

**PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT DARI N-BUTANOL DAN ASAM
ASETAT KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN DENGAN PROSES *REACTIVE*
DISTILLATION MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN
AMBERLYST 15**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Malika Pintanada Kaladinanty

40040122650005

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
SEMARANG**

2026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Diponegoro
Kampus Candi
Jalan Sekeloa Kidul No. 103
Semarang 50132
Telp. (021) 8210100
E-mail: vokasi@unswadiponegoro.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT DARI N-BUTANOL DAN ASAM
ASETAT KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN DENGAN PROSES REACTIVE
DISTILLATION MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN AMBERLYST 15

TUGAS AKHIR

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar

Tugas Akhir pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah

Vokasi,

Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

MALIKA PINTANADA KALADINANTY

NIM. 40040122650005

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 17 Juni 2026

Dosen Pembimbing

Sri Risdhiyanti Nuswantari S.Tr.T., M.T.

NIP. 199711102024062001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Malika Pintanada Kaladinanty

NIM : 40040122650005

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik n-Butil Asetat dari n-Butanol dan Asam Asetat
Kapasitas 19.000 Ton/Tahun dengan Proses *Reactive Distillation*
Menggunakan Katalis Heterogen Amberlyst 15

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya Malika Pintanada Kaladinanty dan Partner Saya Hilda Zahir Tsanisiwi didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 16 Juni 2026



Malika Pintanada Kaladinanty

NIM. 40040122650044

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir (Skripsi) dengan Judul **“Pra Rancangan Pabrik N-butyl asetat dari N-butanol dan Asam Asetat Kapasitas 19.000 Ton/Tahun dengan Proses *Reactive distillation* Menggunakan Katalis Heterogen Amberlyst 15”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Sri Risdhiyanti Nuswantari, S.Tr.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal yang ada di Teknik kimia serta dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan benar.
2. Dr. M. Endy Yulianto, S.T.,M.T, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Rekayasa Kimia Industri yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada mahasiswa.
3. Keluarga yang tidak henti-hentinya selalu memberikan doa dan motivasi untuk senantiasa bersemangat dan tidak menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng., selaku Dosen Wali yang telah memberikan semangat dan doa kepada penyusun.
5. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Hilda Zahir Tsanisiwi selaku partner skripsi, yang senantiasa berjuang dan memberikan semangat dan dukungan satu sama lain sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar tanpa adanya suatu kendala yang berarti.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, Juli 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI.....	xiv
<i>SUMMARY</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	3
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	11
1.4 Tinjauan Proses.....	16
BAB II DESKRIPSI PROSES	3
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	3
2.2 Konsep Proses.....	6
2.3 Langkah proses	11
2.4 Process Flow Diagram (PFD).....	15
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	16
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	25
BAB III SPESIFIKASI ALAT.....	30
3.1 Unit Penyimpanan	30
3.2 Unit Pemindah	34
3.3 Unit Pencampur	36
3.4 Unit Penukar Panas.....	37
3.5 Unit Reaksi Kimia dan Pemisahan	39
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	42
4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	42
4.2 Unit Pembangkit Uap (<i>Steam Generation System</i>)	51
4.3 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	55
4.4 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	56
4.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	60
4.6 Unit Laboratorium	60
4.7 Unit Pengolahan Limbah.....	69
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	72
5.1 Bentuk Perusahaan.....	72
5.2 Struktur Organisasi	74
5.3 Tugas dan Wewenang.....	77
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	81
5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	85
5.6 Kesejahteraan Karyawan	89

