

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK ETILBENZENA DARI ETILENA
DAN BENZENA DENGAN PROSES *MOBIL-BADGER*
KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN



Oleh :

Hendrik Aditya Mulyatno I 0513025

Yusup Maulana Saptedi I 0513051

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA

2017

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT, hanya karena rahmat dan ridho-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul "Prarancangan Pabrik Etilbenzena dari Etilena dan Benzena dengan Proses *Mobil-Badger* Kapasitas 125.000 Ton/Tahun".

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa dukungan moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
2. Dr. Adrian Nur, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Wusana Agung Wibowo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan dan bantuannya dalam penulisan tugas akhir.
3. Dr. Margono, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik.
4. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Program Studi Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
5. Teman - teman mahasiswa Teknik Kimia FT UNS khususnya angkatan 2013.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Surakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Konsultasi	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xiii
Intisari	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Produksi	1
1.2.1 Kebutuhan Etilbenzena di Indonesia	2
1.2.2 Kebutuhan Etilbenzena di Luar Negeri	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	5
1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Etilbenzena	6
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	7
1.3.1 Penyediaan Bahan Baku	7
1.3.2 Sarana Transportasi	8
1.3.3 Tenaga Kerja	8
1.3.4 Utilitas	8
1.3.5 Kondisi Tanah dan Daerah	8
1.3.6 Kebijakan Pemerintah	8
1.4 Tinjauan Pustaka	9
1.4.1 Macam-macam Proses	9
1.4.2 Kegunaan Produk	11
1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk	12
1.4.4 Tinjauan Proses secara Umum	15
BAB II DESKRIPSI PROSES	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16

2.1.1	Spesifikasi Bahan Baku	16
2.1.2	Spesifikasi Katalis	16
2.1.3	Spesifikasi Produk	17
2.2	Konsep Proses	17
2.2.1	Dasar Reaksi	17
2.2.2	Kondisi Operasi	17
2.2.3	Tinjauan Termodinamika	18
2.2.4	Tinjauan Kinetika	21
2.2.5	Perbandingan Mol Reaktan	27
2.3	Diagram Alir Proses	27
2.3.1	Diagram Alir Kualitatif	27
2.3.2	Diagram Alir Kuantitatif	27
2.3.3	Diagram Alir Proses	27
2.3.4	Langkah Proses	31
2.4	Neraca Massa dan Neraca Panas	33
2.4.1	Neraca Massa	33
2.4.2	Neraca Panas	38
2.5	Lay Out Pabrik dan Peralatan	41
2.5.1	Lay Out Peralatan	41
2.5.2	Lay Out Pabrik	44
BAB III SPESIFIKASI ALAT PROSES		47
3.1	Spesifikasi Alat Utama	47
3.1.1	Reaktor	47
3.1.2	Kondenser Parsial	48
3.1.3	Menara Distilasi-01	49
3.1.4	Menara Distilasi-02	50
3.2	Spesifikasi Alat Pendukung	51
3.2.1	Tangki Penyimpanan Benzena	51
3.2.2	Tangki Penyimpanan Etilena	51
3.2.3	Tangki Penyimpanan Etilbenzena	52
3.2.4	Tangki Penyimpanan Dietilbenzena.....	53

3.2.5	<i>Furnace</i>	54
3.2.6	Separator-01	54
3.2.7	<i>Heat Exchanger-01</i>	55
3.2.8	Kondenser-01	56
3.2.9	<i>Reboiler Parsial-01</i>	57
3.2.10	Kondenser-02	58
3.2.11	<i>Reboiler Parsial-02</i>	59
3.2.12	<i>Cooler -01</i>	60
3.2.13	<i>Cooler -02</i>	61
3.2.14	<i>Accumulator-01</i>	62
3.2.15	<i>Accumulator-02</i>	63
3.2.16	Pompa-01	63
3.2.17	Pompa-02	64
3.2.18	Pompa-03	64
3.2.19	Pompa-03	64
3.2.20	Pompa-04	65
3.2.21	Pompa-05	65
3.2.22	Pompa-06	66
3.2.23	Pompa-07	67
3.2.24	Kompresor-01	67
3.2.25	Kompresor-02	68
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM		69
4.1	Unit Pendukung Proses	69
4.2	Unit Pengadaan Air	70
4.2.1	Air Pendingin	72
4.2.2	Air Konsumsi dan Sanitasi	73
4.3	Unit Pengadaan Udara Tekan	73
4.4	Unit Pengadaan Listrik	74
4.4.1	Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas	75
4.4.2	Listrik untuk Penerangan	76
4.4.3	Listrik untuk AC	77

