

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK *DIETHYL PHTHALATE* DARI
***PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN ETANOL DENGAN**
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Oleh:

Ajeng Arthaningrum (I 0517006)

Annisa Yustika Mulya Putri (I 0517011)

Program Studi Sarjana Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta
commit to user
2021

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK *DIETHYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN ETANOL DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Oleh:

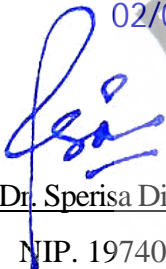
Ajeng Arthaningrum (I 0517006)


Annisa Yustika Mulya Putri (I 0517011)

Pembimbing II

Pembimbing I

02/08/2021


Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.
NIP. 197405092000032002


Prof. Dr. Eng. Agus Purwanto, S.T., M.T.
NIP. 197504111031999031001


Dipertahankan di depan tim penguji :

1. Dr. Ir. Adrian Nur, S.T., M.T.
NIP. 197301082000121001
2. Tika Paramitha, S.T., M.T.
NIP. 199308192019032022


1

2

Disahkan,
Kepala Program Studi Sarjana
Teknik Kimia


Dr. Ir. Adrian Nur, S.T., M.T.
NIP. 197301082000121001

commit to user

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : 1. Ajeng Arthaningrum (I 0517006)
 2. Annisa Yustika Mulya Putri (I 0517011)

Judul TA-PPK : Prarancangan Pabrik *Diethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan Etanol Dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

Tanggal Mulai : 14 Desember 2020

Pembimbing : 1. Prof. Dr. Eng. Agus Purwanto, S.T., M.T.
 2. Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf		Ket
			Pemb. 1	Pemb.2	
1.	14 Desember 2020	Konsultasi Proposal	Ag		
2.	8 Januari 2021	Konsultasi Kapasitas Pabrik	Ag		
3.	24 Januari 2021	Konsultasi neraca massa	Ag		
4.	2 Februari 2021	Konsultasi perancangan mixer	Ag		
5.	20 Februari 2021	Konsultasi perancangan reaktor	Ag		
6.	28 Maret 2021	Konsultasi perancangan reaktor dan neutralizer	Ag		
7.	5 April 2021	Konsultasi perancangan menara distilasi	Ag		

commit to user

8.	15 Mei 2021	Konsultasi perancangan menara distilasi	Ag		
9.	10 Juni 2021	Konsultasi perancangan pompa dan HE	Ag		
10.	5 Juli 2021	Konsultasi abstrak	Ag		
11.	12 Juli 2021	Konsultasi naskah BAB 1-6		Ag	

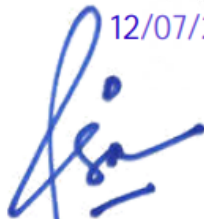
- Jumlah konsultasi dengan masing-masing pembimbing minimal sebanyak 8 kali untuk dapat dinyatakan selesai.

Dinyatakan selesai

Pembimbing II

Pembimbing I

12/07/2021



Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.

NIP. 197405092000032002



Prof. Dr. Eng. Agus Purwanto, S.T., M.T.

NIP. 19750411031999031001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *Diethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan Etanol dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan, doa, dan semangat yang senantiasa diberikan
2. Dr. Ir. Adrian Nur S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Kimia atas bimbingannya
3. Prof. Dr. Eng. Agus Purwanto, S.T., M.T. dan Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahannya dalam penyelesaian tugas akhir ini
4. Inayati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir 2021
5. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Program Studi Sarjana Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini
6. Eudia, Hilga, Linggar, Nia, Tika, Ricky, Ikhsan, Jihad, dan teman-teman Teknik Kimia UNS, khususnya angkatan 2017
7. Seluruh pihak yang telah membantu, yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Surakarta, Juli 2021

Penulis

commit to user

INTISARI

Ajeng Arthaningrum, Annisa Yustika Mulya Putri, 2021, Prarancangan Pabrik *Diethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan Etanol Kapasitas 20.000 Ton/Tahun, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Diethyl phthalate (DEP) mempunyai peranan penting dalam industri polimer sebagai *plasticizer* dan *fixative*. Untuk memenuhi kebutuhan *diethyl phthalate*, pabrik *diethyl phthalate* dirancang memiliki kapasitas 20.000 ton/tahun dengan bahan baku *phthalic anhydride* (99,65% berat) sebesar 13.388,20 ton/tahun dan etanol (99,50% berat) sebesar 8.385,00 ton/tahun. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat (98,00% berat) sebesar 272,27 ton/tahun. Bahan penetral katalis adalah natrium hidroksida (98,00% berat) sebesar 222,05 ton/tahun. Pabrik direncanakan berdiri di kawasan industri Gresik, Jawa Timur pada tahun 2025.