5.7	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	93
BAB VI TROUBLESHOOTING		96
6.1	Unit Penyimpanan	96
6.2	Unit Pemindahan	98
6.3	Unit Penukar Panas.....	104
6.4	Unit Reaksi	112
6.5	Unit Pemisahan (Enriching and Stripping Section, Stripper).....	123
6.6	Unit Penyedia Listrik.....	125
6.7	Unit Penyedia Udara Tekan.....	127
6.8	Unit Utilitas Air	129
6.9	Unit Pengolahan Limbah	132
BAB VII ANALISA EKONOMI		137
7.1	Penaksiran Harga Peralatan	137
7.2	Dasar Perhitungan.....	140
7.3	Perhitungan Biaya.....	140
7.4	Analisa Kelayakan	145
7.5	Hasil Perhitungan	147
7.6	Pembahasan	152
DAFTAR PUSTAKA		153
LAMPIRAN A NERACA MASSA		155
LAMPIRAN B NERACA PANAS		170
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT		202
LAMPIRAN D ANALISA EKONOMI		329

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor N-butyl asetat di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2026)	3
Tabel 1. 2 Data Import Ekspor N-butyl asetat di Indonesia dan Pertumbuhannya.....	5
Tabel 1. 3 Proyeksi Kebutuhan N-butyl asetat di Indonesia (2031 - 2050).....	7
Tabel 1. 4 Pabrik N-butanol di Indonesia dan Dunia.....	8
Tabel 1. 5 Pabrik Asam Asetat di Indonesia dan Dunia.....	8
Tabel 1. 6 Produsen N-butyl asetat di Dunia (Pramudani, 2018)	10
Tabel 1. 7 Perbandingan Pemilihan Lokasi Pabrik	12
Tabel 1. 8 Industri Pengguna N-butyl asetat	14
Tabel 1. 9 Pertimbangan Proses Pembuatan N-butyl asetat.....	19
Tabel 1. 10 Perbandingan Pembuatan N-butyl asetat	1
Tabel 1. 11 Perbandingan Katalis	1
Tabel 2. 1 Harga ($\Delta H^{\circ}f$) masing-masing komponen (Yaws, 1999)	8
Tabel 2. 2 Harga ($\Delta G^{\circ}f$) masing-masing komponen (Yaws, 1999)	9
Tabel 2. 3 Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-101)	17
Tabel 2. 4 Neraca Massa <i>Reactive Section</i> Kolom <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	17
Tabel 2. 5 Neraca Massa <i>Distillation Section</i> Kolom <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	17
Tabel 2. 6 Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301).....	18
Tabel 2. 7 Neraca Massa <i>Stripper</i> (ST-301)	19
Tabel 2. 8 Neraca Massa <i>Overall</i>	19
Tabel 2. 9 Neraca Panas <i>Mixer</i> (M-101)	22
Tabel 2. 10 Neraca Panas di <i>Heater</i> (H-101)	22
Tabel 2. 11 Neraca Panas Total <i>Reactive distillation</i>	22
Tabel 2. 12 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-201).....	23
Tabel 2. 13 Neraca Panas Total Kondensor (CN-201).....	23
Tabel 2. 14 Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301).....	23
Tabel 2. 15 Neraca Panas <i>Stripper</i> (ST-301)	23
Tabel 2. 16 Neraca Panas Total Kondensor (CN-301).....	24
Tabel 2. 17 Neraca Panas Overall	24
Tabel 2. 18 Perincian Luas Tanah Pabrik	27
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Asetat (T-101)	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butanol (T-102).....	31
Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan n-Butyl Asetat (T-401)	33
Tabel 3. 4 Spesifikasi Pompa Asam Asetat (P -101).....	34
Tabel 3. 5 Spesifikasi Pompa Butanol (P -102).....	35
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Mixer</i> Bahan Baku (M-101).....	36
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (H-101)	37
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CN-201)	38
Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Reactive Distillation Column</i> (RD-201).....	39
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	40
Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>Stripper</i> (ST-301).....	41
Tabel 4. 1 Standar Kualitas Air Industri di JIPE	42