4.4.4	Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi	77
4.5	Unit Pengadaan Bahan Bakar	78
4.6	Unit Pengadaan Nitrogen	79
4.7	Laboratorium	79
4.7.1	Laboratorium Fisik dan Analitik	81
4.7.2	Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	81
4.7.3	Laboratorium Analisa Air	81
4.8	Unit Pengolahan Limbah	82
4.9	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	83
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN		85
5.1	Bentuk Perusahaan	85
5.2	Struktur Organisasi	85
5.3	Tugas dan Wewenang	87
5.3.1.	Pemegang Saham	87
5.3.2.	Dewan Komisaris	88
5.3.3.	Dewan Direksi	88
5.3.4.	Staf Ahli	89
5.3.5.	Penelitian dan Pengembangan (LITBANG)	89
5.3.6.	Kepala Bagian	89
5.3.7.	Kepala Seksi	92
5.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	92
5.4.1.	Karyawan <i>Non Shift</i> /Harian	93
5.4.2.	Karyawan <i>Shift</i>	93
5.5	Status Karyawan dan Sistem Upah	94
5.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	95
5.6.1.	Penggolongan Jabatan	95
5.6.2.	Jumlah Karyawan dan Gaji	95
5.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan	98
5.8	Manajemen Perusahaan	99
5.8.1.	Perencanaan Produksi	99
5.8.2.	Pengendalian Produksi	100

BAB IV ANALISIS EKONOMI	102
6.1 Dasar Perhitungan	102
6.2 Penafsiran Harga Alat	103
6.3 Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	105
6.4 Penentuan <i>Manufacturing Cost</i> (MC)	106
6.4.1. <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	106
6.4.2. <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	107
6.4.3. <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	107
6.5 Penentuan <i>Total Poduction Cost</i> (TPC)	108
6.5.1. <i>General Expense</i> (GE)	108
6.5.2. <i>Total Production Cost</i> (TPC)	109
6.6 Keuntungan	109
6.7 Analisa Kelayakan	109
Daftar Pustaka	114
Lampiran	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Impor Etilbenzena di Indonesia Tahun 2009-2015	2
Tabel 1.2	Data Kebutuhan Etilbenzena di China, Filipina, dan USA.....	3
Tabel 1.3	Industri Etilbenzena di Berbagai Negara	6
Tabel 1.4	Kelebihan dan Kelemahan Proses-Proses Pembuatan Etilbenzena...	11
Tabel 2.1	Data Entalpi Standar pada 298 K.....	18
Tabel 2.2	Data Entalpi Standar pada 298 K.....	18
Tabel 2.3	Harga $\Delta G^{\circ f}$ Komponen pada 298 K.....	19
Tabel 2.4	Harga $\Delta G^{\circ f}$ Komponen pada 298 K.....	19
Tabel 2.5	Neraca Massa Tee-01	33
Tabel 2.6	Neraca Massa Tee-02.....	34
Tabel 2.7	Neraca Massa Tee-03.....	34
Tabel 2.8	Neraca Massa Reaktor.....	35
Tabel 2.9	Neraca Massa Kondenser Parsial.....	35
Tabel 2.10	Neraca Massa Tee-04.....	36
Tabel 2.11	Neraca Massa Menara Distilasi 1.....	36
Tabel 2.12	Neraca Massa Menara Distilasi 2.....	37
Tabel 2.13	Neraca Massa Total.....	37
Tabel 2.14	Neraca Panas Tee-01	38
Tabel 2.15	Neraca Panas Tee-02.....	38
Tabel 2.16	Neraca Panas Tee-03.....	38
Tabel 2.17	Neraca Panas Reaktor	39
Tabel 2.18	Neraca Panas Kondenser Parsial.....	39
Tabel 2.19	Neraca Panas Tee-04.....	39
Tabel 2.20	Neraca Panas Menara Distilasi 1.....	40
Tabel 2.21	Neraca Panas Menara Distilasi 2.....	40
Tabel 2.22	Neraca Panas Total.....	41
Tabel 4.1	Kebutuhan Air Pendingin.....	72
Tabel 4.2	Jumlah Kebutuhan Air	73
Tabel 4.3	Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	75

