

**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:

Hilda Zahir Tsanisiwi

40040122650034

**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**

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman vokasi@liveundip.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 :

HILDA ZAHIR TSANISIWI

NIM. 40040122650034

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 : Hilda Zahir Tsanisiwi

NIM : 40040122650034

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 Hilda Zahir Tsanisiwi dan Partner Saya Malika Pintanada Kaladinanty 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, 17 Juni 2026



Hilda Zahir Tsanisiwi

NIM. 40040122650034

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. 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. Malika Pintanada Kaladinanty 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. Yusuf Abdullah Tamma dan keluarga yang senantiasa memberikan waktu, dukungan, dan menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi. Terimakasih selalu menemani di dalam suka dan duka, serta menjadi alasan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. 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, 6 Juli 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| INTISARI..... | xv |
| <i>SUMMARY</i> | xvi |
| 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 <i>TROUBLESHOOTING</i> | | 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 <i>Overall</i> | 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*