Tabel 4. 2 Kualitas Air Pendingin Sistem Once Through (Setiadi, 2007)	43
Tabel 4. 3 Kualitas Air Umpan Boiler (Fatimura, 2016)	44
Tabel 4. 4 Persyaratan Air Umpan Boiler (Fatimura, 2016)	45
Tabel 4. 5 Spesifikasi Air Demineralisasi (Priambodo et al, 2009)	49
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pendingin	50
Tabel 4. 7 Kebutuhan Steam	51
Tabel 4. 8 Kebutuhan Air Boiler	53
Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	56
Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	57
Tabel 4. 11 Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik	58
Tabel 4. 12 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara	59
Tabel 4. 13 Baku Mutu Efluen Limbah Cair	71
Tabel 5. 1 Jadwal Kerja Masing-masing Regu	83
Tabel 5. 2 Perincian Jumlah Karyawan Produksi	83
Tabel 5. 3 Jumlah Karyawan Utilitas	84
Tabel 5. 4 Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab Analisis, dan Maintenance	85
Tabel 5. 5 Penggolongan Jabatan	85
Tabel 5. 6 Perincian Jumlah Karyawan	86
Tabel 5. 7 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan	88
Tabel 6. 1 Troubleshooting Unit Penyimpanan	96
Tabel 6. 2 Troubleshooting Unit Pemindahan	98
Tabel 6. 3 Troubleshooting Unit Penukar Panas	104
Tabel 6. 4 Troubleshooting Unit Reaksi	112
Tabel 6. 5 Troubleshooting Unit Pemisahan	123
Tabel 6. 6 Troubleshooting Unit Penyedia Listrik	125
Tabel 6. 7 Troubleshooting Unit Penyedia Udara Tekan	127
Tabel 6. 8 Troubleshooting Unit Utilitas Air	129
Tabel 6. 9 Troubleshooting Unit UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)	132
Tabel 6. 10 Troubleshooting Unit Aerasi (Aerobic Activated Sludge)	134
Tabel 7. 1 Indeks CEP dari tahun 2004 hingga 2025 (Chemical Engineering Magazine) ...	138
Tabel 7. 2 Total Biaya Physical Plant Cost (PPC)	147
Tabel 7. 3 Total Biaya Direct Plant Cost (DPC)	147
Tabel 7. 4 Fixed Capital Investment (FCI)	147
Tabel 7. 5 Total Working Capital Investment (WCI)	148
Tabel 7. 6 Total Capital Investment	148
Tabel 7. 7 Direct Manufacturing Cost	148
Tabel 7. 8 Indirect Manufacturing Cost	149
Tabel 7. 9 Fixed Manufacturing Cost	149
Tabel 7. 10 Total Manufacturing Cost	149
Tabel 7. 11 General Expense	150
Tabel 7. 12 Total Production Cost	150
Tabel 7. 13 Analisa Kelayakan Pabrik	151
Tabel A. 1 Berat Molekul Komponen	156
Tabel A. 2 Neraca Massa Mixer-01 (M-01)	159