Diethyl phthalate dihasilkan dengan cara mereaksikan larutan *phthalic anhydride* (PA) dan etanol di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) secara isotermis pada suhu 120°C dan tekanan 3 atm. Konversi reaksi sebesar 100% terhadap PA pada reaksi 1 dan 80% terhadap *monoethyl phthalate* (MEP) pada reaksi 2. Perbandingan mol antara *phthalic anhydride* dengan etanol adalah 1:2,7 dan jumlah asam sulfat sebesar 2% berat PA. Reaksi bersifat eksotermis sehingga reaktor (R-01) dilengkapi jaket pendingin dengan media pendingin berupa air pendingin. Produk R-01 yang mengandung katalis asam sulfat dinetralkan dengan sodium hidroksida dalam netralizer (N-01) dengan kondisi operasi 120°C pada tekanan 2 atm. Produk N-01 diteruskan menuju dekanter (D-01) untuk proses pemisahan berdasarkan kelarutan dengan air pada kondisi operasi 120°C dan tekanan 2 atm. Fraksi ringan keluaran D-01 diteruskan ke menara distilasi (MD-02) dengan suhu 120°C dan tekanan 2 atm dan menghasilkan hasil atas berupa etanol 99,5% dan air 0,05% yang di *recycle* ke M-01, serta hasil bawah berupa limbah cair berupa air 82,92% berat, garam 17,07% berat, dan etanol 0,01% berat yang diolah di Unit Pengolahan Limbah. Fraksi berat keluaran D-01 berupa larutan DEP, MEP, dan etanol diteruskan ke menara distilasi (MD-01). Pemurnian larutan DEP berdasarkan perbedaan titik didih di dalam MD-01 dilakukan pada suhu 300°C dan tekanan 2 atm. Hasil pemurnian di MD-01 ialah hasil atas berupa etanol dan MEP yang diteruskan ke *mixer* (M-01) sebagai *recycle* dan hasil bawah berupa larutan DEP yang memiliki kemurnian 99,50% berat dengan impuritas berupa MEP sebesar 0,48% berat dan etanol 0,02% berat. Unit pendukung proses meliputi unit pengadaan air 7,65 kg air/kg DEP, unit pengadaan steam 1.739,83 kJ steam/kg DEP, tenaga listrik sebesar 268,85 kW, unit pengadaan udara tekan (4 atm) 127.908 m³/tahun, unit pengadaan bahan bakar dari IDO sebesar 0,94 L/kg DEP untuk boiler, dan 0,013 L/kg DEP untuk generator. Pabrik juga didukung laboratorium yang mengontrol mutu bahan baku dan produk, utilitas, serta limbah pabrik berupa cairan.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi *Line and Staff*. Analisis ekonomi dilakukan dengan dua metode yaitu *discounted cash flow* dan *non discounted cash flow*. Hasil analisis ekonomi metode *non discounted cash flow* yaitu *Return of Investment* sebesar 42,23%, *Cumulative Cash Ratio* sebesar 3,15, dan *Payback Period* selama 3,30 tahun. Hasil analisis ekonomi metode *discounted cash flow* yaitu *Return of Investment* sebesar 49,54%, *Present Value Ratio* sebesar 2,23, dan *Pay Back Period* selama 4,05 tahun. Selain itu, hasil analisa ekonomi juga menunjukkan nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 40,66%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,88%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik *Diethyl Phthalate* layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KONSULTASI.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	1
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Kapasitas Perancangan.....	3
1.2.1 Prediksi Kebutuhan DEP di Indonesia dan Negara Asia	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku dan Bahan Pendukung	4
1.2.3 Kapasitas Produksi Pabrik <i>Diethyl Phthalate</i> di Dunia	4
1.2.4 Perhitungan Kapasitas Produksi <i>Diethyl Phthalate</i>	5
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	6
1.4 Tinjauan Pustaka	9
1.4.1 Pemilihan Proses	9
1.4.2 Kegunaan Produk	10
1.4.3 Sifat-Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk	11
BAB II DESKRIPSI PROSES	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pendukung, dan Produk	18
2.1.1 Bahan Baku	18
2.1.2 Bahan Pendukung	18
2.1.3 Produk Utama.....	19
2.1.4 Produk Intermediet.....	19
2.2 Konsep Dasar Proses.....	20
2.2.1 Dasar Reaksi.....	20
2.2.2 Mekanisme Reaksi	20
2.2.3 Kondisi Operasi.....	21