Tabel 4.4	Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan	76
Tabel 4.5	Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	78
Tabel 5.1	Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i>	94
Tabel 5.2	Jumlah Karyawan Menurut Jabatan	96
Tabel 5.3	Perincian Golongan dan Gaji Karyawan.....	97
Tabel 6.1	Indeks Harga Alat	103
Tabel 6.2	<i>Fixed Capital Investment</i>	105
Tabel 6.3	<i>Working Capital Investment</i>	106
Tabel 6.4	<i>Total Capital Investment</i>	106
Tabel 6.5	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	107
Tabel 6.6	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	107
Tabel 6.7	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	108
Tabel 6.8	<i>Manufacturing Cost</i>	108
Tabel 6.9	<i>General Expense</i>	108
Tabel 6.10	<i>Total Production Cost</i>	109
Tabel 6.11	<i>Variable Cost</i>	110
Tabel 6.12	<i>Regulated Cost</i>	111
Tabel 6.13	Analisa Kelayakan	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Data Impor Etilbenzena di Indonesia	2
Gambar 1.2	Data Kebutuhan Etilbenzena di China	3
Gambar 1.3	Data Kebutuhan Etilbenzena di Filipina	4
Gambar 1.4	Data Kebutuhan Etilbenzena di USA	5
Gambar 1.5	Lokasi Pendirian Pabrik Etilbenzena	7
Gambar 2.1	Diagram Alir Kualitatif	28
Gambar 2.2	Diagram Alir Kuantitatif	29
Gambar 2.3	Diagram Alir Proses	30
Gambar 2.4	Tata Letak Peralatan	43
Gambar 2.5	Tata Letak Pabrik Etilbenzena	46
Gambar 4.1	Diagram Alir Pengolahan Air	71
Gambar 5.1	Struktur Organisasi Pabrik Etilbenzena	87
Gambar 6.1	<i>Chemical Engineering Cost Index</i>	104
Gambar 6.2	Grafik Analisa Kelayakan	112

INTISARI

Hendrik Aditya Mulyatno dan Yusup Maulana Saptedi, 2017, Prarancangan Pabrik Etilbenzena dari Etilena dan Benzena dengan Proses *Mobil-Badger*, Kapasitas 125.000 Ton/Tahun, Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pabrik etilbenzena dirancang dengan kapasitas 125.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah benzena dan etilena. Bahan baku benzena diperoleh dari PT Pertamina, Cilacap, sedangkan etilena diperoleh dari PT Chandra Asri Petro Chemical, Cilegon. Pabrik direncanakan berdiri di Cilegon, Banten pada tahun 2020 dan beroperasi pada tahun 2021. Etilbenzena merupakan bahan *intermediate* yang digunakan untuk proses pembuatan *Styrene Monomer*.

Etilbenzena dibuat dari benzena dan etilena dengan katalis zeolit ZSM-5 pada suhu 380-430°C dan tekanan 16 atm dalam *single bed catalytic reactor* pada kondisi *adiabatic* dan *non isothermal*. Reaksi berlangsung secara eksotermis. Bahan baku yang dibutuhkan adalah benzena 99,9% berat sebanyak 92.908,57 ton/tahun (0,74 ton/ton produk) dan etilena 99,9% mol sebanyak 33.453,37 ton/tahun (0,27 ton/ton produk), dengan konversi 98%. Untuk memurnikan etilbenzena digunakan menara distilasi, sehingga diperoleh etilbenzena dengan kemurnian 99,5% berat. Pada prarancangan dihasilkan pula produk samping dietilbenzena 96% berat sebanyak 1.331,21 ton/tahun (0,01 ton/ton produk).

Unit pendukung proses pabrik meliputi unit pengadaan air pendingin sebanyak 108,69 m³/jam (6,89 m³ air/ton produk), unit pengadaan air konsumsi umum dan sanitasi sebanyak 0,90 m³/jam (0,06 m³ air/ton produk), unit pengadaan udara tekan 100 m³/jam (6,34 m³/ton produk), tenaga listrik sebesar 401,76 kW (25,47 kWh/ton produk), bahan bakar gas alam untuk *furnace* sebanyak 1.087,06 kg/jam (68,91 kg gas alam/ton produk). Pabrik juga didukung laboratorium yang mengontrol mutu bahan baku dan produk.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*. Jumlah kebutuhan tenaga kerja sebanyak 260 orang yang terdiri dari 34 karyawan non shift dan 226 karyawan *shift*. Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari/tahun.

Harga bahan baku benzena sebesar Rp 11.387.809,-/ton (Rp 8.468.772,-/ton produk) dan harga etilena sebesar Rp 14.788.044,-/ton (Rp 3.959.817,-/ton produk), sedangkan harga produk etilbenzena sebesar Rp 23.034.886,-/ton dan harga produk dietilbenzena sebesar Rp 70.344,-/kg. Berdasarkan hasil analisis ekonomi diperoleh, modal tetap sebesar Rp 601.311.595.938,- dan modal kerja Rp 2.112.846.251.409,-. Biaya produksi total per tahun sebesar Rp 2.639.422.381.198,-. Analisis kelayakan menunjukkan bahwa ROI (*Return on Investment*) sebelum dan sesudah pajak sebesar 55,22% dan 44,17%, POT (*Pay Out Time*) sebelum dan sesudah pajak selama 1,53 dan 1,85 tahun, BEP (*Break Event Point*) 49,04% dan SDP (*Shut Down Point*) 36,13%. Sedangkan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 17,41%. Berdasarkan hasil evaluasi di atas, pabrik etilbenzena dengan kapasitas 125.000 ton/tahun dinilai layak untuk didirikan.