Tabel A. 3 Neraca Massa <i>Reactive Section</i>	161
Tabel A. 4 Kemurnian produk n-Butil Asetat.....	162
Tabel A. 5 Neraca Massa <i>Distillation Section</i>	163
Tabel A. 6 Data Koefisien Densitas Masing-masing Komponen.....	164
Tabel A. 7 Data Kelarutan Masing-masing Komponen.....	164
Tabel A. 8 Komponen Terlarut dan Tidak Terlarut dalam Decanter.....	166
Tabel A. 9 Densitas Campuran Komponen dalam Decanter.....	166
Tabel A. 10 Neraca Massa Decanter (DC-301).....	167
Tabel A. 11 Neraca Massa Stripper (ST-01).....	168
Tabel A. 12 Neraca Massa Overall.....	169
Tabel B. 1 Data Konstanta Kapasitas Panas Gas.....	171
Tabel B. 2 Data Konstanta Kapasitas Panas Cair.....	171
Tabel B. 3 Data Konstanta Tekanan Uap Murni.....	172
Tabel B. 4 Data Konstanta Panas Pembentukan.....	172
Tabel B. 5 Data Konstanta Entalpi Uap.....	173
Tabel B. 6 Perhitungan Panas Umpan Masuk Mixer.....	174
Tabel B. 7 Perhitungan Panas Keluar Mixer.....	175
Tabel B. 8 Neraca Panas Mixer (M-101).....	175
Tabel B. 9 Perhitungan Panas Keluar Heater.....	176
Tabel B. 10 Neraca Panas Heater (H-101).....	177
Tabel B. 11 Perhitungan Panas Reaksi.....	178
Tabel B. 12 Perhitungan TBuble feed <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	179
Tabel B. 13 Perhitungan TDew feed <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	180
Tabel B. 14 Hasil Perhitungan QL umpan <i>Reactive distillation</i>	180
Tabel B. 15 Hasil Perhitungan QV1 Umpan <i>Reactive distillation</i>	180
Tabel B. 16 Hasil Perhitungan QV2 feed pada <i>Reactive distillation</i>	181
Tabel B. 17 Hasil Perhitungan TDew distilat <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	181
Tabel B. 18 Hasil Perhitungan TBuble distilat <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	182
Tabel B. 19 Hasil Perhitungan Konstanta Underwood.....	182
Tabel B. 20 Hasil Perhitungan Rmin dan R.....	183
Tabel B. 21 Hasil Perhitungan komposisi cairan masuk refluks (L).....	184
Tabel B. 22 Hasil Perhitungan TDew bottom <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	184
Tabel B. 23 Hasil Perhitungan TBubble bottom <i>Reactive distillation</i> (RD-201).....	184
Tabel B. 24 Hasil Perhitungan Panas Bottom <i>Reactive distillation</i> (Q5).....	185
Tabel B. 25 Hasil Perhitungan Panas Sensibel Reboiler (QVN1).....	186
Tabel B. 26 Hasil Perhitungan Panas Laten Reboiler (QVN2).....	186
Tabel B. 27 Hasil Perhitungan Panas Cairan Masuk Reboiler (QLN).....	186
Tabel B. 28 Tabel Neraca Panas Total Sekitar Reboiler.....	187
Tabel B. 29 Neraca Panas Total <i>Reactive distillation</i>	188
Tabel B. 30 Konstanta Kapasitas Panas Cair Komponen.....	188
Tabel B. 31 Entalpi Bahan Masuk Cooler.....	189
Tabel B. 32 Entalpi Bahan Keluar Cooler.....	189
Tabel B. 33 Neraca Panas Cooler.....	190
Tabel B. 34 Hasil perhitungan komposisi uap (V) masuk kondensor.....	190