2.2.4 Tinjauan Termodinamika	21
2.2.5 Tinjauan Kinetika	26
2.2.6 Diagram Alir Proses	27
2.3 Tahapan Proses	31
2.3.1 Persiapan Bahan Baku	31
2.3.2 Reaksi Pembentukan DEP	31
2.3.3 Pemurnian Produk	31
2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas	32
2.4.1 Neraca Massa	32
2.4.2 Neraca Panas	33
2.5 Tata Letak Pabrik dan Peralatan	35
2.5.1 Tata Letak Peralatan	35
2.5.2 Tata Letak Pabrik	36
BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	40
3.1 Tangki Penyimpanan Etanol (T-01)	40
3.2 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-02)	41
3.3 Tangki Penyimpanan Sodium Hidroksida (T-03)	42
3.4 Tangki Penyimpanan Produk <i>Diethyl Phthalate</i> (T-04)	42
3.5 Silo <i>Phthalic Anhydride</i> (S-01)	44
3.6 <i>Belt Conveyor Phthalic Anhydride</i> (BC-01)	44
3.7 <i>Hopper Phthalic Anhydride</i> (H-01)	45
3.8 Mixer (M-01)	46
3.9 Reaktor (R-01)	47
3.10 <i>Neutralizer</i> (N-01)	48
3.11 Dekanter (DC-01)	49
3.12 Menara Distilasi 01 (MD-01)	50
3.13 Menara Distilasi 02 (MD-02)	51
3.14 <i>Heater</i> (HE-01)	53
3.15 <i>Cooler</i> (HE-02)	54
3.16 Kondensor 01 (CD-01)	56
3.17 Kondensor 02 (CD-02)	57

3.20 Reboiler (RB-01)	60
3.21 Reboiler 02 (RB-02)	61
3.22 Pompa (P-01)	63
3.23 Pompa (P-02)	64
3.24 Pompa (P-03)	65
3.25 Pompa (P-04)	66
3.26 Pompa (P-05)	67
3.27 Pompa (P-06)	67
3.28 Pompa (P-07)	68
3.29 Pompa (P-08)	69
3.30 Pompa (P-09)	70
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM	72
4.1 Unit Pendukung Proses	72
4.1.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	73
4.1.2 Unit Pengadaan <i>Steam</i>	81
4.1.3 Unit Pengadaan Udara Tekan	82
4.1.4 Unit Pengadaan Listrik	83
4.1.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar	88
4.1.6 Unit Pengolahan Limbah	89
4.2 Laboratorium	92
4.2.1 Laboratorium Fisis	93
4.2.2 Laboratorium Analisis	93
4.2.3 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	93
4.2.4 Prosedur Analisis Bahan Baku	93
4.2.5 Prosedur Analisis Produk	94
4.2.6 Prosedur Analisis Air	95
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	97
5.1 Bentuk Perusahaan	97
5.2 Struktur Organisasi	97
5.3 Tugas dan Wewenang	100
5.3.1 Pemegang Saham	100

5.3.2 Dewan Komisaris	100
5.3.3 Dewan Direksi.....	100
5.3.4 Staf Ahli	101
5.3.5 Kepala Bagian	101
5.3.6 Kepala Divisi.....	103
5.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan	103
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah	104
5.6 Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	106
5.6.1 Keselamatan Kerja	106
5.6.2 Kesehatan Kerja	108
BAB V ANALISA EKONOMI	109
6.1 Dasar Perhitungan	109
6.2 Penaksiran Harga Peralatan.....	110
6.3 Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	111
6.3.1. Modal Tetap (<i>Fixed Capital Investment</i>)	114
6.3.2. Modal Kerja (<i>Working Capital Investment</i>).....	115
6.4 Penentuan <i>Total Manufacturing Cost</i> (MC)	116
6.4.1. <i>Manufacturing Cost</i>	116
6.5 Keuntungan Produksi	118
6.6 Analisa Kelayakan.....	118
6.6.1. Kriteria Profitabilitas Non-discounted (Tidak Dipotong).....	118
6.6.2. Kriteria Profitabilitas Discounted (Dipotong)	121
6.6.3. <i>Break Event Point</i> (BEP)	123
6.6.4. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	124
6.7 Kesimpulan Analisa Kelayakan	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN.....	130
LAMPIRAN A SIFAT-SIFAT FISIS	131
LAMPIRAN B NERACA MASSA	137
LAMPIRAN C NERACA PANAS.....	150
LAMPIRAN D PERANCANGAN REAKTOR.....	167

