya harga bahan baku, pabrik Gamma Valerolakton masih dapat beroperasi dengan keuntungan yang relatif tinggi.