Tabel B. 35 Hasil Perhitungan Panas Distilat Kondensor 1	190
Tabel B. 36 Hasil Perhitungan Panas Sensibel Kondensor 1	191
Tabel B. 37 Hasil Perhitungan Panas Penguapan (Panas Laten) Kondensor 1	191
Tabel B. 38 Neraca Panas Total Kondensor 1 (CN-201).....	192
Tabel B. 39 Hasil Perhitungan Panas Keluar Decanter.....	192
Tabel B. 40 Hasil Perhitungan Panas Refluks RD	193
Tabel B. 41 Hasil Perhitungan Panas Keluar Decanter ke Stripper 101	193
Tabel B. 42 Neraca Panas Total Decanter.....	193
Tabel B. 43 Hasil Perhitungan TDew top Stripper (ST-301).....	194
Tabel B. 44 Hasil Perhitungan TBubble top Stripper (ST-301).....	195
Tabel B. 45 Hasil Perhitungan TDew bottom Stripper (ST-301)	195
Tabel B. 46 Hasil Perhitungan TBubble bottom Stripper (ST-301)	195
Tabel B. 47 Hasil Perhitungan TBubble feed Stripper (ST-301).....	196
Tabel B. 48 Hasil Perhitungan Panas Keluar Stripper	196
Tabel B. 49 Neraca Panas Total Stripper (ST-301)	197
Tabel B. 50 Hasil perhitungan komposisi uap (V) masuk kondensor 2.....	198
Tabel B. 51 Hasil Perhitungan Panas Distilat Kondensor 2.....	198
Tabel B. 52 Hasil Perhitungan Panas Sensibel Kondensor 2	198
Tabel B. 53 Hasil Perhitungan Panas Penguapan (Panas Laten) Kondensor 2.....	199
Tabel B. 54 Neraca Panas Total Kondensor 2 (CN-301).....	199
Tabel B. 55 Neraca Panas <i>Overall</i>	200
Tabel C. 1 Densitas Campuran Bahan Baku Asam Asetat	203
Tabel C. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Asetat (T-101)	210
Tabel C. 3 Densitas Campuran Bahan Baku Butanol	212
Tabel C. 4 Unit Penyimpanan Tangki Penyimpanan Butanol (T-102).....	219
Tabel C. 5 Densitas Campuran Bahan Baku Butil Asetat.....	221
Tabel C. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Butil Asetat (T-401).....	228
Tabel C. 7 Komposisi Umpan Pompa (P-102).....	229
Tabel C. 8 Data Koefisien Densitas	231
Tabel C. 9 Hasil Perhitungan Densitas Campuran	231
Tabel C. 10 Data Koefisien Viskositas	232
Tabel C. 11 Hasil Perhitungan Viskositas Campuran	232
Tabel C. 12 Spesifikasi Pipa Standar yang Dipilih	233
Tabel C. 13 Perhitungan Panjang Ekuivalen Sistem Pemipaan	234
Tabel C. 14 Spesifikasi Pompa (P-102)	237
Tabel C. 15 Komposisi Umpan Mixer (M-101).....	239
Tabel C. 16 Data Densitas Masing-masing Komponen	240
Tabel C. 17 Hasil Perhitungan Densitas Campuran dalam Mixer	241
Tabel C. 18 Data Koefisien Viskositas Masing-masing Komponen.....	241
Tabel C. 19 Hasil Perhitungan Viskositas Campuran	242
Tabel C. 20 Spesifikasi Mixer (M-101)	250
Tabel C. 21 Data Temperature Fluida pada Heater.....	252
Tabel C. 22 Viskositas Fluida Panas (Steam Superheated)	254
Tabel C. 23 Viskositas Fluida Dingin (Campuran Cair) pada $T_{\text{mean}} = 323,15 \text{ K}$	254