LAMPIRAN E ANALISIS EKONOMI	191
-----------------------------------	-----



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Impor Diethyl Phthalate di Indonesia (data.un, 2020).....	3
Tabel 1.2	Data Impor <i>Diethyl Phthalate</i> di Negara Tetangga (data.un, 2020)	3
Tabel 1.3	Sumber Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	4
Tabel 1.4	Pabrik <i>Diethyl Phthalate</i> di Dunia (www.icis.com)(Lookchem.com)..	4
Tabel 1.5.	Perbedaan Penggunaan Katalis Asam Sulfat dan NaOH	10
Tabel 2.1	Harga ΔH°_f Setiap Komponen (Yaws, 1999)	22
Tabel 2.2	Harga ΔG°_f Setiap Komponen (Yaws, 1999)	23
Tabel 2.3	Neraca Massa Total.....	33
Tabel 2.4	Arus Masuk dalam Neraca Panas Total	34
Tabel 2.5	Arus Keluar dalam Neraca Panas Total	34
Tabel 4.1	Kebutuhan Air Boiler.....	76
Tabel 4.2	Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi	77
Tabel 4.3	Kebutuhan Air Pendingin.....	78
Tabel 4.4	Kebutuhan Air Total	79
Tabel 4.5	Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	84
Tabel 4.6	Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas	84
Tabel 4.6	Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas (Lanjutan)	85
Tabel 4.7	Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	86
Tabel 4.8	Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	88
Tabel 4.9	Pengujian Sampel.....	96
Tabel 5.1	Jadwal <i>Shift</i> Karyawan.....	103
Tabel 5.2	Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan	105
Tabel 5.2	Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan (Lanjutan).....	106
Tabel 5.3.	Perincian Kualifikasi, Jumlah, dan Gaji Karyawan Shift	106
Tabel 6.1	Harga Bahan Baku dan Produk.....	109
Tabel 6.2	Indeks Harga Alat (Chemical Engineering Plant Cost Index)	110
Tabel 6.3	Harga Alat Proses.....	112
Tabel 6.4	Harga Alat Utilitas	113
Tabel 6.5	Modal Tetap	115
Tabel 6.6	Modal Kerja	115

Tabel 6.7 <i>Total Capital Investment</i>	116
Tabel 6.8 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	116
Tabel 6.9 <i>General Manufacturing Cost</i>	117
Tabel 6.10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	117
Tabel 6.11 <i>Total Manufacturing Cost</i>	117
Tabel 6.12 <i>Variable Cost</i>	123
Tabel 6.13 <i>Semi Variable Cost</i>	124
Tabel 6.14 Analisa Kelayakan	126



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik <i>Diethyl Phthalate</i>	7
Gambar 1.2 Rumus Struktur <i>Phthalic Anhydride</i>	11
Gambar 1.3 Rumus Struktur Etanol	12
Gambar 1.3 Rumus Struktur Asam Sulfat.....	13
Gambar 1.4 Rumus Struktur Sodium Hidroksida	14
Gambar 1.5 Rumus Struktur <i>Monoethyl Phthalate</i>	15
Gambar 1.6 Rumus Struktur Sodium Sulfat	15
Gambar 1.7 Rumus Struktur <i>Diethyl Phthalate</i>	16
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif dan Kuantitatif.....	29
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses	30
Gambar 2.3 Tata Letak Alat Proses <i>Diethyl Phthalate</i>	38
Gambar 2.4 Tata Letak Pabrik	39
Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Air Sungai	80
Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Air Sungai	80
Gambar 4.2 Skema Unit Pengolahan Limbah (UPL).....	92
Gambar 5.1 Struktur Organisasi PT Gonindo Raya.....	99
Gambar 6.1 Chemical Engineering Cost Index.....	111
Gambar 6.2 Diagram Arus Kas <i>Non Discounted Discounted</i>	120
Gambar 6.3 Diagram Arus Kas <i>Discounted</i>	122
Gambar 6.4 Kurva Evaluasi Risiko.....	125