Tabel C. 24 Dimensi Heat Exchanger (H-101)	256
Tabel C. 25 Pressure Drop Heater (H-101).....	259
Tabel C. 26 Spesifikasi Heat Exchanger-01 (E-01)	260
Tabel C. 27 Data konstanta untuk menghitung densitas masing-masing komponen.....	263
Tabel C. 28 Data konstanta untuk menghitung viskositas masing-masing komponen	263
Tabel C. 29 Densitas dan Viskositas Campuran Komponen dalam (RD-201)	264
Tabel C. 30 Data Komponen dalam (RD-201)	264
Tabel C. 31 Densitas dan Viskositas Campuran Komponen dalam (H-101).....	265
Tabel C. 32 Tinggi reaktor menggunakan metode Runge-Kutta Orde 4	268
Tabel C. 33 Hasil Perhitungan Tbubble distilat pada <i>Reactive distillation</i>	269
Tabel C. 34 Hasil Perhitungan Tbubble bottom pada <i>Reactive distillation</i>	269
Tabel C. 35 Data Komponen Densitas Liquid Atas pada <i>Reactive distillation</i>	275
Tabel C. 36 Data Komponen Densitas Vapor Atas pada <i>Reactive distillation</i>	275
Tabel C. 37 Data Komponen Densitas Vapor Bawah pada <i>Reactive distillation</i>	276
Tabel C. 38 Data Komponen Densitas Vapor Bawah pada <i>Reactive distillation</i>	276
Tabel C. 39 Data Komponen Tegangan Muka.....	277
Tabel C. 40 Data Komponen Tegangan Muka Top pada <i>Reactive distillation</i>	277
Tabel C. 41 Data Komponen Tegangan Muka Bottom Atas pada <i>Reactive distillation</i>	277
Tabel C. 42 Data Komponen Densitas Vapor Atas pada <i>Reactive distillation</i>	280
Tabel C. 43 Data Komponen Densitas dan Viskositas F10	280
Tabel C. 44 Data Komponen Densitas dan Viskositas F10	281
Tabel C. 45 Data Komponen Densitas dan Viskositas F5	282
Tabel C. 46 Spesifikasi Perancangan <i>Reactive distillation</i>	283
Tabel C. 47 Spesifikasi Perancangan Tray <i>Reactive distillation</i>	288
Tabel C. 48 Kondisi Operasi Jet Pump Ejector (JT-201).....	289
Tabel C. 49 Perhitungan Kebutuhan Steam Jet Ejector	291
Tabel C. 50 Spesifikasi Jet Pump Ejector (JT-201)	292
Tabel C. 51 Data Koefisien Densitas Komponen (Yaws, 1999).....	294
Tabel C. 52 Hasil Perhitungan Densitas Campuran – Umpan (Input).....	295
Tabel C. 53 Hasil Perhitungan Densitas – Fase Atas (Organik, Butanol-Kaya).....	295
Tabel C. 54 Hasil Perhitungan Densitas – Fase Bawah (Air, Air-Kaya)	295
Tabel C. 55 Data Koefisien Viskositas Komponen (Yaws, 1999).....	296
Tabel C. 56 Hasil Perhitungan Viskositas Campuran – Umpan (Input)	296
Tabel C. 57 Spesifikasi Perancangan Decanter (DC-301)	302
Tabel C. 58 Komposisi Liquid Masuk Stripper	304
Tabel C. 59 Komposisi Gas Keluar Stripper (Top Product)	304
Tabel C. 60 Komposisi Liquid Keluar Stripper (Bottom Product)	305
Tabel C. 61 Densitas Liquid Masuk Stripper	305
Tabel C. 62 Viskositas Liquid Campuran Masuk Stripper	307
Tabel C. 63 Spesifikasi Stripper (ST-301)	314
Tabel C. 64 Komposisi Umpan Kondensor C-201	315
Tabel C. 65 Data laju alir dan kondisi temperatur fluida panas	316
Tabel C. 66 Data laju alir dan kondisi temperatur fluida dingin	316
Tabel C. 67 Data Properti Viskositas Fluida Panas (Yaws, 1999).....	317

Tabel C. 68 Hasil Perhitungan Viskositas Fluida Panas pada $T_{av} = 338,58 \text{ K}$	317
Tabel C. 69 Data Properti Konduktivitas Fluida Panas (Yaws, 1999).....	318
Tabel C. 70 Hasil Perhitungan Konduktivitas Fluida Panas pada $T_{av} = 338,58 \text{ K}$	318
Tabel C. 71 Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Fluida Panas pada $T_{av} = 338,58 \text{ K}$	319
Tabel C. 72 Data Properti Densitas Komponen (Yaws, 1999)	320
Tabel C. 73 Hasil Perhitungan Densitas Fluida Panas pada $T_{av} = 338,58 \text{ K}$	320
Tabel C. 74 Spesifikasi Shell And Tube	322
Tabel C. 75 Spesifikasi Kondensor (C-201)	327
Tabel D. 1 Index CEP dari Tahun 2004 hingga 2025	330
Tabel D. 2 Harga Alat Dalam Negeri.....	332
Tabel D. 3 Harga Alat Impor	333
Tabel D. 4 Purchased Equipment Cost Dalam Negeri	333
Tabel D. 5 Purchased Equipment Cost Impor	333
Tabel D. 6 Purchased Equipment Cost Total	334
Tabel D. 7 Biaya Instalasi	335
Tabel D. 8 Biaya Pemipaan.....	335
Tabel D. 9 Biaya Instrumentasi.....	336
Tabel D. 10 Total Biaya Insulasi.....	337
Tabel D. 11 Biaya Listrik.....	337
Tabel D. 12 Perincian Luas Bangunan Pabrik	338
Tabel D. 13 Physical Plant Cost (PPC)	340
Tabel D. 14 Biaya Engineering and Construction.....	340
Tabel D. 15 Fixed Capital Investment	341
Tabel D. 16 Persediaan Bahan Baku	342
Tabel D. 17 Working Capital Investment	343
Tabel D. 18 Capital Investment.....	343
Tabel D. 19 Harga Bahan Baku per Tahun	344
Tabel D. 20 Labor Cost.....	344
Tabel D. 21 Supervisi Cost	344
Tabel D. 22 Direct Manufacturing Cost.....	346
Tabel D. 23 Indirect Manufacturing Cost	347
Tabel D. 24 Fixed Manufacturing Cost.....	348
Tabel D. 25 Total Manufacturing Cost	348
Tabel D. 26 Management Salaries	349
Tabel D. 27 General Expanse.....	351
Tabel D. 28 Total Production Cost.....	351
Tabel D. 29 Cash Flow.....	354
Tabel D. 30 Cumulative Cash Flow (CCF).....	358
Tabel D. 31 Internal rate of Return (IRR).....	359
Tabel D. 32 Analisa Kelayakan Pabrik	362

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Impor N-butyl asetat di Indonesia	4
Gambar 1. 2 Data Ekspor N-butyl asetat di Indonesia.....	4
Gambar 1. 3 Pemilihan Lokasi Pabrik	16
Gambar 2. 1 Struktur Kimia Amberlyst-15.....	7
Gambar 2. 2 Reaksi Esterifikasi N-butyl asetat	7
Gambar 2. 3 <i>Process Flow Diagram</i>	15
Gambar 2. 4 Diagram Blok Neraca Massa.....	16
Gambar 2. 5 Diagram Blok Neraca Panas.....	21
Gambar 2. 6 Lay Out Pabrik N-butyl asetat.....	28
Gambar 2. 7 Lay Out Peralatan Proses	29
Gambar 4. 1 Diagram Alir Unit Utilitas.....	46
Gambar 4. 2 Diagram Blok Unit Demineralisasi (Priambodo et al, 2009)	49
Gambar 4. 3 Alur Penyediaan Udara Tekan (Bahrul, 2020)	56
Gambar 5. 1 Struktur Organisasi.....	76
Gambar 7. 1 Nilai CEP Index dari tahun 2004-2025	139
Gambar 7. 2 Grafik Analisa Kelayakan	151
Gambar A. 1 Diagram Blok Neraca Massa.....	155
Gambar B. 1 Diagram Blok Neraca Panas	170
Gambar C. 1 Unit Penyimpanan Tangki Penyimpanan Asam Asetat (T-101)	202
Gambar C. 2 Unit Penyimpanan Tangki Penyimpanan Butanol (T-102)	211
Gambar C. 3 Unit Penyimpanan Tangki Penyimpanan n-Butyl Asetat (T-401)	220
Gambar C. 4 Pompa Sentrifugal n-butanol	229
Gambar C. 5 Mixer-101	238
Gambar C. 6 Desain Head Vessel	245
Gambar C. 7 Jenis pengaduk.....	247
Gambar C. 8 Geometric Proportions for a Standard Agitation System	247
Gambar C. 9 Unit Penukar Panas Heat Exchanger (H-101)	251
Gambar C. 10 LMTD Faktor Koreksi untuk 1-2 <i>Exchangers</i>	253
Gambar C. 11 <i>Reactive distillation</i> (RD).....	261
Gambar C. 12 Steam Jet.....	288
Gambar C. 13 Skema Decanter (DC-301)	293
Gambar C. 14 Stripper (ST-301).....	303
Gambar C. 15 Kondensor (C-201)	315
Gambar D. 1 Nilai CEP Index dari tahun 2004-2025	331
Gambar D. 2 Grafik Analisa Kelayakan	361

INTISARI

Butil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$) merupakan ester yang tidak berwarna, mudah terbakar pada suhu kamar, dan biasa ditemukan di banyak jenis buah karena memberikan rasa khas serta aroma pisang atau apel yang manis. Senyawa ini juga banyak digunakan sebagai solvent aktif untuk film former (etyl cellulose, cellulose nitrat, cellulose acetobutirat, polystyrene, methacrylate resin, chlorinated rubber), bahan protective coating pada kerajinan kulit, bahan parfum, serta solvent untuk ekstraksi minyak dan obat-obatan. Karena sebagian kebutuhan butil asetat di Indonesia masih dipenuhi melalui impor, pendirian pabrik butil asetat di dalam negeri menjadi salah satu langkah strategis pemenuhan kebutuhan domestik.

Proses produksi dirancang melalui reaksi esterifikasi butanol dan asam asetat dalam kolom destilasi reaktif berkatalis Amberlyst-15, yang menggabungkan proses reaksi dan pemisahan dalam satu kolom (stripping section, reactive section, dan enriching section). Reaksi esterifikasi berlangsung pada fase cair dengan kondisi operasi suhu 105°C , tekanan 0,69 atm, dan bersifat eksotermis. Peralatan utama meliputi tangki penyimpanan bahan baku/produk, mixer, heat exchanger, *reactive distillation* column, reboiler, cooler, kondensor, decanter, dan stripper, didukung oleh unit utilitas seperti penyediaan dan pengolahan air, steam, tenaga listrik, bahan bakar, udara tekan, serta pengolahan limbah.

Pabrik direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan status perusahaan terbuka, di mana kekuasaan tertinggi dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Hasil analisa kelayakan investasi menunjukkan Percent Profit on Sales sebelum pajak 17,69% (sesudah pajak 13,27%), Percent Return on Investment sebelum pajak 25,97% (sesudah pajak 19,48%), Pay Out Time sebelum pajak 3,45 tahun (sesudah pajak 4,45 tahun), trial IRR 13,7%, Break Even Point 49,01% dari kapasitas produksi, dan Shut Down Point 35,96% dari kapasitas produksi, menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: asam asetat, n-butanol, n-butil asetat, *reactive distillation*

SUMMARY

Butyl acetate (CH₃COOC₄H₉) is a colorless, flammable ester commonly found in many fruits, contributing distinctive taste and a sweet banana or apple aroma. It also serves as an active solvent for film formers (ethyl cellulose, cellulose nitrate, cellulose acetobutirate, polystyrene, methacrylate resin, chlorinated rubber), a protective coating agent for leather crafts, a perfume ingredient, and a solvent for oil and pharmaceutical extraction. Since part of Indonesia's butyl acetate demand is still met through imports, establishing a domestic butyl acetate plant is a strategic step toward meeting national demand.

The production process is designed around the esterification of butanol and acetic acid in a reactive distillation column using Amberlyst-15 catalyst, which combines reaction and separation in a single column (stripping, reactive, and enriching sections). The esterification occurs in the liquid phase at an operating temperature of 105°C and pressure of 0.69 atm under exothermic conditions. Main equipment includes raw material/product storage tanks, mixers, heat exchangers, the reactive distillation column, reboilers, coolers, condensers, decanters, and strippers, supported by utility units for water treatment, steam, power generation, fuel supply, compressed air, and waste treatment.

The plant is planned as a publicly listed Limited Liability Company (PT), with the General Meeting of Shareholders (GMS) holding the highest authority. Feasibility analysis shows a Percent Profit on Sales of 17.69% before tax (13.27% after tax), Percent Return on Investment of 25.97% before tax (19.48% after tax), Pay Out Time of 3.45 years before tax (4.45 years after tax), a trial IRR of 13.7%, a Break Even Point at 49.01% of production capacity, and a Shut Down Point at 35.96% of production capacity, indicating the plant is economically feasible.

Keywords: *acetic acid, n-butanol, n-butyl acetate, reactive distillation*